

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組化學科

040205

國立台東女子高級中學

指導老師姓名

高榮成

黃千毓

作者姓名

黃唯婷

林冠伯

羅珮慈

宋家寧

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：高中組

作品名稱：可以不要爆爆嗎?-精油燃燒氣爆因素研究與改良

關 鍵 詞：香茅精油、水氣蒸餾法、氣壓計

編 號：

壹、摘要

市售精油易發生氣爆是由於協助精油溶於水的異丙醇在加熱時氧化不完全所致，因此我們希望在不影響溶液揮發程度和薰香效果的情況下，嘗試改善此情形。

一、自製精油：

為研究香茅精油之原有物質性質，在實驗中利用義式咖啡器的原理，以簡單改良蒸餾裝置自製精油，將市售添加物的變因排除，再改變條件將製品與標準品比較。

二、測揮發量：

利用波以耳—查理定律，控制溫度，量測蒸氣壓，推算香茅精油氣體揮發量。發現從室溫持續加熱至 90°C 時，市售精油和自製精油皆以比例 6%（重量百分率濃度）的溶液有最大的揮發量；改變濃度時，則皆在 76°C~86°C 時有較大揮發量。

三、測氧化程度：

利用氧化還原滴定，測定各比例香茅精油溶液蒸氣的氧化程度：發現定溫下(80°C) 市售精油以 6% 的溶液，自製精油以 2% 的溶液有較佳的安全性。而從室溫持續加熱至 90°C 時，市售精油和自製精油皆以比例 6% 的溶液都有較佳的安全性。

四、不同揮發性溶劑效果：

改變揮發性溶劑種類和自製的香茅精油混合測定，於定溫下比較揮發程度，以丙醇揮發效果最佳。

貳. 研究動機：

近年來「薰香精油」因為能在揮發後釋放出具有提神解勞作用的香氣，成為市面上的流行商品；而大多數的市售精油皆以異丙醇為主要溶劑。使用薰香瓶加熱精油的過程會產生異丙醇蒸氣；異丙醇蒸氣除了在高溫環境下容易分解，釋出對人體有不良刺激的有毒物質；在遇火源時，更時常因氧化程度不夠高而發生氣爆現象。

在選擇精油種類時，詢問過老師的意見，發現時下正流行檸檬香茅火鍋，而剛好家裡有種植香茅草，在這些巧合下，我們便決定用香茅草當作研究的對象。希望能提供一個方便、安心又天然的精油來源以及使用條件。

叁、研究目的：

- (一) 利用咖啡機蒸餾原理或直接絞碎香茅草加水萃取，提供安全方便自製香茅精油的方法。
- (二) 比較自製精油與標準品的異同。
- (三) 測香茅精油在不同溫度下的相對蒸氣壓。
- (四) 測定精油蒸氣的被氧化程度。
- (五) 在定溫下測各比例精油溶液的揮發量，求最佳的精油溶液比例。
- (六) 以自製精油加不同的揮發性溶劑，定溫下比較其揮發量。

肆、研究器材及藥品

(一)器材：

- | | |
|---------------|------------|
| 1. 量筒 | 10 離心機 |
| 2. 錐形瓶 | 11 電子計時器 |
| 3. 針筒 | 12. 冷凝器 |
| 4. 溫度計〈電子、水銀〉 | 13. 側孔硬試管 |
| 5. 容量瓶 | 14. 塑膠滴管 |
| 6. 抽濾瓶 | 15. 滴定管 |
| 7. 波以耳管 | 16. 雙向閥 |
| 8. 恆溫水槽 | 17.電磁加熱攪拌器 |
| 9. 電子天秤 | |

(二)藥品：

- | | |
|-----------|---|
| 1. 過錳酸鉀 | 2. 過氧化氫 |
| 3. 硫酸 | 4. 異丙醇 |
| 5. 氨 | 6. 乙醇 |
| 7. 硝酸銀 | 8. 丙醇 |
| 9. 丁醇 | 10. 乙二醇 |
| 11. 自製香茅油 | 12. 香茅精油〈原產地：法國 Exa fl or 公司,成份：純植物
異丙醇 90%，純植物精油 3~7%水分 2~3%〉 |

伍、檸檬香茅介紹：

一.檸檬香茅草性質：

(一)、概說

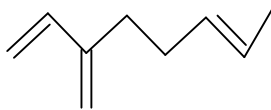
香茅草又稱檸檬香茅，全株散發極濃檸檬味。早期引入大量栽培來提煉香油，後來因人工成本漸高，無法和生產成本低的地區相競爭，整個產業突然沒落下來，1980 年代末期，偶爾還會看到荒廢的香茅草田。近來有機栽培盛行，為標榜不使用農藥，所以必須種一些害蟲不喜歡接近的忌避植物，香茅草由於植株高大且生長快速，味道濃，常常在有機栽培的溫室或田區外側種一整排的香茅草做阻隔。近年來，香草的利用開始流行，香茅草不論是香氣或是風土適應性均很優秀，可預見它再受重視程度即將來臨。

(二)、香茅利用

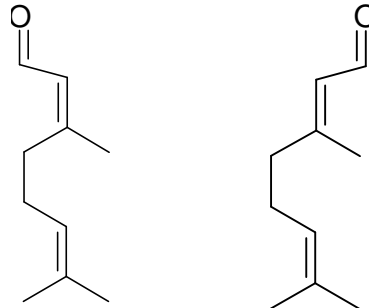
香茅草的利用以葉片為主，最簡單的利用方式為做成香茅檸檬水，做法是將採收之香茅葉丟到冷開水中約浸泡 10~20 分鐘即可，香味濃淡可依用量而定，餐廳中所喝的檸檬水可用香茅草代替，有檸檬的清香又沒有酸味。

二檸檬香茅精油成分：

主要成分結構：不飽和烴及醛。



myrcene(12%~20%)



(nerol + geranial =65~86%)

陸、研究方法

一、自製香茅精油及其成份測定

(一)利用蒸氣萃取香茅葉製成香茅油

1.原理：水氣蒸餾法。

2.摩卡壺咖啡器皿沖煮原理介紹：

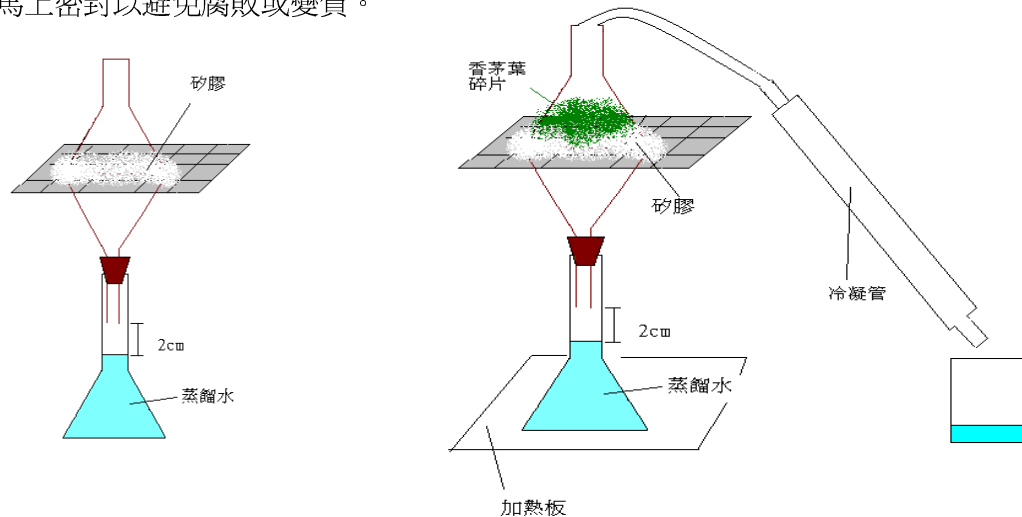
構成主要有三部份：底座裝水，中間的濾器放置咖啡粉，上壺容納煮好的咖啡。當密閉底座裡的水加熱至沸點時，會產生大量蒸氣，這些蒸氣的壓力迫使水從底座上升至放置咖啡粉的濾器，水經過咖啡粉再到達上壺。



圖(一)

3.實驗裝置：

- (1)取一漏斗開口朝下置一鐵絲網，細網每一洞的面積小於 0.09cm^2 ，鐵絲網下再放一漏斗(寬開口向上)三者以矽膠相接，相接處不可有空隙。
- (2)取軟木塞鑽洞並插(1)的裝置，塞在 500ml 錐形瓶。
- 4.香茅葉洗淨，曬乾，切碎至面積小於 1cm^2 。放入錐形瓶內，與冷凝器相接，把裝置放在加熱板上加熱。
- 5.冷凝器下置一燒杯盛接冷卻液體，待加熱到瓶內水沸騰，水剩一分滿時停止加熱，將燒杯內液體馬上密封以避免腐敗或變質。



圖(二)

(二)利用水萃取香茅葉製成香茅油

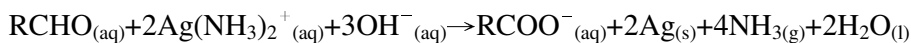
取與(一)同量的水與果汁機絞碎之碎香茅葉共熱至沸騰，取其溶液。

(三)測定自製香精油含香茅油的比例

- 1.薄層分析：取樣品及自製品以毛細管滴於 TLC 片上，以乙酸乙酯：正己烷比例 = 1:0、1:3、1:1、3:1、0:1，經揮發後，用紫外光驗鈔器檢驗。

2.測試醛類：銀鏡反應

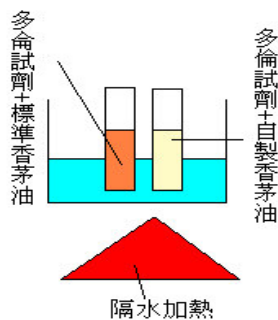
由於香茅油內含醛，以銀鏡反應測量反應後銀的沉澱量，以比較自製品中香茅油的含量。



(1)配置多倫試劑。

(2)取 3ml 香茅油置入試管中，隔水加熱至 70°C 後恆溫 5 分鐘，冷卻至 20°C 。

(3)將試管離心後，抽氣過濾法得銀沉澱，再烘乾(100°C ，10 分鐘)，秤重。



圖(三)

3. 檢驗烯類、炔類

- (1) 試管各裝入 2ml 的乙醇，並分別滴入 2 滴的自製香茅精油及香茅油(標準品)。
- (2) 以 0.005M 的 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 逐漸滴入(邊滴邊搖) 2 支小試管中，觀察管內溶液顏色變化(含有烯類或炔類時 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 會由紫色→褐色)

二、測試影響精油溶液揮發程度之因素：

(一) 不同比例市售精油溶液在加熱時的揮發量

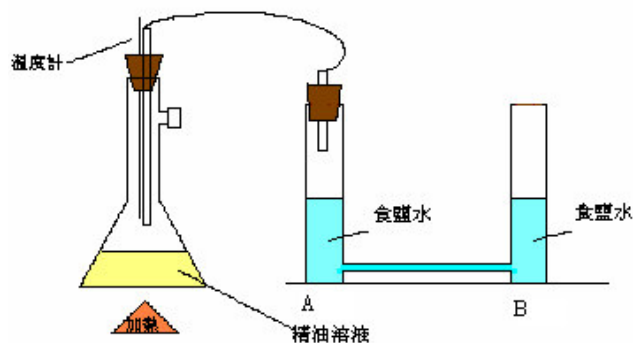
1. 配置食鹽水(每 100 克水含 30 克食鹽)

2. 架設器材：(如圖四)

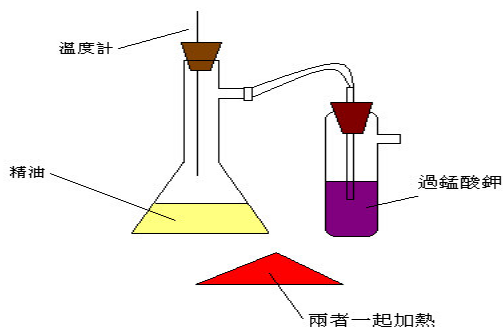
(1) 設計理念：使 A、B 管形成開口式氣壓計，以測量錐形瓶內蒸氣壓。

(2) 作法：

- a. 以橡皮管連接二根波以耳管 A、B 管，在管中加入食鹽水至管至半高。
- b. 橡皮管連接 A 管及錐形瓶瓶口，並在瓶口插上電子溫度計。
- c. 為讓溶液蒸氣壓可得更大測量數值，錐形瓶側孔接上雙向閥及針筒抽氣，使 A 管內因氣體減少而液面上升，B 管液面下降。
- d. 在抽濾瓶內加入 100 克分別為 2%、4%、6%、8%、10% 的精油，記錄瓶內氣體初溫及 A、B 兩管鹽水柱高度。
- e. 將抽濾瓶放置到加熱板上隔水加熱，抽濾瓶內蒸氣溫度每上升 2°C 即紀錄一次 A、B 管液面高度。



圖(四)



圖(五)

(3)對照組：改用水重複步驟 d~e。

(4)紀錄揮發程度最大的溫度。

3.與自製精油(蒸氣蒸餾法製成的)揮發量做以較。

(二)測試定溫時，不同比例市售精油溶液的揮發量：

1.由(一)得揮發程度最大的溫度為 80°C。

2.放置不同濃度精油（2~10%）於抽濾瓶中，放入恆溫水槽中加熱至 80°C，通氣 20 分鐘後紀錄 A、B 兩管液面的刻度。

3.對照組：a.水。 b. 2% ~10%的異丙醇溶液 c. 純異丙醇。重複步驟 2.

4.與自製精油揮發量比較。

三、市售精油溶液的氧化程度測定

(一) 測定未經過加熱精油溶液在常溫下可氧化量

1.配 0.01M 的 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ ，加入 2~3 滴 H_2SO_4 ，滴定已知濃度精油 20ml。

2.氧化還原滴定，在 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 變色超過一分鐘後終止滴定，記下 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 所使用的體積。

3.對照組：用純異丙醇、純精油當被滴定溶液，重複步驟 1. ~ 2.，並紀錄其結果。

(二) 定溫下精油溶液的氧化程度

1.配 0.01M 的 KMnO_4 溶液 50ml，倒入有側孔的試管中，滴入 2~3 滴 H_2SO_4 。

2.配製 2%、4%、6%、8%、10%精油溶液 100g，倒入 500ml 的抽濾瓶，在瓶口塞上軟木塞，插入溫度計(測加熱時蒸氣的溫度)，在側孔接一橡皮管以便將瓶內蒸氣通入 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 。

3.加熱至瓶內蒸氣 80°C 時，以橡皮管連接抽濾瓶和 1.的試管，將瓶內蒸氣通入 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 20 分鐘後(恆溫)，停止通氣，並測量通入蒸氣後的 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 體積。

4.用 1%(重量百分比) ($\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$) 滴定 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 至變色，並記錄用去 H_2O_2 之體積。

5. 對照組：用純異丙醇、純精油重複 1. ~ 4.，並紀錄其結果。

6. 比較自製精油溶液的氧化程度。

(三) 測定精油持續加熱時被氧化的程度

四、加入不同揮發性溶劑的壓力差測定

1. 取自製精油 5 克，加入乙醇 45 克；再取混合液 6 克加水配成 6% 精油溶液。
2. 置於抽濾瓶中，於恆溫水槽中加熱至 80°C，通氣 10 分鐘後紀錄 A、B 兩管液面的刻度。
3. 將 1. 中的乙醇換為乙二醇、丙醇、異丙醇、丁醇重複步驟 1.~2.

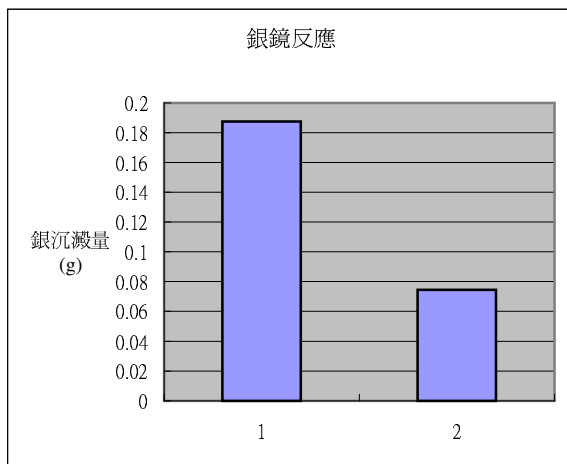
五、加入不同揮發性溶劑的氧化程度測定

配置含丙醇和異丙醇的精油溶液，倒入抽濾瓶，塞上軟木塞，插入溫度計，在側孔接橡皮管以便將瓶內蒸氣通入 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$

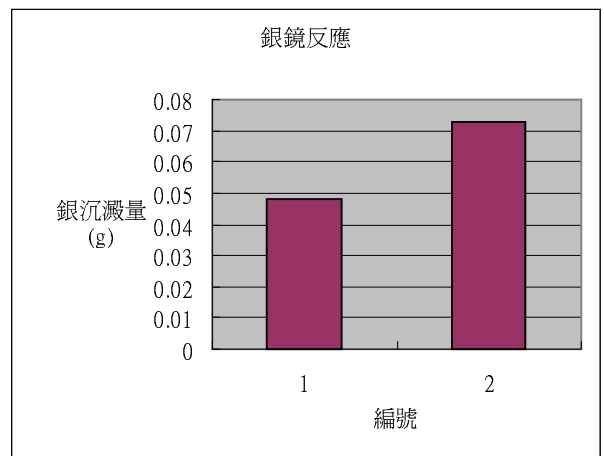
柒、研究結果

一、自製香茅油定性檢驗

(一) 醛的檢驗：銀鏡反應。



圖一



圖二

討論：1. 由圖一、二知自製精油中有醛類的反應。

2. 醛類的量：

- (1) 【香茅油〈標準品〉：水氣蒸餾法的香茅油】=1：0.40
- (2) 【溶劑萃取法的香茅油：水氣蒸餾法的香茅油】=1:1.5
- (3) 高溫下水蒸氣萃取香茅油較水直接萃取香茅油可得醛類產物多。

(二)烯、炔類的定性

表 3

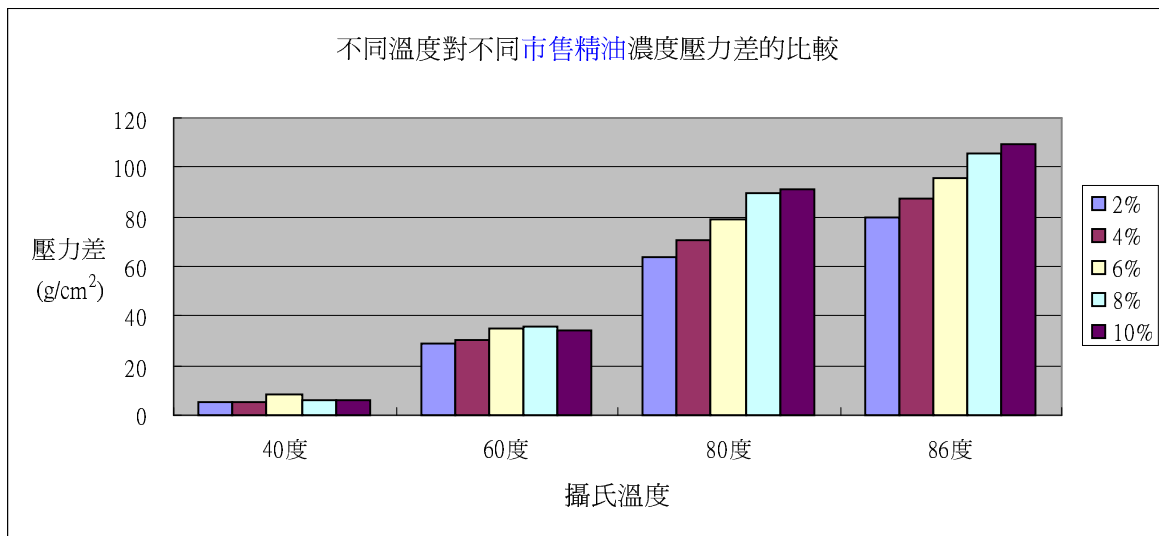
溶液	反應前	反應前 KMnO ₄	反應後溶液顏色
香茅油〈標準品〉	透明無色	紫紅色	棕黃色
自製香茅精油	透明無色	紫紅色	淡棕黃色

討論：1.香茅油〈標準品〉和自製香茅精油皆含有烯或炔類。

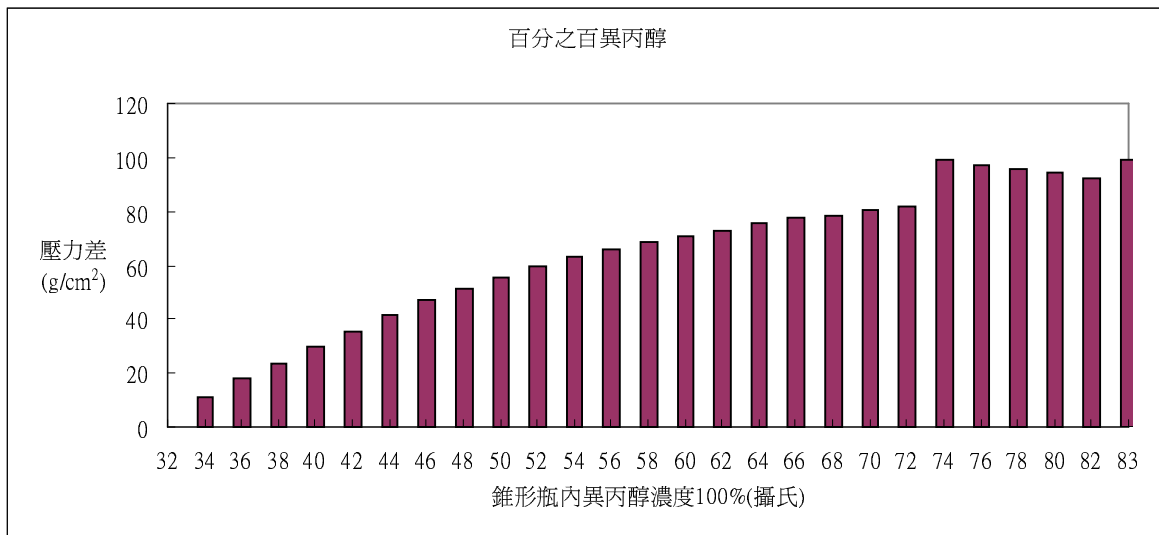
2.義式咖啡機蒸餾香茅草，所得香茅油成分較溶劑萃取法好。

二、精油和水在不同比例下對精油溶液揮發程度之影響：

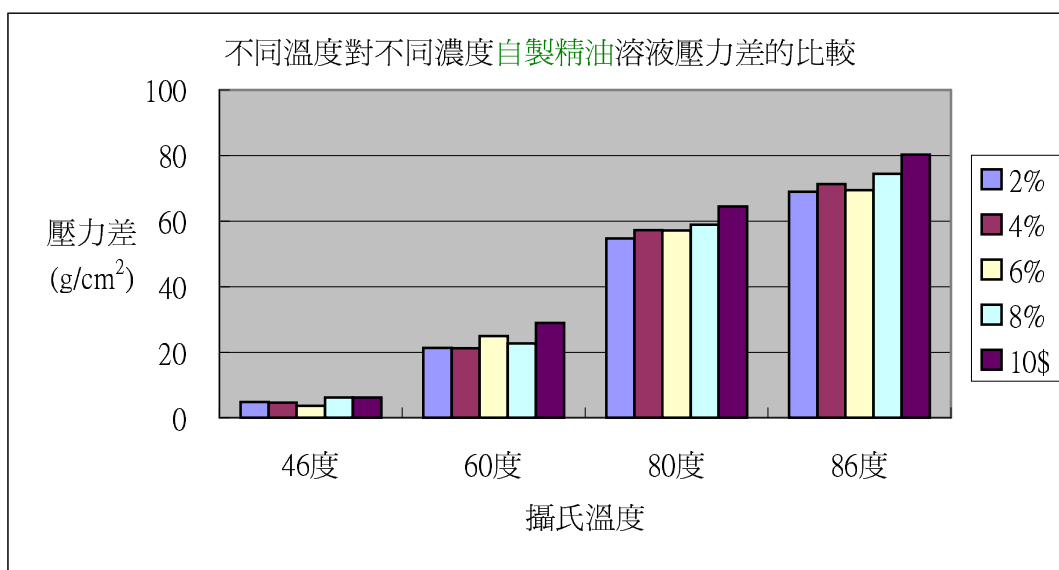
(一).測定精油溶液加熱時所產生的總蒸氣量。



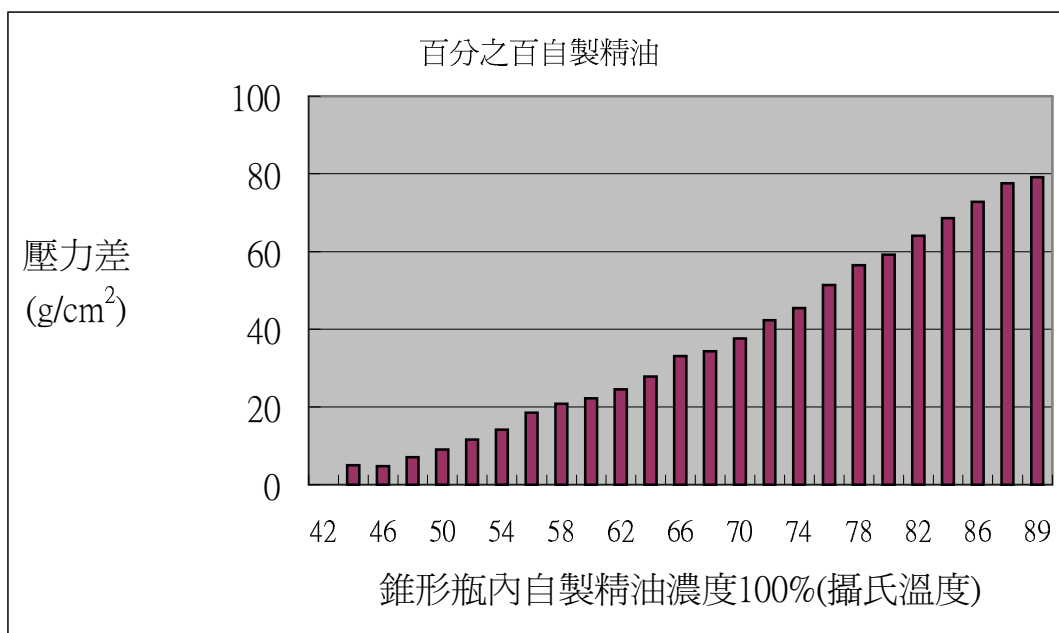
圖三



圖四



圖五

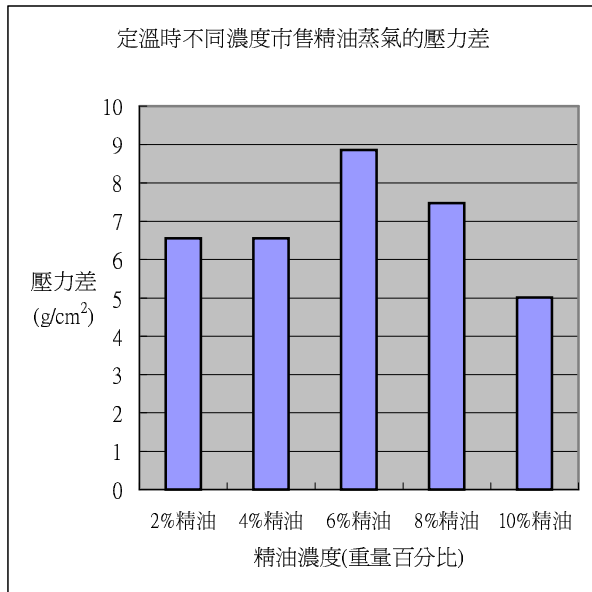


圖六

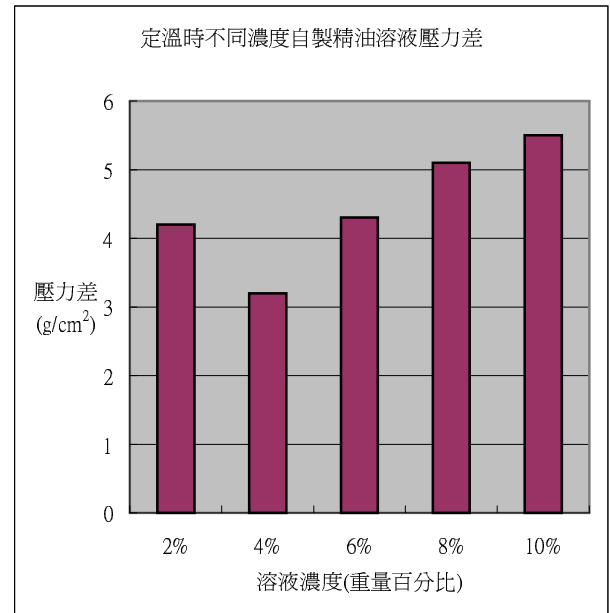
討論：1.由圖三~圖六知蒸氣壓量隨溫度上升而升高。

2.圖三、圖五精油在 60°C~80°C左右蒸氣壓相差量比較明顯，圖四純異丙醇的蒸氣壓在 80°C左右比較穩定。

(二)測試定溫【80°C】，不同比例精油溶液的揮發量：



圖七



圖八

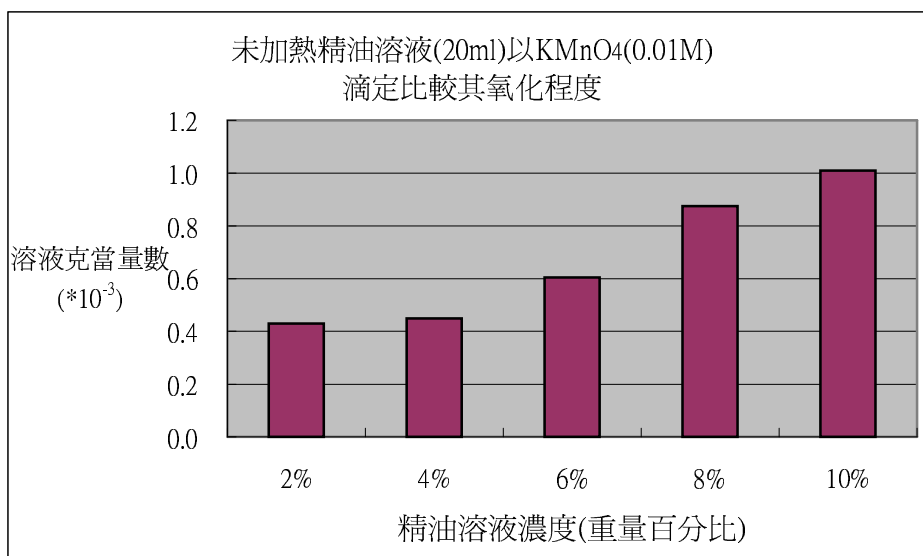
討論：1.由圖七知市售 6%精油壓力差最明顯。

2.由圖八知自製 6%~10%精油壓力差最明顯。

3.選擇 6%精油為測定條件。

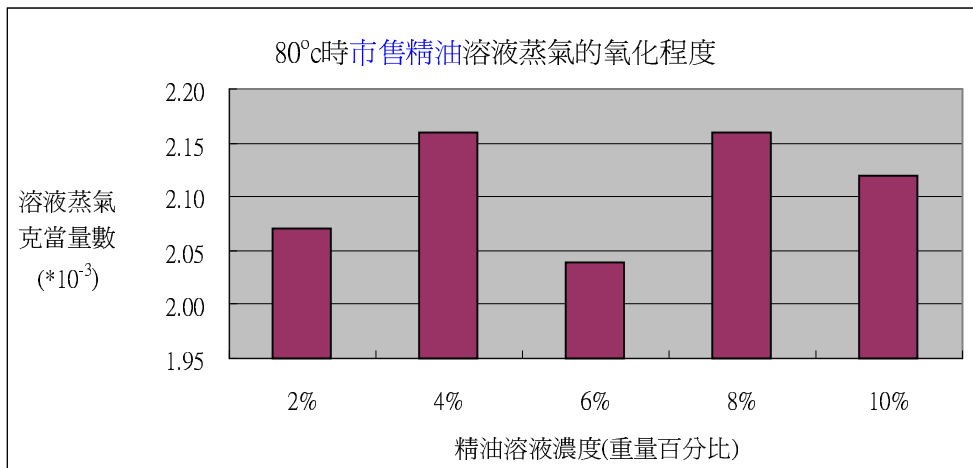
三、不同比例的精油水溶液對其氧化程度之影響。

(一)測定未加熱精油水溶液可氧化程度

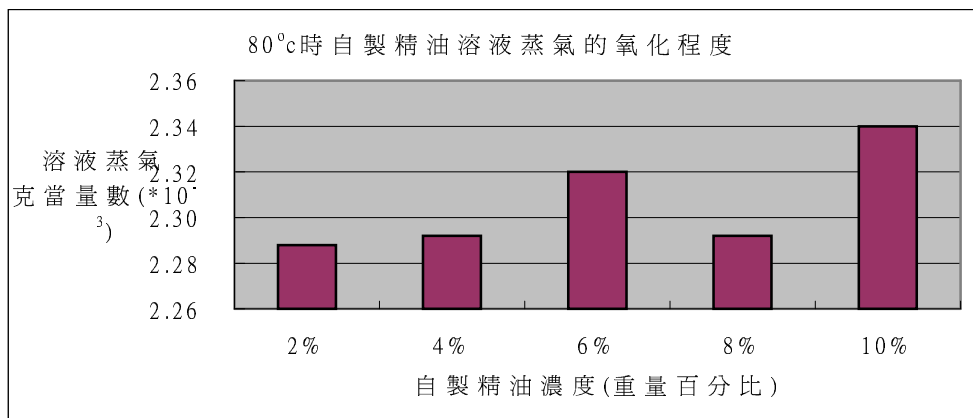


圖九

(二)測定定溫時精油水溶液蒸氣已氧化程度。

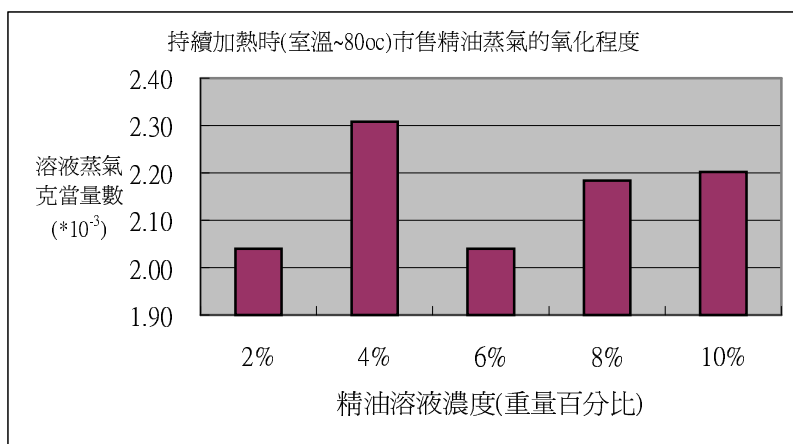


圖十

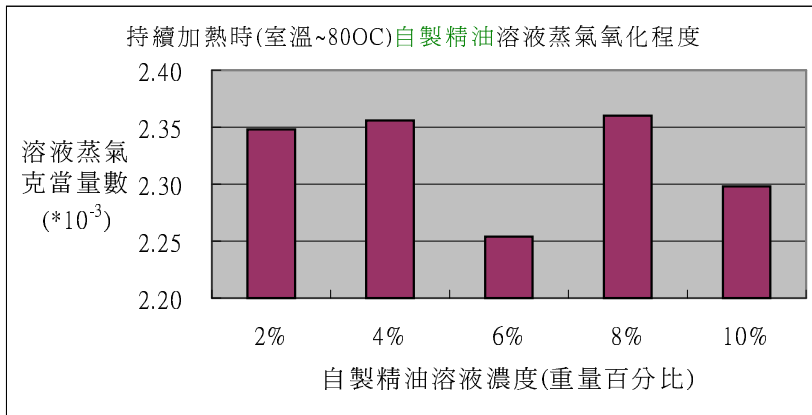


圖十一

(三).測定持續加熱時〈室溫~80°C〉精油水溶液蒸氣已氧化程度



圖十二



圖十三

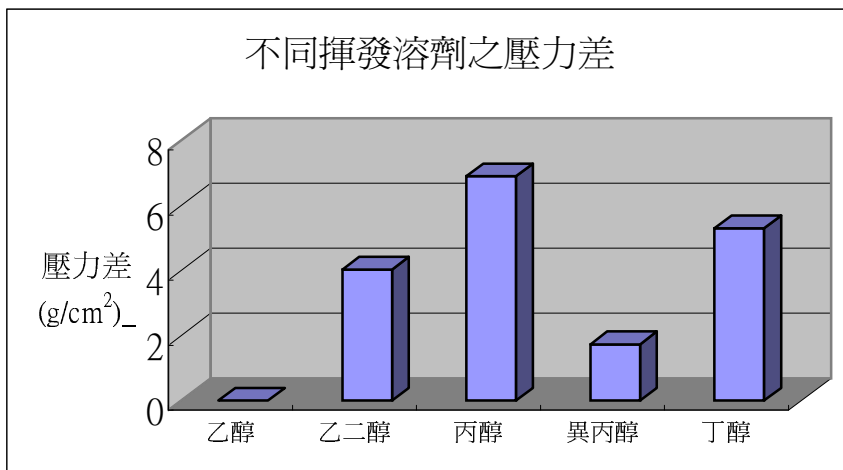
討論：1.由圖九知精油濃度越高，可氧化的程度越明顯。

2.由圖十知市售 6%精油和圖十一知自製 2%精油的溶液蒸氣克當量數最少，表示溶液蒸氣在定溫加熱時氧化較完全。

3. 由圖十二、圖十三得知市售和自製精油皆以 6%溶液在持續加熱時氧化較完全。

4. 加熱精油時，溶液比例以 6%有較好的效果。

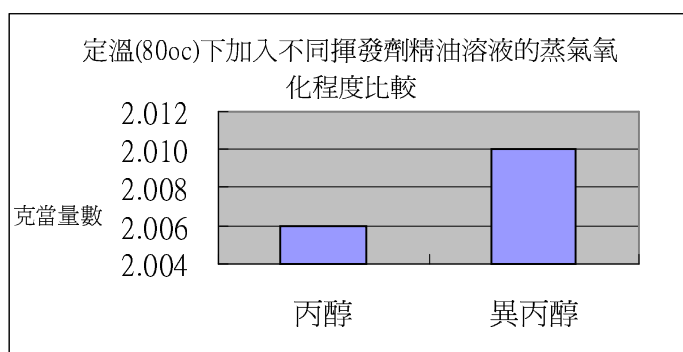
四、在定溫下測各比例精油溶液的揮發量：



圖十四

討論：由圖十四知精油溶加入丙醇的揮發量最大。

五、加入不同揮發性溶劑的氧化程度測定:



圖十五

討論：由圖十五知精油溶液加入丙醇較異丙醇產生的蒸氣氧化較完全

捌、討論

一、自製香茅精油：

(一)蒸餾後之定性定量分析：

- 1.香茅油(標準品)和水氣蒸餾法的香茅油所含醛類比例為 1：0.40。
- 2.水氣蒸餾法比溶劑萃取法易取得較純的香茅油。

二、精油和水在不同比例下對精油溶液揮發程度之影響：

- (一)精油溶液在 60°C~80°C 左右蒸氣壓相差量較明顯，純異丙醇的蒸氣壓在 80°C 左右比較穩定。
- (二)實驗設計及數據之修正：

- 1.最初的氣壓裝置中，以純水水柱當壓力計，利用 $P=hd$ 原理，但因水密度較小，蒸氣產生之壓力會使 B 管的水柱溢出，因此改用食鹽水柱($\text{NaCl}:\text{H}_2\text{O}=30\text{g}:100\text{g}$)取代水柱。
- 2.精油溶液的蒸氣量計算步驟如下：

(1)求空氣壓力差：

$$\text{大氣壓} \langle \text{錐形瓶體積} \langle 500\text{ml} \rangle - \text{精油加熱前體積} \rangle = nR \langle \text{室溫 } 25^\circ\text{C} \rangle$$

$$P \langle \text{錐形瓶體積} \langle 500\text{ml} \rangle - \text{精油加熱後體積} \rangle = nR \langle \text{未溫} \rangle$$

(2)精油蒸氣壓=總壓力差 - $\langle P - \text{大氣壓} \rangle$

三、不同比例的精油溶液對其氧化程度的影響

(一) 1.由圖七知精油濃度越高，可氧化的程度越明顯。

- 2.由圖十知市售 6%精油和圖十一知自製 2%精油的溶液在氧化後,蒸氣克當量數最少，表示溶

液蒸氣在定溫加熱時氧化較完全。

3.由圖十二、圖十三得知市售和自製精油皆以 6% 溶液在持續加熱時氧化較完全。

(二) 實驗設計及修正：

1.本實驗原設計是利用 $\text{KMnO}_{4(aq)}$ 還原後產生 $\text{MnO}_{2(s)}$ 沉澱，過濾沉澱量之多寡來測各比例精油蒸氣的氧化程度。

2.由於 $\text{KMnO}_{4(aq)}$ 需要重複過濾多次，易產生誤差，因此，改以 $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ 當還原劑滴定通入精油蒸氣的 $\text{KMnO}_{4(aq)}$ ，利用

$\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ 克當量數(還原劑)+香茅精油蒸氣克當量數(還原劑)= $\text{KMnO}_{4(aq)}$ 克當量數(氧化劑)

以求得蒸氣的克當量數做比較。

四、在定溫下測各比例精油溶液的揮發量：

1.圖十四顯示定溫下，精油在不同溶劑中的揮發量：丙醇>丁醇>乙二醇>異丙醇>乙醇。

2.表 4 為揮發性溶劑的物理性質

表 4

名稱	沸點 (°C)	對水溶解度(g/100g 水)
乙醇	78.3	∞
乙二醇	198°C	∞
丙醇	97	∞
異丙醇	82.5	∞
丁醇	118	7.9

本結果以有機分子形狀、水分子互溶性做討論。

(1).有機化合物分子碳鏈造成油溶性(lipophilic)，一旦有水分子的摻入會破壞了有機溶劑分子之間的親和力，乙醇精油水溶液因此具有最低揮發量，且丁醇>乙二醇>乙醇。

(2)丙醇和異丙醇為相同分子量，但異丙醇為 2 個主碳鏈（與乙醇主鏈相同）與 1 個碳支鏈，與水互溶性較好，故精油揮發量：丙醇>異丙醇>乙二醇>乙醇；丁醇>異丙醇。

(3) 由表 4 知丙醇沸點較丁醇低，故精油揮發量：丙醇>丁醇。

3.丙醇與異丙醇是同分異構物，理論沸點以丙醇(97°C)高於異丙醇(82.5°C)，實驗顯示丙醇的蒸氣壓最大，表示精油在控制溫度下，如果要有最好的揮發量，可以考慮用丙醇或丁醇或乙二醇代替原本精油中添加的異丙醇。然而乙二醇和丁醇皆較異丙醇有更強的毒性，對人體和環境危害較大；且由圖十四可明顯看出丙醇較異丙醇產生氧化完全的蒸氣，因此建議用丙醇替代原

本精油中添加的異丙醇。

玖、結論

一、本實驗自製香茅精油，經過測試後含有與標準品相似的醛類及不飽和烴，且過程中不斷有香味溢出，因此自製精油最簡便安全的方法是以家用咖啡壺，不加任何有機揮發溶劑，蒸餾出香茅精油。

二、精油使用方法：

在高溫時產生的蒸氣量較多，但在 80°C 以上時，蒸氣量開始緩慢增加，所以，在燃燒精油時，可以先點火一陣子讓溫度升高後，讓精油氣體揮發，再將火源熄滅，一樣可以達到薰香效果，除了省火能源之外，還能兼顧安全性。

三、精油使用量：

精油蒸氣量以濃度 4%~8% 效果都不錯。6% 的精油溶液產生最少的未氧化蒸氣，因此使用香精油時可在薰香座上先裝水再滴入幾滴精油，(大約 15 毫升水加 2~3 滴精油)。

四、添加不同揮發溶劑後，可使蒸氣壓量變大，如果一般使用加熱的薰香精油時，要有更好的揮發效果，添加丙醇是一個選擇。

五、香茅精油除了具有加熱薰香的功能外，還可以經由自製精油的過程來做其他利用，如有機栽培中害蟲不喜歡接近的忌避植物、香茅檸檬水、香茅火鍋。

拾、參考資料

(一) 編者 彭崇慧、馮建章、張錫 <定羰化學分析>，藝軒出版社

(二) 作者 賴真秀，<芬多精的生活科學>，亞太圖書出版社

(三) 主編 楊寶旺，<物質科學化學篇>(上)(下)，龍騰出版社

(四) 主編 楊寶旺，<化學>(上)(下)，龍騰出版社

(五) 參考網站：

1. <http://www.findor.com.tw/about.php3>
2. <http://drug.che.kuas.edu.tw/ch301/msds/msds0080.pdf>
3. http://www.iosh.gov.tw/vcddownload/safevcd/safevcd92_1.htm
4. <http://www.doh.gov.tw/NewVersion/薰香精油.htm>
5. <http://railway.sunshine.org.tw/sunlight/index.htm>

6. <http://www.iosh.gov.tw/frame.htm>
7. <http://www.tndais.gov.tw/>
8. <http://www.tndais.gov.tw/Brochure/tech109.htm>

附件

含高濃度異丙醇產品棄置處理方式

含高濃度異丙醇為含百分之五十以上異丙醇(Isopropyl alcohol,簡稱 IPA)者，其液體及蒸氣皆具易燃性，且對人體健康危害之主要症狀，包括刺激感、暈眩、麻醉、噁心、嘔吐、腹瀉等，是以，該產品如需棄置，應由廠商回收處理，如需自行棄置，請採取下列步驟：

1. 將含高濃度異丙醇產品連同其貯存容器置於透明塑膠袋內，並將袋內空氣擠出，最後以膠帶將塑膠袋開口封死。
2. 將完成上述步驟的塑膠袋再置於 1~2 層透明塑膠袋內貯存，並將每一層塑膠袋開口以膠帶封死，最後於最外層加以標示。
3. 將完成步驟 1~2 的塑膠袋暫存在陰涼、乾燥、通風良好以及陽光無法直接照射的地方，並遠離熱源、發火源、兒童及寵物。
4. 將處理完成後暫存之塑膠袋依照當地環保機關所指定之時間、地點及方式，交付清潔隊進行回收。

注意事項：

1. 若原貯存容器破損或龜裂，請以玻璃、陶器等相容容器來承裝，再進行棄置處理步驟。
2. 如清理過程中有精油溢漏，請依下列順序處理：
 - (1) 關閉週圍任何火源、加熱電器及遠離不相容物(如漂白水、雙氧水等)。
 - (2) 打開所有窗戶，以加強房間與室外空氣之流通。
 - (3) 溢漏處直接以清水沖洗或以抹布、拖把等清洗。
3. 於清理過程中切勿使溢漏液體直接觸及眼睛，若不幸發生上述情形，則須以溫水澈底沖洗被接觸的眼睛二十分鐘以上，並立即就醫。
4. 清理過程宜在配帶橡膠手套下進行。
5. 於處理過程中如有污染到物品(例如：衣服)，請用水將物品洗淨後才可再穿戴。

評語

040205 高中組化學科

可以不要爆爆嗎—改善精油燃燒防止氣爆發生

1. 對於氣爆原因的探討可再多一點說明。
2. 錯誤最好在科展前改正。