

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第三名

080216

「筷」炙人口~黑心筷大解碼

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者：	指導老師：
小五 李昀蓁	謝祥宏
小五 邱韻庭	湯千慧
小六 陳柏予	
小六 羅偉誠	
小六 李鈞祐	

關鍵詞：筷子、二氧化硫、透光度

摘要

本研究源自於自然老師上課時，介紹筷子的生產過程會加入二氧化硫，讓黃色的碘液顏色消失，進而引發我們的好奇心，就進行一系列有關筷子的研究。研究結果發現：

- 一、自製透光度檢測器，透光度越大，溶在水中二氧化硫含量越多。
- 二、以段狀切割筷子比削表面筷子的水溶液透光度大，表示段狀切割筷子水溶液含有較多的二氧化硫。
- 三、筷子中二氧化硫，來自於筷子中的維管束。
- 四、溫度越高，水溶液溶入較多的二氧化硫；溫度越低，水溶液溶入較少的二氧化硫。
- 五、浸泡筷子時間越長，透光度就越大，表示二氧化硫含量越多。
- 六、更換浸泡的筷子水，能降低二氧化硫濃度。
- 七、筷子重量越重，透光度越大，二氧化硫含量越多。
- 八、筷子水對植物生長會造成影響。

壹、研究動機

本研究源自於自然老師上課時，介紹筷子的生產過程，為避免筷子發霉，用二氧化硫燻蒸的方式漂白，並抑制微生物的生長，而二氧化硫可能導致過敏或氣喘病。接著老師將筷子放到碘液裡浸泡，過一會兒，碘液的顏色就消失了。好神奇呀！筷子中的二氧化硫，竟然讓黃色的碘液顏色消失。用這種方法可以檢驗筷子中二氧化硫含量嗎？有沒有辦法，減少筷子中的二氧化硫含量？基於我們的好奇心，於是開始進行一連串的實驗。

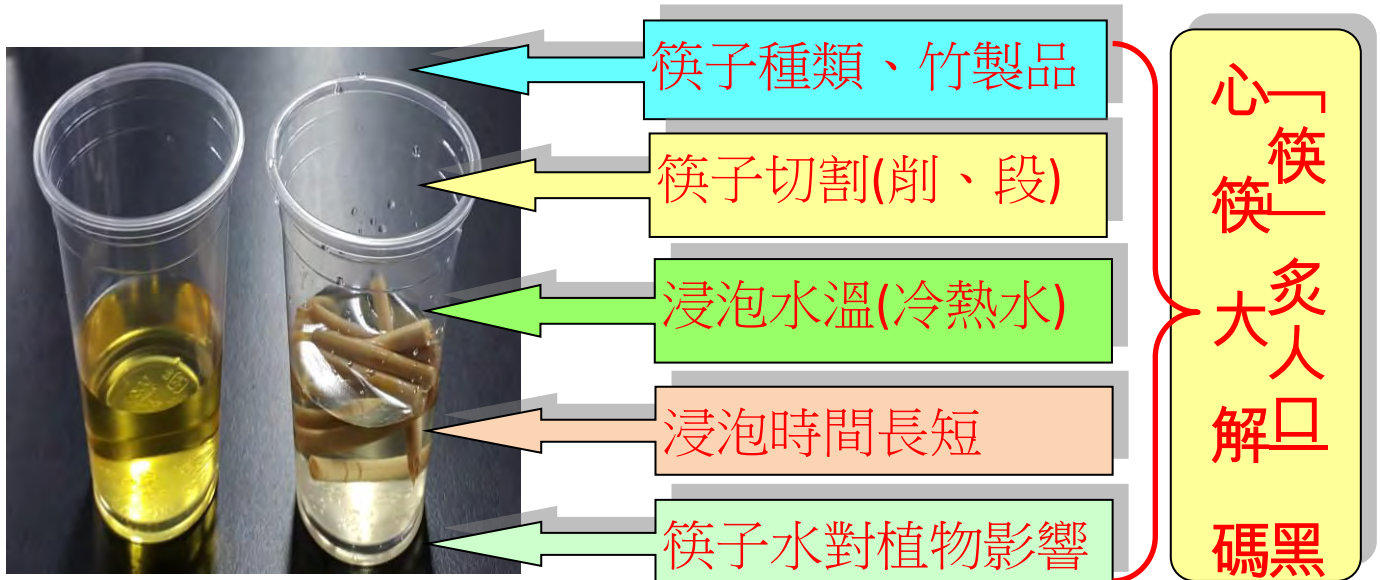


圖 1:研究方向思考圖

貳、研究目的及研究問題

我們針對影響筷子中二氧化硫含量因素，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

研究一、生活中常用免洗筷二氧化硫含量研究。

1-1 市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？

1-2 常用的竹製品，哪一種含二氧化硫的量最多？

研究二、筷子切割方式對二氧化硫含量影響。

2-1 不同切割筷子方式(削表面、切成段)，是否影響二氧化硫的量？

2-2 竹筷有無保留表面，對二氧化硫含量的影響？

研究三、水溫對二氧化硫溶解量影響

3-1 水的溫度，是否影響筷子中二氧化硫溶解的量？

3-2 不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響

研究四、筷子泡水的時間，是否影響二氧化硫的量？

研究五、更換浸泡筷子水時間，對二氧化硫產生的影響？

研究六、免洗筷的重量，是否影響二氧化硫的含量？

研究七、浸泡免洗筷的水，對植物生長的影響？

參、研究架構

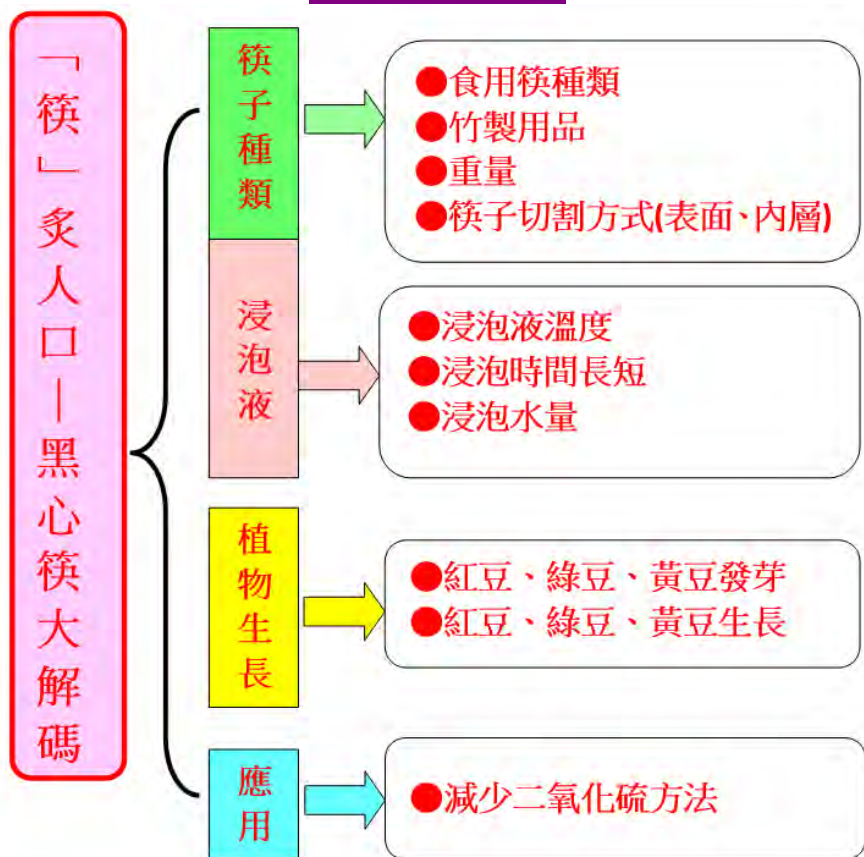


圖 2：研究架構

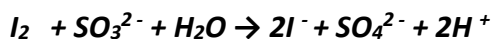
肆、文獻探討

一、免洗筷添加二氧化硫及危害

根據 106 年衛生署訂定「食品中二氧化硫之檢驗方法，竹筷子在製作時，難免會添加許多化學藥劑，尤其是二氧化硫，以減緩食品褐變，並抑制微生物生長，防止食物中毒。但是二氧化硫長期過量攝入會對身體造成呼吸困難、嘔吐等健康傷害。由以上說明表示添加二氧化硫是很普遍存在，且對人體有害。而在外用餐使用免洗筷子，更是日常生活中最常接觸到二氧化硫的來源。因此，快速簡易檢測筷子中二氧化硫，及如何降低二氧化硫含量，是很重要的。

二、實驗原理

根據文獻（第 53 屆全國科展）測定二氧化硫的方法大多使用「直接碘滴定法」。此方法原理為碘與亞硫酸產生碘離子，碘離子為無色。實驗開始時碘液為黃色的，當滴入含有亞硫酸的水溶液時，碘分子還原為碘離子，水溶液因而變成無色。



三、相關之研究

在歷年有關筷子研究，在全國科展有第 46 屆（國小自然科）、第 46 屆（國中理化科）、第 47 屆（國中生活應用科）、第 48 屆（國中生活應用科）、第 53 屆全國科展(化工衛工及環工科)等，這些檢測方法涉及高深理化原理、或者複雜計算，實在非我們所能理解。因此，本研究希望透過簡易的方法，讓二氧化硫現形。

伍、研究設備及器材

一、實驗器材：

(一) 器材：

碘液 (1 瓶)	溴瑞香草藍 (1 瓶)	250mL 燒杯 (10 個)	攪拌棒 (5 支)
冰棒棍 (1 包)	壓舌板 (1 包)	牙籤 (1 包)	
削鉛筆機 (1 台)			

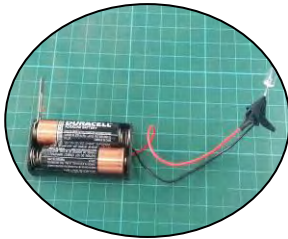
(二) 各種免洗筷：

	
各廠牌竹筷	竹製用品 (冰棒棍、竹籤、竹串、牙籤)

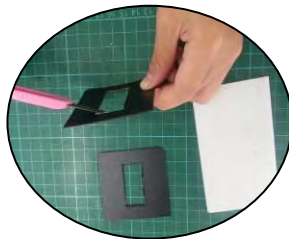
(三) 測量工具：溫度計、磅秤、碼表、錄影機、照相機

二、實驗裝置～自製液體透光度檢測器～測定水溶液透光度

(一) 準備檢測器 LED 光源、光柵、照度計



LED 光源



光柵製作

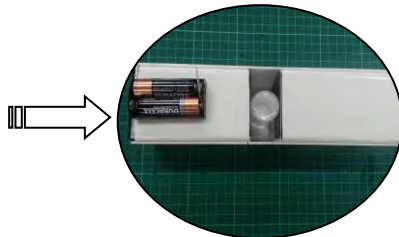


照度計

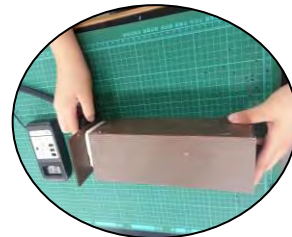
(二) 組裝透光度檢測器



將待測液放入光柵



啟動光源



放入遮光罩

三、實驗方法

(一) 亞硫酸鈉標準濃度配置方法

取亞硫酸鈉 200mg 加水 200 ml，就成了 1000ppm 標準水溶液。要配置 10ppm 的亞硫

酸鈉 100ml，先取 1ml 標準液，加入蒸餾水至 100ml。配置濃度、方法如下表 1。

表 1：不同濃度亞硫酸鈉液體配置方法

要配的液體濃度(v%)	取標準液量(ml) (標準液 <u>1000ppm</u>)	加蒸餾水量(ml)	加蒸餾水後總(ml)
10ppm	1	99	100
20ppm	2	98	100
30ppm	3	97	100
40ppm	4	96	100
50ppm	5	95	100
60ppm	6	94	100
70ppm	7	93	100
80ppm	8	92	100
90ppm	9	91	100
100ppm	10	90	100

(二) 透光度與二氧化硫濃度關係

將碘液滴入 100ppm~1000ppm、10ppm~100ppm 亞硝酸鈉水溶液，並用透光度檢測器，測量出透光度。不同濃度亞硫酸鈉加碘液後透光度變化，實驗結果如下表 2、圖 3。

表 2：碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較表

濃度/項目	溶液配置		透光度 30 分鐘	透光度 60 分鐘	透光度 90 分鐘
	取標準液量(ml) (標準液 <u>1000ppm</u>)	加蒸餾水(ml)			
100ppm	10	90	25	20	19
200ppm	20	80	27	20	19
400ppm	40	60	29	21	20
600ppm	60	40	32	25	24
800ppm	80	20	34	26	25
1000ppm	100	0	36	28	25

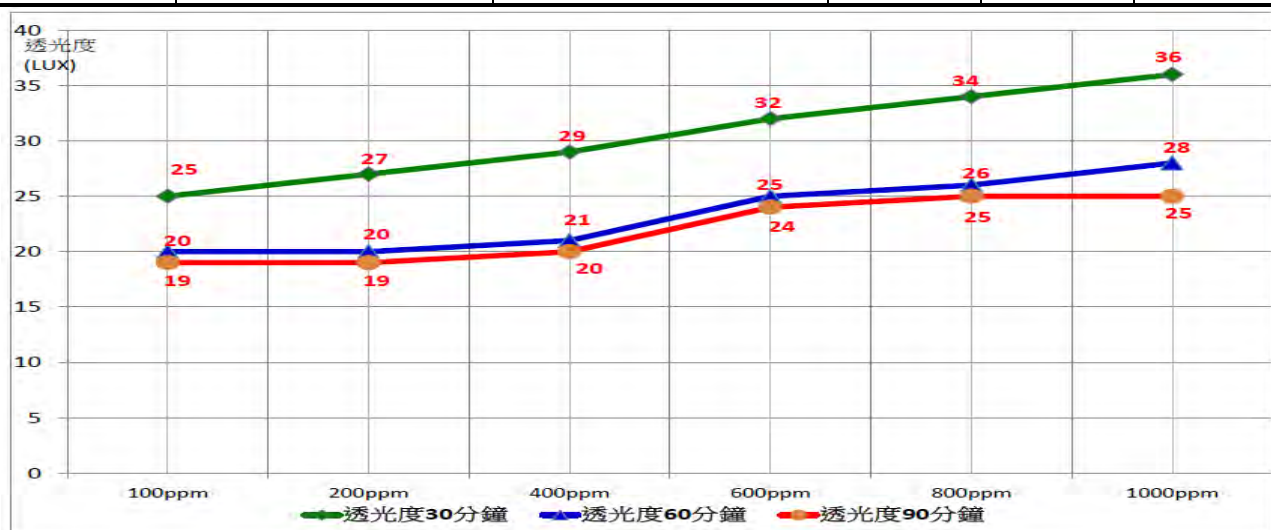


圖 3：碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較圖

表 3：碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較表

濃度/ 項目	取標準液 量(ml)	加蒸餾水後 總(ml)	為標準液濃 度倍數	透光度 1	透光度 2	透光度 3	平均
10ppm	1	100	1%	22	22	21	21.67
20ppm	2	100	2%	22	22	22	22.00
30ppm	3	100	3%	23	24	23	23.33
40ppm	4	100	4%	24	24	24	24.00
50ppm	5	100	5%	25	25	25	25.00
60ppm	6	100	6%	25	25	25	25.00
70ppm	7	100	7%	26	26	26	26.00
80ppm	8	100	8%	26	26	26	26.00
90ppm	9	100	9%	26	26	26	26.00
100ppm	10	100	10%	26	27	27	26.67

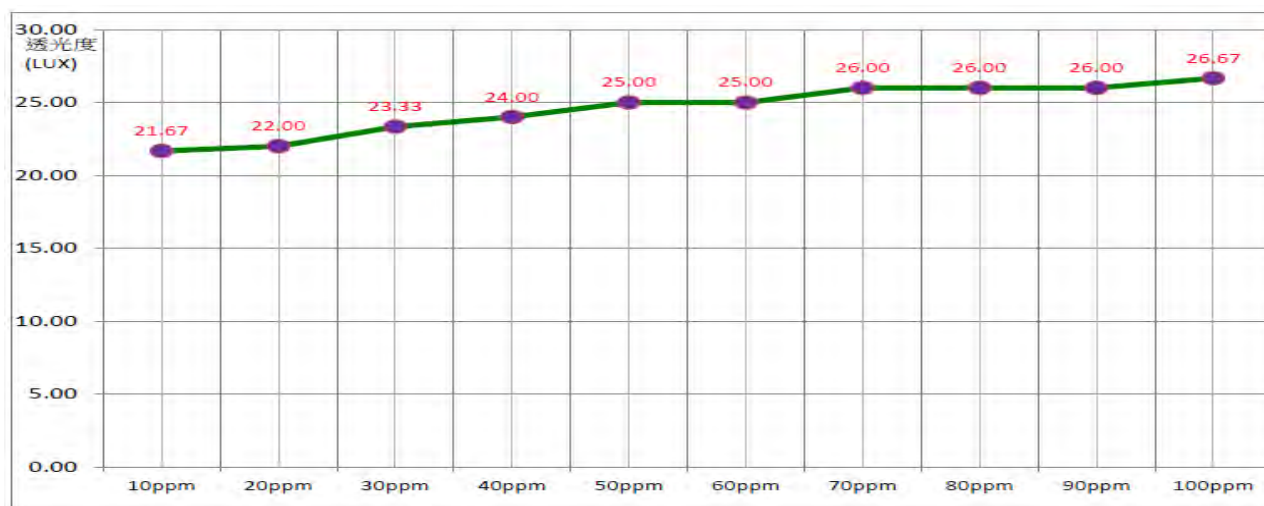


圖 4：碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較圖

【實驗結果與討論】

碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉時，由圖 3、圖 4 發現亞硫酸鈉濃度越大，液體透光度越大，亞硫酸鈉濃度越小，液體透光度越小。因此，利用測量透光度，可以得知二氧化硫含量。

(三) 透光度與加入碘液量的關係

碘液加入的量會不會影響透光度，由實驗發現二氧化硫越多時，碘液的黃色就會越淡，透光度就會越大。當二氧化硫濃度相同時，碘液越多透光度越小(圖 5)

表 4：不同碘液量，滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較表

濃度/項目	0.5mL 碘液	1mL 碘液
100ppm	25	11
200ppm	27	14
400ppm	29	15
600ppm	32	16
800ppm	34	18
1000ppm	36	25

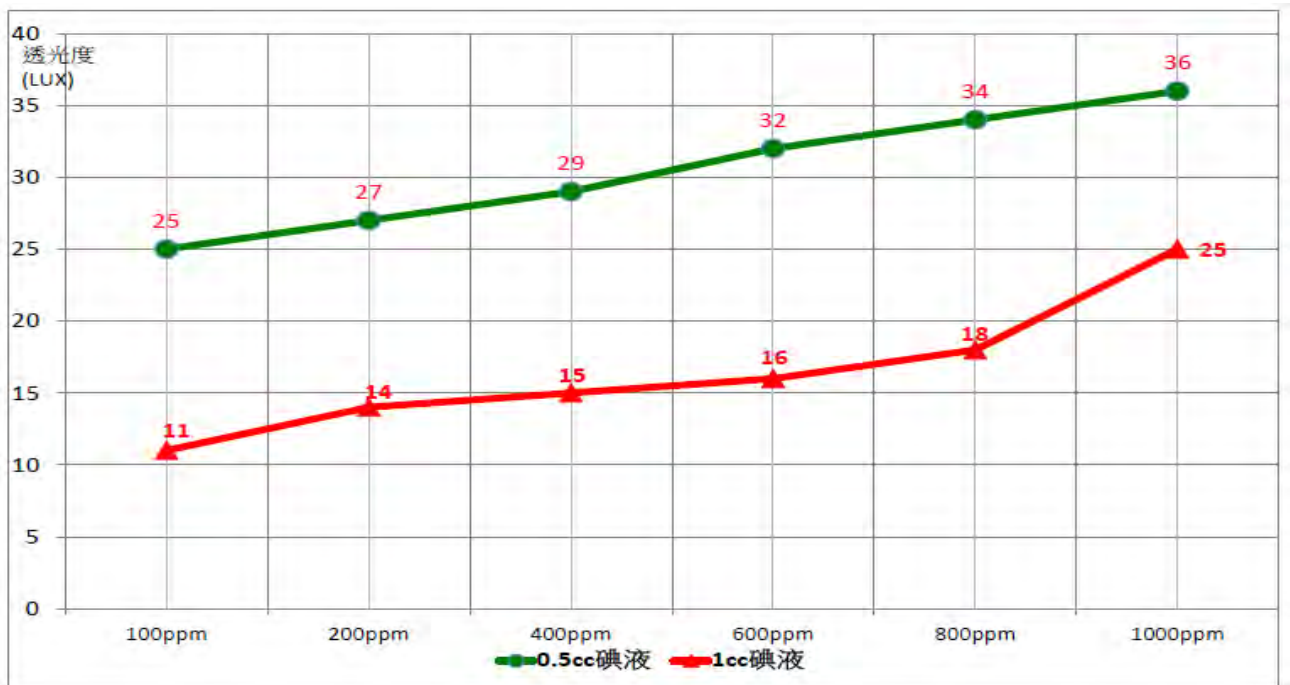


圖 5：不同碘液量，滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較

【實驗結果與討論】

當二氧化硫越多時，碘液的黃色就會越淡，透光度就會越大。因此，透光度越大，表示原先水溶液中二氧化硫濃度越大。

從加入碘液的量，實驗發現同樣濃度的亞硫酸鈉，碘液加越多，透光度越低。因此，要比較二氧化硫濃度，必須加同樣多的碘液，以免影響判斷二氧化硫濃度。

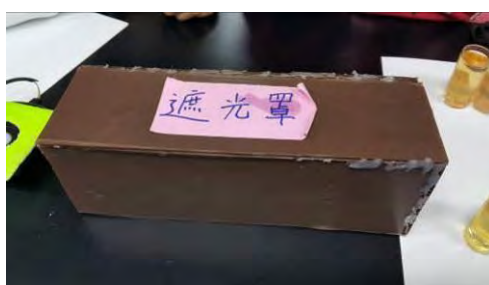
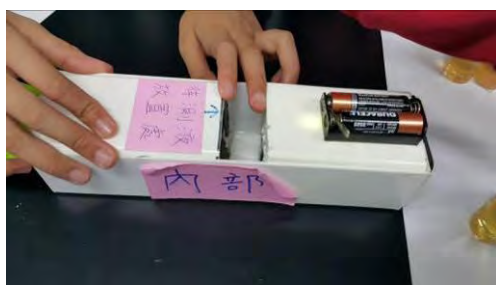
研究一、生活中常用免洗筷二氧化硫含量研究。

1-1：市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？

【研究構想】：我們想了解住家附近常去用餐的店家，免洗筷含二氧化硫的量是怎樣的？因此，我們選取四家的筷子測試二氧化硫的量。

【實驗步驟】：

- 1.切割免洗筷：用剪刀將竹割、孟宗竹、八方雲集、鄉竹筷四種筷子，每隔2公分剪一段。
- 2.將步驟1 筷子各取2公克，放入40 mL 的蒸餾水及筷子水浸泡20分鐘。
- 3.步驟2 水溶液利用濾紙過濾。
- 4.取步驟3 水溶液加0.5mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光度檢測器，測量亮度（Lux）。



- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 這四種筷子浸泡水溶液滴入碘液後，所有顏色變成淡黃色。
2. 利用液體透光度檢測器，測出八方雲集筷子亮度為1.60Lux 最大，表示含二氧化硫最多。
- 3.結果如表5、圖6。



▲市售筷子亞硫酸含量比較圖

表5：不同種類免洗筷含二氧化硫量比較 (透光度表示法) 單位：Lux

筷子種類/透光度	透光度 1	透光度 2	透光度 3	平均
竹割	11.9	10.9	11.3	11.37
孟宗竹	10.3	10.8	10.5	10.53
八方雲集	11.1	12	11.7	11.60
鄉竹筷	9.7	11.3	11.5	10.83

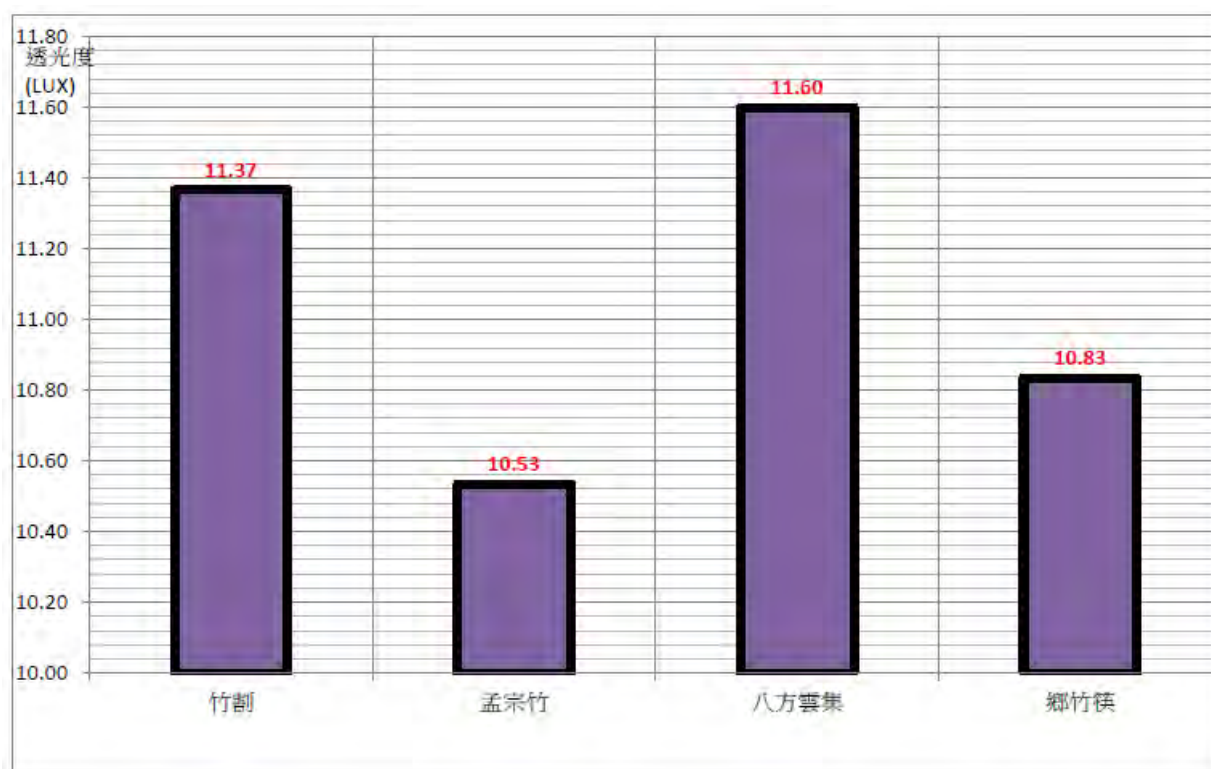


圖6：不同種類免洗筷含二氧化硫量比較

【實驗結果與討論】：

我們原本以為筷子很安全，但做了實驗後才發現免洗筷含有二氧化硫。經由碘液試驗，二氧化硫溶於水後，會讓碘液還原成無色。但實驗時卻發現，碘液顏色並沒有像我們預測的很快變無色，看起來都是黃色，只是深淺不一，沒辦法很精確從顏色判斷二氧化硫含量。我遭遇到顏色判斷上問題！幸好小組成員提出「利用透光度判斷顏色深淺」的辦法。

利用自製液體透光度檢測器（詳見伍、研究設備及器材之二實驗裝置），將滴了碘液的筷子水放入自製液體透光度檢測器中，利用照度器測出亮度（Lux）。如果亮度越亮（測到數字越大），表示容溶在水中二氧化硫含量越多，讓碘液還原成無色。結果八方雲集亮度為1.60Lux 最大，表示含二氧化硫最多。

而生活當中除了筷子之外，有一些竹製品，是否也含有二氧化硫呢？我們蒐集了冰棒棍、牙籤、竹籤、竹串等，常用的竹製品進行以下延伸實驗。

1-2：常用的竹製品，哪一種含二氧化硫的量最多？

【研究構想】： 取一些生活當中的竹製品，檢驗是否也含有二氧化硫？

【實驗步驟】：

- 1.切割免洗筷:用剪刀將冰棒棍、牙籤、竹籤、竹串四種竹製品，每隔 2 公分剪一段。
- 2.將步驟 1 四種竹製品各取 2 公克，放入 40 mL 的蒸餾水及浸泡 20 分鐘
- 3.步驟 2 水溶液利用濾紙過濾。
- 4.取步驟 3 水溶液加 0.5mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度（Lux）。

【研究發現】：

- 1.竹籤含二氧化硫量最多
- 2.結果如表 6、圖 7。

表 6：常用的竹製品含二氧化硫量比較

竹製品種類/透光度	碘液	透光度
冰棒棍	淡黃色	4
牙籤	淡黃	4
竹籤	淡黃	4.5
竹串	墨綠色	0

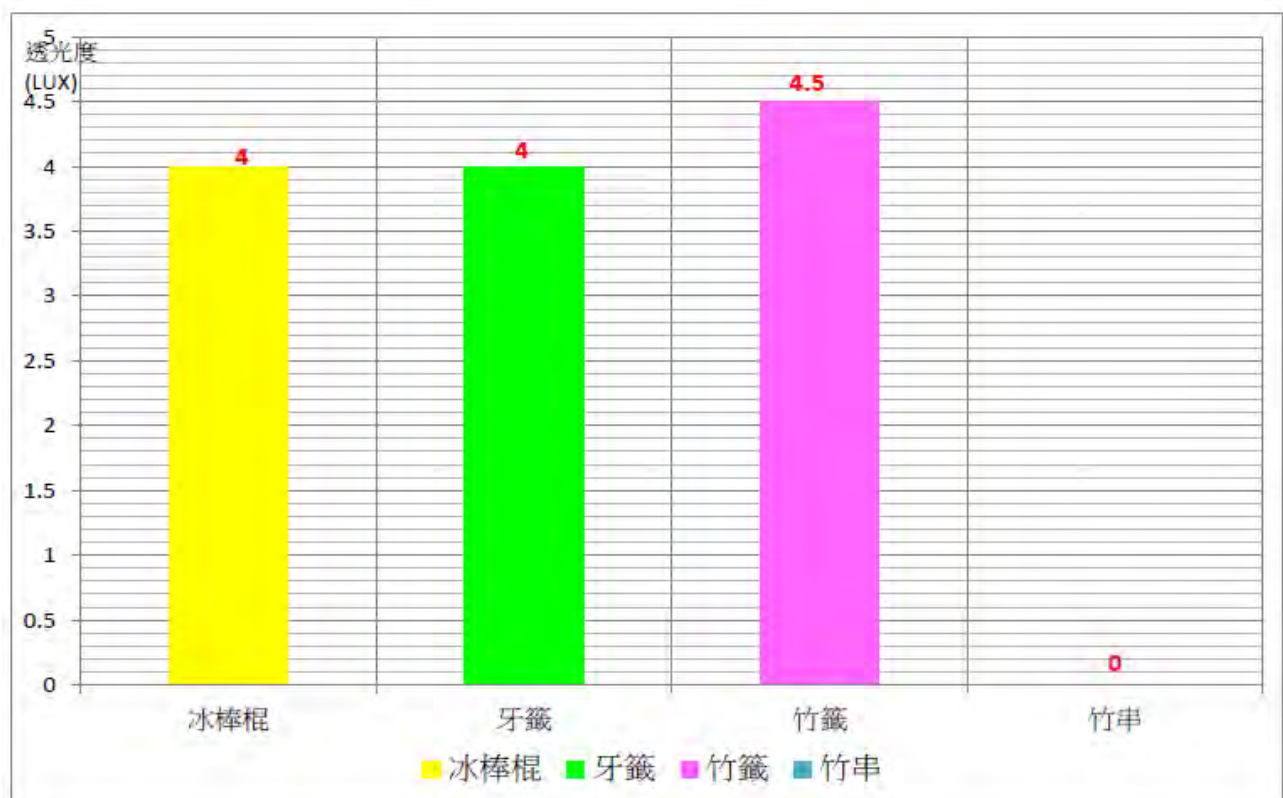


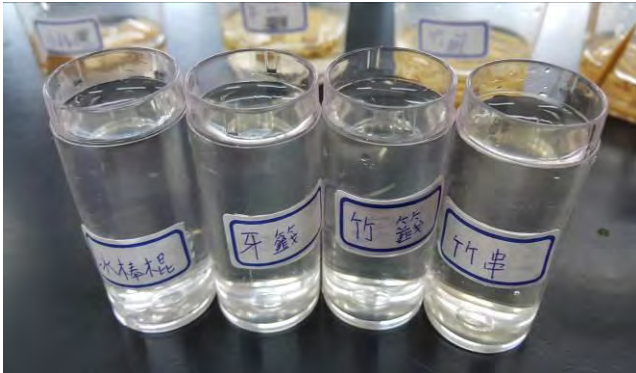
圖 7：常用的竹製品含二氧化硫量比較



▲切割四種竹製品



▲四種竹製品浸泡蒸餾水



▲過濾四種竹製品水溶液



▲四種竹製品水溶液加碘液

研究二：筷子切割方式對二氧化硫含量影響。

2-1：不同切割筷子方式(削表面、切成段)，是否影響二氧化硫的量？

【研究構想】： 筷子在工廠生產時，是以二氧化硫浸泡方式處理筷子，我們心想二氧化硫會吸入筷子中較多？還是在表面較多？我們以段狀、及削取筷子表面方式，進行比較二氧化硫。

【實驗步驟】：

1.切割免洗筷:

- 方法 1:將免洗筷用削鉛筆機，切下筷子表面。
- 方法 2:用剪刀或斜口鉗，每隔 2 公分切一段。



2.將方法 1，2 筷子各取 2 公克，放入 40 mL 的蒸餾水及筷子水浸泡 20 分鐘

3.步驟 2 水溶液利用濾紙過濾。

- 4.取步驟 3 水溶液加 0.5 mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。
- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.這四種不同筷子，水溶液的透光度都是「段狀筷子水溶液」>「削表面的筷子水溶液」。表示段狀筷子水溶液含有較多二氧化硫，讓碘液變得更透明。
- 2.結果如表 7-8、圖 8。

【實驗結果與討論】：

實驗發現切成段狀的筷子水溶液，含有較多二氧化硫，而削筷子的表面，二氧化硫較少。推測可能是製造過程中二氧化硫滲入筷子維管束中，當放入水中時，維管束中的二氧化硫漸漸就溶入水中。

表 7：筷子二氧化硫含量(透光度)(剪段狀) (透光度表示法) 單位：Lux

筷子種類/透光度	透光度 1	透光度 2	透光度 3	平均
竹割	11.9	10.9	11.3	11.37
孟宗竹	10.3	10.8	10.5	10.53
八方雲集	11.1	12	11.7	11.60
鄉竹筷	9.7	11.3	11.5	10.83

表 8：筷子二氧化硫含量(透光度)(削表面) (透光度表示法) 單位：Lux

筷子種類/透光度	透光度 1	透光度 2	透光度 3	平均
竹割	7	8.5	8.2	7.90
孟宗竹	6.7	8.8	9	8.17
八方雲集	6.3	7.3	8.2	7.27
鄉竹筷	6.2	7.5	6	6.57



▲用削鉛筆機削四種竹筷表面



▲用斜口鉗將四種竹筷剪成段狀(2 公分)

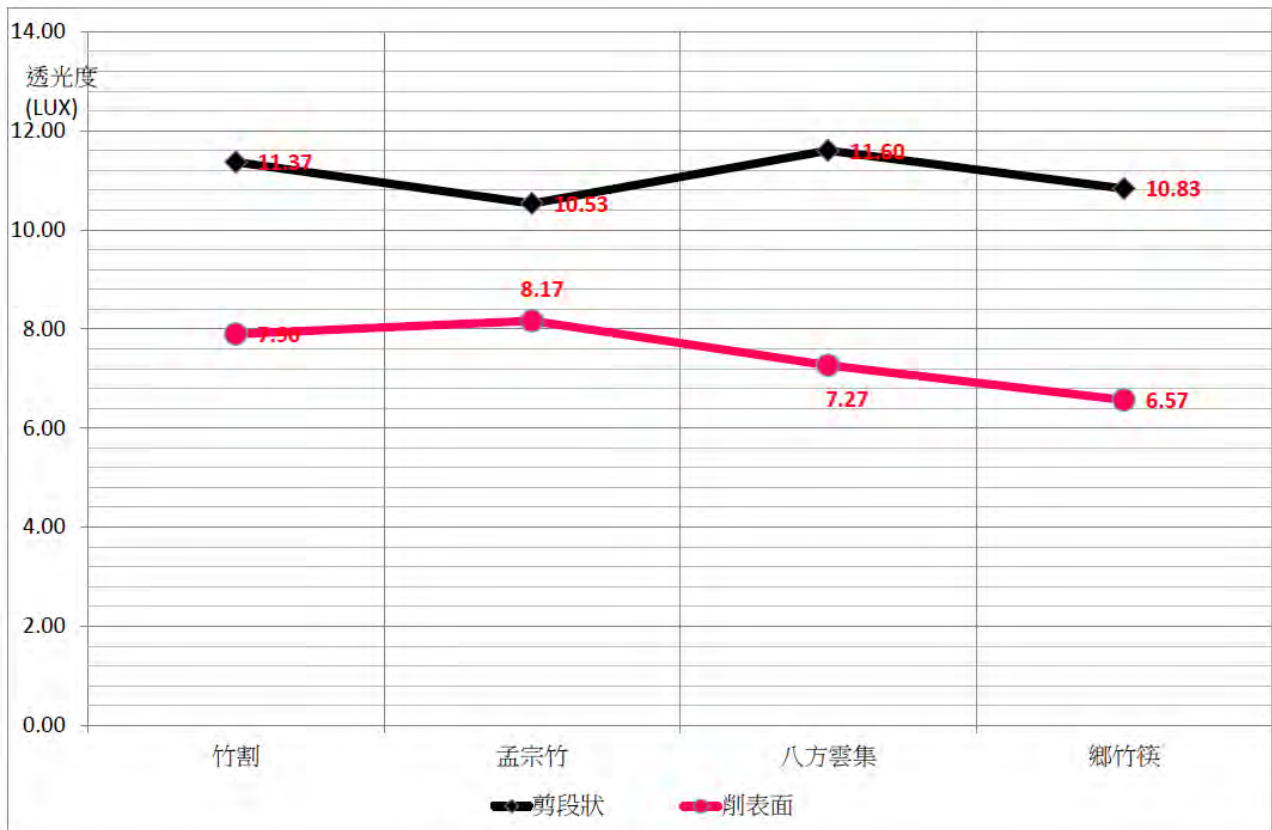


圖8：不同筷子切割方式(削表面、切成段)對二氧化硫的量影響 (透光度表示法)

2-2：竹筷有無保留表面，對二氧化硫含量的影響？

【研究構想】：由研究二實驗發現切成段狀筷子浸泡的水溶液，二氧化硫含量比筷子表面的二氧化硫多，推測二氧化硫滲入筷子維管束中。為了證明這個想法，我們去比較竹筷保留表面、及竹筷去除表面，看看二氧化硫含量是否相近。

【實驗步驟】：

- 切割免洗筷：
 - 方法 1（實驗組～去除表面）：將免洗筷去除表面後，用斜口鉗，每隔 2 公分切一段。
 - 方法 2（對照組～保留表面）：直接將筷子用斜口鉗，每隔 2 公分切一段。
- 將方法 1，2 筷子各取 2 公克，放入 40 mL 的蒸餾水及筷子水浸泡 20 分鐘。
- 步驟 2 水溶液利用濾紙過濾。
- 取步驟 3 水溶液加 0.5 mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。
- 將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 去除表面的筷子和保留表面的筷子，透光度差異不大。
- 結果如表 9、圖 9。

【實驗結果與討論】：

由實驗發現去除表面的筷子和保留表面的筷子，透光度差異不大。表示二氧化硫主要來自於維管束內。

表 9：竹筷有無保留表面對二氧化硫含量影響

筷子/處理方式	竹筷去除表面	竹筷保留表面
鄉竹筷	12	12
孟宗竹	12	13
御便當	11	10



▲削去竹筷表面筷子



▲竹筷保留表面

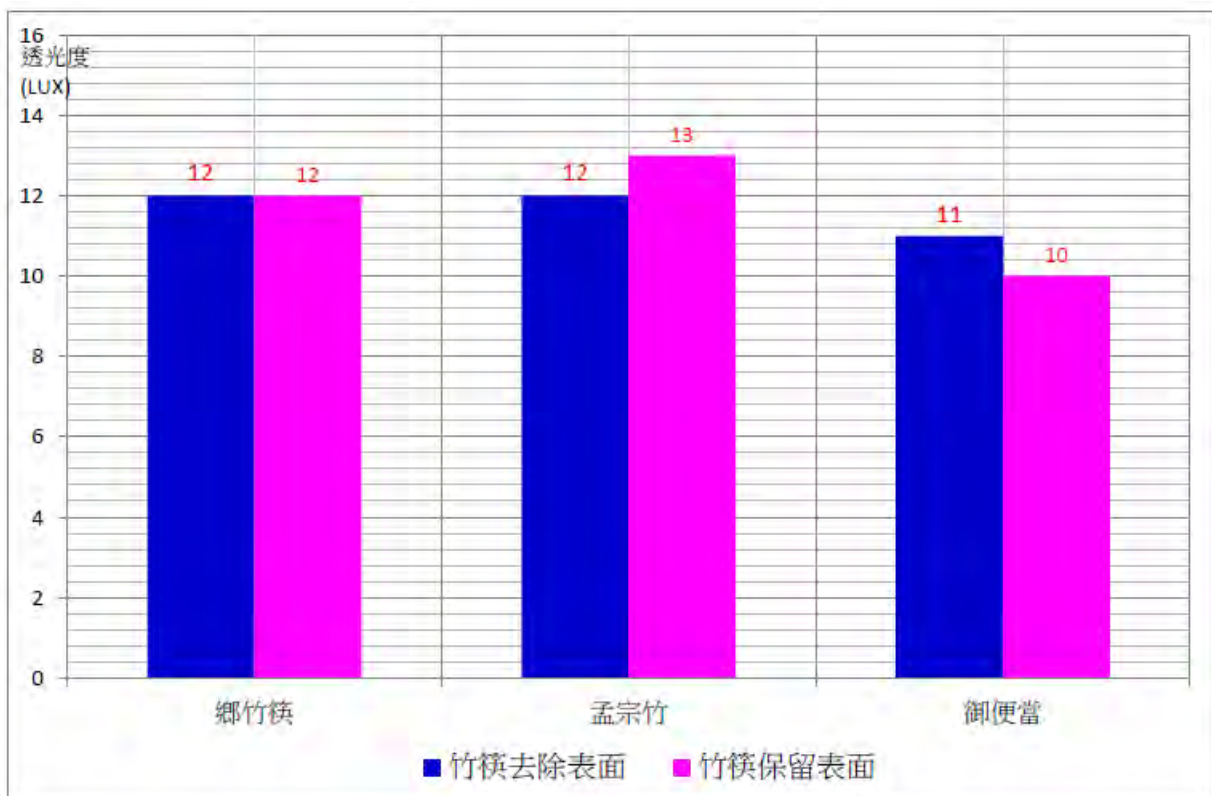


圖 9：竹筷有無保留表面對二氧化硫含量影響

研究三：浸泡水的溫度對二氧化硫溶解量影響

3-1：水的溫度，是否影響筷子中二氧化硫溶解的量？

【研究構想】：我們心想浸泡筷子的水溫，會不會影響筷子中二氧化硫溶解的量？因此，我們進行「冷水」、「溫水」、「熱水」對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：

- 1.用剪刀或斜口鉗，將孟宗竹、鄉竹筴、御便當筴每隔 2 公分切一段。
- 2.取步驟 1 的免洗筴各 12 克，每 4 公克裝成 1 杯。
- 3.將其中一杯免洗筴泡 100°C 熱水 40mL，另一杯泡 50°C 溫水 40mL，最後一杯泡 0°C 冰水 40mL，用保鮮膜包起瓶口，各都浸泡 20 分鐘。
- 4.取步驟 3 水溶液加 0.5 mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。
- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.孟宗竹、鄉竹筴、御便當筴都是在浸泡熱水的筷子，透光度較高，表示水溶液中含有較多二氧化硫。
- 2.結果如表 10、圖 10。

【實驗結果與討論】：

實驗結果發現泡熱水的筷子，水溶液含有較多二氧化硫，冰水反而少。顯示熱水能將筷子中的二氧化硫，溶入在水中更多。

表 10：不同冷熱水筷子對二氧化硫的量影響 (透光度表示法) 單位：Lux

筷子種類/水的冷熱	0°C	50°C	100°C
孟宗竹	5	8	10
鄉竹筴	6	8	8
御便當筴	7	7	9

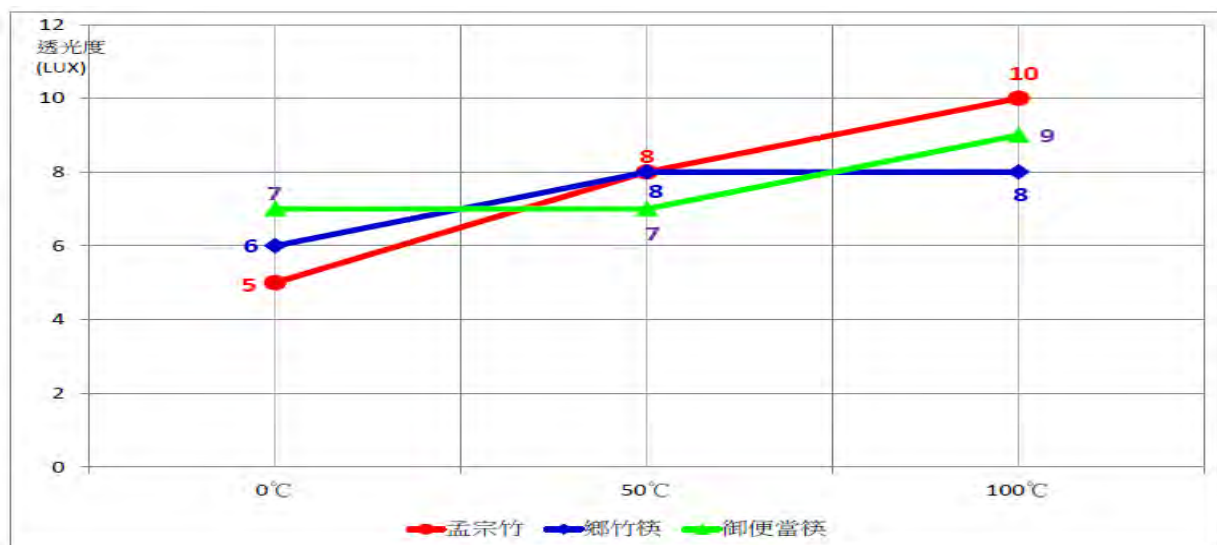


圖 10：不同冷熱水筷子對二氧化硫的量影響 (透光度表示法)



▲保持 0°C 水溫



▲保持 50°C 水溫



▲筷子浸泡冰水



▲筷子浸泡溫水



▲筷子浸泡熱水

3-2：不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響？

【研究構想】：由延續前面實驗，研究不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響。

【實驗步驟】：

1. 延續前面實驗步驟 4，取完 20 mL 後，剩餘 100°C 熱水 20mL，另一杯泡 50°C 溫水 20mL，最後一杯泡 0°C 冰水 20mL，用保鮮膜包住錐形瓶口，放置室溫水 35°C 中，到到錐形瓶內水溫都變成 35°C 後，進行以下步驟。
2. 取步驟 1 水溶液 20mL 加 0.5 mL 碘液，觀察記錄顏色。
3. 利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。
4. 將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 孟宗竹筷子水由 0°C、50°C、100°C 變成室溫(35°C)時，二氧化硫溶解量接近。
2. 鄉竹筷子水由 0°C、50°C、100°C 變成室溫(35°C)時，二氧化硫溶解量接近。
3. 御便當筷子水由 0°C、50°C、100°C 變成室溫(35°C)時，二氧化硫溶解量接近。
4. 結果如表 11、圖 11-13。

【結果與討論】：

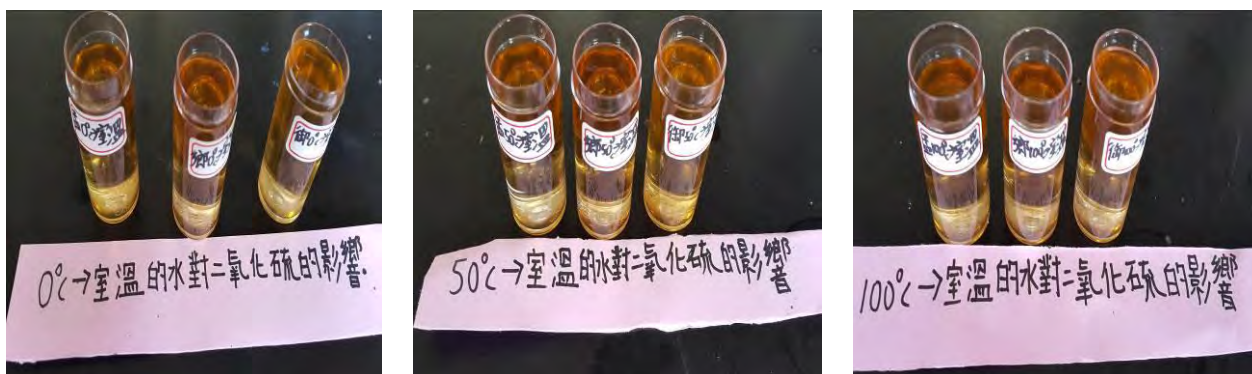
筷子水溫度變高時，二氧化硫溶解量會變高。由這個實驗發現，當水溫都變成室溫 (35°C) 時，不同溫度的三種筷子水中二氧化硫的含量都會接近。

表 11：不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響

筷子種類/比較項目	原先透光度	降(升)至室溫 35°C 透光度
0°C 孟宗竹	5	10
50°C 孟宗竹	8	9
100°C 孟宗竹	10	9
0°C 鄉竹筷	6	9
50°C 鄉竹筷	8	9
100°C 鄉竹筷	8	10
0°C 御便當筷	7	9
50°C 御便當筷	7	10
100°C 御便當筷	9	9



▲將不同溫度筷子水降至室溫 35°C



▲將不同溫度筷子水降至室溫 35°C 顏色比較

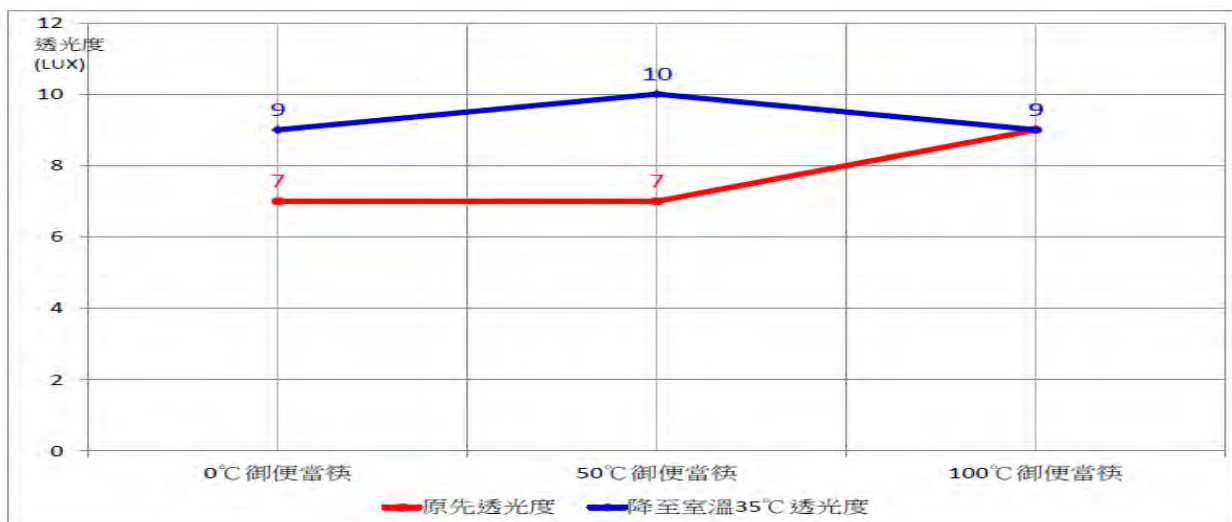


圖 11：不同溫度御便當筷子水降至室溫 35°C時二氧化硫含量比較

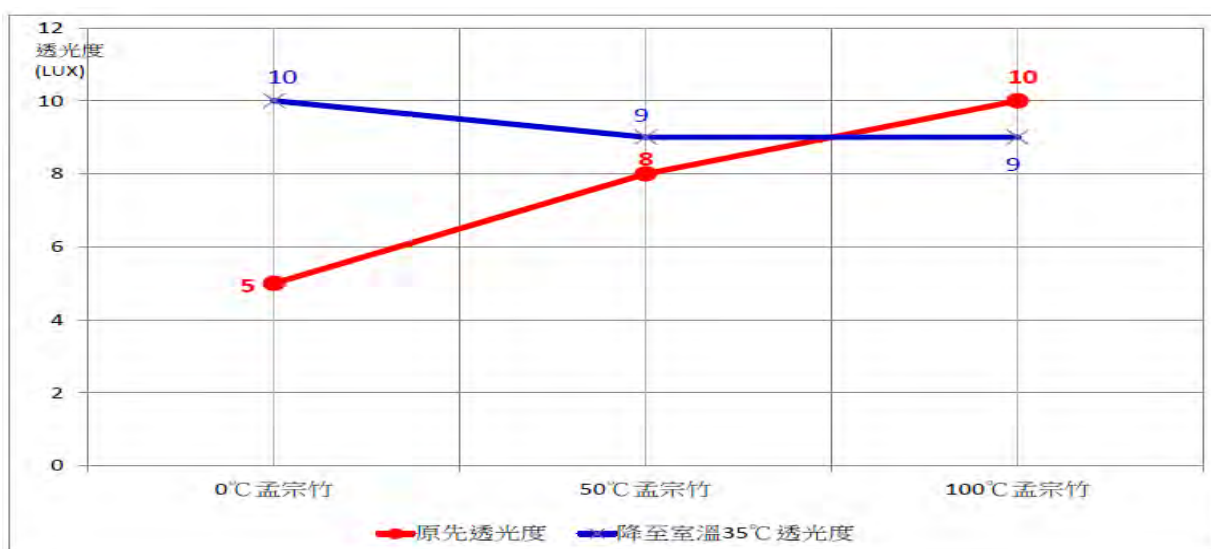


圖 12：不同溫度孟宗竹筷子水降至室溫 35°C時二氧化硫含量比較

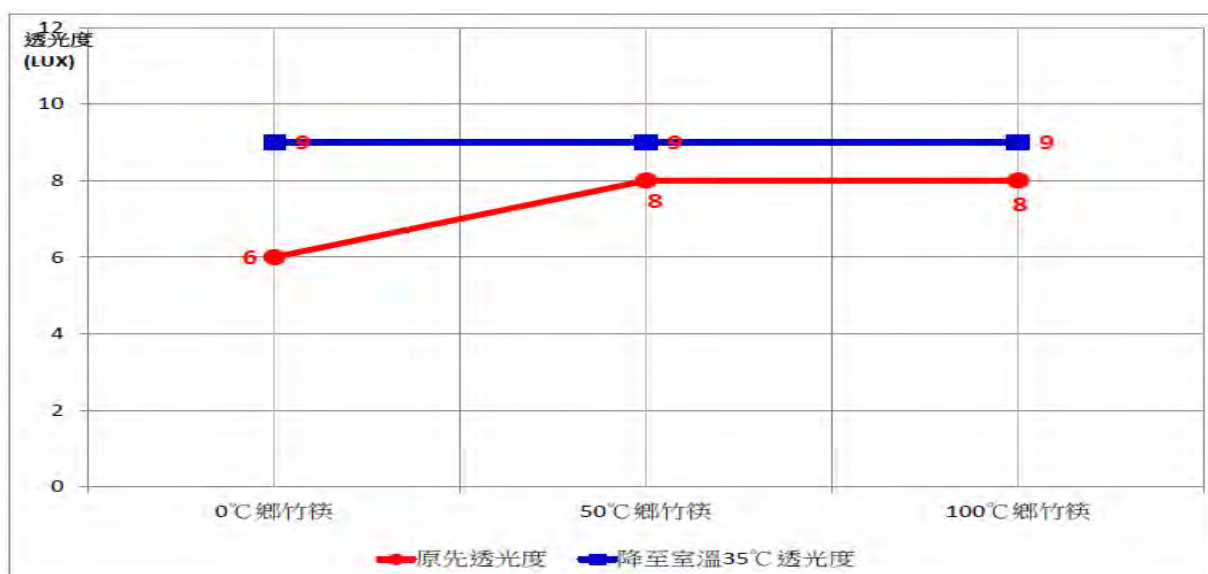


圖 13：不同溫度鄉竹筷子水降至室溫 35°C時二氧化硫含量比較

研究四：浸泡筷子時間長短，對二氧化硫產生的影響？

【研究構想】：我們心想浸泡筷子時間長短，會不會影響筷子中二氧化硫溶解的量？因此，進行浸泡不同時間長短，對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：

- 1.用剪刀或斜口鉗，將孟宗竹、八方雲集、鄉竹筴、竹割四種筷子，每隔 2 公分切一段。
- 2.取孟宗竹、八方雲集、鄉竹筴、竹割四種筷子各 4 克，分別放入杯子裡，加 80mL 蒸餾水浸泡。
- 3.每隔 20 分鐘、40 分鐘、60 分鐘，取出四種筷子液體。
- 4.將取出液體，各加 0.5 mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。
- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.泡 20 分鐘孟宗竹筷二氧化硫含量最多，竹割筷最少。
- 2.泡 40 分鐘鄉竹筴二氧化硫含量最多，孟宗竹筷最少。
- 3.泡 60 分鐘八方雲集二氧化硫含量最多，竹割筷最少。
- 4.浸泡筷子時間越長，透光度就越大。表示二氧化硫產生量越多，讓碘液變得越淡。
- 5.結果如表 12、圖 14。

【實驗結果與討論】：

當二氧化硫越多時，碘液的黃色就會越淡，透光度就會越大。從實驗發現四種筷子浸泡的時間越長透光度大，表示溶在水中的隨著浸泡時間越長，二氧化硫量越多。



▲浸泡不同時間筷子 (20 分鐘,40 分鐘,60 分鐘)

表 12：浸泡筷子時間長短對二氧化硫的量影響 (透光度表示法) 單位：Lux

筷子種類/時間	20 分鐘	40 分鐘	60 分鐘
孟宗竹	7.9	7.4	9.1
八方雲集	7.4	8.4	10.2
鄉竹筴	6.4	9.6	9.7
竹割	5.4	9	8.1

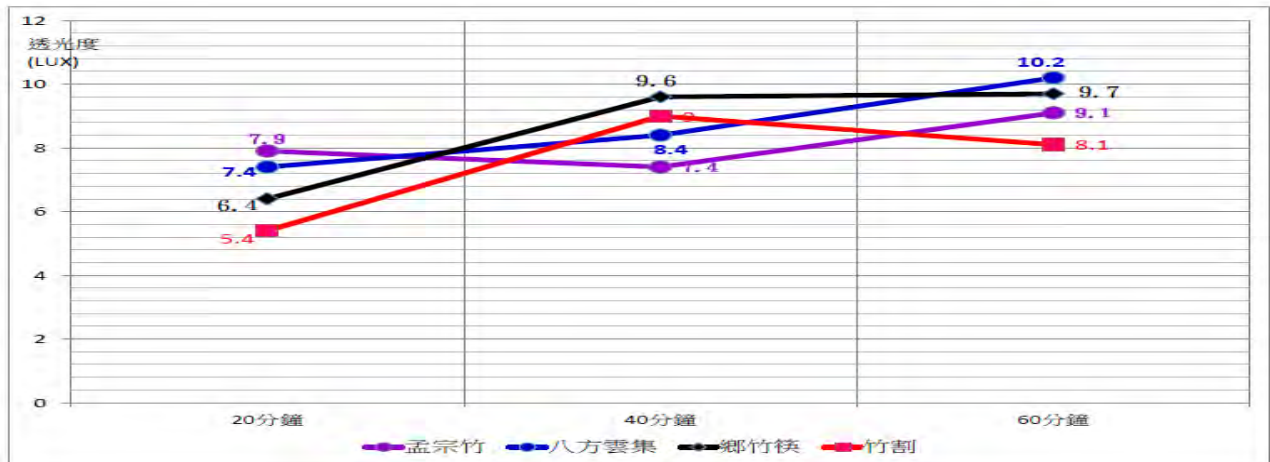


圖 14：浸泡筷子時間長短對二氧化硫的量影響（透光度表示法）

研究五：更換浸泡筷子水，對二氧化硫產生的影響？

【研究構想】：前面的實驗發現浸泡時間越長，二氧化硫溶解的量越多。我們很好奇，如果每隔 10 分鐘浸泡，更換浸泡的水，對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：

- 1.用剪刀或斜口鉗，將孟宗竹、鄉竹筷子，每隔 2 公分切一段。
- 2.取孟宗竹、鄉竹筷各 4 克，分別放入杯子裡，加 80mL 蒸餾水浸泡。
- 3.每隔 10 分鐘取出 2 種筷子液體，再更換新蒸餾水浸泡 10 分鐘，再取出 2 種筷子液體，再更換新蒸餾水浸泡 10 分鐘後，取出 2 種筷子液體。
- 4.將取出液體，各加 0.5mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度（Lux）。
- 6.對照組：將 80mL 水加碘液，測量透光度；再每隔 10 分鐘，將 80mL 水加碘液，測量透光度；再重複一次。
- 7.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.隔 10 分鐘更換新的水浸泡，兩種筷子水的透光度都是越來越低，表示水中二氧化硫濃度越來越低。
2. 對照組透光度維持不變。
- 3.結果如表 13、圖 15。

表 13：更換浸泡筷子水時間對二氧化硫產生的影響

筷子種類/時間	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
孟宗竹	7.3	6.9	5.5
鄉竹筷	6.4	5.7	4
水	2.1	2.1	2.1

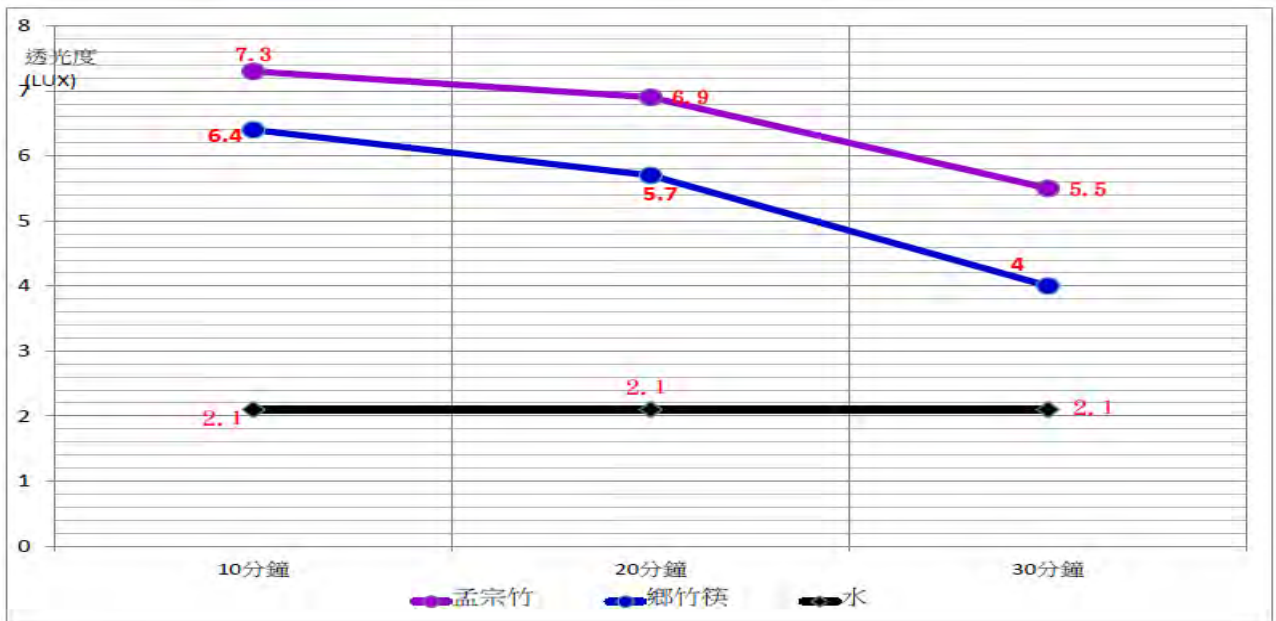


圖 15：更換浸泡筷子水時間對二氧化硫產生的影響

【實驗結果與討論】

實驗發現更換浸泡筷子水時間，會影響筷子水中二氧化硫濃度。每隔 10 分鐘替換浸泡水，孟宗竹水中二氧化硫濃度由透光度的 7.3Lux→6.9Lux → 5.5Lux，遞減率為 5%至 2%。而鄉竹筷二氧化硫濃度遞減率為 1%至 2%。由此結果顯示浸泡 10 分鐘能降低二氧化硫濃度。



▲ 對照組



▲ 每隔10分鐘更換浸泡筷子水



▲ 實驗操作情形

研究六：不同重量的免洗筷，是否影響二氧化硫的含量？

【研究構想】：我們心想不同重量的免洗筷，會不會影響筷子中二氧化硫溶解的量？因此，進行不同重量的免洗筷，對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：

- 1.用剪刀或斜口鉗，將鄉竹筷、孟宗竹每隔 2 公分切一段。
- 2.取孟宗竹、鄉竹筷各 2 克、4 克、6 克，分別放入杯子裡，加 40mL 蒸餾水浸泡。
- 3.將孟宗竹、鄉竹筷液體取出，各加 0.5mL 碘液，觀察記錄顏色。
- 4.利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。

5.將結果記錄表格， 畫成統計圖。

【研究發現】：

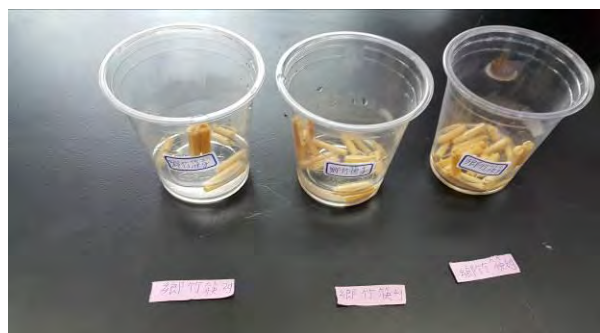
- 1.筷子重量越重，透光度越大，表示二氧化硫量較多讓碘液顏色變淡較亮。
- 2.結果如表 14、圖 16。

【實驗結果與討論】：

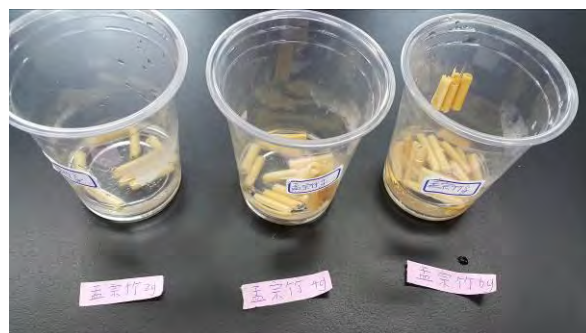
研究發現筷子重量越重，透光度越大，表示二氧化硫量較多，顯示二氧化硫含量與筷子重量成正比。

表 14：不同重量的免洗筷對二氧化硫的量影響（透光度表示法）

筷子種類/重量	2 克	4 克	6 克
孟宗竹	5.9	6.8	7.3
鄉竹筷	5.2	5.8	7.4



▲不同重量郷竹筷浸泡蒸餾水



▲不同重量孟宗竹浸泡蒸餾水



▲不同重量郷竹筷對二氧化硫量的影響



▲不同重量孟宗竹對二氧化硫量的影響

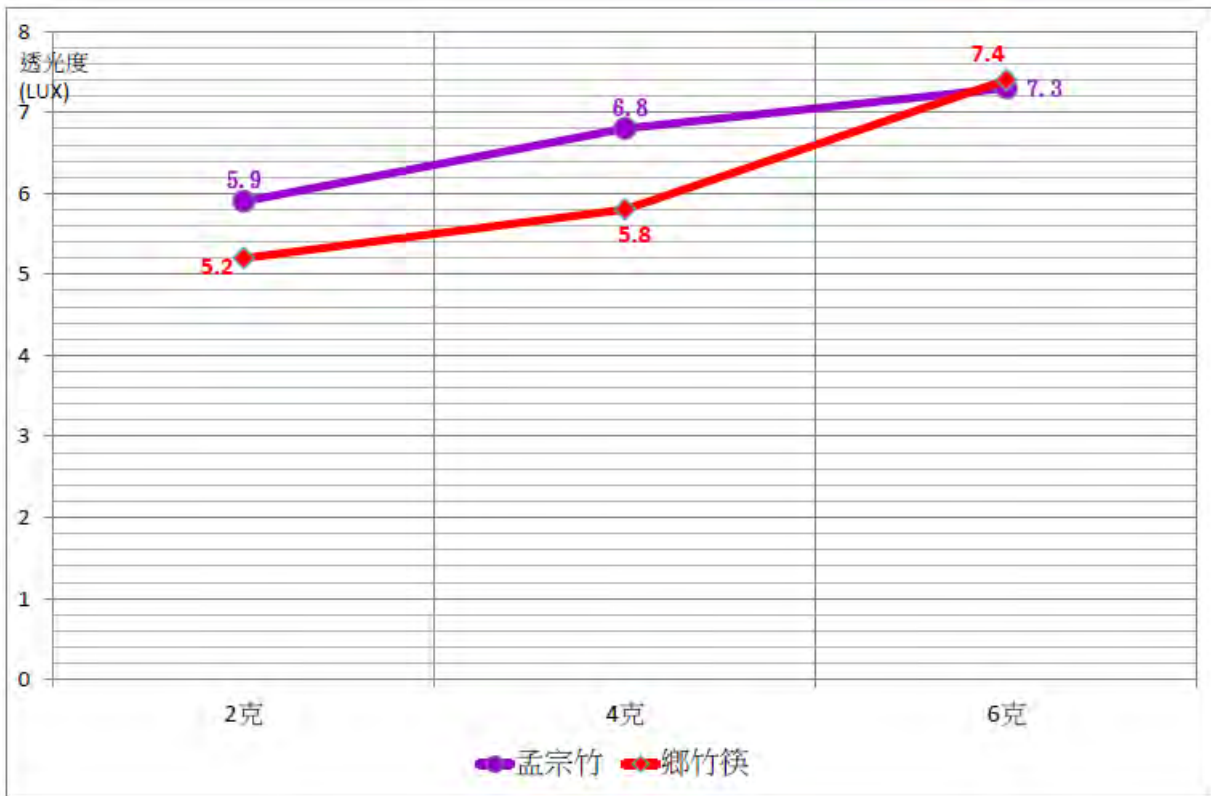


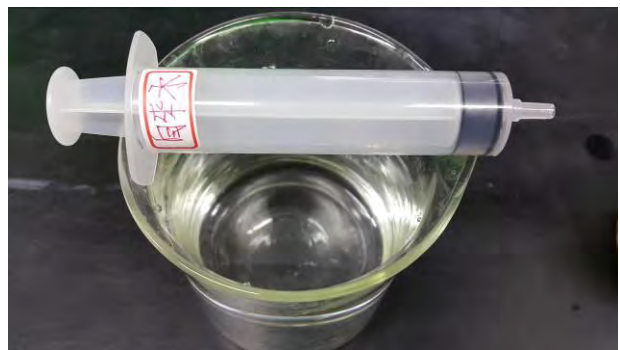
圖 16：不同重量的免洗筷對二氧化硫的量影響（透光度表示法）

研究七：浸泡免洗筷的水，對植物生長的影響？

【研究構想】：新聞報導筷子含二氧化硫？我們心裡想，二氧化硫對人體會有影響？我們就以黃豆、綠豆及紅豆試試看。

【實驗步驟】：

- 1.準備培養皿 30 個，將面紙鋪在上面。
- 2.準備黃豆、綠豆及紅豆各 100 顆。
- 3.取 10 個培養皿，各放 10 顆黃豆，另 10 個培養皿各放 10 顆綠豆、10 個培養皿各放 10 顆紅豆。
- 4.實驗組:各取黃豆綠豆紅豆各 5 個培養皿，加筷子水 10mL。
- 5.對照組:各取黃豆綠豆紅豆各 5 個培養皿，加自來水 10mL



▲ 筷子水 (實驗組)

▲ 一般自來水(對照組)

- 6.每天觀察黃豆綠豆發芽的情形。
- 7.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.綠豆在自來水環境生長高度比在筷子水中，長得較高。
- 2.黃豆在自來水環境生長高度比在筷子水中，長得較高。
- 3.紅豆在自來水環境生長高度比在筷子水中，長得較高。
- 4.筷子水對植物生長會造成影響。
- 5.結果如表 15、圖 17。

【實驗結果與討論】：

研究發現筷子水對植物生長會造成影響。

表 15：筷子水對植物生長的影響

種子/水		第 1 盤	第 2 盤	第 3 盤	第 4 盤	第 5 盤	平均
綠豆	自來水	20.57	17.20	18.67	17.10	17.22	18.15
	筷子水	3.67	0.00	2.00	4.00	1.40	2.21
紅豆	自來水	43.20	32.07	56.40	12.56	19.66	32.78
	筷子水	0.80	1.83	0.74	1.16	0.79	1.06
黃豆	自來水	1.20	1.20	1.50	1.00	1.00	1.18
	筷子水	1.10	1.15	1.00	1.55	1.05	1.17

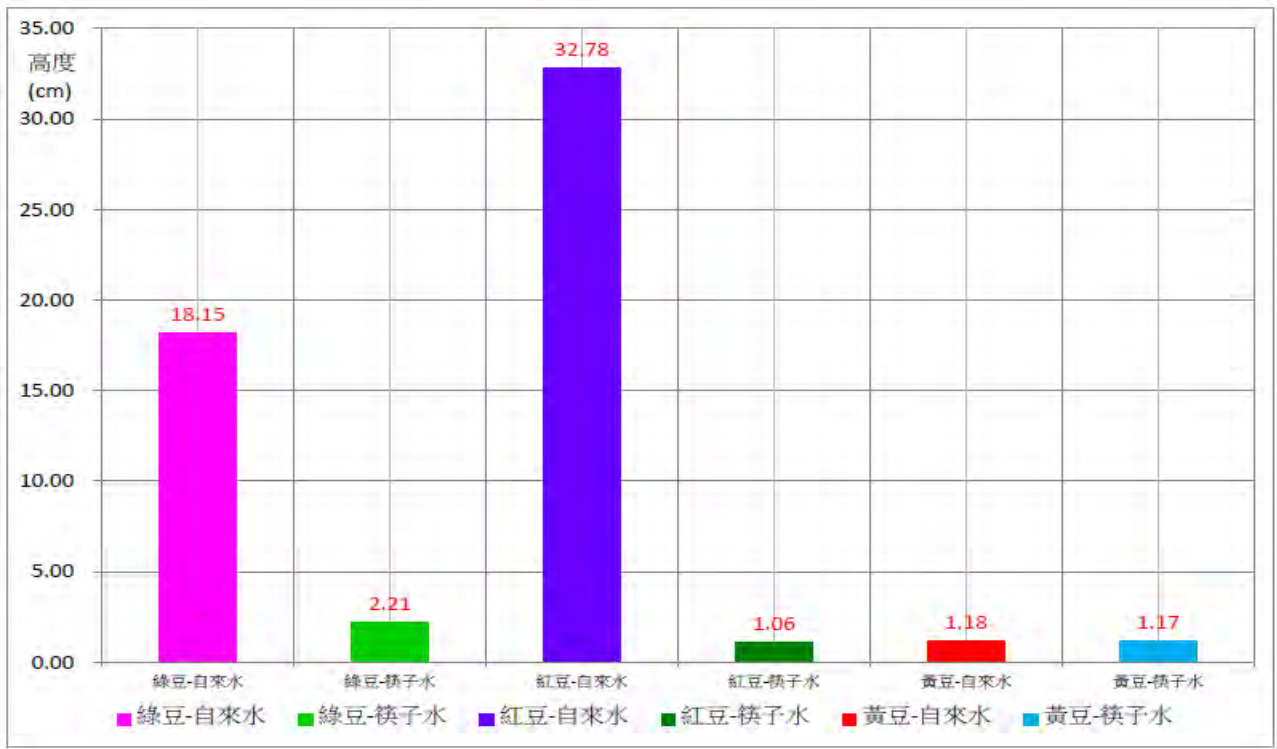


圖 17：筷子水對植物生長的影響



▲浸泡自來水、筷子水對綠豆生長影響比較



▲浸泡自來水、筷子水對紅豆生長影響比較



▲浸泡自來水、筷子水對黃豆生長影響比較

陸、討論

一、市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？

首先在研究過程中發現，碘液顏色並沒有像我們預測的很快變無色，看起來都是黃色，只是深淺不一，沒辦法很精確從顏色判斷二氧化硫含量多少。幸好小組成員提出「利用透光度判斷顏色深淺」的辦法，利用透光度檢測器測出亮度 (Lux)。如果亮度越亮 (測到數字越大)，表示溶在水中二氧化硫含量越多，讓碘液還原成無色。創意解決了無法判斷顏色深淺的問題。【詳見伍、研究設備及器材 ~ 二、實驗裝置及三實驗方法】



經過修改研究方法後，就進行【研究一】1-1 實驗，發現免洗筷含有二氧化硫。其中以八方雲集筷子含二氧化硫最多。建議到八方雲集用餐時，能自備環保筷，以減少二氧化硫對人體傷害。

延續【研究一】1-1 實驗，心想除了筷子之外，一些竹製品，是否也含有二氧化硫？由【研究一】1-2 實驗發現冰棒棍、牙籤、竹籤、竹串四種竹製品都含有二氧化硫，而其中以竹籤含二氧化硫量最多。從【研究一】1-1 實驗、1-2 實驗發現竹製品，為長期保存、避免發霉，都添加了二氧化硫，提醒我們在使用時務必小心，如何找出筷子中二氧化硫來源、以及降低筷子二氧化硫含量，將是以下研究的方向。

二、筷子中二氧化硫來自何處？

筷子中二氧化硫來自何處？不同切割筷子的方式(削表面、切成段)，是否影響二氧化硫溶在水中的量？由【研究二】2-1



的實驗發現「段狀筷子水溶液」>「削表面的筷子」水溶液含有較多二氧化硫。我們進一步利用手機顯微鏡觀察筷子結構，結果發現看起來是平平的筷子，竟然出現像猴子臉一樣孔洞（維管束）。我們推測切成段狀的筷子中的維管束，可能在製造過程中二氧化硫滲入筷子維管束中，當放入水中時，維管束中的二氧化硫就漸漸溶入水中。

為了證明筷子中二氧化硫是來自於筷子表面、還是筷子裡面？我們進行【研究二】2-2 竹筷有無保留表面，對二氧化硫含量的影響？我們把筷子分成對照組（保留筷子表面）與實驗組（筷子去除表面）的實驗。結果發現去除表面的筷子和保留表面的筷子，透光度差異不大。表示筷子中二氧化硫，在筷子表面並不多，推測二氧化硫主要來自於筷子中維管束內。

為了證明是否是筷子中維管束含有二氧化硫，浸泡筷子時溶入水中？我們把切成段狀筷子分成兩組，對照組取段狀筷子 2 公克；實驗組取段狀筷子 2 公克，再將段狀筷子兩端用熱熔膠條封住（封住維管束空隙）。兩組各泡蒸餾水 20 分鐘、加 0.5mL 碘液，用透光度檢測儀測出透光度（表 15、圖 16）。結果顯示實驗組「用熱熔膠封住筷子兩端」的筷子水，其透光度比對照組小。顯示用熱熔膠封住筷子兩端，維管束中的二氧化硫無法溶入水中，使碘液顏色較深透光度小。由此證明「筷子中的二氧化硫，主要來自筷子中的維管束」。

表 16：段狀筷子有無封住維管束對二氧化硫溶入水中透光度的影響

筷子種類/時間		水溶液顏色	透光度	備註
實驗組 (用熱熔膠封住維管束)	孟宗竹	淡黃色	8	
	鄉竹筷	淡黃色	7	
	御便當筷	淡黃色	6	
對照組 (無封住維管束)	孟宗竹	淡黃色	12	
	鄉竹筷	淡黃色	11	
	御便當筷	淡黃色	12	
	加蒸餾水	淡黃色	12	
	熱熔膠	淡黃色	11	

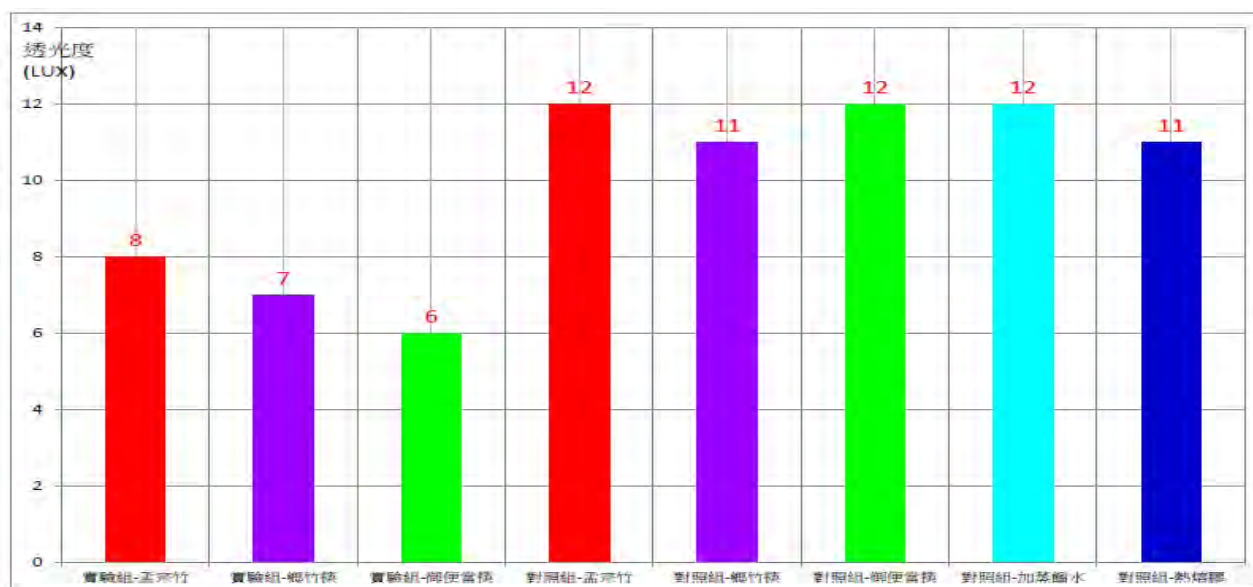
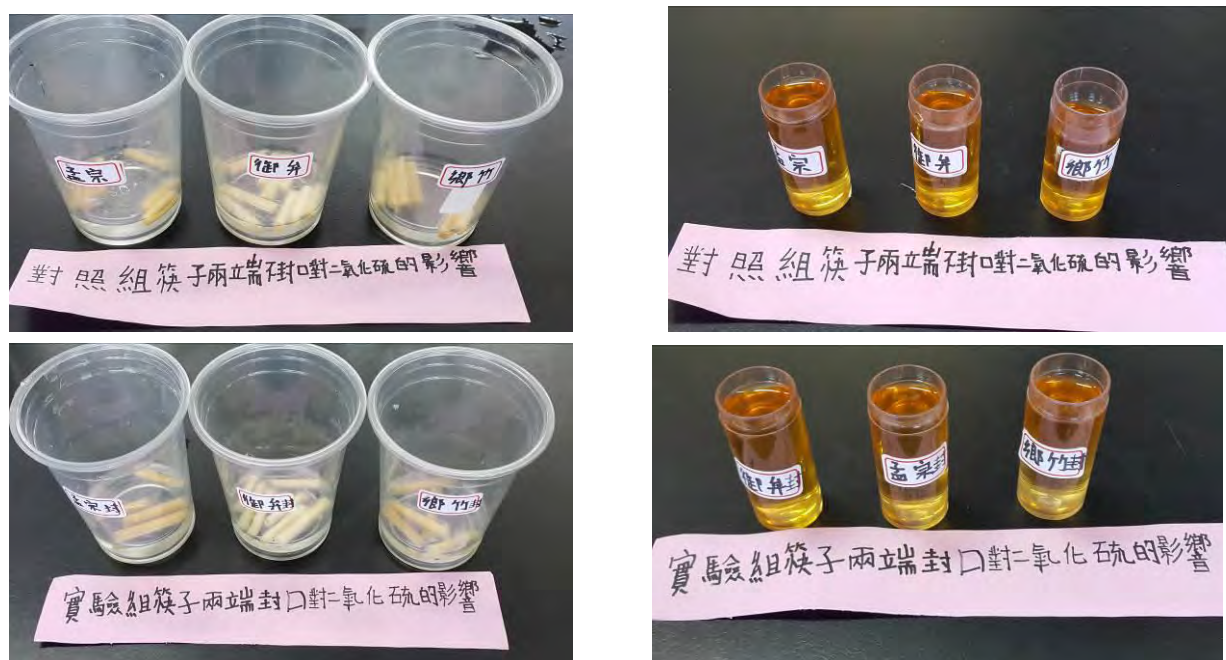


圖 18：段狀筷子有無封住維管束對二氧化硫溶入水中透光度的影響



▲段狀筷子有無封住維管束實驗過程

三、浸泡水的溫度對二氧化硫溶解量影響

由【研究三】3-1 實驗分別以 100°C、50°C、0°C 冰水浸泡筷子，結果發現泡 100°C 熱水的筷子，水溶液含有較多二氧化硫，0°C 冰水反而少。顯示熱水能將筷子中的二氧化硫，溶入在水中更多。推測二氧化硫的溶解度，隨著溫度上升而增加。

更進一步由【研究三】3-2 延伸實驗研究將不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，二

氧化硫含量會有什麼變化？首先，由 3-2 實驗發現同一種筷子，由 0°C 升至室溫，二氧化硫的含量會增加；由原來高溫降至室溫時，二氧化硫含量與高溫時接近(相差)。因此，不同溫度的三種筷子水，當溫度都降（升）至室溫時，同一種筷子二氧化硫的含量都會接近。

四、筷子泡水的時間，對二氧化硫的量

由【研究四】發現浸泡筷子時間越長，透光度就越大，表示二氧化硫產生量越多，讓碘液變得越淡。根據【研究二】發現筷子具有像猴子臉一樣孔洞（維管束），所以，當筷子放入水中浸泡越久，維管束中二氧化硫溶入水中越多，因此，浸泡筷子時間越長，水中所含的二氧化硫越多。

五、更換浸泡筷子水時間，對二氧化硫產生的影響？

由【研究五】發現每隔 10 分鐘更換浸泡筷子，透光度都是越來越低，表示水中二氧化硫濃度越來越低。孟宗竹水中二氧化硫濃度由透光度的 7.3Lux→6.9Lux →5.5Lux，二氧化硫濃度遞減率為 5%至 2%。鄉竹筷二氧化硫濃度遞減率為 1%至 2%。由此結果顯示 10 分鐘更換浸泡的筷子水，能降低二氧化硫濃度。因此，外出用餐時先將筷子浸泡 10 分鐘，是能有效降低二氧化硫方法。

六、免洗筷的重量，是否影響二氧化硫的含量？

筷子越多，是不是二氧化硫的量越多？由【研究六】實驗發現筷子重量越重，透光度越大，表示二氧化硫量較多讓碘液顏色變淡較亮。顯示二氧化硫含量與筷子重量成正比。推測應該是筷子具有像猴子臉一樣孔洞（維管束），當筷子越重時，孔洞（維管束）越多，孔洞中的二氧化硫溶在水中的越多。

七、浸泡免洗筷的水，對植物生長的影響？

浸泡免洗筷的水，對植物生長會有什麼影響？由【研究七】發現綠豆、黃豆、紅豆在自來水環境生長高度，比在筷子水中長得高。因此，筷子水對植物生長會造成影響。

柒、結論

- 一、自製透光度檢測器，透光度越大，溶在水中二氧化硫含量越多。
- 二、段狀切割筷子比削表面筷子的水溶液透光度大，表示段狀筷子水溶液含有較多的二氧化硫。
- 三、筷子中二氧化硫，來自於筷子中維管束。
- 四、溫度越高，水溶液溶入較多的二氧化硫；溫度越低，水溶液溶入較少的二氧化硫。
- 五、浸泡筷子時間越長，透光度就越大，表示二氧化硫含量越多。
- 六、更換浸泡的筷子水，能降低二氧化硫濃度。
- 七、筷子重量越重，透光度越大，二氧化硫含量越多。
- 八、筷子水對植物生長會造成影響。

捌、未來研究及建議

本研究從食安出發，企圖找出降低二氧化硫的最佳方法，並探討簡易檢測「二氧化硫」的方法～透光度法。未來可更進一步探討：

- 一、**創意性方面**：未來可更進一步將透光度檢測器，應用在其他辨識顏色深淺的研究上。
- 二、**應用性方面**：降低二氧化硫方法，可以在使用免洗筷前，將免洗筷浸泡熱水 10 分鐘，可以降低二氧化硫含量。或者將筷子兩端維管束封起，可以減少二氧化硫溶入水中。不過，最好的方法是不用免洗筷。
- 三、**未來研究建議**：我們建議未來可以利用透光度大小，直接換算出二氧化硫濃度。

玖、研究心得

- 昀○：這次的研究讓我學到了很多。我們遇到了困難，小組也一起想出了解決的方法。例如想到了利用削鉛筆機削筷子、想到自製透光度檢測器，分辨水溶液顏色，也讓我學到二氧化硫對人體的危害，以及團隊合作的重要。以後在外面吃連鎖店的小吃，我們都會盡量自備環保筷，這樣子對我們的健康才會有幫助，也為地球環保盡一份心力。
- 韵○：在這次研究中讓我知道，免洗筷的化學物質，會傷害身體健康。因為裡面的二氧化硫，長期使用下來甚至會死亡。這個研究我們碰到的困難是浸泡的時間很長，筷子的種類好多種，容易搞混。我更體會到只有團隊合作，才能把這次的實驗做完。
- 偉○：在做了 4 年的科學研究，我升上了六年級。這次我們一起合作一起努力也一起犧牲假日，總有一股莫名的成就感。我學到在日常生活中，筷子安全的重要。過程中也遇到

了許多的困難，也經由我們小組把困難一件一件的克服，希望這次比賽能獲得佳績。

柏○：這是我最後一次做科展今年就要畢業了。我覺得這幾次科展，雖然辛苦但是最後都很有成就感。科展，讓我知道遇到問題要自己去探索。為了這次科展我們犧牲星期六整天，就是為了知道免洗筷到底安不安全，這個秘密。令我印象最深刻的是為了做筷子水，我們用剪刀剪筷子，剪到手都腫起來了。希望這次的研究能夠獲得全國第一名。

鈞○：這次的研究中，我學到了團隊精神和小組合作，我更體會到不是自己就可以完成所有的研究。我們嘗試錯誤了很多次，報告也寫了很多遍。我們在研究中，發現我們常吃的連鎖店的筷子，含有很多的二氧化硫。因此，我們以後在外用餐，最好自備環保筷，對自己的健康才會比較有幫助。很謝謝老師的指導，讓我們完成這次的研究。

參考文獻

1. 一『碘』一滴，『硫』『金』歲月，第 53 屆全國科展，化工衛工及環工科。2018.2.5 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=70&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=2&sid=10388> (科展群傑廳)
2. 你吃進了多少毒素？免洗筷二氧化硫殘留量測定，第 46 屆全國科展，國小組自然科。2018.2.5 取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0815/081540.pdf> (科展群傑廳)
3. 快餐！筷摻！-學校周邊衛生筷安全性探討，第 47 屆全國科展，國中組 生活與應用科學科。2018.2.5 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=44&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=35&sid=2215&print=1> (科展群傑廳)
4. 黑心竹筷現形記，第 46 屆全國科展，國中組 理化科。2018.2.5 取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/junior/0316/031620.pdf> (科展群傑廳)
5. „筷”事知多少？，第 48 屆全國科展，國中組 生活與應用科學科。2018.2.5 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=45&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=37&sid=3481&print=1> (科展群傑廳)
6. 比較市售免洗筷二氧化硫含量測定。2018.2.5 取自 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/03/2012033020445467.pdf>
7. 行政院衛生署(1983)。「食品中漂白劑之檢驗方法二氧化硫之檢驗暫行方法」，衛署食字第 436953 號公告。
8. 衛生署訂定「食品中二氧化硫之檢驗方法」。2018.2.5 取自 http://www.ieatpe.org.tw/statute/view_nb.asp?ID=3049
9. 食品添加物使用範圍及限量。2018.3.5 取自 <http://mail.ukn.edu.tw/~iliangjh/fa/fa-4/food%20additives/food%20additives.pdf/bleaching%20agents.pdf>

【評語】 080216

本研究探討筷子添加二氧化硫的含量，利用碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉時，亞硫酸鈉濃度越大，液體透光度越大，反之越小。因此，利用測量透光度，可以得知二氧化硫含量，經由自製透光度檢測器，透光度越大，溶在水中二氧化硫含量越多。研究主題明確，研究方法設計詳盡，結果具有實用性。但可探討檢驗方法是否真正測得二氧化硫，過去以碘液檢驗二氧化硫已有不少作品，建議與這些文獻資料進行比較。

摘要

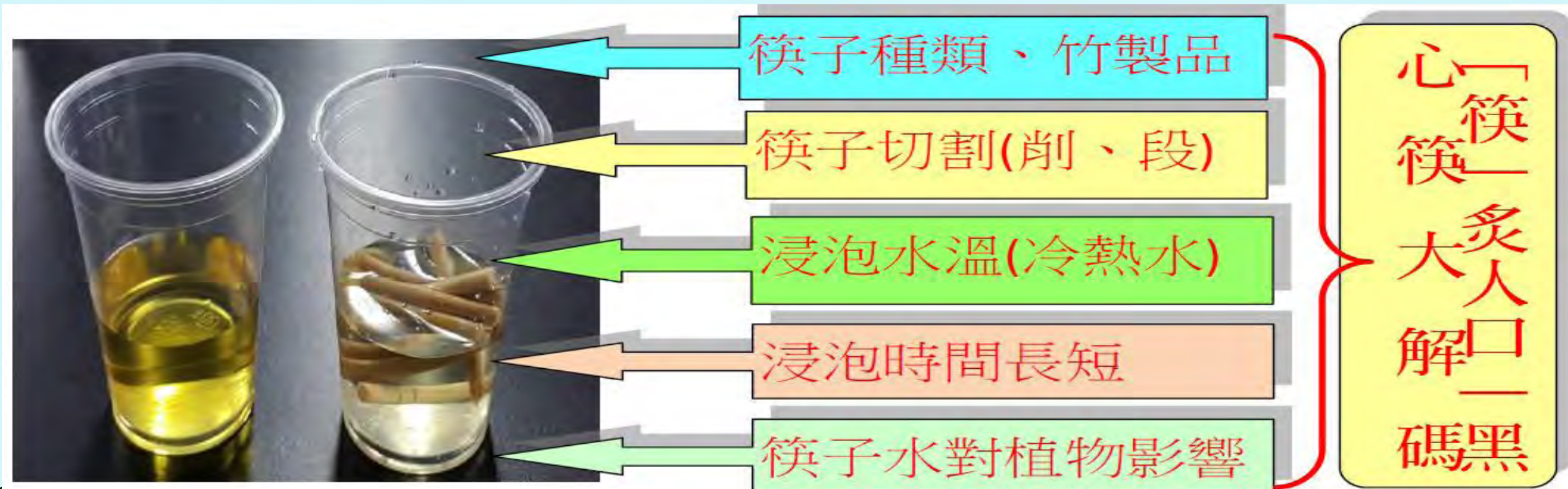
本研究源自於自然老師上課時，介紹筷子的生產過程會加入二氧化硫，讓黃色的碘液顏色消失，進而引發我們的好奇心，就進行一系列有關筷子的研究。**研究結果發現：**

- 一、自製透光度檢測器，透光度越大，溶在水中二氧化硫含量越多。
- 二、以段狀切割筷子比削表面筷子的水溶液透光度大，表示段狀切割筷子水溶液含有較多的二氧化硫。
- 三、筷子中二氧化硫，來自於筷子中的維管束。
- 四、溫度越高，水溶液溶入較多的二氧化硫；溫度越低，水溶液溶入較少的二氧化硫。

- 五、浸泡筷子時間越長，透光度就越大，表示二氧化硫含量越多。
- 六、更換浸泡的筷子水，能降低二氧化硫濃度。
- 七、筷子重量越重，透光度越大，二氧化硫含量越多。
- 八、筷子水對植物生長會造成影響。

壹 研究動機

本研究源自於自然老師上課時，介紹筷子的生產過程，為避免筷子發霉，用二氧化硫燻蒸的方式漂白，並抑制微生物的生長，而二氧化硫可能導致過敏或氣喘病。接著老師將筷子放到碘液裡浸泡，過一會兒，碘液的顏色就消失了。好神奇呀！筷子中的二氧化硫，竟然讓黃色的碘液顏色消失。用這種方法可以檢驗筷子中二氧化硫含量嗎？有沒有辦法，減少筷子中的二氧化硫含量？基於我們的好奇心，於是開始進行一連串的實驗。



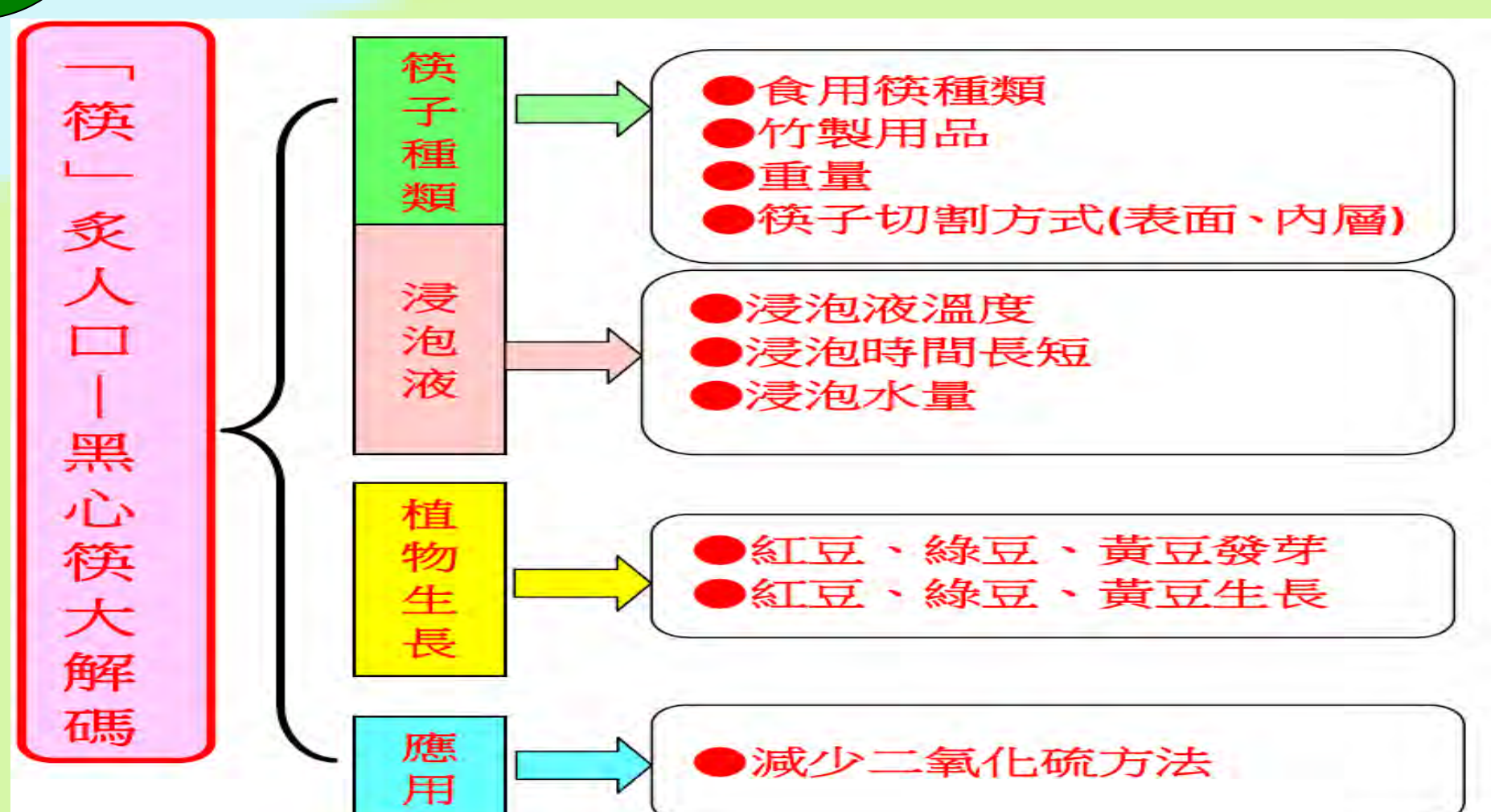
貳 研究目的及問題

我們針對影響筷子二氧化硫因素，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

- 研究一、生活中常用免洗筷二氧化硫含量研究。**
- 1-1市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？
 - 1-2常用的竹製品，哪一種含二氧化硫的量最多？
- 研究二、筷子切割方式對二氧化硫含量影響。**
- 2-1不同切割筷子方式(削表面、切成段)，是否影響二氧化硫的量？
 - 2-2竹筷有無保留表面，對二氧化硫含量的影響？
- 研究三、水溫對二氧化硫溶解量影響**
- 3-1水的溫度，是否影響筷子中二氧化硫溶解的量？
 - 3-2不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響
- 研究四、筷子泡水的時間，是否影響二氧化硫的量？**
- 研究五、更換浸泡筷子水時間，對二氧化硫產生的影響？**
- 研究六、免洗筷的重量，是否影響二氧化硫的含量？**
- 研究七、浸泡免洗筷的水，對植物生長的影響？**

參 文獻探討(略)

肆 研究架構



伍 研究設備及器材

一、實驗器材：

- (一) 器材：
- | | | | |
|-----------|------------|----------------|----------|
| 碘液 (1瓶) | 溴瑞香草藍 (1瓶) | 250CC 燒杯 (10個) | 攪拌棒 (5支) |
| 冰棒棍 (1包) | 壓舌板 (1包) | 牙籤 (1包) | |
| 削鉛筆機 (1台) | | | |
- (二) 各種免洗筷：
-
- 各廠牌竹筷 | 竹製品(冰棒棍、竹籤、竹叉、牙籤)
- (三) 測量工具：溫度計、磅秤、碼表、錄影機、照相機

二、實驗裝置~自製液體透光度檢測器~測定水溶液透光度

- (一) 準備檢測器 LED 光源、光柵、照度計
-
- (二) 組裝透光度檢測器
-
- 將待測夜放入光柵 | 啟動光源 | 放入遮光罩

三、實驗方法：

(一)亞硫酸鈉標準濃度配置方法 (二)透光度與二氧化硫濃度關係

表1：不同濃度亞硫酸鈉配置方法

要配的液體濃度(v%)	取標準液量(ml) (標準液 1000ppm)	加蒸餾水量(ml)	加蒸餾水後總量(ml)
10ppm	1	99	100
20ppm	2	98	100
30ppm	3	97	100
40ppm	4	96	100
50ppm	5	95	100
60ppm	6	94	100
70ppm	7	93	100
80ppm	8	92	100
90ppm	9	91	100
100ppm	10	90	100

表3：碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較圖

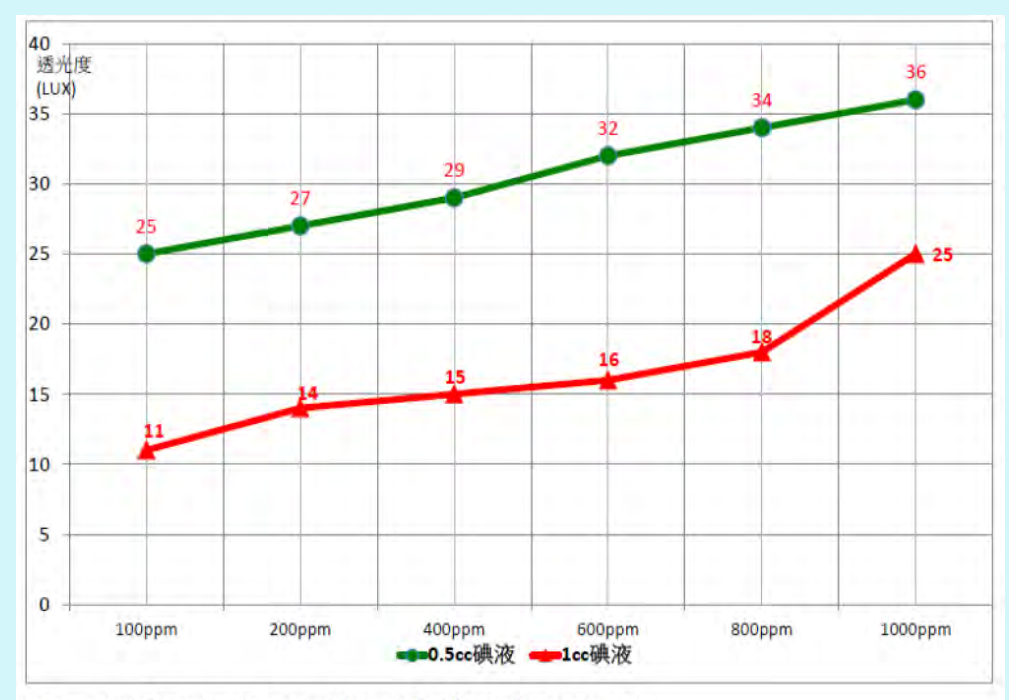
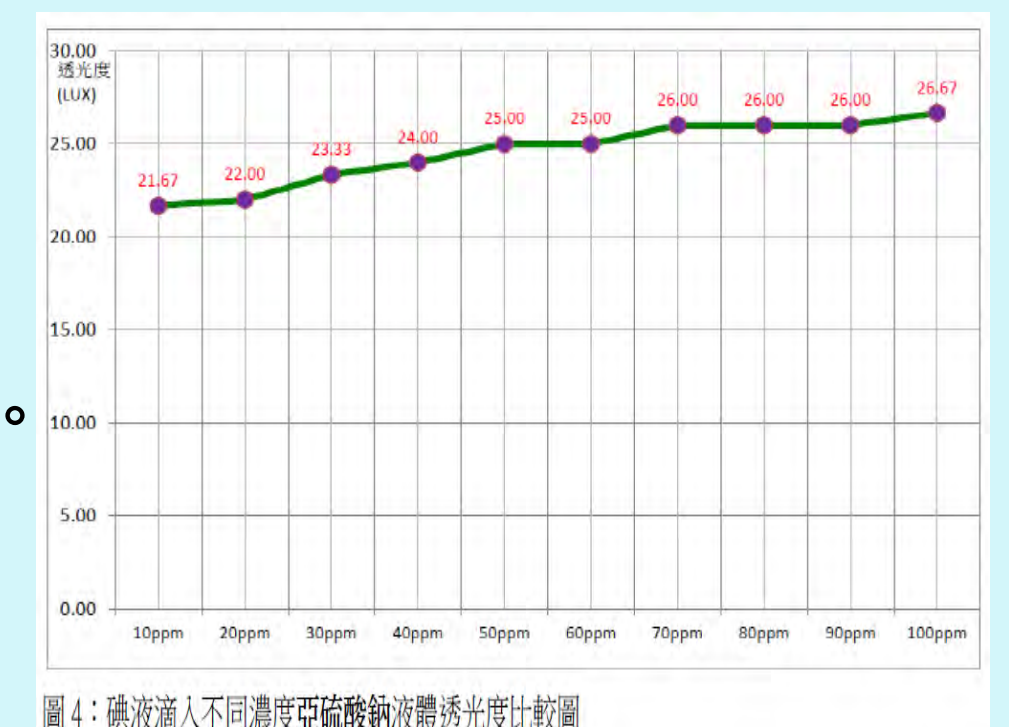
圖3：碘液滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較圖

(三)透光度與加入碘液量的關係

碘液加入的量會不會影響透光度，由實驗發現二氧化硫越多時，碘液的黃色就會越淡，透光度就會越大。當二氧化硫濃度相同時，碘液越多透光度越小(圖5)

表4：不同碘液量，滴入不同濃度亞硫酸鈉液體透光度比較表

濃度項目	0.5ml 碘液	1ml 碘液
100ppm	25	11
200ppm	27	14
400ppm	29	15
600ppm	32	16
800ppm	34	18
1000ppm	36	25



【實驗結果與討論】：

- 1.當二氧化硫越多時，碘液的黃色就會越淡，透光度就會越大。因此，透光度越大，表示原先水溶液中二氧化硫濃度越大。
- 2.從加入碘液的量，實驗發現同樣濃度的亞硫酸鈉，碘液加越多，透光度越低。因此，要比較二氧化硫濃度，必須加同樣多的碘液，以免影響判斷二氧化硫濃度。

陸 研究過程與研究結果

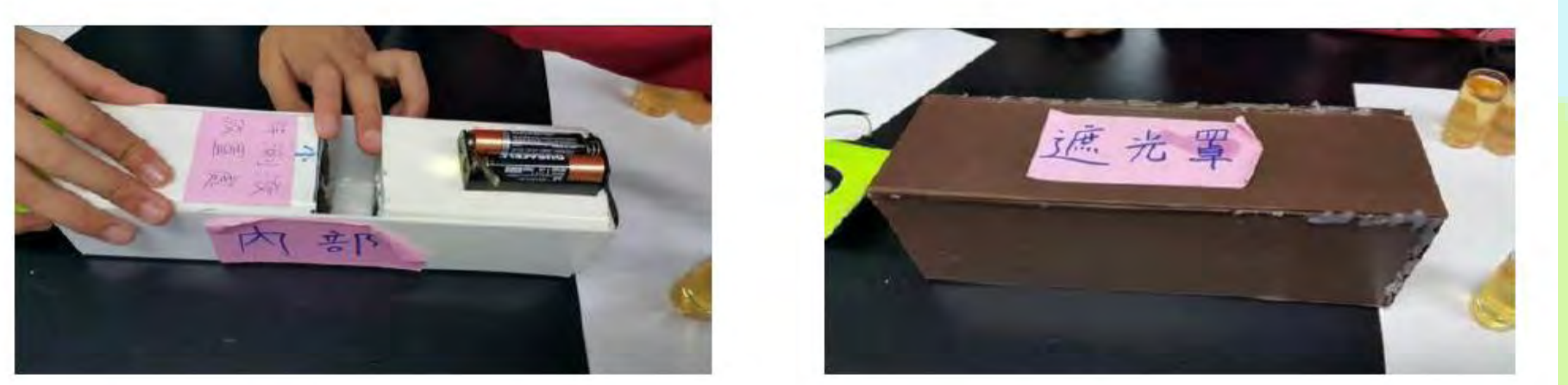
研究一：市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？

1-1：市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？

【研究構想】：我們想了解住家附近常去用餐的店家，免洗筷含二氧化硫的量是怎樣的？因此，我們選取四家的筷子測試二氧化硫的量。

【實驗步驟】：

- 1.切割免洗筷:用剪刀將竹割、孟宗竹、八方雲集、鄉竹筷四種筷子，每隔2公分剪一段。
- 2.將步驟1筷子各取2公克，放入40 mL的蒸餾水浸泡20分鐘。
- 3.步驟2水溶液利用濾紙過濾。
- 4.取步驟3水溶液加碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度(Lux)。



- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。
- 7.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.這四種筷子滴入碘液後，所有顏色變成淡黃色。
- 2.利用液體透光度檢測器，測出八方雲集筷子亮度為1.60Lux最大，表示含二氧化硫最多。

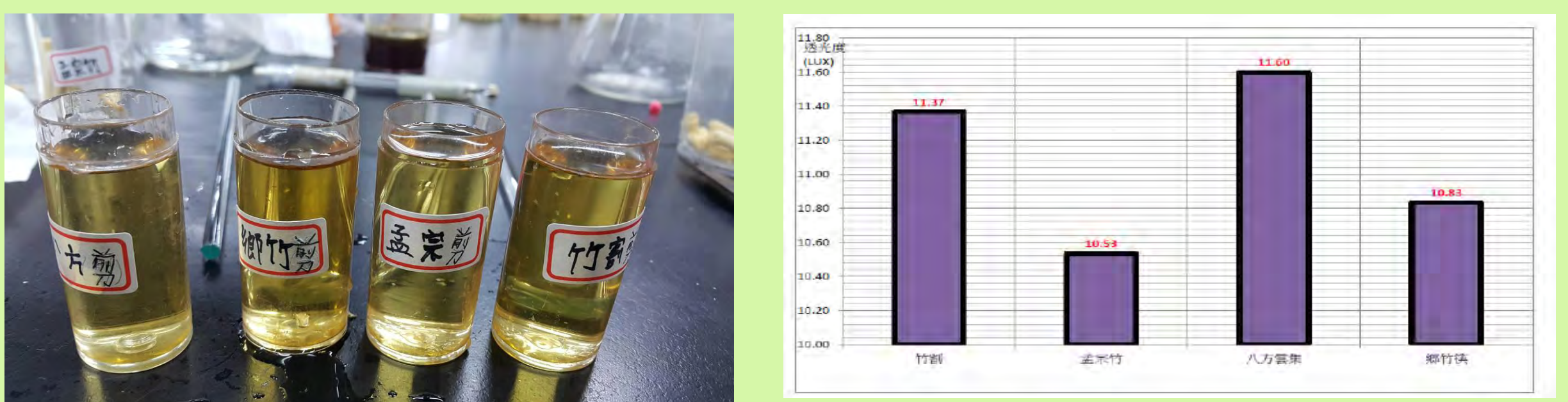


表5：不同種類免洗筷含二氧化硫量比較(透光度表示法)單位：Lux

筷子種類/透光度	透光度 1	透光度 2	透光度 3	平均
竹割	11.9	10.9	11.3	11.37
孟宗竹	10.3	10.8	10.5	10.53
八方雲集	11.1	12	11.7	11.60
鄉竹筷	9.7	11.3	11.5	10.83

【實驗結果與討論】：

我們原本以為筷子很安全，但做了實驗後才發現免洗筷含有二氧化硫。經由碘液試驗，二氧化硫溶於水後，會讓碘液還原成無色。但實驗時卻發現，碘液顏色並沒有像我們預測的很快變無色，看起來都是黃色，只是深淺不一，沒辦法很精確從顏色判斷二氧化硫含量。我遭遇到顏色判斷上問題！幸好小組成員提出「利用透光度判斷顏色深淺」的辦法。

利用自製液體透光度檢測器(詳見伍、研究設備及器材之二實驗裝置)，將滴了碘液的筷子水放入自製液體透光度檢測器中，利用照度器測出亮度(Lux)。如果亮度越亮(測到數字越大)，表示溶在水中二氧化硫含量越多，讓碘液還原成無色。結果八方雲集亮度為1.60Lux最大，表示含二氧化硫最多。

而生活當中除了筷子之外，有一些竹製品，是否也含有二氧化硫呢？我們蒐集了冰棒棍、牙籤、竹籤、竹串等，常用的竹製品進行以下延伸實驗。

1-2：常用的竹製品，哪一種含二氧化硫的量最多？

【研究構想】：取一些生活當中的竹製品，檢驗是否也含有二氧化硫？

【實驗步驟】：

- 1.切割免洗筷:用剪刀將冰棒棍、牙籤、竹籤、竹串四種竹製品，每2公分剪一段。
- 2.將步驟1四種竹製品各取2公克，放入40 mL的蒸餾水及浸泡20分鐘
- 3.步驟2水溶液利用濾紙過濾。
- 4.取步驟3水溶液加0.5mL碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度（Lux）。

【研究發現】：

- 1.竹籤含二氧化硫量最多
- 2.結果如表6、圖7。

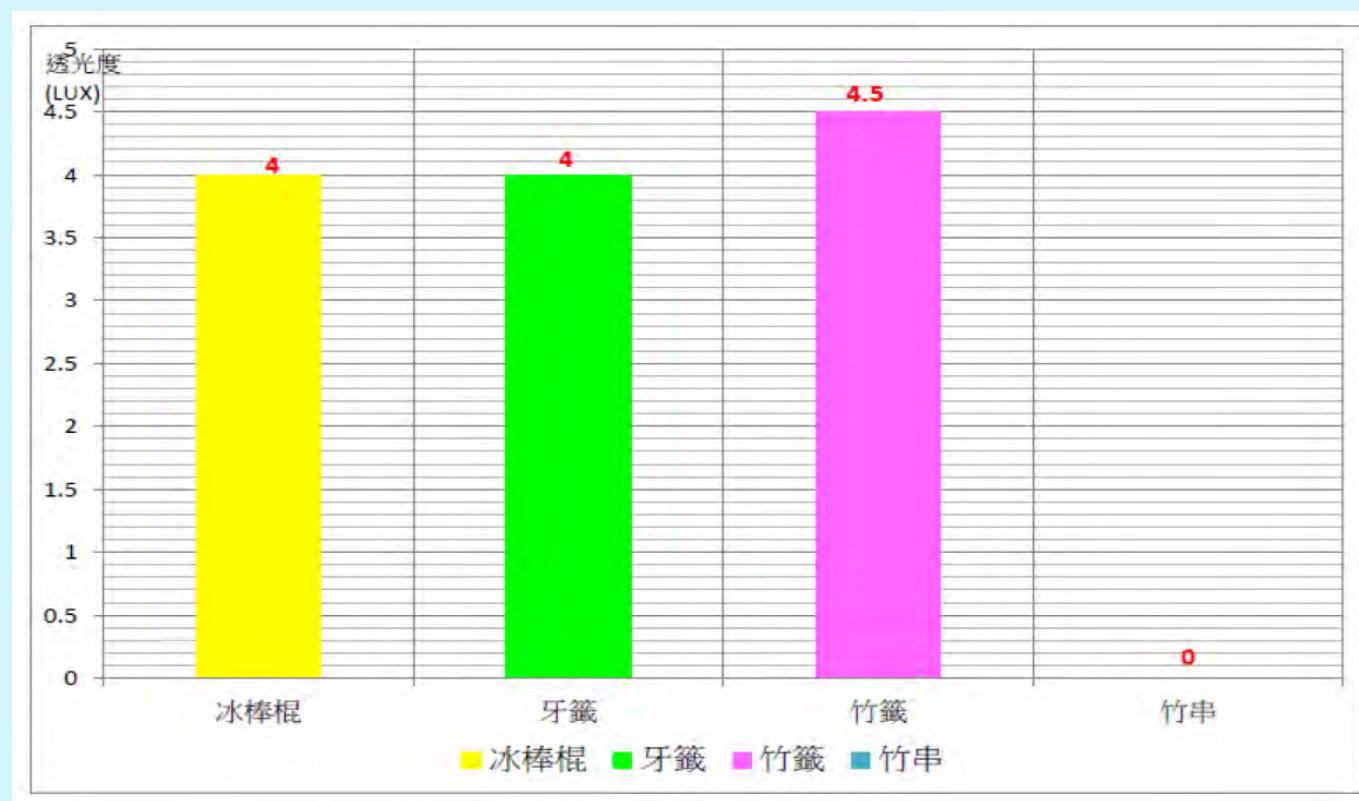


圖7：常用的竹製品含二氧化硫量比較

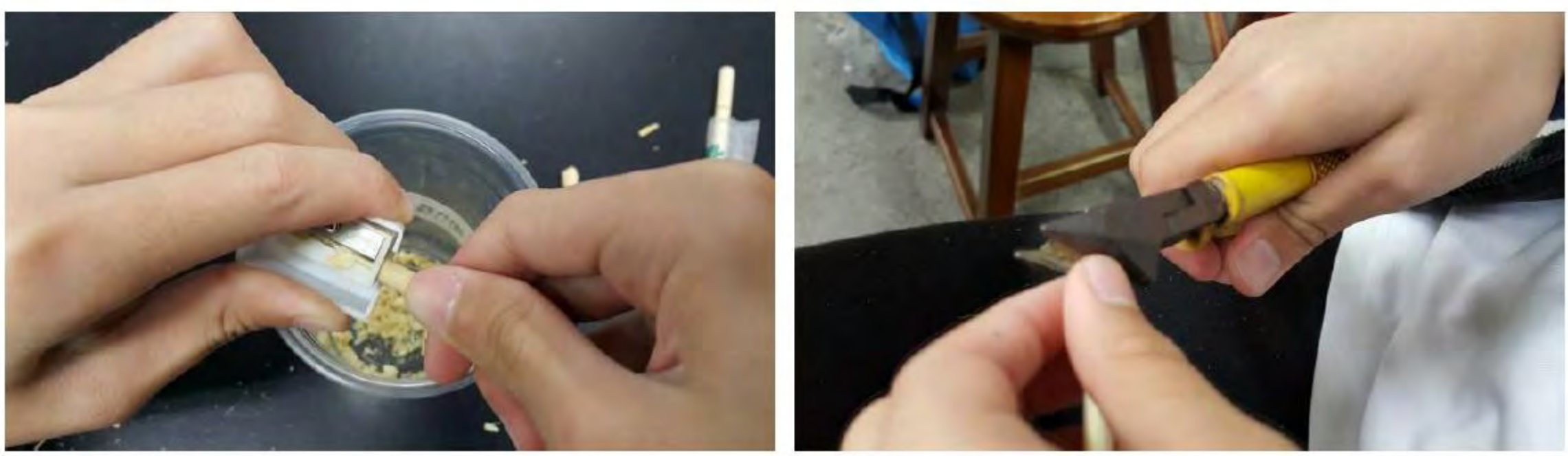
研究二：筷子切割方式對二氧化硫含量影響。

2-1：不同切割筷子方式(削表面、切成段)，是否影響二氧化硫的量？

【研究構想】：筷子在工廠生產時，是以二氧化硫浸泡方式處理筷子，我們心想二氧化硫會吸入筷子中較多？還是在表面較多？我們以段狀、及削取筷子表面方式，進行比較二氧化硫。

【實驗步驟】：

- 1.切割免洗筷:
 - 方法1:將免洗筷用削鉛筆機，切下筷子表面。
 - 方法2:用剪刀或斜口鉗，每隔2公分切一段。



- 2.將方法1，2筷子各取2公克，放入40 mL的蒸餾水及筷子水浸泡20分鐘
- 3.步驟2水溶液利用濾紙過濾。
- 4.取步驟3水溶液加0.5 mL碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度（Lux）。
- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.這四種不同筷子，水溶液的透光度都是「段狀筷子水溶液」>「削表面的筷子水溶液」。表示段狀筷子水溶液含有較多二氧化硫，讓碘液變得更透明。
- 2.結果如表7-8、圖8。

【實驗結果與討論】：

實驗發現切成段狀的筷子水溶液，含有較多二氧化硫，而削筷子的表面，二氧化硫較少。推測可能是製造過程中二氧化硫滲入筷子維管束中，當放入水中時，維管束中的二氧化硫漸漸就溶入水中。

表7：筷子二氧化硫含量(透光度)(削段狀) (透光度表示法) 單位: Lux

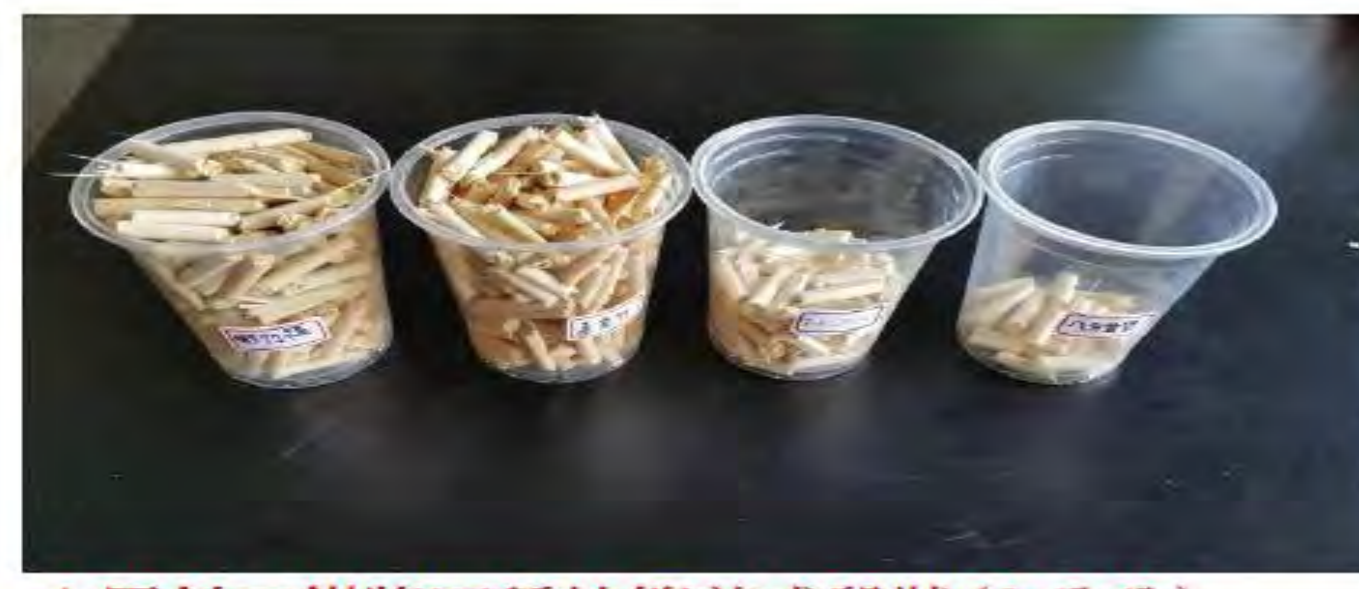
筷子種類/透光度	透光度1	透光度2	透光度3	平均
竹割	11.9	10.9	11.3	11.37
孟宗竹	10.3	10.8	10.5	10.53
八方雲集	11.1	12	11.7	11.60
鄉竹筷	9.7	11.3	11.5	10.83

表8：筷子二氧化硫含量(透光度)(削表面) (透光度表示法) 單位: Lux

筷子種類/透光度	透光度1	透光度2	透光度3	平均
竹割	7	8.5	8.2	7.90
孟宗竹	6.7	8.8	9	8.17
八方雲集	6.3	7.3	8.2	7.27
鄉竹筷	6.2	7.5	6	6.57



▲用削鉛筆機削四種竹筷表面



▲用斜口鉗將四種竹筷剪成段狀(2公分)

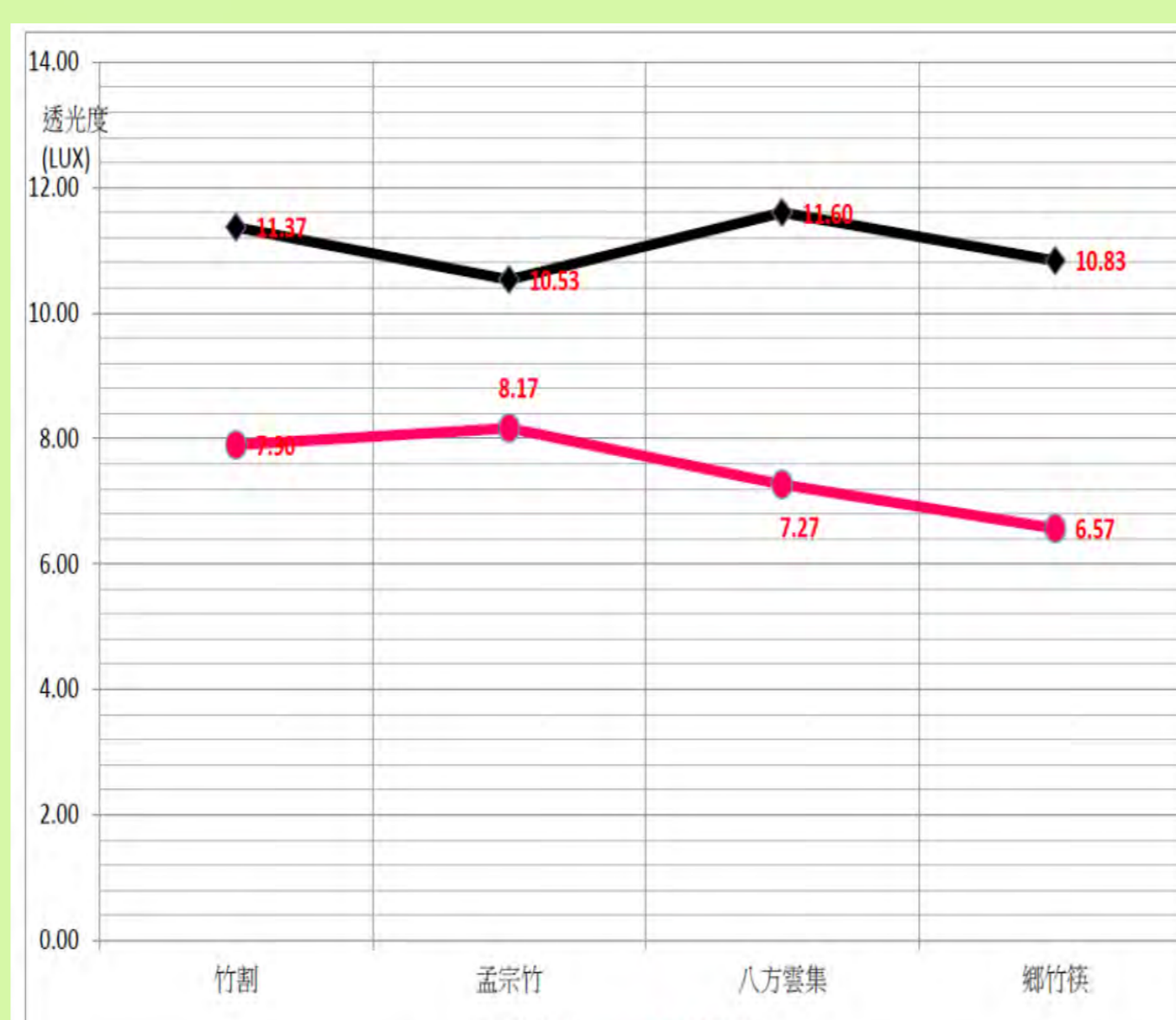


圖8：不同筷子切割方式(削表面、切成段)對二氧化硫的量影響 (透光度表示法)

2-2：竹筷有無保留表面，對二氧化硫含量的影響？

【研究構想】：由研究二實驗發現切成段狀筷子浸泡的水溶液，二氧化硫含量比筷子表面的二氧化硫多，推測二氧化硫滲入筷子維管束中。為了證明這個想法，我們去比較竹筷保留表面、及竹筷去除表面，看看二氧化硫含量是否相近。

【實驗步驟】：

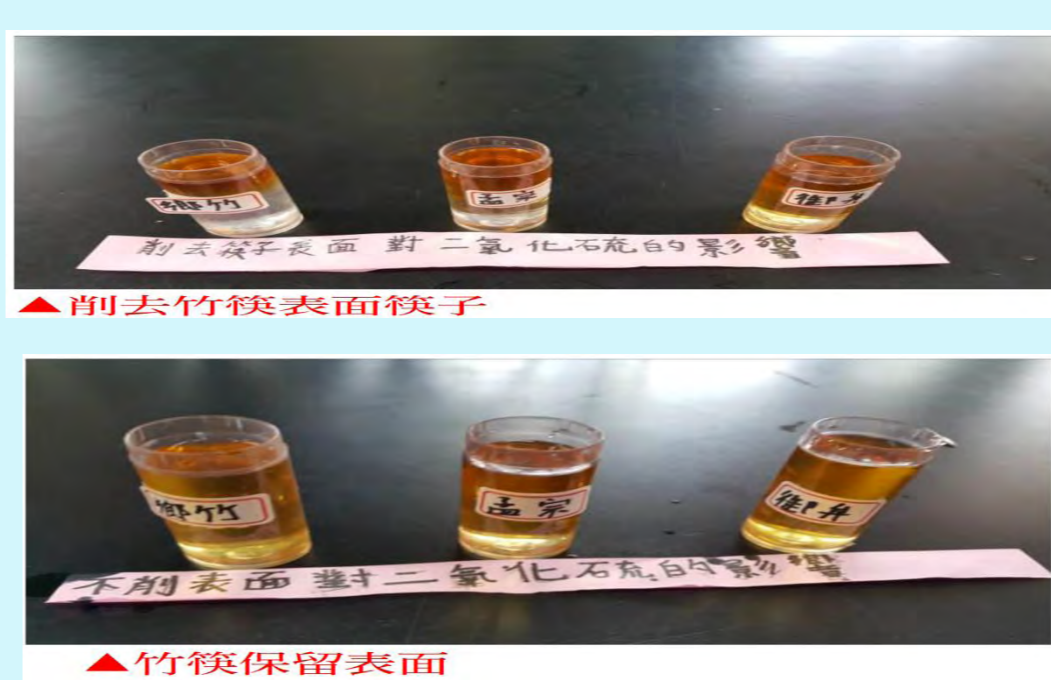
- 1.切割免洗筷:
 - 方法1 (實驗組~去除表面)：將免洗筷去除表面後，用斜口鉗，每隔2公分切一段。
 - 方法2 (對照組~保留表面)：直接將筷子用斜口鉗，每隔2公分切一段。
- 2.將方法1，2筷子各取2公克，放入40 mL的蒸餾水及筷子水浸泡20分鐘。
- 3.步驟2水溶液利用濾紙過濾。
- 4.取步驟3水溶液加0.5 mL碘液，觀察記錄顏色。
- 5.利用透光儀，記錄亮度 (Lux)。
- 6.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.去除表面的筷子和保留表面的筷子，透光度差異不大。
- 2.結果如表9、圖9。

【實驗結果與討論】：

由實驗發現去除表面的筷子和保留表面的筷子，透光度差異不大。表示二氧化硫主要來自於維管束內。



▲竹筷保留表面

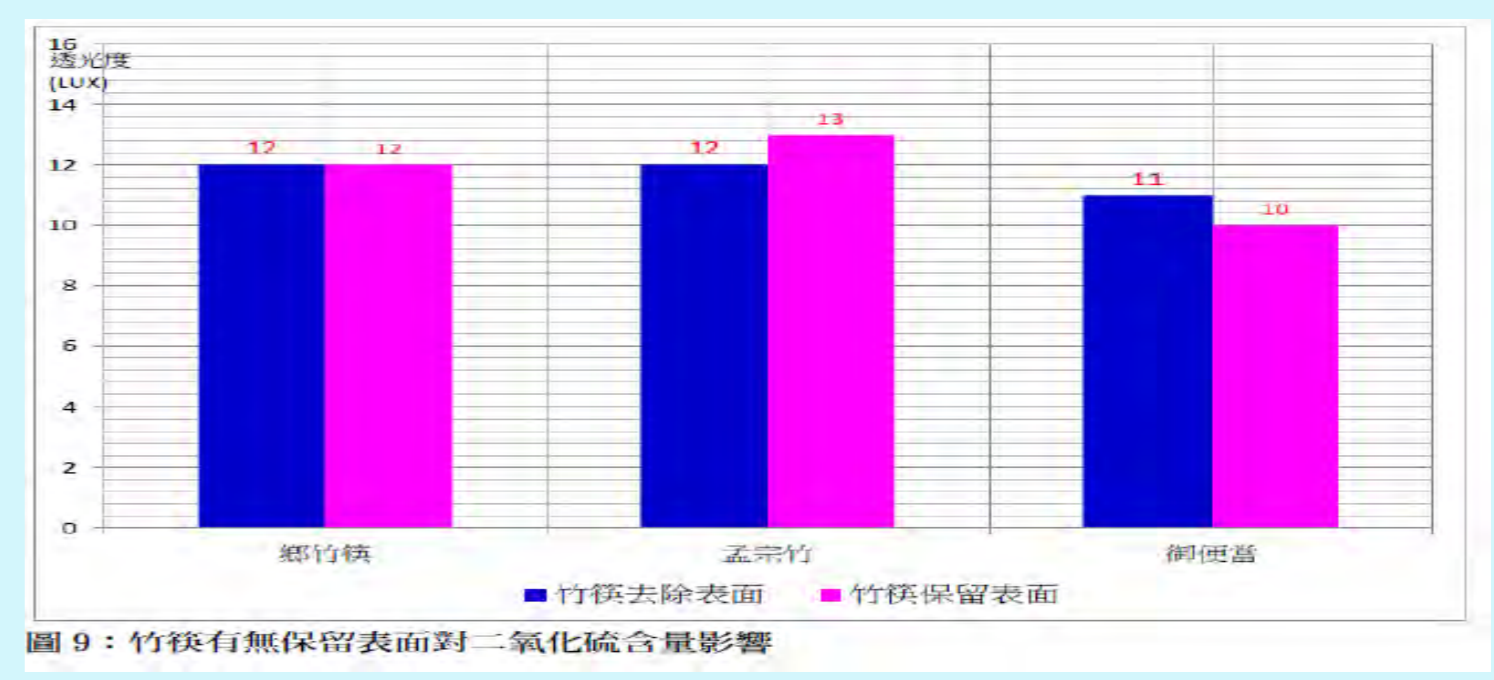


圖9：竹筷有無保留表面對二氧化硫含量影響

研究三：浸泡水的溫度對二氧化硫溶解量影響

3-1：水的溫度，是否影響筷子中二氧化硫溶解的量？

【研究構想】：我們心想浸泡筷子的水溫，會不會影響筷子中二氧化硫溶解的量？因此，我們進行「冷水」、「溫水」、「熱水」對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.孟宗竹、鄉竹筷、御便當筷都是在浸泡熱水的筷子，透光度較高，表示水溶液中含有較多二氧化硫。
- 2.結果如表10、圖10。

【實驗結果與討論】：

實驗結果發現泡熱水的筷子，水溶液含有較多二氧化硫，冰水反而少。顯示熱水能將筷子中的二氧化硫，溶入在水中更多。

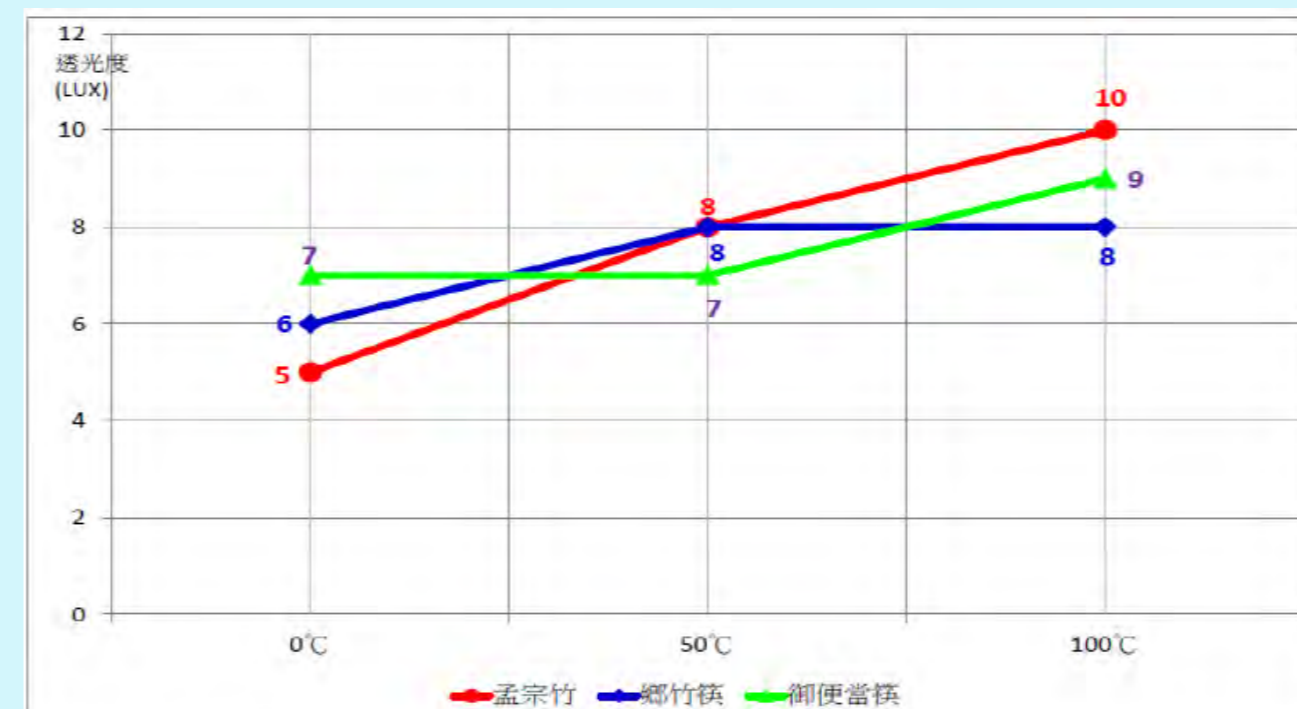
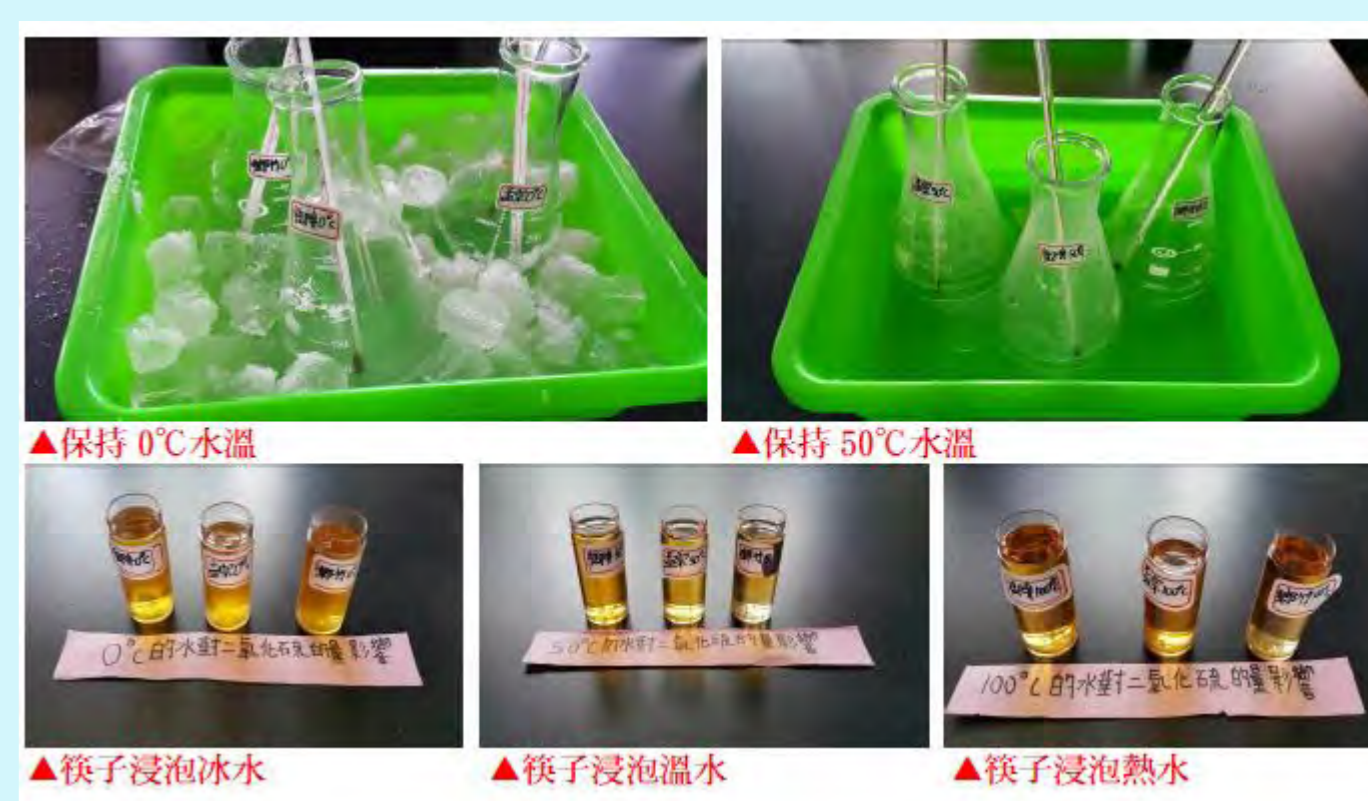


圖10：不同冷熱水筷子對二氧化硫的量影響 (透光度表示法)



▲保持0°C水溫 ▲保持50°C水溫

▲筷子浸泡冰水 ▲筷子浸泡溫水 ▲筷子浸泡熱水

3-2：不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響？

【研究構想】：由延續前面實驗，研究不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

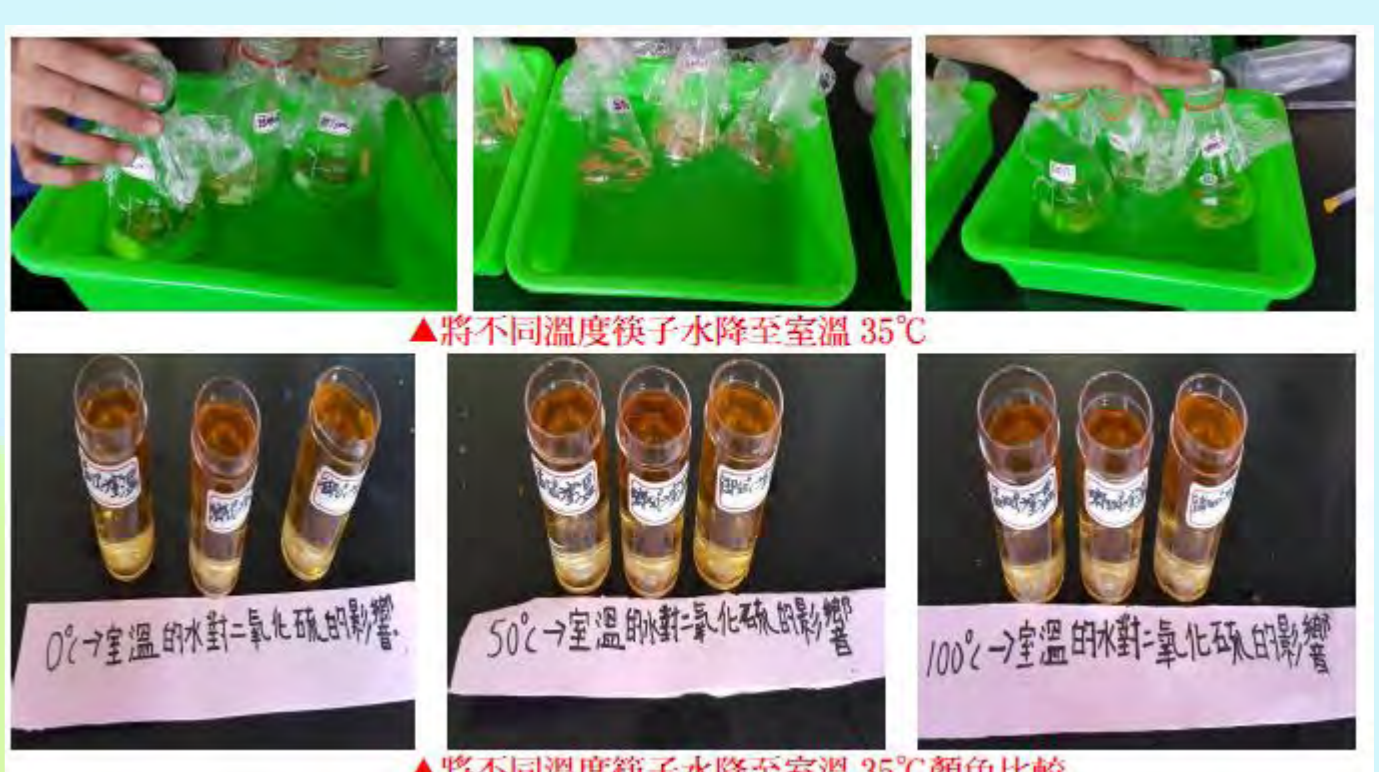
- 1.孟宗竹筷子水由0°C、50°C、100°C變成室溫(35°C)時，二氧化硫溶解量接近。
- 2.鄉竹筷子水由0°C、50°C、100°C變成室溫(35°C)時，二氧化硫溶解量接近。
- 3.御便當筷子水由0°C、50°C、100°C變成室溫(35°C)時，二氧化硫溶解量接近。
- 4.結果如表11、圖11-13。

【實驗結果與討論】：

筷子水溫度變高時，二氧化硫溶解量會變高。由這個實驗發現，當水溫都變成室溫(35°C)時，不同溫度的三種筷子水中二氧化硫的含量都會接近。

表11：不同溫度的浸泡筷子水，降溫至室溫後，對二氧化硫含量的影響

筷子種類/比較項目	原先透光度	降(升)至室溫 35°C 透光度
0°C 孟宗竹	5	10
50°C 孟宗竹	8	9
100°C 孟宗竹	10	9
0°C 鄉竹筷	6	9
50°C 鄉竹筷	8	9
100°C 鄉竹筷	8	10
0°C 御便當筷	7	9
50°C 御便當筷	7	10
100°C 御便當筷	9	9



▲將不同溫度筷子水降至室溫 35°C

▲將不同溫度筷子水降至室溫 35°C 顏色比較

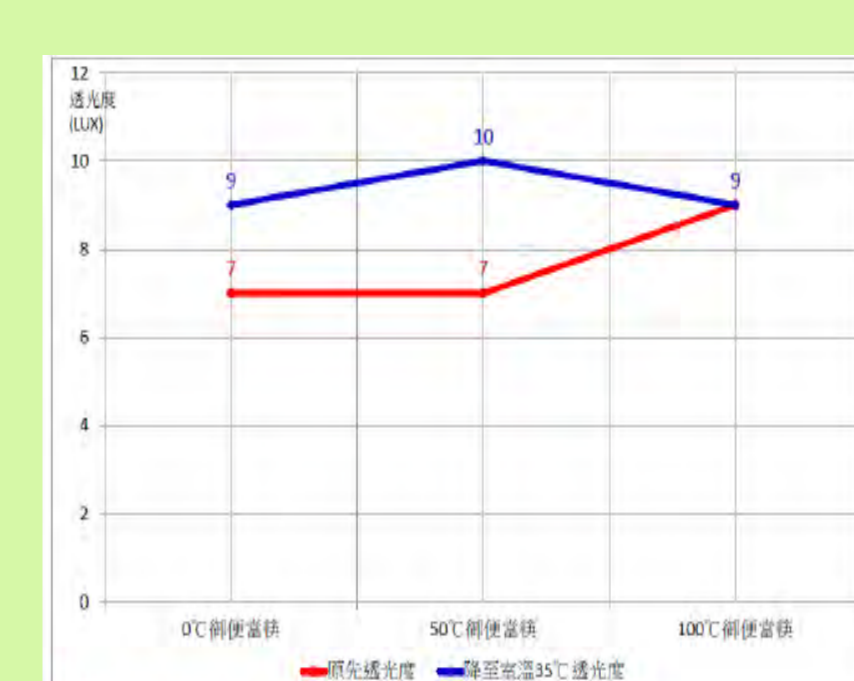


圖11：不同溫度御便當筷子水降至室溫 35°C時二氧化硫含量比較

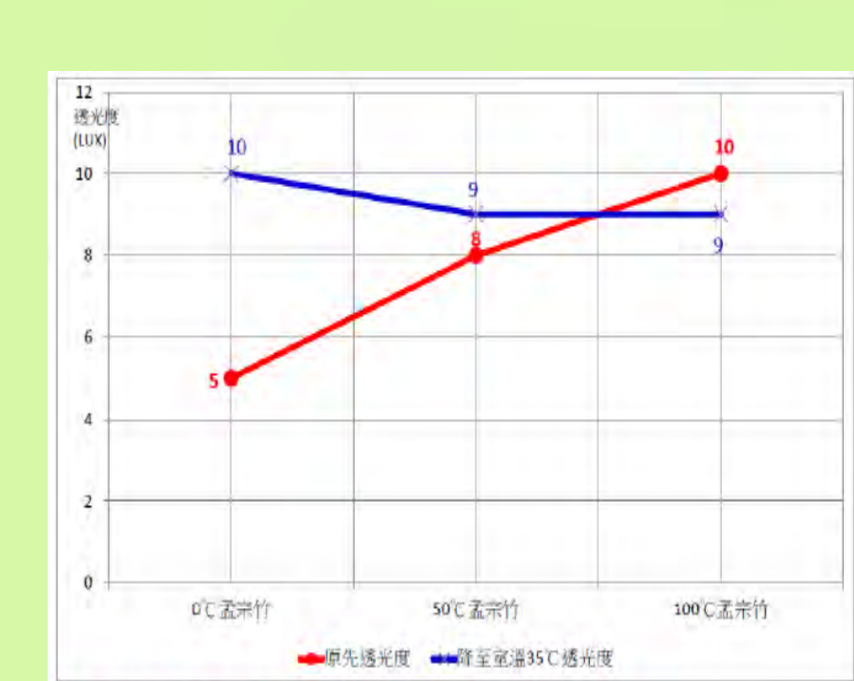


圖12：不同溫度孟宗竹筷子水降至室溫 35°C時二氧化硫含量比較

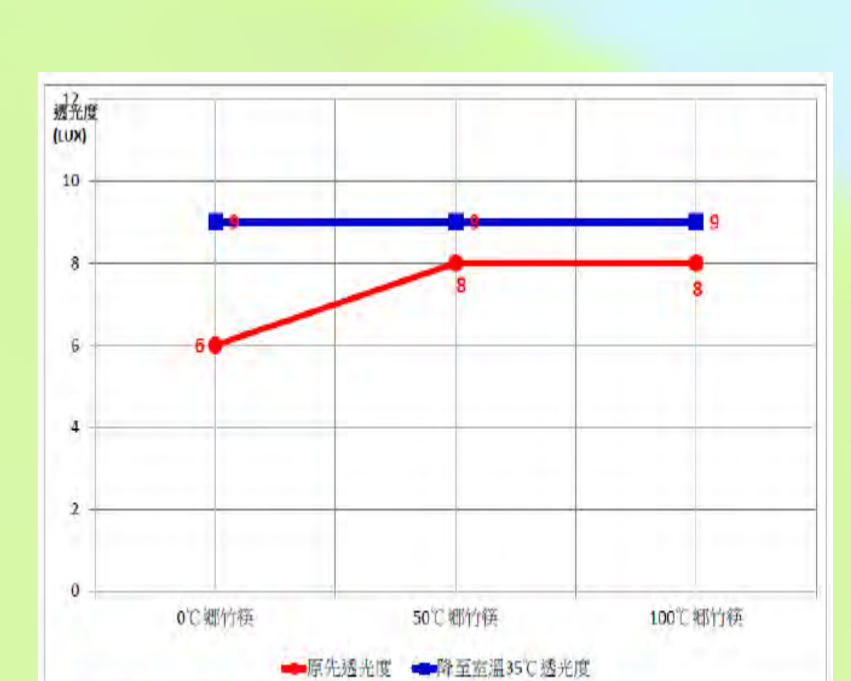


圖13：不同溫度鄉竹筷子水降至室溫 35°C時二氧化硫含量比較

研究四：浸泡筷子時間長短，對二氧化硫產生的影響？

【研究構想】：我們心想浸泡筷子時間長短，會不會影響筷子中二氧化硫溶解的量？因此，進行浸泡不同時間長短，對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.泡20分鐘孟宗竹筷二氧化硫含量最多，竹割筷最少。
- 2.泡40分鐘鄉竹筷二氧化硫含量最多，孟宗竹筷最少。
- 3.泡60分鐘八方雲集二氧化硫含量最多，竹割筷最少。
- 4.浸泡筷子時間越長，透光度就越大。表示二氧化硫產生量越多，讓碘液變得越淡。
- 5.結果如表12、圖14。

【實驗結果與討論】：

當二氧化硫越多時，碘液的黃色就會越淡，透光度就會越大。從實驗發現四種筷子浸泡的時間越長透光度大，表示溶在水中的隨著浸泡時間越長，二氧化硫量越多。

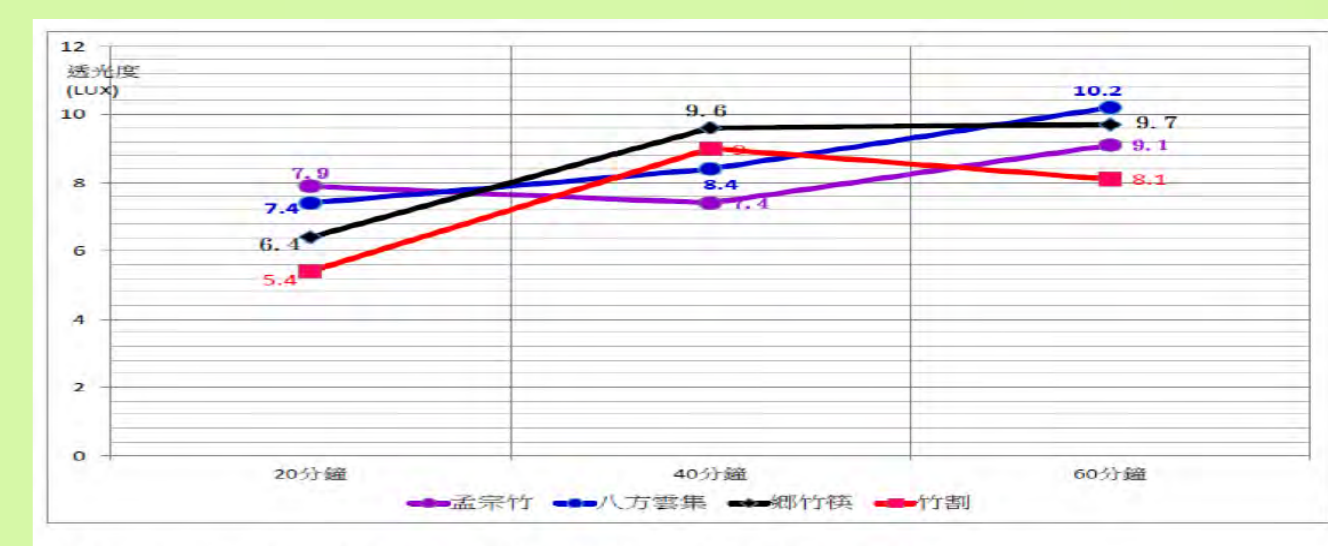


圖14：浸泡筷子時間長短對二氧化硫的量影響 (透光度表示法)



▲浸泡不同時間筷子 (20分鐘, 40分鐘, 60分鐘)

研究五：更換浸泡筷子水，對二氧化硫產生的影響？

【研究構想】：前面的實驗發現浸泡時間越長，二氧化硫溶解的量越多。我們很好奇，如果每隔10分鐘浸泡，更換浸泡的水，對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

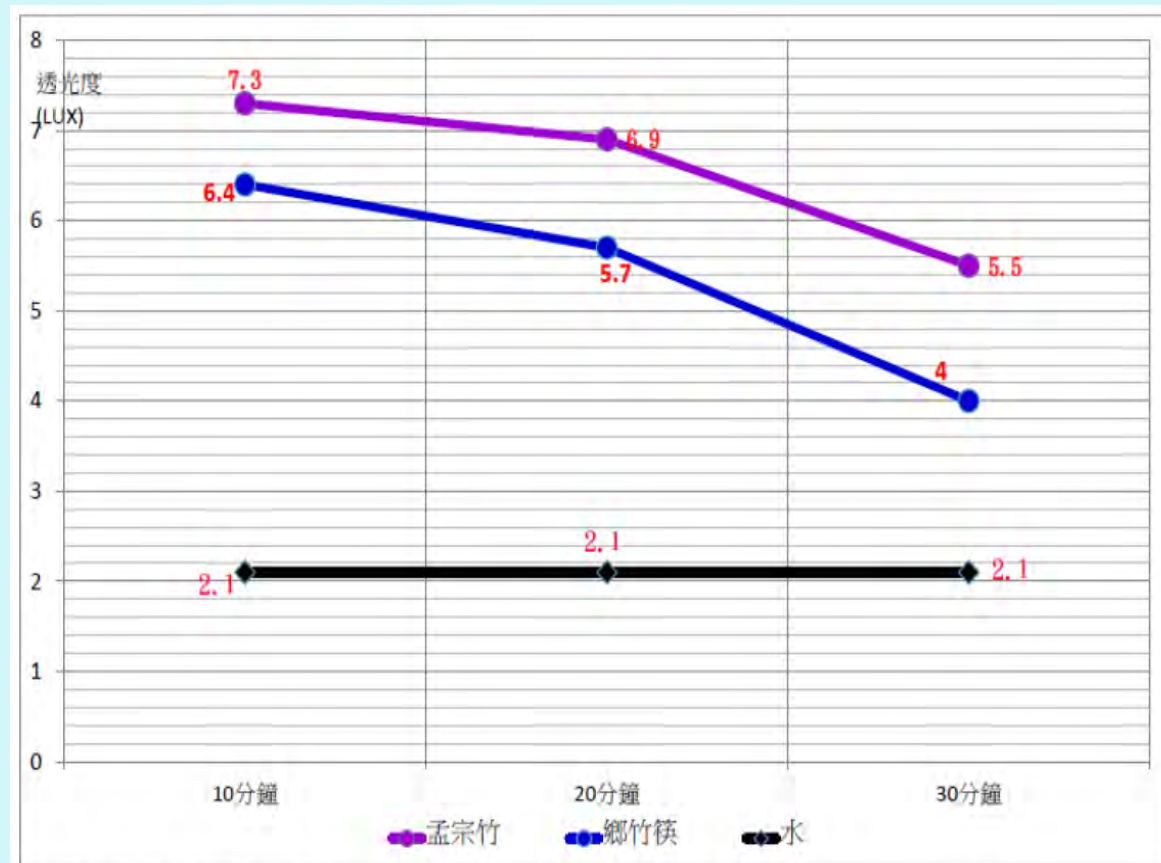
【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.隔10分鐘更換新的水浸泡，兩種筷子水的透光度都是越來越低，表示水中二氧化硫濃度越來越低。
- 2.對照組透光度維持不變。
- 3.結果如表13、圖15。

表 13：更換浸泡筷子水時間對二氧化硫產生的影響

筷子種類/時間	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
孟宗竹	7.3	6.9	5.5
鄉竹筷	6.4	5.7	4
水	2.1	2.1	2.1



【實驗結果與討論】：
實驗發現更換浸泡筷子水時間，會影響筷子水中二氧化硫濃度。每隔10分鐘替換浸泡水，孟宗竹水中二氧化硫濃度由透光度的7.3Lux→6.9Lux→5.5Lux，遞減率為5%至2%。而鄉竹筷二氧化硫濃度遞減率為1%至2%。由此結果顯示浸泡10分鐘能降低二氧化硫濃度。



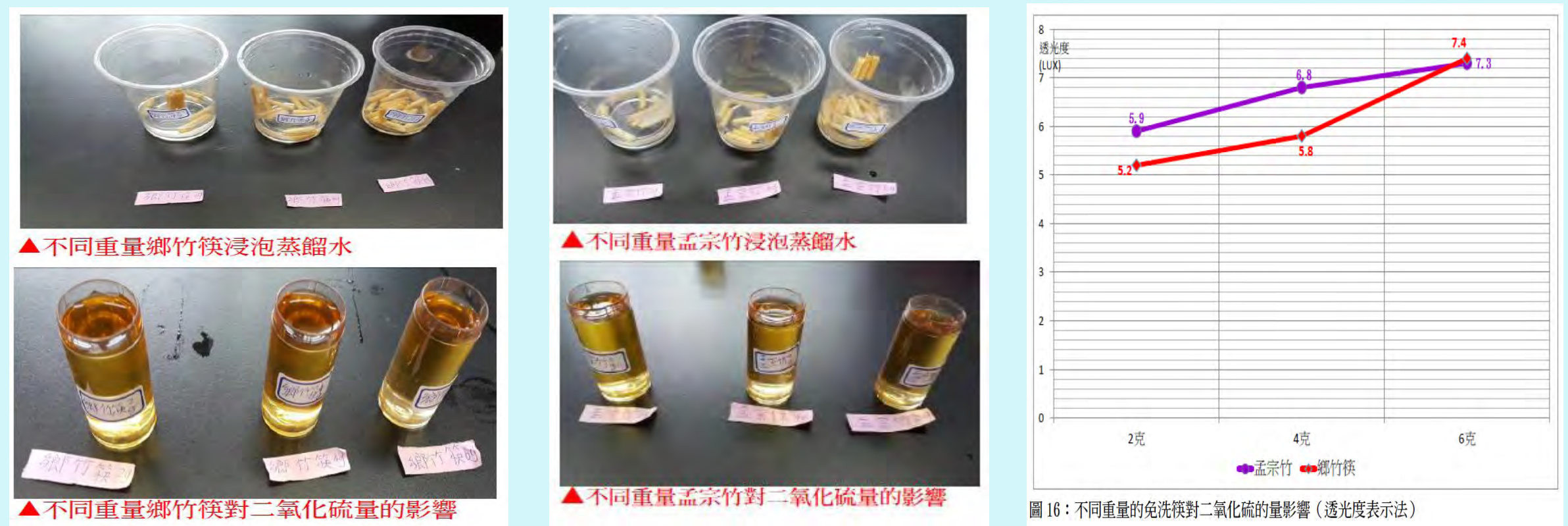
研究六：不同重量的免洗筷，是否影響二氧化硫的含量？

【研究構想】：我們心想不同重量的免洗筷，會不會影響筷子中二氧化硫溶解的量？因此，進行不同重量的免洗筷，對筷子中二氧化硫溶解的實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

1. 筷子重量越重，透光度越大，表示二氧化硫量較多。
2. 結果如表14、圖16。



柒 討 論

一、市售的免洗筷，哪一種含二氧化硫的量最多？

首先在研究過程中發現，碘液顏色並沒有像我們預測的很快變無色，看起來都是黃色，只是深淺不一，沒辦法很精確從顏色判斷二氧化硫含量多少。幸好小組成員提出「利用透光度判斷顏色深淺」的辦法，利用透光度檢測器測出亮度 (Lux)。如果亮度越亮 (測到數字越大)，表示溶在水中二氧化硫含量越多，讓碘液還原成無色。創意解決了無法判斷顏色深淺的問題。【詳見伍、研究設備及器材~二、實驗裝置及三實驗方法】



二、筷子中二氧化硫來自何處？

筷子中二氧化硫來自何處？不同切割筷子的方式(削表面、切成段)，是否影響二氧化硫溶在水中的量？由【研究二】2-1的實驗發現「段狀筷子水溶液」>「削表面的筷子」水溶液含有較多二氧化硫。我們進一步利用手機顯微鏡觀察筷子結構，結果發現看起來是平平的筷子，竟然出現像猴子臉一樣孔洞(維管束)。我們推測切成段狀的筷子中的維管束，可能在製造過程中二氧化硫滲入筷子維管束中，當放入水中時，維管束中的二氧化硫就漸漸溶入水中。

為了證明筷子中二氧化硫是來自於筷子表面、還是筷子裡面？我們進行【研究二】2-2竹筷有無保留表面，對二氧化硫含量的影響？我們把筷子分成對照組(保留筷子表面)與實驗組(筷子去除表面)的實驗。結果發現去除表面的筷子和保留表面的筷子，透光度差異不大。表示筷子中二氧化硫，在筷子表面並不多，推測二氧化硫主要來自於筷子中維管束內。

為了證明是否是筷子中維管束含有二氧化硫，浸泡筷子時溶入水中？我們把切成段狀筷子分成兩組，對照組取段狀筷子2公克；實驗組取段狀筷子2公克，再將段狀筷子兩端用熱熔膠封住(封住維管束空隙)。兩組各泡蒸餾水20分鐘、加0.5mL碘液，用透光度檢測儀測出透光度(表15、圖16)。結果顯示實驗組「用熱熔膠封住筷子兩端」的筷子水，其透光度比對照組小。顯示用熱熔膠封住筷子兩端，維管束中的二氧化硫無法溶入水中，使碘液顏色較深透光度小。由此證明「筷子中的二氧化硫，主要來自筷子中的維管束」。

筷子種類/時間	水溶液顏色	透光度	備註
實驗組 (用熱熔膠封住維管束)	孟宗竹	淡黃色	8
	鄉竹筷	淡黃色	7
	御便當筷	淡黃色	6
對照組 (無封住維管束)	孟宗竹	淡黃色	12
	鄉竹筷	淡黃色	11
	御便當筷	淡黃色	11
	加蒸餾水	淡黃色	12
熱熔膠	淡黃色	11	

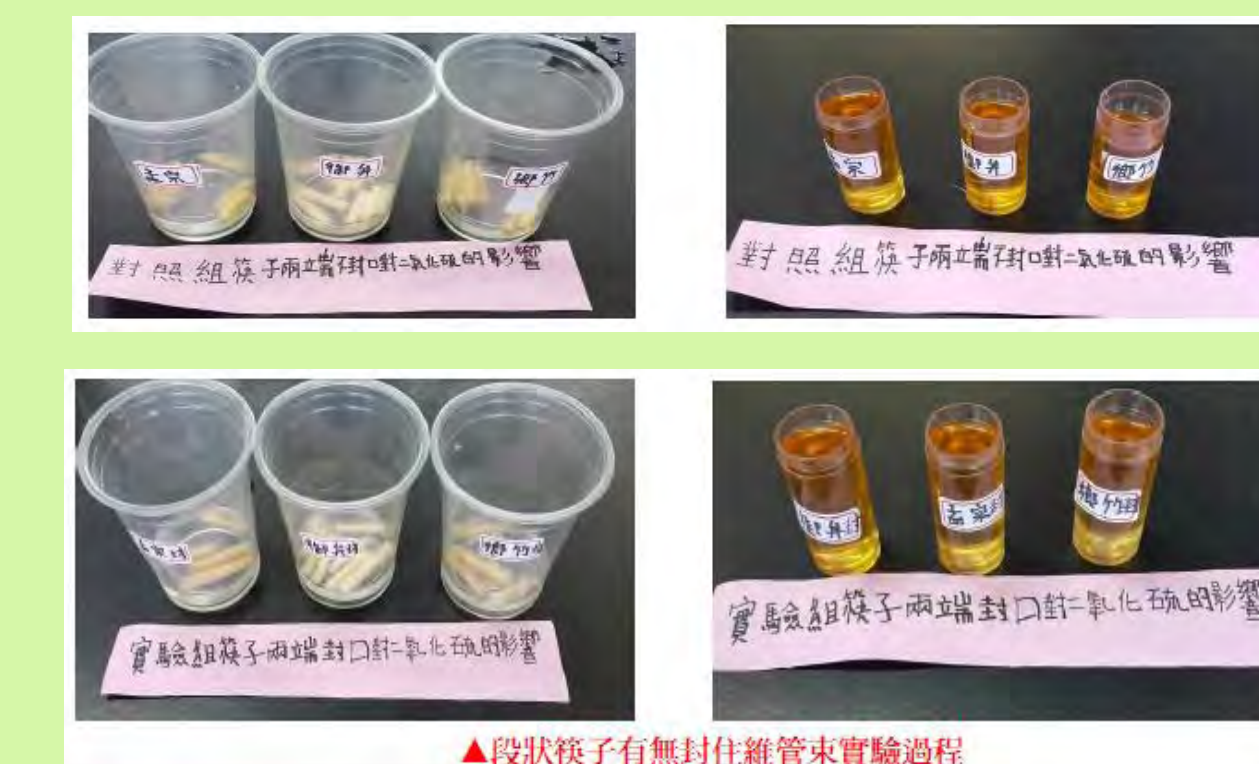


圖 18：段狀筷子有無封住維管束對二氧化硫溶入水中透光度的影響

【封住筷子頂端對二氧化硫含量影響】

從前面研究發現筷子中的二氧化硫，主要來自筷子中的維管束。這時我們心想【維管束就像是吸管，吸管一端如果用手按住，因為大氣壓力，水就無法無法進入吸管。如果使用的筷子一端用熱溶膠封住，是否能讓水進不去，二氧化硫就無法溶入水中呢？】，因此，我們又進行了【筷子頂端封住對二氧化硫含量影響實驗】。我們直接取筷子(鄉竹筷)各分成兩組，對照組取鄉竹筷8根(不做任何處理)；實驗組取鄉竹筷8根，將筷子頂端用熱溶膠封住(封住維管束空隙)。兩組各泡蒸餾水20分鐘、加0.5mL碘液，用透光度檢測儀測出透光度(表17、圖19)，重複實驗五次。結果顯示實驗組「用熱溶膠封住筷子頂端」，二氧化硫溶入水中的量減少。因此，免洗筷可以利用膠將其頂端封住，可以減少二氧化硫溶在水中。

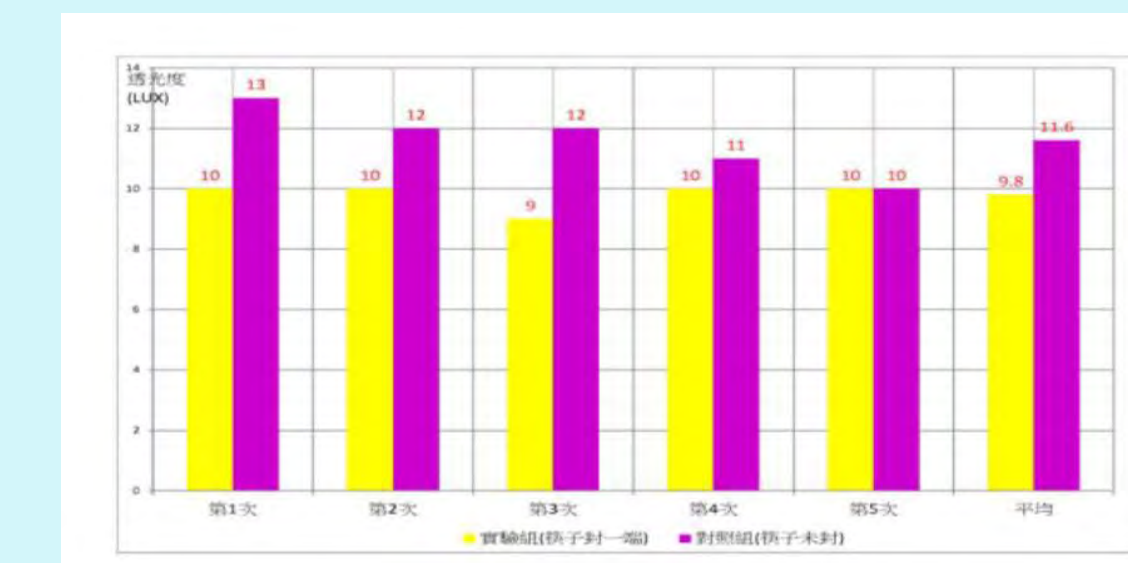
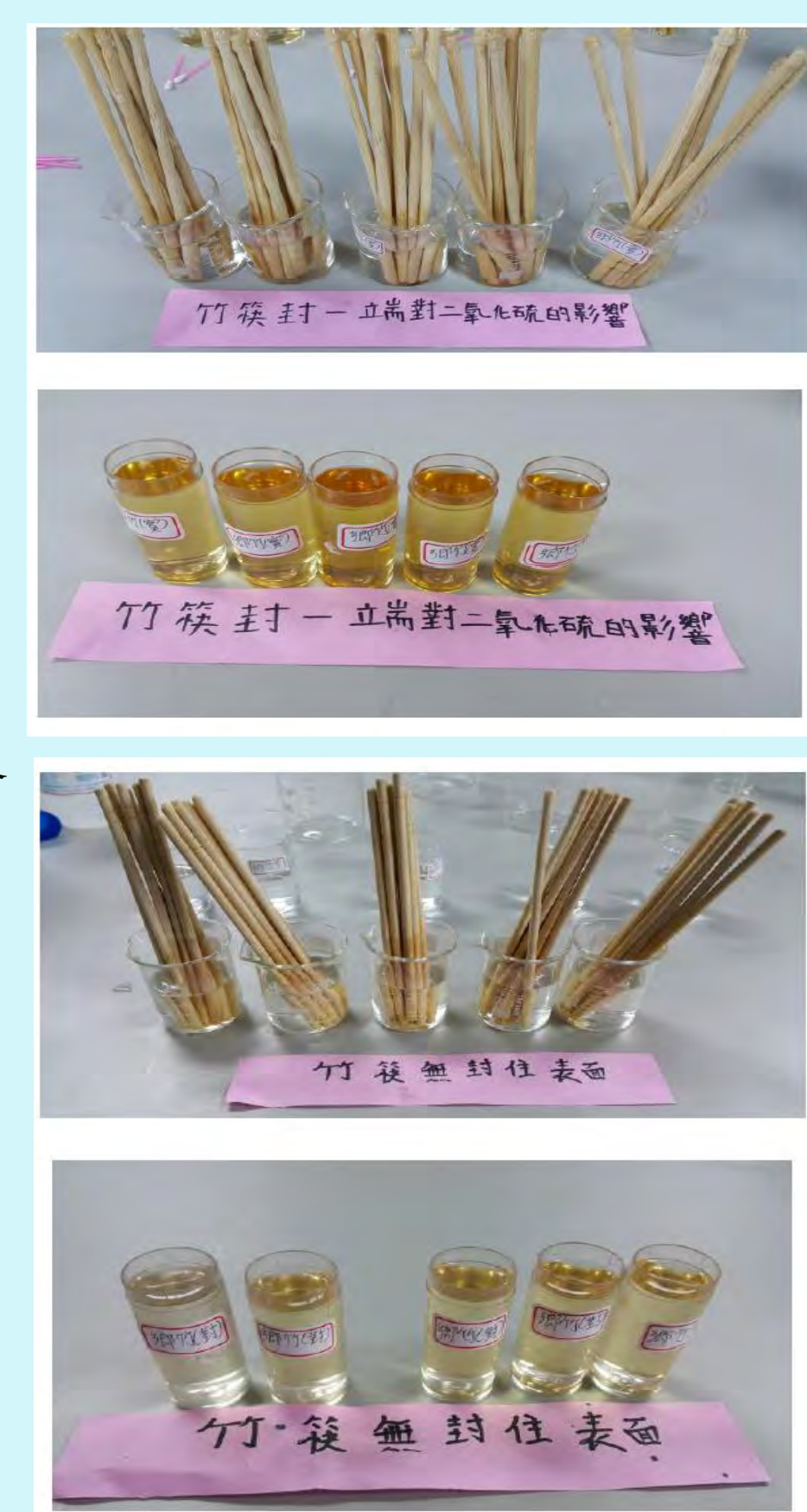


圖 18：筷子有無封住頂端對二氧化硫溶入水中透光度的影響



三、浸泡水的溫度對二氧化硫溶解量影響

由【研究三】3-1實驗分別以100℃、50℃、0℃冰水浸泡筷子，結果發現泡100℃熱水的筷子，水溶液含有較多二氧化硫，0℃冰水反而少。顯示熱水能將筷子中的二氧化硫，溶入在水中更多。推測二氧化硫的溶解度，隨著溫度上升而增加。

四、筷子泡水的時間，對二氧化硫的量

由【研究四】發現浸泡筷子時間越長，透光度就越大，表示二氧化硫產生量越多，讓碘液變得越淡。根據【研究二】發現筷子具有像猴子臉一樣孔洞(維管束)，所以，當筷子放入水中浸泡越久，維管束中二氧化硫溶入水中越多，因此，浸泡筷子時間越長，水中所含的二氧化硫越多。

五、更換浸泡筷子水時間，對二氧化硫產生的影響？

由【研究五】發現每隔10分鐘更換浸泡筷子，透光度都是越來越低，表示水中二氧化硫濃度越來越低。孟宗竹水中二氧化硫濃度由透光度的7.3Lux→6.9Lux→5.5Lux，二氧化硫濃度遞減率為5%至2%。鄉竹筷二氧化硫濃度遞減率為1%至2%。由此結果顯示10分鐘更換浸泡的筷子水，能降低二氧化硫濃度。因此，外出用餐時先將筷子浸泡10分鐘，能有效降低二氧化硫含量。

六、免洗筷的重量，是否影響二氧化硫的含量？

筷子越多，是不是二氧化硫的量越多？由【研究六】實驗發現筷子重量越重，透光度越大，表示二氧化硫量較多讓碘液顏色變淡較亮。顯示二氧化硫含量與筷子重量成正比。推測應該是筷子具有像猴子臉一樣孔洞(維管束)，當筷子越重時，孔洞(維管束)越多，孔洞中的二氧化硫溶在水中的越多。

七、浸泡免洗筷的水，對植物生長的影響？

浸泡免洗筷的水，對植物生長會有什麼影響？由【研究七】發現綠豆、黃豆、紅豆在自來水環境生長高度，比在筷子水中長得高。因此，筷子水對植物生長會造成影響。

捌 結 論

- 一、自製透光度檢測器，透光度越大，溶在水中二氧化硫含量越多。
- 二、段狀切割筷子比削表面筷子的水溶液透光度大，表示段狀筷子水溶液含有較多的二氧化硫。
- 三、筷子中二氧化硫，來自於筷子中維管束。
- 四、溫度越高，水溶液溶入較多的二氧化硫；溫度越低，水溶液溶入較少的二氧化硫。
- 五、浸泡筷子時間越長，透光度就越大，表示二氧化硫含量越多。
- 六、更換浸泡的筷子水，能降低二氧化硫濃度。
- 七、筷子重量越重，透光度越大，二氧化硫含量越多。
- 八、筷子水對植物生長會造成影響。

玖 未來展望與建議

本研究從食安出發，企圖找出降低二氧化硫的最佳方法，並探討簡易檢測「二氧化硫」的方法~透光度法。未來可更進一步探討：

- 一、創意性方面：未來可更進一步將透光度檢測器，應用在其他辨識顏色深淺的研究上。
- 二、應用性方面：降低二氧化硫方法，可以在使用免洗筷前，將免洗筷浸泡熱水10分鐘，可以降低二氧化硫含量。或者將筷子兩端維管束封起，可以減少二氧化硫溶入水中。不過，最好的方法是不用免洗筷。
- 三、未來研究建議：我們建議未來可以利用透光度大小，直接換算出二氧化硫濃度。

拾 研究心得(詳見說明書)

拾壹 相關參考資料(詳見說明書)