

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

第三名

091103

一『碘』一滴，『硫』『金』歲月

學校名稱：國立新竹高級工業職業學校

作者： 職二 魏詩涵 職二 曾思敏 職二 謝仲恩	指導老師： 蔡佩芸 戴曉玫
---	-----------------------------

關鍵詞：金針花、二氧化硫、直接碘滴定法

摘要

本次實驗我們利用了自來水、蒸餾水並定出時間、溫度的差別去比較何種方法能夠有效洗出存在於金針乾製品中的二氧化硫。且我們利用酸鹼中和的原理，比較碳酸銨在有光處、陰暗處，以及不同的克數吸附二氧化硫的量。又配合著日常生活能夠輕鬆取得的檸檬汁、小蘇打和氯化鈉進行去二氧化硫的能力比較。最後比較使用骨碳和活性碳吸附二氧化硫的能力。並以直接碘滴定法去測量其中二氧化硫的含量。

壹、研究動機

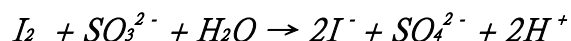
年關將近，民眾趕辦年貨，但是不能不知哪些年貨商品有害。例如：金針花乾製品加工過程必須添加亞硫酸鹽以達到殺菁、保色之作用，而亞硫酸鹽為使用多年之合法食品添加物，是非常有效的酵素抑制劑、漂白劑、抗氧化劑、還原劑及防腐劑，但會有二氧化硫殘留之害處。有的業者為了使色澤更鮮豔和保存期限更長，所以添加過多的亞硫酸鹽，家庭主婦如果沒有確實洗乾淨，而二氧化硫超過標準量會造成一些症狀，例如：呼吸困難、意識不清等。衛生署檢測市售的金針花乾製品發現有大約 84% 樣品之二氧化硫殘留量超過 500ppm (0.5g/kg) 且大部分的檢測樣品在 2000ppm 以上，最高殘留量甚至高達 20300ppm。依據衛生署八十八年五月十四日衛署食字第八八〇二七七二九號公告增列「食品添加物第(四)類漂白劑亞硫酸鉀等之使用範圍及用量標準」，規定其二氧化硫(SO₂)含量在 4000ppm 以下。所以我們希望透過簡單且有效的方法去除金針花中的二氧化硫，讓人們吃得安心。

貳、研究目的

- 一、不同溶液去除金針乾製品中的二氧化硫(比較用自來水、蒸餾水、檸檬汁、氯化鈉水溶液、檸檬酸溶液以及小蘇打水清洗定量金針花乾製品後所含的 SO₂ 殘餘量)。
- 二、比較使用不同克數(0.25 克、0.5 克、1 克)的碳酸銨粉末包去除二氧化硫的能力。
- 三、比較碳酸銨粉末包在有光處以及陰暗處放置一天後所含的 SO₂ 殘餘量。
- 四、定量且在相同時間但不同溫度的蒸餾水清洗定量金針花乾製品，比較洗後所含的 SO₂ 殘餘量。
- 五、將金針乾製品浸泡於定量且同溫度的蒸餾水，放置不同的時間後所含的 SO₂ 殘餘量。
- 六、比較 5g 的骨碳和 5g 的活性碳去除 SO₂ 的能力。

叁、實驗原理

我們利用直接碘滴定法廣泛使用於定性、快速二氧化硫檢測、定量裝置簡單、檢測所需時間較短、且普通實驗室即可使用的特性來檢測二氧化硫。碘標準溶液滴定：碘與亞硫酸產生碘離子，碘離子與碘形成三碘錯離子。因此在一開始滴定时都是呈無色水溶液，若溶液中有澱粉，三碘錯離子則會與澱粉形成藍色的錯合物，當水溶液呈淡藍色時即停止滴定，表示到達滴定終點。



肆、器材與藥品

一、藥品：

金針乾製品	半斤	檸檬	兩顆
檸檬酸	20 g	濃鹽酸	1ml
KI	3.5 g	小蘇打	5 g
KIO ₃	0.1427g	氯化鈉	5 g
可溶性澱粉	5 g	氫氧化鈉	20g
KHP	20g	酚酞指示劑	1 瓶
碳酸銨粉末	30g	骨碳	10g
活性炭	10g		

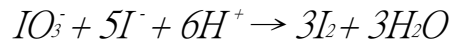
二、器材：

精秤天秤	1 臺	研鉢	3 組	夾鏈袋	15 個
滴定管	3 組	錐形瓶	數個	滴定管	3 組
500ml 定量瓶	1 個	1L 量瓶	1 個	50ml 量筒	2 個
100°C 溫度計	4 隻	棕色瓶	1 個	秤量瓶	1 個
粗天平秤	1 臺	抽氣過濾裝置	3 組	針線包	1 組
50ml 移液管	1 隻	加熱器	1 臺	藥匙	數隻
25ml 移液管	3 隻	燒杯	數個	10ml 量筒	1 個
安全吸球	3 個	橡皮塞	數個	滴管	數隻
不織布	15 個	剪刀	1 把		

伍、試藥配置

一、碘標準溶液之配製

(一)、0.002M 碘溶液之配製：



- 1、用精秤天平秤量 0.1427g KIO₃，粗秤天平秤量 3.5g K I。
- 2、將其兩者倒入同燒杯，加入 50 ml 蒸餾水及 1 ml 濃鹽酸。
- 3、攪拌使固體溶解再倒入 1000 ml 量瓶中，加水至標線。

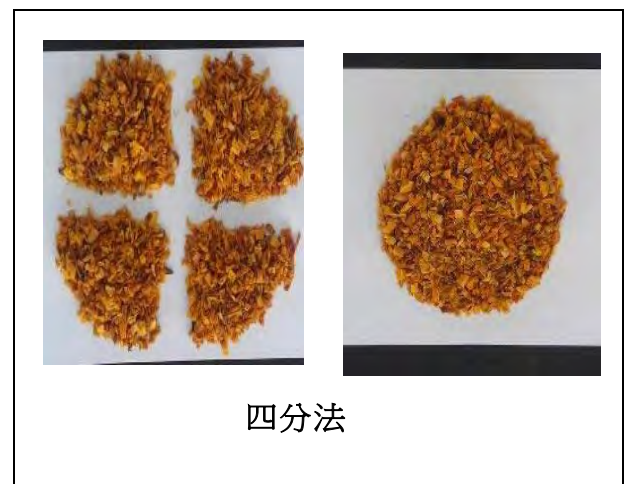
(二)、調整 0.002M 碘溶液至 0.0004M:

(經過第一瓶原液試驗後，發現使用 0.002M 之碘溶液濃度過高，易產生誤差。)

- 1、取 0.002M 碘溶液 100 ml。
- 2、至 500 ml 量瓶加水到標線。

二、澱粉指示劑的配置:

混合可溶性澱粉約 3 克於少量冷水中，倒入約 150ml 蒸餾水加熱後備之。

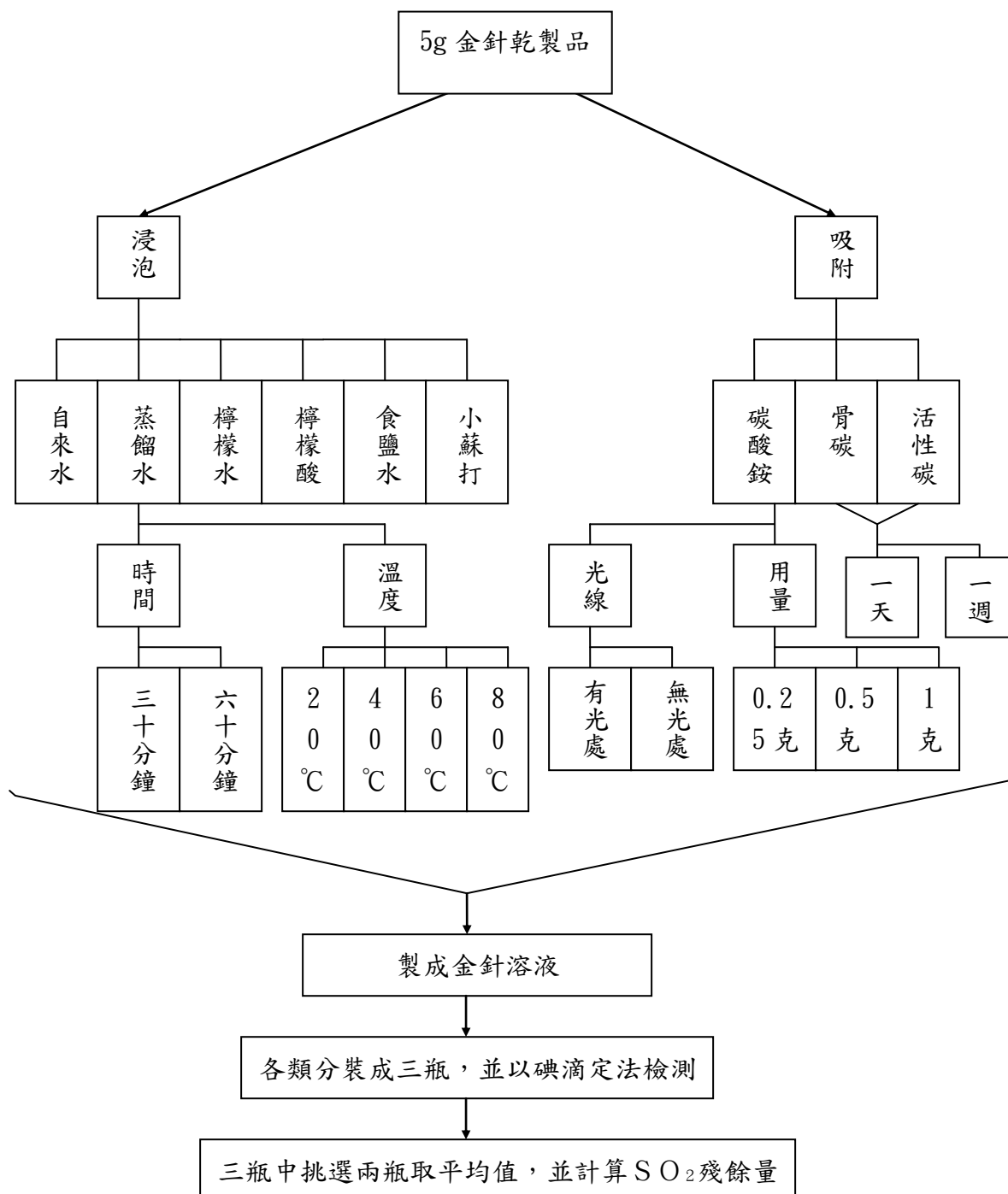


三、樣品前處理:

將購買來的金針花乾製品用剪刀剪成碎狀，並且混合均勻，堆成圓錐形，再將其平壓成圓形，用玻棒將此圓劃分四等份，取任意對角的兩份混合作為試樣(另外兩份則不採用)，重覆步驟直到每份試樣約為 5 克，共十份。

陸、實驗步驟

實驗架構圖

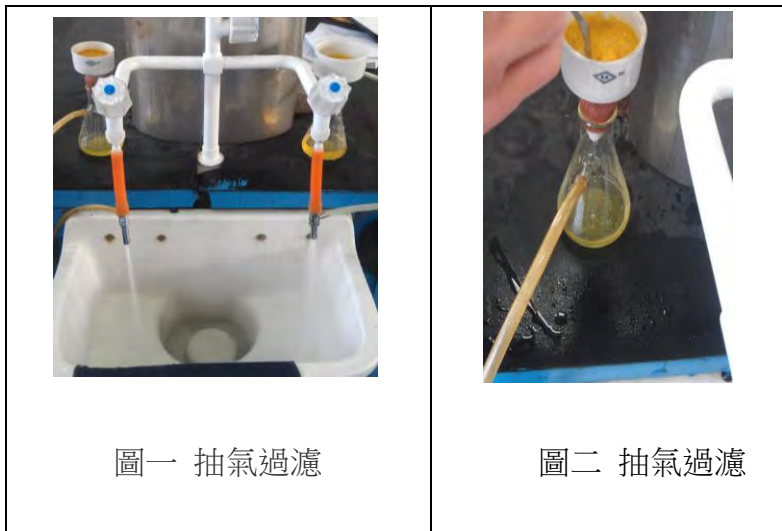


空白試驗：

取 50ml 的蒸餾水加 3ml 澱粉指示劑，用 0.0004M 碘溶液標定之。

一、不同溶液去除金針乾製品中的二氧化硫

- (一)各取 7 份 5g 金針乾製品，分別倒入 250ml 的乾淨燒杯中。
- (二)第一瓶金針花乾製品加蒸餾水至 250ml 的刻度線，並浸泡一天。
- (三)第二瓶金針乾製品加自來水至 250ml 的刻度線，開始清洗並浸泡 30 分鐘
- (四)第三瓶金針乾製品加蒸餾水至 250ml 的刻度線，開始清洗並浸泡 30 分鐘。
- (五)第四瓶金針乾製品浸泡於檸檬汁 30 分鐘。(取 5g 檸檬汁加蒸餾水至 250ml 的刻度線)
- (六)第五瓶金針乾製品浸泡於檸檬酸所配置成的檸檬水溶液 30 分鐘。(取 5g 檸檬酸加蒸餾水至 250ml 的刻度線)
- (七)第六瓶金針乾製品浸泡於小蘇打水 30 分鐘。(取 5g 小蘇打粉加蒸餾水至 250ml 的刻度線)
- (八)第七瓶金針乾製品浸泡於食鹽水 30 分鐘。(取 5g 氯化鈉加蒸餾水至 250ml 的刻度線)
- (九)將第一瓶(金針原液)直接利用抽氣過濾法將金針固體與濾液分開(如圖一圖二)。
- (十)將二~七瓶的浸泡水或洗滌水倒乾，再把試樣放入研鉢，搗碎，分別加蒸餾水至 250ml 的刻度線，浸泡三十分鐘後，利用抽氣過濾法將金針花固體與濾液分開(如圖一圖二)。
- (十一)將第一~七瓶的濾液分別取 25ml(每種各三份)，且每瓶皆加入 25ml 的蒸餾水及 3ml 的澱粉指示劑。



圖一 抽氣過濾

圖二 抽氣過濾

開始標定

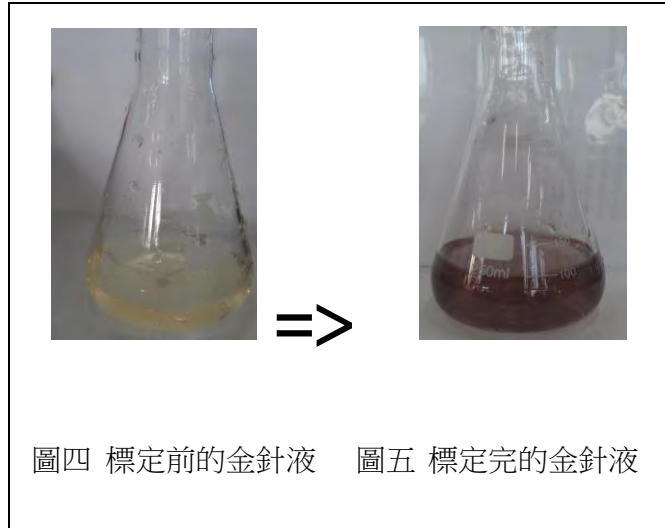
- (一)以碘溶液潤洗滴定管，並排空。
- (二)漏斗加 0.0004M 碘溶液至滴定管刻度 0 處。
- (三)第一瓶**金針原液**同一杯需反覆滴定至顏色不再退色。
- (四)第二～七瓶則是當金針溶液呈現藍紫色且維持三十秒不退色時(如圖四到圖五)，即到達滴定終點。
- (五)並記錄所使用碘溶液的毫升數，每種的三瓶數據中取兩瓶做平均值。

二、使用不同克數的碳酸銨粉末去除定量金針中的二氧化硫

- (一)精秤碳酸銨粉末 1 克、0.5 克、0.25 克，分別裝入不織布袋中，將填裝口用針線縫合緊密(如圖六)。
- (二)秤取三份 5g 的金針乾製品。
- (三)各別將一份碳酸銨粉末包及一份金針乾製品，封入夾鏈袋，並放置兩天。
- (四)將金針乾製品取出後搗碎，倒入燒杯中並加蒸餾水至 250ml 刻度線。
- (五)浸泡三十分鐘後，抽氣過濾，濾液即為金針液。
- (六)分別取 25ml(每種三份)，且每瓶皆加入 25ml 蒸餾水及 3ml 的澱粉指示劑。

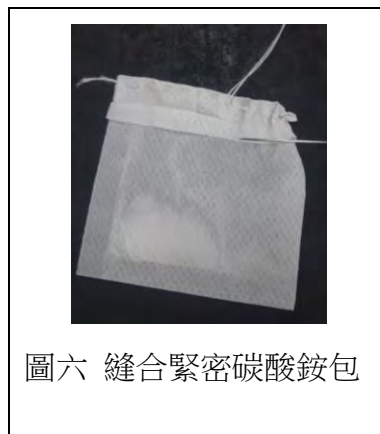
(七)開始標定，當金針溶液呈現藍紫色且維持三十秒不退色時(如圖四到圖五)，即到達滴定終點。

(八)記錄所使用碘溶液的毫升數，且將每種的三瓶數據中取兩瓶做平均值。



三、使用定量碳酸銨粉末包去除定量金針中的二氧化硫

(一)使用精秤天平秤取兩份 5g 的碳酸銨粉末，分別裝入不織布袋中，將填裝口用針線縫合緊密(如圖六)。



(二)秤取兩份 5g 的金針乾製品。

(三)各別將一份碳酸銨粉末包及一份金針乾製品，封入夾鏈袋，一份放至陰暗處，另一份則放置有光處(如圖七)。



圖七 陰暗處與有光處之碳酸銨粉末夾鍊包

- (四)放置一天後，將金針乾製品取出後搗碎，倒入燒杯中，並加蒸餾水至 250ml 刻度線。
- (五)浸泡三十分鐘後，抽氣過濾，濾液即為金針液。
- (六)在製成的金針溶液中取 25ml(每種三份)，且每瓶皆加入 25ml 蒸餾水及 3ml 的澱粉指示劑。
- (七)以 0.0004M 碘溶液標定，當金針溶液呈現藍紫色且維持三十秒不退色時，即到達滴定終點。
- (八)記錄所使用碘溶液的毫升數，且將每種的三瓶數據中取兩瓶做平均值。

四、使用定量定時但不同溫度的蒸餾水來去除中的二氧化硫

- (一)秤取四份 5g 的金針乾製品。
- (二)準備四杯 500ml 的蒸餾水分別為 20°C、40°C、60°C、80°C。
- (三)將金針乾製品分別浸泡於其中三十分鐘。
- (四)三十分鐘後，將浸泡液倒乾，取出金針並搗碎，加蒸餾水至 250ml 的刻度線，完成金針溶液的製備。
- (五)分別取 25 ml 金針溶液(每種三份)，且每瓶皆加入 25ml 蒸餾水及 3ml 的澱粉指示劑。
- (六)以 0.0004M 碘溶液標定，當金針溶液呈現藍紫色且維持三十秒不退色時，即到達滴定終點。
- (七)記錄所使用碘溶液的毫升數，且將每種的三瓶數據中取兩瓶做平均值。

五、使用定量定溫蒸餾水浸泡於不同時間下去除金針中的二氧化硫。

- (一)秤取兩份 5g 的金針乾製品。
- (二)準備兩杯 25°C 500ml 的蒸餾水。

- (三)將兩份金針乾製品分別置入其中，一份放置三十分鐘，另一份則放置六十分鐘。
- (四)當時間到時，將浸泡液倒乾，取出金針並搗碎，加蒸餾水至 250ml 的刻度線，完成金針溶液的製備。
- (五)分別取 25 ml 金針溶液(每種三份)，且每瓶皆加入 25ml 蒸餾水及 3ml 的澱粉指示劑。
- (六)以 0.0004M 碘溶液標定。當金針溶液呈現藍紫色且維持三十秒不退色時，即到達滴定終點。
- (七)記錄所使用碘溶液的毫升數，且將每種的三瓶數據中取兩瓶做平均值。

六、定量的骨碳與活性碳去除二氧化硫能力的比較

- (一)秤取兩份 5g 骨碳與兩份 5g 活性碳，分別裝入不織布袋中，將填裝口用針線縫合緊密。
- (二)秤取四份 5g 的金針乾製品。
- (三)將兩份骨碳粉末包分別與 5g 金針乾製品封入夾鏈袋，一份放置兩天，一份放置一星期。
- (四)將兩份活性碳粉末包分別與一份金針乾製品，封入夾鏈袋，一份放置兩天，一份放置一星期。
- (五)放置指定時間後，將其取出搗碎，倒入燒杯中並加蒸餾水至 250ml 的刻度線。
- (六)浸泡三十分鐘後，抽氣過濾，濾液即為金針液。
- (七)在製成的金針溶液中取 25ml(每種三份)，且每瓶皆加入 25ml 蒸餾水及 3ml 的澱粉指示劑。
- (八)以 0.0004M 碘溶液標定，當金針溶液呈現藍紫色且維持三十秒不退色時，即到達滴定終點。
- (九)記錄所使用碘溶液的毫升數，且將每種的三瓶數據中取兩瓶做平均值。

七、二氧化硫和水氣競爭吸附力探討

- (一)量取約 30 g 的矽膠與 50 g 的金針乾製品放置於同個夾鏈袋中，放置一天使矽膠能先吸取金針中的水氣。
- (二)在 50 g 的金針中取出兩份 5g 已乾燥的金針，分別置入 5g 活性碳和 5g 骨碳於夾鏈袋中，放置一天後，以碘溶液直接滴定，測其二氧化硫的殘餘量。
- (三)量取兩份 5g 未乾燥的金針，分別置入 5g 活性碳和 5g 骨碳於夾鏈袋中，放置一天後，以碘溶液直接滴定，測其二氧化硫的殘餘量。

柒、實驗結果

空白試驗碘溶液使用量:2.45ml

I : 碘當量

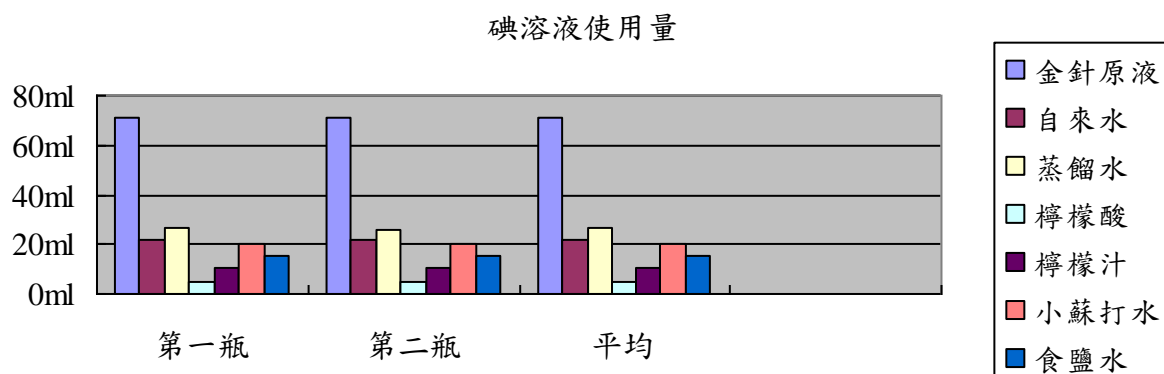
$$SO_2 \text{ 含量計算公式} = \frac{V \times I \times 3.2 \times 10^5}{W} \quad W: \text{金針乾製品重(g)}$$

V : 碘標準溶液滴定量(ml)

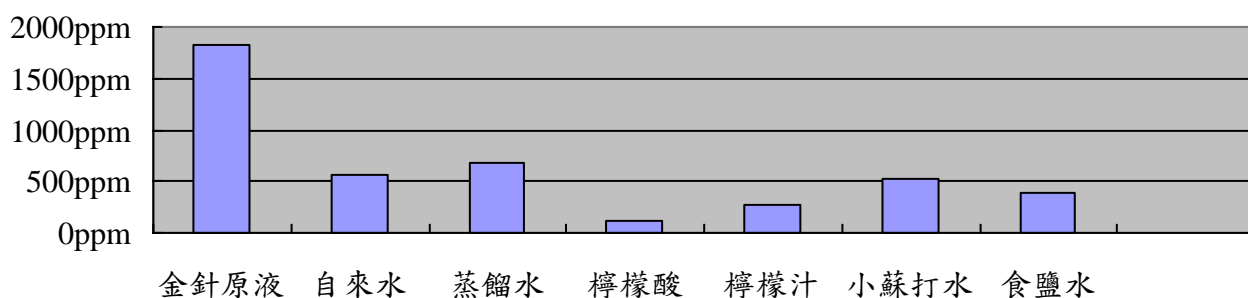
一、不同溶液去除金針乾製品中的二氧化硫

表 1.不同溶液標定所需的碘溶液毫升數：

標定物 碘溶液使用量	金針原液	自來水	蒸餾水	檸檬酸	檸檬汁	小蘇打水	食鹽水
1(ml)	70.92	22.20	26.72	4.61	10.31	20.31	15.01
2(ml)	70.95	22.15	26.00	4.70	10.41	20.27	15.11
平均(ml)	70.94	22.18	26.31	4.66	10.36	20.29	15.01
SO_2 殘餘量(ppm)	1816.06	567.68	672.82	119.04	265.22	519.42	385.54
SO_2 含量下降倍率		3.20	2.70	15.26	6.81	3.50	4.71



二氧化硫殘餘量

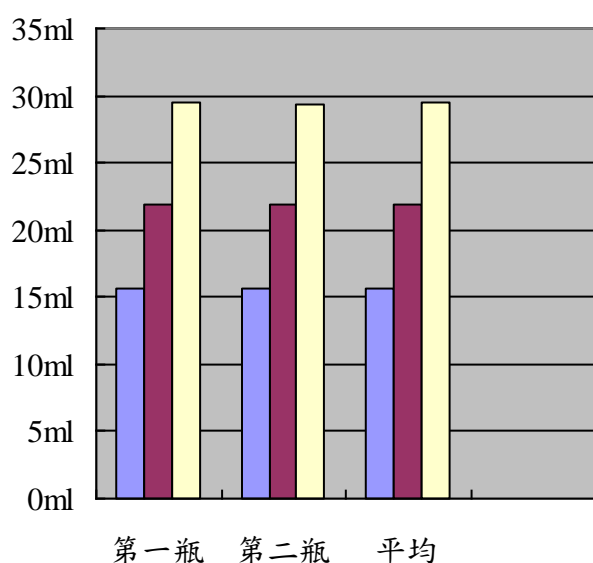


二、不同克數的碳酸銨粉末去除金針花乾製品中的二氧化硫

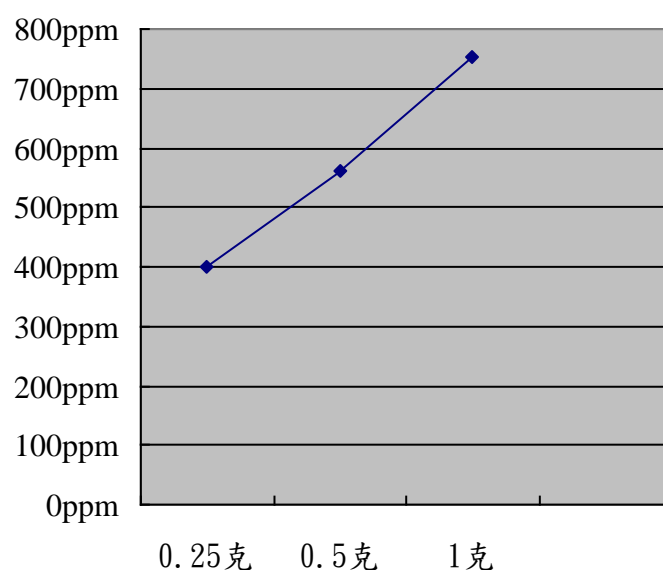
表 2.不同克數的碳酸銨粉末標定所需的碘溶液毫升數：

標定物 \ 碘溶液使用量	0.25 克	0.5 克	1 克
1(ml)	15.62	21.91	29.51
2(ml)	15.60	21.90	29.37
平均(ml)	15.61	21.92	29.44
SO ₂ 殘餘量(ppm)	399.616	561.152	753.664

碘溶液使用量



二氧化硫殘餘量

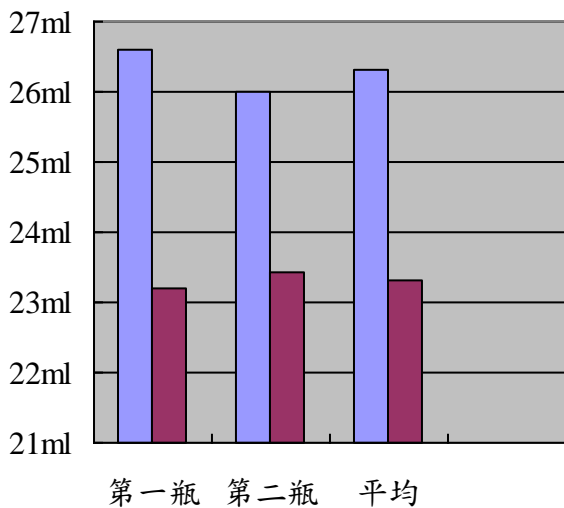


三、碳酸銨粉末包去除金針乾製品中的二氧化硫

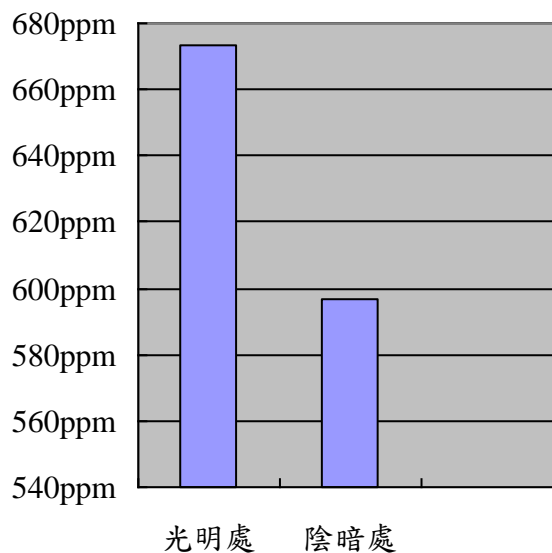
表 3. 不同條件下碳酸銨粉末包標定所需的碘溶液毫升數：

標定物 碘溶液使用量	碳酸銨(光明處)	碳酸銨(陰暗處)
1(ml)	26.61	23.21
2(ml)	26.00	23.43
平均(ml)	26.31	23.32
SO ₂ 殘餘量(ppm)	673.54	596.99

碘溶液使用量



二氧化硫殘餘量

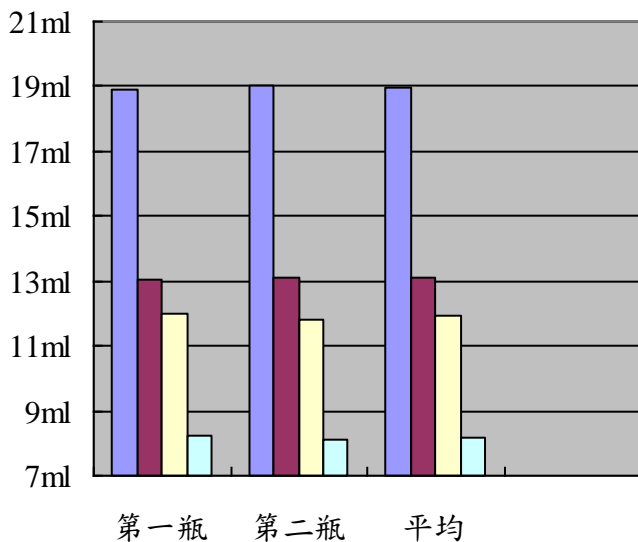
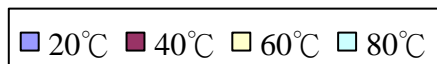


四、使用定量定時但不同溫度的蒸餾水來去除中的二氧化硫

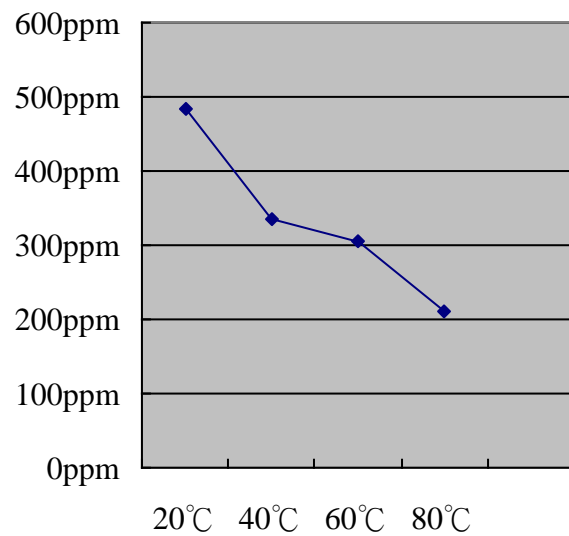
表 4.不同溫度所需的碘溶液毫升數：

標定物 碘 溶液 使用量	20°C	40°C	60°C	80°C
1(ml)	18.89	13.05	12.02	8.26
2(ml)	19.01	13.10	11.82	8.12
平均(ml)	18.95	13.08	11.92	8.19
SO ₂ 殘餘量(ppm)	485.12	334.85	305.15	209.66

碘溶液使用量



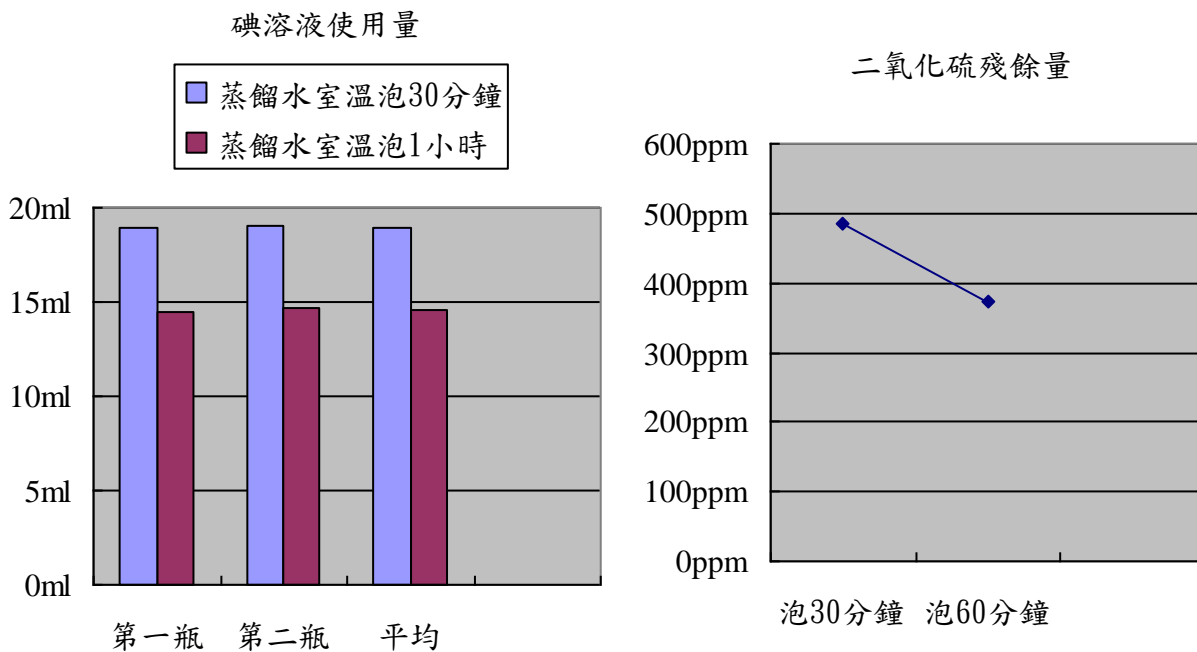
二氧化硫殘餘量



五、使用定量定溫蒸餾水浸泡於不同時間下去除金針中的二氧化硫。

表 5.不同時間所需的碘溶液毫升數：

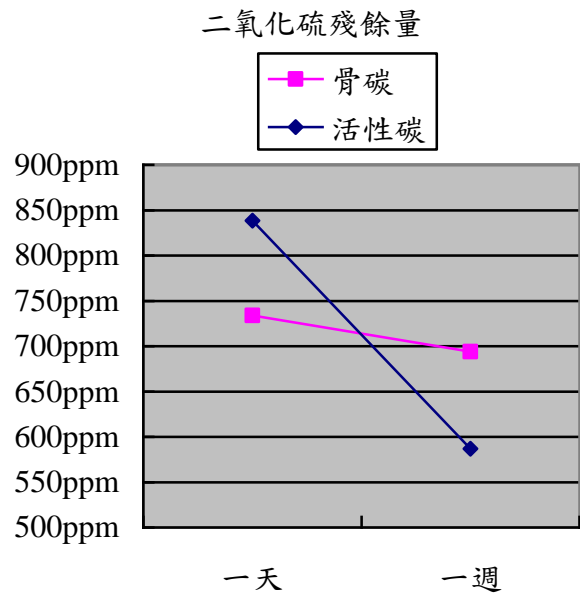
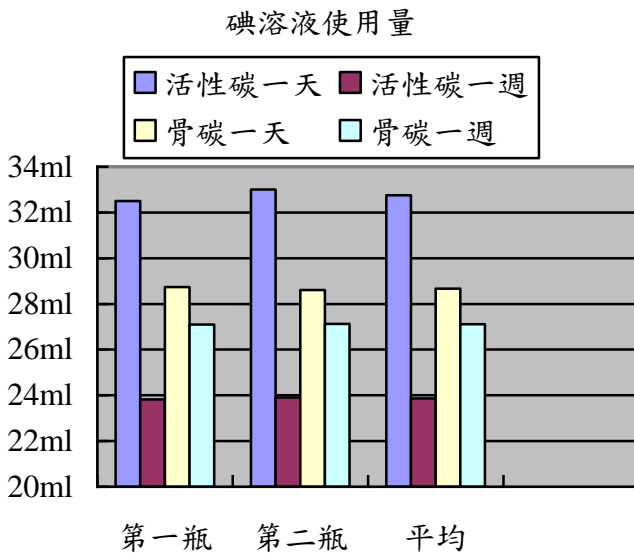
標定物 碘溶液使用量	蒸餾水室溫泡 30min	蒸餾水室溫泡 1hr
1(ml)	18.89	14.50
2(ml)	19.01	14.70
平均(ml)	18.95	14.60
SO ₂ 殘餘量(ppm)	485.12	373.76



六、定量的骨碳與活性碳去除二氧化硫能力的比較

表 6.不同時間所需的碘溶液毫升數：

標定物 碘溶液使用量	活性碳		骨碳	
	一天	一週	一天	一週
1(ml)	32.50	23.82	28.73	27.10
2(ml)	33.00	23.90	28.61	27.12
平均(ml)	32.75	23.86	28.67	27.11
SO ₂ 殘餘量(ppm)	838.40	610.82	733.95	694.02

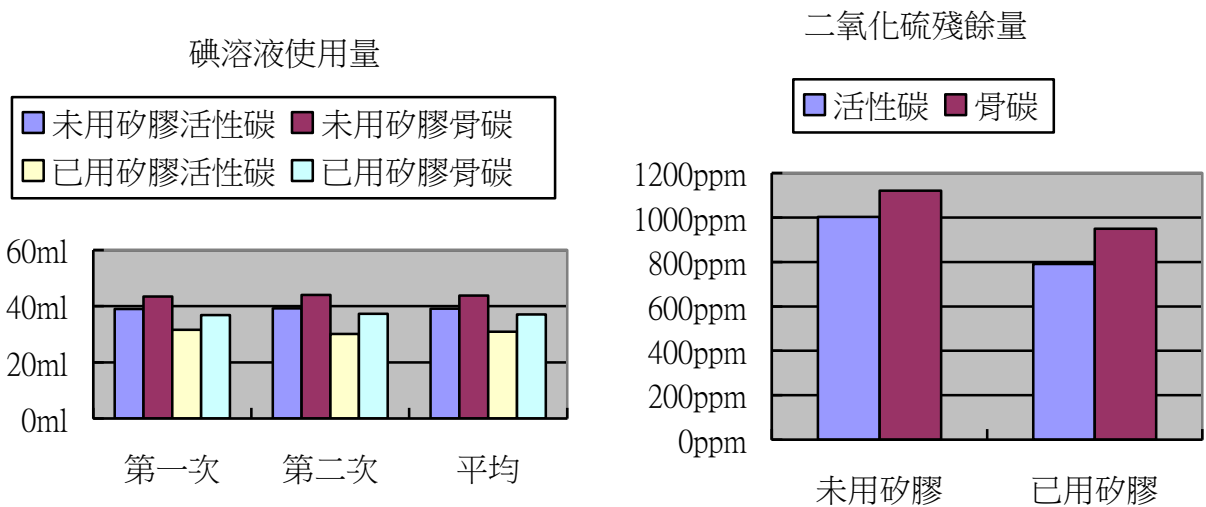


七、二氧化硫和水氣競爭吸附力的探討

表七、比較二氧化硫和水氣的競爭吸附力

標定物	未使用矽膠乾燥		已使用矽膠乾燥	
	活性碳	骨碳	活性碳	骨碳
碘溶液使用量				
第一次(ml)	39.00	43.51	31.65	36.90
第二次(ml)	39.29	44.00	30.15	37.30
平均(ml)	39.15	43.76	30.90	37.10
SO ₂ 殘餘量(ppm)	1002.24	1120.26	791.04	949.76

標定物	活性碳	骨碳
差值		
SO ₂ 殘餘量差值(ppm)	211.02	170.50



捌、討論

- 由表 1 自來水與蒸餾水的數據顯示，自來水去除二氧化硫的能力較蒸餾水佳，推測可能是自來水中含有氯離子，會先與金針中的二氧化硫產生氧化還原反應($\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$)，使得二氧化硫含量減少。

二、參考文獻值顯示，檸檬水洗出金針中的二氧化硫應較檸檬酸水溶液好，可是根據表 1 實驗中檸檬水和檸檬酸水溶液的兩種變因發現，檸檬酸水溶液竟然比檸檬水還能更有效的去除二氧化硫。於是我們決定用氫氧化鈉標定檸檬酸與檸檬汁的酸量。(各取 5g 的檸檬酸以及檸檬汁，使用 2M 的氫氧化鈉溶液標定)

標定物 2M NaOH 的使用量	5g 檸檬酸+45ml 蒸餾水	5g 檸檬汁+45g 蒸餾水
第一次(ml)	36.30	2.20
第二次(ml)	36.31	2.14
平均(ml)	36.305	2.17

以上數據證明了 5g 的檸檬酸所含的酸量遠遠多於 5g 檸檬汁的酸量。這就是檸檬酸比檸檬汁更有效的去除金針乾製品中二氧化硫的原因。

三、比較表 1 中的數據發現，檸檬酸去除二氧化硫的能力最佳，但在日常生活中不易取得純檸檬酸。雖然檸檬汁與食鹽水的去除能力次於檸檬酸，但是對於大眾來說取得較容易。

四、碳酸銨粉末包的問題

(一)原本預計碳酸銨粉末能在空氣中與金針乾製品中的二氧化硫生成硫酸銨，使得金針中的二氧化硫含量大大降低，但經過實驗證明，卻發現效果不如預期的好，推測是放置的時間不夠久。因此經過調整後將放置時間改為一星期。

標定物 碘溶 液使用量	放置一天後的 碳酸銨(陰暗處)	放置一星期後的 碳酸銨(陰暗處)	放置一天後的碳 酸銨(光亮處)	放置一星期後的 碳酸銨(光亮處)
1(ml)	23.21	45.21	26.61	49.62
2(ml)	23.43	45.10	26.00	49.56
平均(ml)	23.32	45.16	26.31	49.59
SO ₂ 殘餘量 (ppm)	596.99	1156.04	673.54	1269.50

以上數據顯示，卻與我們預測的結果相反。因此我們推斷，碳酸銨可能只是跟二氧化硫做吸附，並未與二氧化硫產生化學反應。又因為碳酸銨較容易吸附水，所以在秤取藥品的過程中可能先與空氣中的水做吸附作用，

而無法有效的吸附二氧化硫。若金針乾製品未保持乾燥，那麼放置時間愈長，只會使碳酸銨優先吸附受潮金針中的水，並同時釋放出原本已吸附的二氧化硫。

(二)碳酸銨粉末的去除能力雖然未達到預期效果，但是發現放置陰暗處的二氧化硫的殘餘量比暴露於陽光中的殘餘量還少，推測是因為碳酸銨在 50~60°C 左右就會迅速分解成氨、二氧化碳和水，故碳酸銨粉末在有光處吸附二氧化硫的能力較差。

(三)由表 2 發現放置的碳酸銨量越多，二氧化硫的殘餘量越高，推測其原因如同上述的討論(一)。

五、由表 4 可知，溫度越高，二氧化硫的殘餘量愈低，但是一般來說，在烹煮前 清洗金針的水溫度並不會達到接近沸點，如果使用如此高溫的水，不僅會影響口感，也會使得金針中的營養成份流失，因此我們認為大概使用 40°C 的水清洗金針最為恰當。

六、參考文獻值顯示，活性碳應可在空氣中與二氧化硫進行吸附作用，進而降低金針中二氧化硫的含量，但從表 6 的數據發現，並未如預期的效果好，反而較廉價的骨碳吸附二氧化硫的能力較佳。故推測等重時，活性碳總表面積較大，且因吸收了水氣，而使得活性碳吸附二氧化硫的能力下降。

七、由表 6 數據顯示，放置一星期後的活性碳反而可使二氧化硫含量下降較骨碳多。由參考文獻得知活性碳不僅會吸附二氧化硫，也會吸附空氣中的水氣分子，特別對於低濃度的二氧化硫而言，差異更大。一旦二氧化硫與水氣發生競爭吸附，其影響更難預期。所以推測在短時間內，水氣競爭吸附力較二氧化硫高，因此活性炭會優先吸附水氣，而後吸附二氧化硫。放置時間越久，雖證明活性碳吸附能力依舊較骨碳好，但若使用在市面商品中，並不符合經濟效益，且在包裝上會因活性碳體積較小而不易處理，容易汙染金針乾製品，使得賣相較差。

八、由表 7 數據佐證一天的時間內，二氧化硫和水氣的競爭吸附力，由於上一波金針已全數使用完畢，重新買新的一包金針，來證明二氧化硫和水氣的競爭吸附力的探討，因為矽膠具有高吸水性特點且為常用的乾燥劑，所以先用矽膠吸附金針上的水氣，再分別以活性炭和骨碳吸附二氧化硫，由實驗數據可以發現：未使用矽膠乾燥的二氧化硫殘餘量比已使用矽膠乾燥的二氧化硫殘餘量還高，故證明水氣確實與二氧化硫競爭吸附力的現象，除此之外，我們發現使用矽膠吸附金針上的水氣與未使用矽膠吸附金針上的水氣，二氧化硫殘餘量差在活性炭實驗差值是 211.20ppm 在骨碳實驗差值 170.50ppm，更證明短時間內，水氣競爭吸附力的影響上，對活性炭影響更是明顯，佐證了討論七的推論。

玖、結論

一、綜合表 1，去除二氧化硫的能力:檸檬酸水溶液 >檸檬汁>食鹽水> 小蘇打水 > 自來水 >蒸餾水。檸檬酸水溶液能將金針中二氧化硫的含量下降最高達 15.25 倍。則檸檬汁與

食鹽水能將金針中的 SO₂ 含量各下降 6.81 倍和 4.71 倍，且是大眾方便取得的，雖去除二氧化硫的能力次於檸檬酸，但是也可以大量降低二氧化硫的含量。

二、碳酸銨粉末包在陰暗處去除二氧化硫的效果較佳，且不宜放置過久。

三、在相同時間不同溫度下，溫度越高者，愈能有效降低金針乾製品中的二氧化硫含量。

四、相同條件下，浸泡時間越長者，愈能有效降低金針乾製品中的二氧化硫含量。

五、綜合碳酸銨、活性碳和骨碳粉末包的數據以及藥品價格。雖然碳酸銨去除能力為三者中最佳，但是會先因為溫度而分解成氨氣，使金針會帶點氨味。短期之內，骨碳吸附二氧化硫的能力比活性碳好。雖然放置長期時間後，活性碳效果較骨碳好，但若想要把此方法用於市場上，骨碳因成本較低，所需時間短。因此，我們認為骨碳是置入金針乾製品包裝的最佳首選！

拾、參考資料

- 一、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 吳柏青、郭曉怡 http://bmeweb.niu.edu.tw/pcwu/Lily/SO2_11.htm
- 二、忘憂園金針網站 <http://bmeweb.niu.edu.tw/pcwu/Lily/Default.htm>
- 三、桃園縣第 50 屆中壢市中小學科學展覽會 作品名稱：硫不硫，有關係！
- 四、如何選購金針乾製品？ - 高山針與港針之品質比較 <http://bmeweb.niu.edu.tw/pcwu/Lily/Why.htm>
- 五、美麗金針花背後的二氧化硫 台東女中化學教師 高榮成 <http://chem.kshs.kh.edu.tw/Teaching%20resource/teachshare/chem51.pdf>
- 六、新竹女中專題研究網—隨波逐竹硫—探討檢測二氧化硫最佳狀態及添加物質清除二氧化硫之效果。
- 七、李瑞燕(1984)，「食品中亞硫酸鹽的測定」，食品工業，第十六卷，第十二期，第 25-31 頁。
- 八、檸檬-維基百科: <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AA%B8%E6%AA%AC%E6%B1%81>
- 九、碳酸銨-維基百科: <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%93%B5>
- 十、黃潔瑩、張國樺(2012)，「分析化學實驗 II」，全華圖書股份有限公司，台北。
- 十一、二氧化硫-百度百科: <http://baike.baidu.com/view/27248.htm>
- 十二、行政院衛生署，「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」，(食品添加物第(四)類漂白劑亞硫酸鉀等之使用範圍及用量標準)。
- 十三、蔡永昌、江孟玲(2011)，「分析化學 I」，台科大圖書股份有限公司，台北
- 十四、蔡永昌、江孟玲(2011)，「分析化學 II」，台科大圖書股份有限公司，台北
- 十五、環保簡訊-活性碳處理異味問題面面觀 <http://setsg.ev.ncu.edu.tw/newsletter/epnews7-2-2.html>

【評語】 091103

1. 本作品應用化學知識，解決金針花亞硫酸鹽過高的問題，嘗試應用各種方法清洗金針花，並比較殘餘亞硫酸鹽濃度。所得最佳效果可達 90% 亞硫酸鹽去除率（檸檬酸），對民眾飲食安全有貢獻。
2. 本作品除實用外，若能進一步利用化學原理解釋或驗證實驗結果，可使作品價值提高。碳酸銨粉法效果不如預期，請檢討原因。
3. 本作品可再與坊間既有方法的效果進行比較，以凸顯本作品的價值。尤其效果最佳的檸檬酸法，宜與文獻比較。
4. 宜適時進行重複實驗，以瞭解實驗再現性。
5. 表 1 中的『SO₂ 含量下降倍率』一欄，建議改成『SO₂ 去除率 %』。
6. 捌、討論一、，自來水中是含有『次氯酸根離子（餘氯）』具氧化能力，並非『氯離子』。