

# 中華民國第 52 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

第二名

最佳(鄉土)教材獎

091102

『精』『精』計較—精油自己來

學校名稱：國立東勢高級工業職業學校

作者：  職二 葉子豪  職二 李哲廷  職二 李智揚	指導老師：  江柎鈞  陳慎平
---	-----------------------------

關鍵詞：精油製造、蒸氣蒸餾、自動油水分流裝置

## 摘要

本研究在將制式的蒸氣蒸餾裝置進行改良設計，改良成更具便利性、實用性及低成本的整套實驗教材。從反應器本體與冷卻系統的改良及精油收集器的自行設計組裝，經實驗所得的整套蒸氣蒸餾裝置，是以可輕易購得的材料利用簡單的裁切、接合等操作即可完成，不僅可以用於中小學的相關化學實驗課程，讓學生親自動手自製精油，從做中去享受實驗的成就感，從實驗中去學習到科學的知識，完全達到實驗教學的精神。藉由多種植物精油的提取實驗匯整的資料可提供教師教學上的輔助工具。利用本研究的裝置所得的精油在成本上的支出並沒有比市售精油高，而且成分完全天然，因此，本研究設計開發的裝置非常適合推廣到所有人都可在家組裝享受 DIY 及自製精油的樂趣，並能有親子寓教於樂之效。

## 壹、 研究動機

在一年級的普通化學實驗中有關精油製造<sup>[1]</sup>，依課本組裝了水蒸氣蒸餾裝置來提取精油，如圖 1，但此裝置在組裝上麻煩耗時，也佔了相當大的空間，而且玻璃容器易破裂耗損，因此查詢研究室及業界的小型精油提取裝置，如圖 2，但此裝置費用昂貴且亦是玻璃製品，不適合於學校學生實驗分組用，所以才想去研究改良並設計出較低成本且又安全不易破裂適合學生分組實驗用的裝置，更能讓對生活 DIY 有興趣的人，輕易的購得材料來進行組裝，享受自製精油的芳香樂趣。

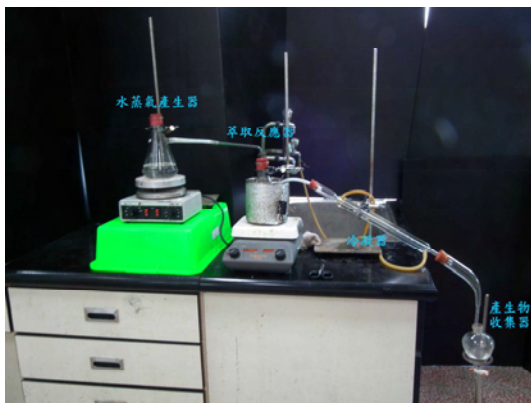


圖 1 制式實驗裝置



圖 2 研究室反應器(老師拍攝於北海道富良野農場)

芳香植物精油的萃取方法最常用的就是水蒸氣蒸餾法。其原理是利用飽和蒸氣使植物組織中的油胞(如圖 3<sup>[7]</sup>)或油腺因飽和蒸氣壓而破裂，使得存在油胞或油腺的精油應高溫蒸氣而氣化形成二相共沸物，以略低於水的沸點溫度將精油從原料中提取出來。其方法是在蒸餾器內加滿水，然後加熱使其沸騰而產生蒸氣，再將蒸氣導入一個裝滿蒸餾植物(受料)的容器內，然後蒸氣會帶著芳香精油的分子，餾出物經冷卻系統後進入精油收集器內，在此精油與露水會因為密度不同而分層，如圖 4。所以在此次的研究中，可概分為三大部分：蒸餾反應器、蒸氣冷卻系統及精油收集器。

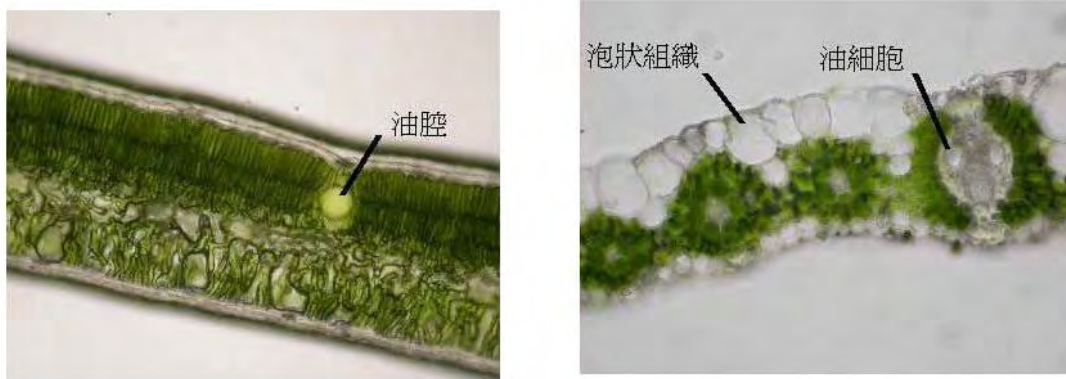


圖 3 植物體內的精油儲存部位<sup>[7]</sup>

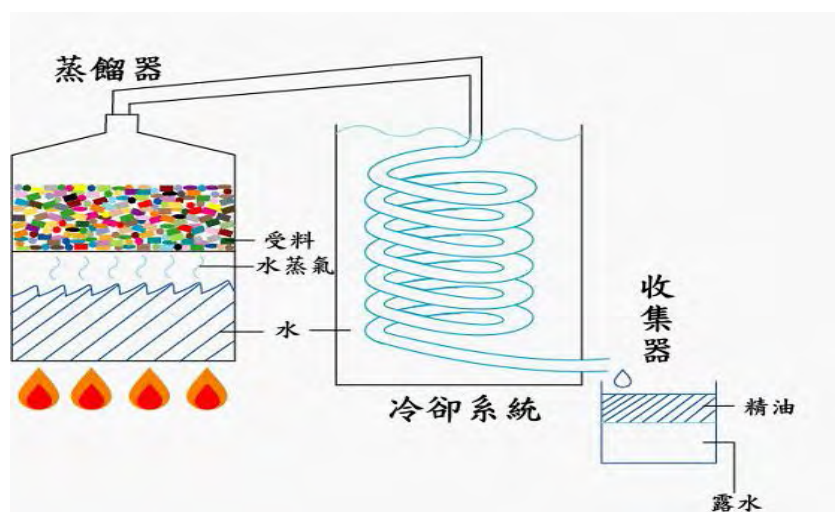


圖 4 精油蒸餾示意圖<sup>[2]</sup>

## 貳、 研究目的

- 一、 蒸餾反應器的改良設計。
- 二、 針對實驗室制式冷卻系統的改良。
- 三、 精油收集器的研究設計。
- 四、 校園內香草植物的精油提取。

## 參、 研究設備及器材

### 一、一般器材

電熱器	抽氣瓶 500mL	錐形瓶 500mL	直形冷凝管	蛇形冷凝管
分液漏斗	玻璃彎管	橡皮管	橡皮塞	鐵架
鐵夾	鐵環	曲形管	溫度計	鑽孔器
柚子皮 <sup>註1</sup>	銼刀			

註 1：剝開的柚子皮先行刮除內部白肉，經日照曬乾，剪切成約 5 mm×5 mm 小塊。

## 二、DIY 器材

12cm 油鍋	14cm 油鍋	20cm 油鍋	24cm 油鍋	26cm 油鍋
12cm 鋁製漏斗	14cm 菜盤	20cm 鍋蓋	24cm 鍋蓋	26cm 鍋蓋
11cm 茶球	13cm 茶球	20cm 麵粉篩	24cm 多功能粉篩	26cm 水果籃
沉水馬達	固定夾(燕尾夾)	損壞滴定管	鋸子	熱熔膠槍
3cm 不鏽鋼立布 1/2"	龍頭不鏽鋼進水管 1.2 尺	壓克力透明管 2,3,4cm×1m	6mm 軟木片 2 尺×3 尺	家用型電鑽組
金屬短管	40cm 水桶	熱熔膠	12cm 鋁製漏斗	RO 軟管
11cm 茶球	L 彎頭 1/2	卜申 1/2 × 3/8	雙外牙 1/2 × 3/8	由令皮 1"
16.5cm 超高腳蒸	18cm 超高腳蒸架			

## 肆、 實驗過程與方法

### 一、 蒸餾反應器的改良設計

#### 蒸餾反應器的改良設計構想

##### (一)反應器本體部分

如圖 1 制式水蒸氣蒸餾實驗裝置在組裝上相當的耗時，也相當佔據空間，而且萃取器如無適當的維持溫度，則導入的水蒸氣將會大量的在此凝結，嚴重影響到水蒸氣萃取的效率，因此才構想將蒸氣產生器及萃取反應器合一；經參考研究室裝置(圖 2)、學生的相關研究<sup>[5][6][8]</sup>(圖 5，圖 7)，及市面上中大型精油提取裝置(圖 6)，並從家用五金行中尋找適合的器材，最終以選用 12 公分不鏽鋼油鍋、鋁合金漏斗及龍頭不銹鋼進水管。



圖 5 學生的研究裝置<sup>[6]</sup>



圖 6 大型精油蒸餾裝置<sup>[3]</sup>

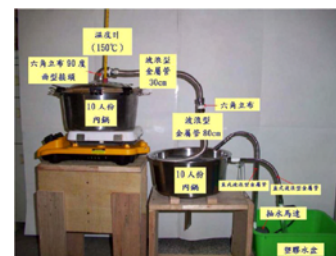


圖 7 學生的研究裝置<sup>[7]</sup>

為什麼會選用小型的油鍋，而非如圖 7 所示的 10 人份內鍋，主因在於本研究的研究方向為設計學生實驗時分組實驗裝置，進而推展到一般人在家可親子同樂的生活體驗，因此，反應器本體的大小要考量其適用性。

##### (二) 上蓋連接部分

反應器的上蓋部分，本研究不使用油鍋蓋的原因在於要將產生的蒸氣導入

冷凝系統，就必需將蓋子鑽出適當孔徑，才能如圖 7 接管，但一般生活 DIY 的電鑽無法鑽出此大小的孔洞<sup>註2</sup>，因此不符合本研究推廣 DIY 的目標，所以選用 12 公分的鋁合金漏斗作為上蓋並將龍頭不銹鋼進水管先與金屬短管連接，另一端轉入鋁合金漏斗頸壓合後利用龍頭不銹鋼進水管(圖 8)將產生的蒸氣導入冷凝系統。

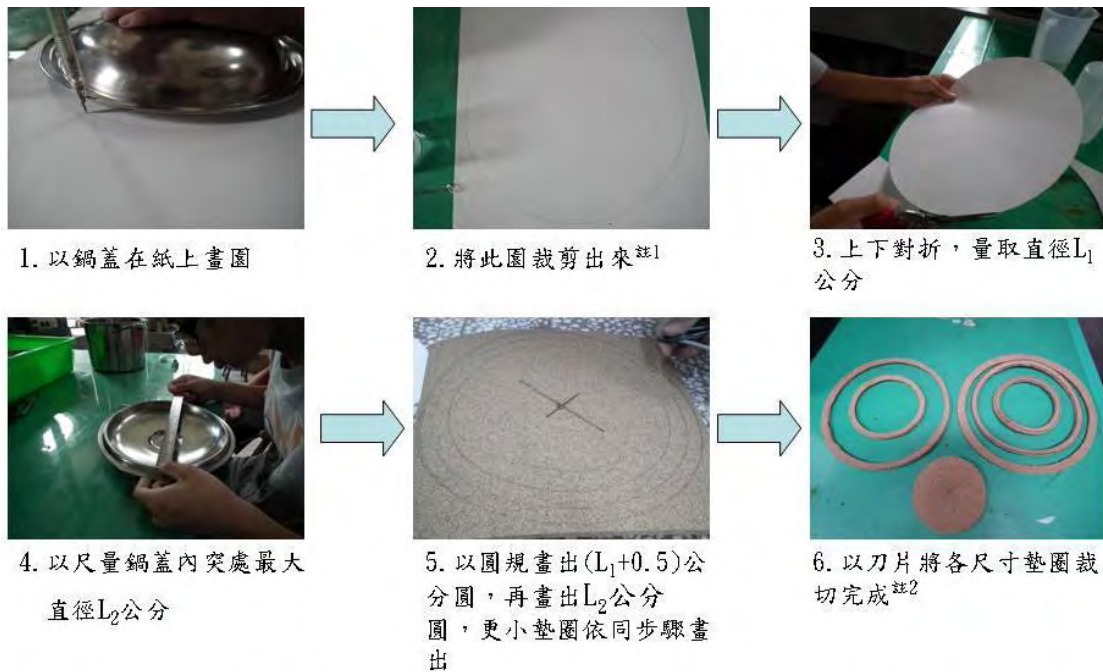
註 2：一般家用電鑽頭最大為 18mm，但如圖 7 接管需 22mm 孔徑。



圖 8 上蓋及蒸氣連接裝置

至於反應器本體與上蓋的密合部分，圖 2 和圖 5 所示的玻璃反應器接合處為磨砂面，可塗凡士林達密合之效果；圖 6 則以耐熱墊圈達密合效果；圖 7 是以橡皮管黏住本體，以達密合效果。參考前例，選以橡皮管、橡膠圈及自行裁切的軟木片圈作為輔住密合之用來進行實驗。

### 軟木片墊圈的製作



註1：此處不採用以直尺直接量，是因外徑如不準確墊圈在使用幾次後會縮小會影響密合效果。

註2：以一片30×30公分的軟木片，可裁切出12~26公分鍋體的密合墊圈。最後剩餘軟木片可做杯墊使用。

圖 9 軟木片墊圈 DIY 圖解步驟

### (三) 受料裝置部分

圖 2 和圖 6 為採用一般藉由水蒸氣來蒸餾出精油的蒸氣蒸餾法，但圖 5 和圖 7 所採用的是一般蒸餾法，兩者的差異在於受料所在的位置及受熱的時間，前者受料位於水面上，受料上的精油成份被水蒸氣在短時間內迅速的萃取立即帶入冷卻系統降溫冷凝，而後者是將受料浸在水中煮沸，受料和高溫水有較長時間上的接觸，對精油品質可能有所影響，故而選擇將受料的放置位於水面上。

因此，先研究設計第一種裝置來盛裝受料，如圖 10，為完全手工 DIY 裝置，是以奶粉罐厚鋁箔片為底，鋁箔紙為邊及園藝銅線組合而成。第二種受料裝置則是以一般五金材料行即可購得濾茶球網，如圖 11。



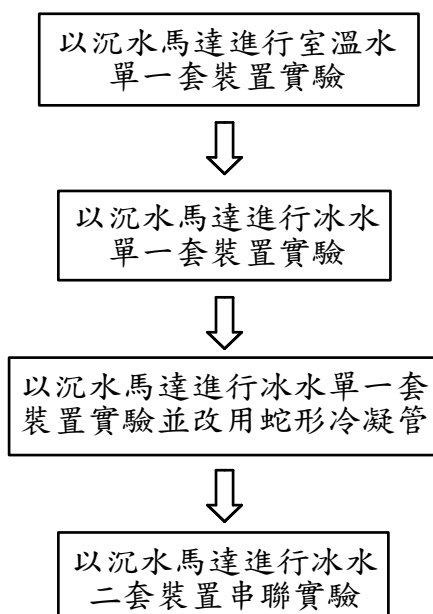
圖 10 受料裝置 1



圖 11 受料裝置 2

## 二、 針對實驗室制式冷卻系統的改良

在實驗室中制式冷卻系統是以水龍頭常溫水作為冷卻水，單次使用而非循環使用，造成水資源的浪費，因此改以五金材料行即可購得的水族用沉水馬達進行冷卻水的循環再利用。本研究針對冷卻系統改良的實驗流程如下：



### 三、 精油收集器的研究設計

在制式實驗裝置中，精油的收集都是使用分液漏斗來收集並和露水分離(圖 1 和圖 11)。若精油量少則將分散於液面，而不易於實驗的觀察。因此，想自行開發設計出便利又實用的精油收集器。



圖 12 手作農情－農場的油水分離<sup>[4]</sup>

#### 設計原理及構想

- (一)利用精油與露水比重的不同達油水分離的目的。
- (二)以連通管原理進行精油的累積收集。

參考相關研究成品，如圖 13 及圖 14，可利用長形管柱及合適的出水管路即可達成目的。但圖 13 的裝置必須隨時注意並控制管柱下方活塞，降低了便利性及實用性；圖 14 則利用玻璃試管，此裝置雖較圖 13 裝置於露水的收集上便利實用，但要在玻璃試管上鑽孔增加了此裝置製作上的困難。因此，以實驗室既有的材料或可於家用五金買到的材料進行精油收集器的設計組裝。設計改良的過程如圖 15：



圖 13 學生的研究裝置<sup>[5]</sup>

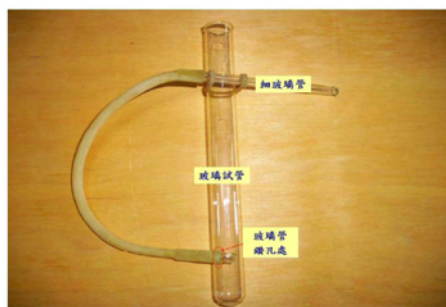


圖 14 學生的研究裝置<sup>[7]</sup>

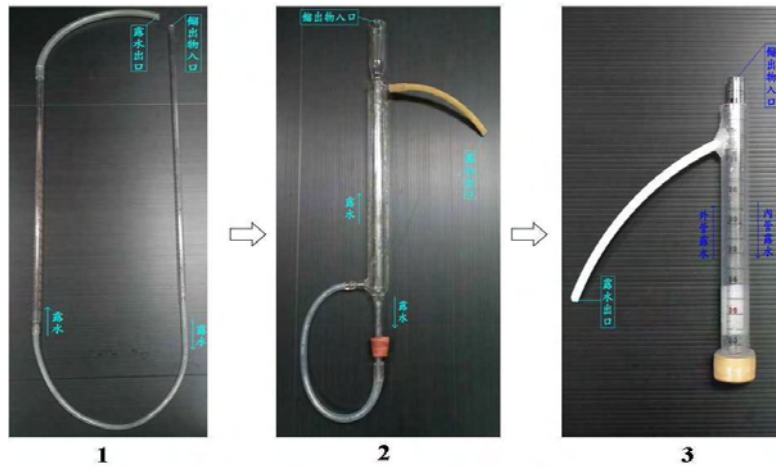


圖 15 油水分離裝置改良設計過程

### 精油收集器設計說明

精油收集器 I (圖 15-1)是以實驗室既有的滴定管，以水管連結兩支滴定管，而形成連通管，餾出物由第一支滴定管上方流入，並在此管進行油水分離，露水則由此管下方出口進入第二支滴定管，並由第二支滴定管上方流出，只要調整出露水出口高度控制第一支滴定管液位高度，如此就可解決圖 13 須隨時注意並控制管柱下方活塞的問題。

精油收集器 II (圖 15-2)是為解決精油收集器 I 佔用空間的缺點以實驗室既有的直形冷凝管，將餾出物出口以細水管和冷卻水入口連結，讓冷凝管的內外管形成連通管，油水分離則在內管進行，露水則由下方出口進入外管而由外管上方流出。

精油收集器 III(圖 15-3)是以 1 公分壓克力透明管作為外管，以實驗室損壞的滴定管截取一段作為內管，並在內管下方 2 公分處以銼刀磨出一小孔洞，讓內外管形成連通管，餾出物由內管上方流入並在內管完成油水分離，露水則由下方小孔流入外管，並由外管上方出口流出。

### 精油收集器 III 製作步驟

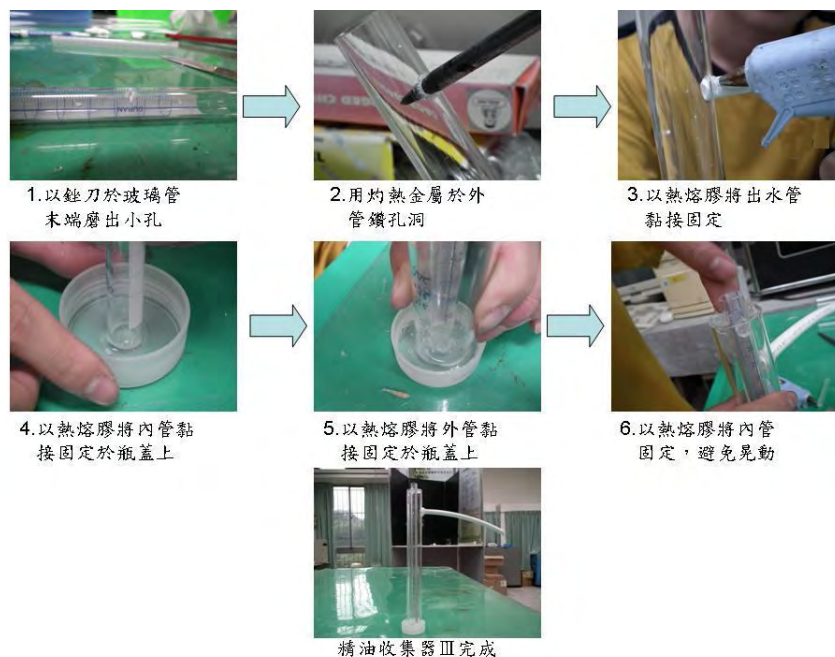


圖 16 精油收集器 III DIY 圖解步驟



### 自製自動油水分流裝置

在以精油收集器Ⅲ進行精油製作實驗過程中，可觀察到內管的油面液位比外管水面液位高出 1~5 mm 之間(圖 17)，因此想藉由此現象朝自製的自動油水分流裝置研究。本研究目的分三個方向進行：

- (一) 出水孔及出油孔的位置
- (二) 連通孔(內管下方側孔)的孔徑大小
- (三) 內管管徑大小

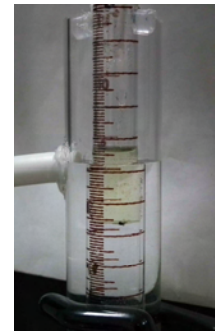


圖 17 內外管液位差

由於精油的比重比水小，在精油收集器Ⅲ中在出水口同水平的內管位置，因壓力相同，所以油面會稍高，當內管液位高過一定程度，因壓力差就會使得水由外管出水口排出，此時內管的液位又會回到一定的高度，因此認為出水孔與出油孔的高低差會影響油水分流的效果。

精油收集器Ⅲ的下方連通孔為長 3 mm 寬 1 mm 的孔洞，而孔洞的大小，是否會影響內外管的液位高低差，造成油水無法自動分流呢？

在精油收集器Ⅲ中的內管及外管管徑分為 10 mm 及 20 mm，但如果增大內外管的管徑，是否內管的精油液位仍和外管液位有一定的高低差而影響到油水分流呢？

### 自製自動油水分流裝置製作步驟

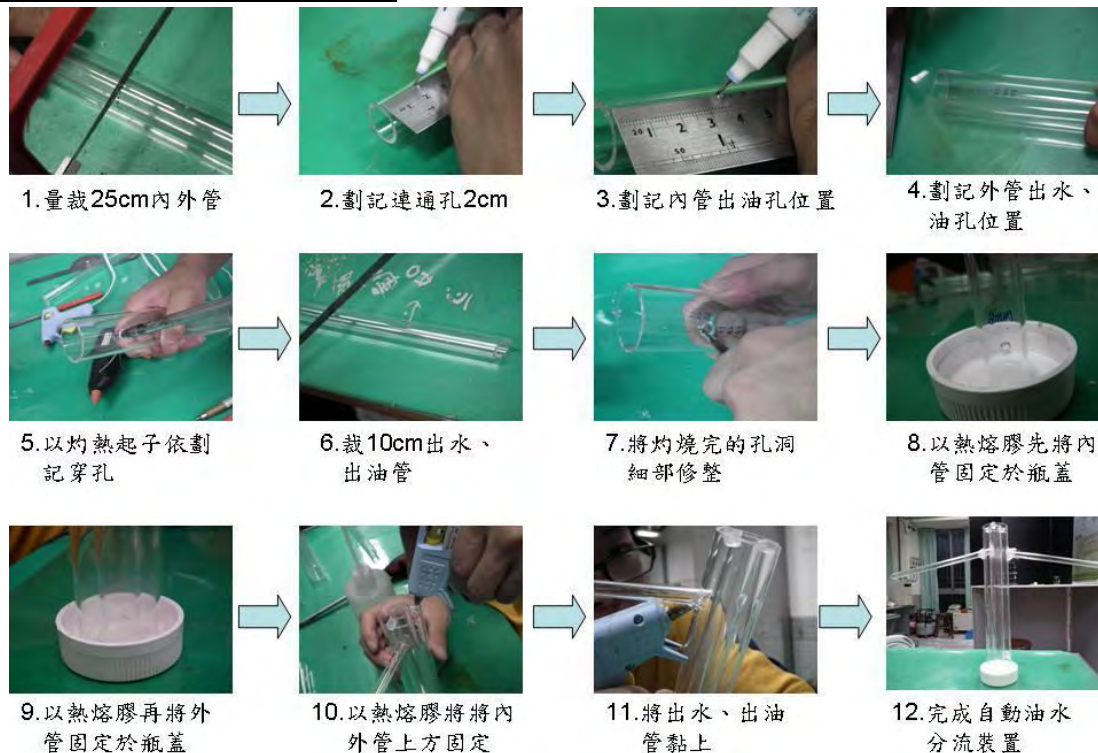


圖 18 自動油水分流裝置 DIY 圖解步驟

## 四、 校園內香草植物的精油提取

在成功自行設計組裝整套精油蒸餾裝置後，除了上述實驗所用的柚子皮外，針對校園內有栽種的香草植物進行精油提取實驗，可以讓中小學教師及對 DIY 精油有興趣的大

眾，可以有更完整的香草植物的精油參考資料。

### (一) 受料種類

1. 唇型花科：甜薰衣草、德克斯特薰衣草、齒葉薰衣草、西班牙薰衣草、迷迭香、綠薄荷
2. 牻牛兒苗科：防蚊樹
3. 桃金娘科：澳洲茶樹、檸檬桉、尤加利、白千層
4. 柏科：臺灣尚楠
5. 南洋杉科：南洋杉
6. 松科：五葉松
7. 木蘭科：烏心石
8. 芸香科：七里香、柚子、柳丁
9. 棟科：樹蘭
10. 馬鞭草科：馬纓丹

### (二) 受料的前處理

柳丁皮如同柚子皮，新鮮皮以刀片先去除白肉後再日曬 2 天，以剪刀剪約 5 mm×5 mm 小塊。

除果皮外的其它受料，均採集莖(細枝)及葉，經日曬 2 天，以剪刀剪成長約 1cm。

### (三) 實驗步驟

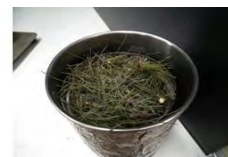
1. 於鍋內置入墊高器，並加入適量水，水位不可高過墊高器。
2. 將前處理好受料裝滿受料容器並稱取記錄重量後置入反應鍋內。
3. 放上軟木墊圈，裝上上蓋並以燕尾夾夾住固定上下裝置確保密合。
4. 將上蓋上的龍頭不銹鋼進水管與冷卻系統連接。
5. 於水筒中倒入約 10 公升水及 5 公升冰塊，並開啟沉水馬達。
6. 將加熱裝置打開，開始蒸餾，當餾出水量為加水量一半時即停止蒸餾。
7. 計量精油餾出量與時間關係。



1. 將墊高器置入鍋內



2. 倒入足量水，不可高過墊高器



3. 將受料秤裝於受料容器並記錄重量



4. 放上軟木墊圈



5. 置上上蓋連接器並以燕尾夾固定



6. 將上蓋連接器連接冷卻系統



7. 組裝完成精油蒸餾裝置

圖 19 圖解實驗步驟

## 伍、 結果與討論

### 一、 蒸餾反應器的改良設計

#### (一) 反應器本體部分

經實驗比較，10 人份內鍋的反應器，就必需準備相當量的材料才能進行蒸餾，不然就大材小用，甚而浪費能源。而 12 公分的油鍋內容量約 1 公升，每次實驗可裝水約 300 mL 及受料最多約 100 g，而且在其它配件上的選用也較為方便及節省成本，所以適合學生分組實驗教材之用。

表 1 各式反應器本體之比較

比較 裝置	優點	缺點
制式裝置	實驗室既有器材	組裝耗時並佔空間易破裂
玻璃反應器	方便又不佔空間 可觀察實驗進行	價格昂貴 易破裂
10 人份內鍋	方便又不佔空間 實驗容量大、耐用	組裝鑽孔不便利 需準備較大量材料
12 公分油鍋	方便又不佔空間、組裝便利 容量適中，適宜學生分組實驗 耐用	受料量多時必須重複操作 多次

12 公分的油鍋本體雖然便利，但如受料量多時就必須重複操作多次，如此便失去經濟效益，更因在進行研究目的四的實驗過程，部分受料的精油餾出量較低，以 12 公分的反應鍋體是無法進行實驗觀察，因此，參考圖 7 的成品，將反應器本體放大至 14~26 公分的油鍋。



圖 20 各種規格反應鍋及受料容器

## (二) 上蓋連接部分

在上蓋連接的部分，也曾想使用不鏽鋼盤或鍋蓋，但在鑽孔部分，因為要連接蒸氣導出管的孔洞，不是在一般生活 DIY 電鑽所能鑽出的孔洞直徑，必須以更專業的電鑽機才行，這樣並不符合此次研究的精神，所以在配合反應器本體，選用同為 12 公分直徑的鋁合金漏斗。在金屬材料上，鋁合金材料的安定性比不鏽鋼來得差，但在成本上，不鏽鋼漏斗為鋁合金漏斗的 3 倍，但經多次的實驗，發現鋁合金漏斗有些微程度的變形，認為應該是在長時間高溫下所造成的，所以如果是以安定性上的考量還是以不鏽鋼漏斗為佳。

為配合研究目的四的實驗將反應鍋本體放大至 14~26 公分，上蓋部分則必須以適合的鍋蓋代替漏斗，在鍋蓋上鑽孔的技術問題便浮現。有二種方式可解決此問題，第一種方法為請專業人士代鑽孔，這個方法可能會額外增加成本，而且也不符合本研究強調 DIY 的精神；第二種方法即以家用電鑽最大直徑鑽尾(18mm)鑽好孔洞，再以金屬銼刀鑽磨至需要的孔徑(22mm)。



圖 21 各種規格反應器

表 2 不同上蓋的比較

比較 裝置	優點	缺點
不鏽鋼鍋蓋	材質安定耐用	需以專業鑽孔機鑽孔
鋁合金漏斗	價格便宜、組裝便利	熱安定性疑慮
不鏽鋼漏斗	材質安定耐用	價格較鋁合金漏斗貴 漏斗頸和立布組裝較不牢固

## 上蓋的製作

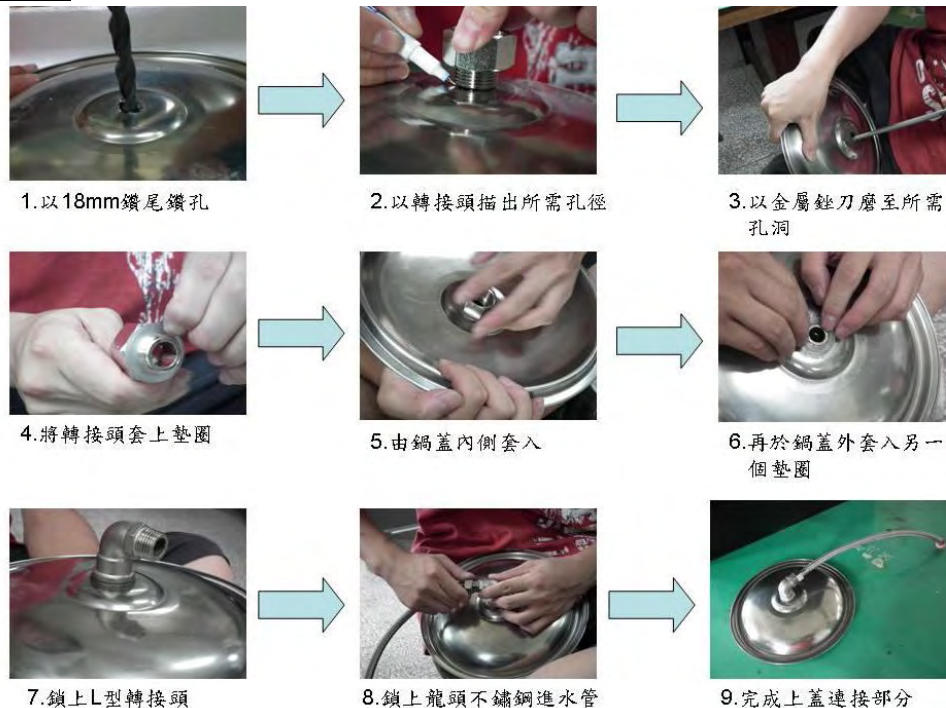


圖 22 上蓋部分 DIY 圖解步驟

反應器本體與上蓋間的密合是整個裝置的成敗關鍵。以五金行可購得的橡皮墊圈進行實驗，結果發現所得的精油與露水都會含有橡膠味，因此認定此材料不適合；而以橡皮軟管作為墊圈，雖然味道沒有橡皮墊圈來得重，但橡皮材質不耐熱是其缺點；矽膠墊圈雖然耐熱也安定，但成本相當高，不符合本研究的研究目的；最後，嘗試以軟木片自行裁切適當的大小作為墊圈使用，發現所得餾出物沒有殘留味道，但唯一的缺點是，軟木墊圈在使用幾次後會有些微縮水變小的狀況，因此在裁切時外徑要稍加大 5~10 mm，而且使用過如無讓其保持濕潤的狀況而乾掉則會非常容易斷裂。所以，就安定性、方便性及成本上的考量，認為以自製的軟木墊圈為最佳。如圖 9 所示，以裁切的 30 cm x 30 cm 軟木片，可裁成所需五種規格的墊圈使用，最後剩餘的圓形軟木墊則可用來當杯墊或隔熱墊使用。

表 3 不同密合墊圈的比較

比較 裝置	優點	缺點
橡皮墊圈	材料取得方便	熱安定性不佳
橡皮軟管	材料取得方便	熱安定性不佳
矽膠墊圈	熱安定性佳	價格昂貴
軟木片墊圈	可 DIY 製作 價格便宜 熱安定性可	會縮水，無適當保存易脆化，則需定期更換

### (三) 受料裝置部分

由於反應器本體為直形不鏽鋼 12 公分油鍋，為達蒸氣蒸餾之目的，因此以銅線捲成墊高器，讓蒸氣產生時沸水不會觸及受料。受料容器部分則以厚鋁箔<sup>註 3</sup>紙為

底，側邊以多層的一般鋁箔紙<sup>註4</sup>做成的直立圓筒，並在底部鑽小洞<sup>註5</sup>讓蒸氣能進入受料容器內進行蒸餾萃取(圖 10)。但此完全 DIY 的受料裝置，因材料為鋁箔，其對熱的安定性也有所疑慮，而且完成此裝置要耗去不少時間，雖完全符合 DIY 精神，但可能對於實驗課程時間上的安排可能會有些許困難。

因此，在思索著找出替代裝置時，在家用五金材料店中看到在煮茶、煮中藥時常用到的茶球；原本的茶球是將受料裝填在內將受料浸入水中，但這不符合本研究的實驗設計，所以將茶球分開成兩半，一半當墊高器，另一半則當受料容器，其方便性、安全性及實用性可完全取代前述的 DIY 裝置。

由於購買的受料容器大小規格如無法和鍋體內部完全貼合，則會造成產生的蒸氣並非完全流經受料，必會影響蒸餾的效果，因此為避免此問題，採以白鐵片以白鐵絲線和受料容器接合，大幅減少受料容器和鍋體內部間的空隙，如圖 20 中 20 及 26 公分反應鍋和受料容器。

註 3：厚鋁箔紙取自奶粉罐密封的鋁箔。

註 4：多層可使直立性佳，不易變形，可用幾層家用鋁箔紙，摺成 10 公分寬的長條。

註 5：孔的大小，不宜太大，以免受料掉出；太小則蒸氣的流通性不好。

表 4 受料裝置比較

比較 裝置	優點	缺點
DIY 裝置	完全符合 DIY 精神	組裝耗時、熱安定性疑慮
購買裝置(茶球、麵粉篩、鐵製水果籃)	材料取得方便 實用性佳 安定性佳	大小無法和鍋體配合，可能讓蒸氣未完全通過受料

## 二、 針對實驗室制式冷卻系統的改良

實驗室制式的冷卻系統，是以水龍頭常溫水做單一次的使用，進行一次蒸餾實驗，要耗去近 800 公升的水量，在環保教育上是一種負面的教材，而且在冷卻水的溫度會因室溫的改變而改變，因此，改以水族專用的沉水馬達來進行實驗改良。

以沉水馬達利用 10 公升水進行室溫水單一套裝置實驗過程中，定時去量測水桶中的水溫，在 2 小時的蒸餾過程中，水溫的上升變化量小於 5°C，但這可能是進行實驗當時的室內溫約在 18°C，造成水溫升溫幅度不大的原因，也就是因冷卻水溫會受室內溫度的影響，由相關的研究資料<sup>[6]</sup>顯示得知冷卻水溫的高低影響精油的餾出量，所以為了避免因室內溫度而造成冷卻系統功能的影響，因此在水桶中加入冰塊，維持實驗過程中冰水共存，讓冷卻水溫控制在 4±2°C 進行實驗，發現精油餾出量由 5.50 mL/kg 增加為 16.02 mL/kg。

已知直形冷凝管的熱交換效率比蛇形冷凝管差，而且使用直形冷凝管的裝置需要較大的空間，因此改以蛇形冷凝管進行實驗，得精油餾出量為 29.55 mL/kg。

為達到更佳的水資源的利用率，同一台沉水馬達串聯二套蒸餾裝置，並讓水桶內維持冰水共存，所得精油餾出物，第一套為 27.59 mL/kg；第二套為 25.01 mL/kg<sup>註6</sup>。

由實驗所得結果和相關研究相同，當冷卻水的溫度愈低則精油的餾出量會愈高。而

在串聯實驗中會有餾出量上的差異，應是第一套冷卻水流入第二套時的水溫已經稍為升高，導致第二套的精油餾出量降低，但降低的量並不大，所以一台沉水馬達同時串聯二套蒸餾裝置是可行的，這樣在學生分組實驗時可以達到最大的水資源再利用。

註 6：第一套為先接沉水馬達出水端的裝置；第二套冷卻水入水端接第一套裝置冷卻水出水端。

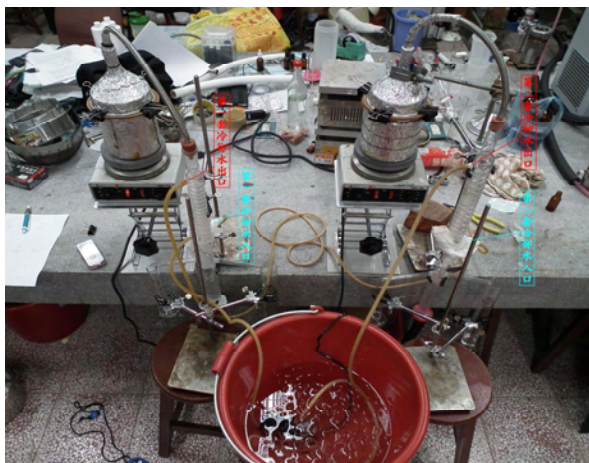


圖 23 一台沉水馬達串聯兩套蒸餾裝置

表 5 不同冷卻裝置實驗結果

裝置實驗	精油餾出量(mL/kg)
以沉水馬達進行室溫水單一套裝置實驗	5.50±0.23(n=5)
以沉水馬達進行冰水單一套裝置實驗	16.02±3.82(n=4)
以沉水馬達進行單一套裝置實驗並改用蛇形冷凝管	29.55±1.17(n=4)
以沉水馬達進行冰水二套裝置串聯實驗	27.59±0.29(n=4) (第一套) 25.01±1.34(n=4) (第二套)

### 三、 精油收集器的研究設計

制式的餾出物收集器都是以分液漏斗達油水分離的效果，但如本實驗改良的實驗裝置，精油餾出量並不大時，以分液漏斗作為收集器，其實驗過程的觀察及精油的抽取均不佳，因此進行精油收集器的改良設計。

精油收集器 I (圖 15-1) 可直接由滴定管上的刻度定量出精油的餾出體積，增加實驗觀察記錄的實用性，並完全解決圖 13 須調整管柱下方栓塞控制液位的不便利性及圖 14 在製作上的困難度；但兩支的滴定管使得整套的裝置佔用相當大的空間是其缺點，所以就著手如何將兩支合成一支的設計改良。在實驗中也發現一支滴定管的長度約 65 公分，蒸餾過程中產生的餾出液滴入第一支滴定管中油滴因重力因素會往下降約 10 公分即會因比重比水輕而開始往上升，因此認為收集器的長度約 25 公分即可完成油水分離的效果。

精油收集器 II (圖 15-2)雖將裝置體積大幅減少，但實驗過程中發現此裝置在連通管

的效應上較差，導致內管的收集液上下起伏會太大，甚至滿出或全部流入外管，而且實驗結束必須將精油另行抽出至量器內才能計量精油的餾出量，在學生實驗觀察記錄上便利性欠佳，所以再次進行改良開發。

精油收集器Ⅲ(圖 15-3)以原本丟棄的滴定管做為內管，將收集器Ⅱ既有的缺點改善後，非常適合學生實驗上的觀察記錄，而且在組裝上也可自己動手 DIY，並不會耗去太多時間，本研究過程中也商請學校教師於學生實習課中排入約 3 周進度(3 節課/每週)，第一週由教師進行課程說明講解後，學生均能在約 2 節課時間完成整套裝置的準備，隨後第二、三週就能進行蒸餾實驗，所以在中小學實驗課程上是完全適用的。但如要推廣到一般大眾的使用，仍有其問題存在，也就是一般人如想親手組裝此套裝置，在內管上較難取得帶有刻度的玻璃管，如不須計量則可以 1 公分管徑壓克力做為內管，但如要計量所得精油量仍要將內管精油抽出計量。所以，就想嘗試開發設計出一般人都可 DIY 的自動油水分離器。

### 自製自動油水分流裝置

#### (一)、 出水孔及出油孔的位置

在精油收集器Ⅲ中的內管為玻璃材質，因玻璃鑽孔需專業技術不符合我們自製 DIY 的研究精神，所以在自製自動油水分流裝置實驗中，均改以透明壓克力管進行。

由實驗結果，很明顯的，出水孔和出油孔位置的位差會造成油水分流效果很大的影響。當位差太小時(實驗一~五)露水會從出油孔和精油一同流出；位差太大時(實驗七~九)，雖然油水分流的效果很好，但是由於位差太大造成內管始終有一定量的精油殘留，如此在精油收集上就無完整的功能。

經實驗，當出水孔與出油孔的位差在 3 mm 以上及 5 mm 以下，可以有油水分流的效果，但位差大於 4mm 時精油開始會殘留於內管，因此決定以位差 3.5mm 進行實驗。

#### (二)、 連通孔(內管下方側孔)的孔徑大小

由實驗十~十三，連通孔的孔徑大小會影響到內管精油液面的高低，進而影響到油水分流的效果。當孔徑為 1mm 時(實驗十三)，會使內管的液位升得太高造成露水由出油孔流出；反之，連通孔孔徑為 3 及 4mm 時(實驗十一及十二)，內管液位上升幅度不夠，雖油水分流效果很好，但精油殘留內管的量也隨孔徑增大而增多。

#### (三)、 內管管徑大小

由實驗十四和十六、實驗十五與十七中，在相同的連通孔孔徑下，內管的粗細會使影響到內管液位上升的幅度，愈細的內管上升幅度愈大，甚至造成露水直接由出油孔流出，如實驗十六。但在 2mm 連通孔徑下內管的粗細就只會造成殘油量的多寡，所以認為在適宜的連通孔孔徑下，內管管徑的大小可依精油蒸餾裝置反應器容量大小來決定，如本實驗所用的 12 公分油鍋反應器使用 20 mm 的內管即可；又如圖 5 的十人分內鍋反應器或 20 公分以上反應鍋，30 mm 的內管就適用了。但如受料的精油餾出量偏低，則使用的自動油水分流裝置的內管也應選用 20mm 的內管。

圖 24 為自行設計製作出來的自動油水分離器，它完全可將精油和露水經由不同出口而分開收集，而且收集到的精油肉眼看不到露水，只配合量筒即可直接實驗計量精油餾出量，而且可以直接將精油滴入棕色的精油瓶，可以不必像精油收集器Ⅲ只能在蒸餾結束才能收集精油，可大幅減少精油應光線的影響造成顏色變深或品質



的改變，是可提供一般人對精油 DIY 有興趣者使用的精油收集器。

另此自動油水分流裝置採透明壓克力製成而非圖 6 中的不鏽鋼精油收集器，在農場或教學單位，可讓參與的遊客或學員親眼看到精油產生的過程，再搭配解說，可讓遊客或學員有更加深刻的學習，以達教育之目的。

此自動油水分離器和圖 25 有所差異，圖 25 的裝置須具有一定程度以上的玻璃加工技術才可操作完成的，而本研究的裝置是任何人只要對 DIY 有興趣的都可親手做出成品。

表 6 自動油水分流裝置實驗結果


















實驗編號	內管徑 (mm)	外管徑 (mm)	內外管鑽孔高低差(mm)	連通孔 (mm)	出油水管管徑 (油/水)(mm)	現象	
一	20	40	0	2	10/10	內管與出水管高低差不足，導致精油與露水未經分層而同時流出。	
二	20	40	1	2	10/10	高低差不足，油水無法有效分流，露水會隨著精油流出。	
三	20	40	1.5	2	10/10	出水孔出水狀況不佳，且露水會與精油一起流出。	
四	20	40	2	2	10/10	出水孔出水狀況不佳，且露水會與精油一起流出。	
五	20	40	2.5	2	10/10	出水孔出水狀況不佳，且露水會與精油一起流出。	
六	20	40	3	2	10/10	油水分流效果佳，且內管中無殘留精油。	
七	20	40	4	2	10/10	油水分流效果佳，但內管殘有約1mL精油。	
八	20	40	4.5	2	10/10	油水分流效果佳，但內管殘有約2mL精油。	
九	20	40	5	2	10/10	油水分流效果佳，但內管殘有約3.5mL精油。	
十	20	40	3.5	2	10/10	油水分流效果佳，且分流器中殘留精油很少。	
十一	20	40	3.5	3	10/10	因連通孔較大，精油水位上升幅度不夠，使得有精油殘留在內管中。	
十二	20	40	3.5	4	10/10	由於連通孔過大，而造成內管水位上升幅度不夠，所以造成大量的油無法流出。	
十三	20	40	3.5	1	10/10	因連通孔小，使內管精油面比外管的露水面高出許多，有露水從出油孔溢出。	
十四	30	40	3.5	1	10/10	油水分流現象佳，內管也不會殘留油。	
十五	30	40	3.5	2	10/10	油水分流現象佳，收集器的內管殘留精油少。	
十六	20	30	3.5	1	10/10	內管雖然沒有殘留精油，但是大量露水同精油一起流出。	
十七	20	30	3.5	2	10/10	油水分流現象佳，內管也不會殘留油。	



圖 24 自製自動油水分流器設計圖及成品圖



圖25 學生的研究裝置<sup>[6]</sup>

表 7 精油收集器比較

比較 裝置	優點	缺點
精油收集器 I	可直接進行計量觀察	佔空間
精油收集器 II	不佔空間	連通管效應稍差 無法直接進行計量觀察
精油收集器 III	可直接進行計量觀察 學生親自 DIY 完全適合學生實驗裝置用 廢棄物再利用且不佔空間	
自製自動油水分流器	可直接進行計量觀察(需配合量器) 不佔空間 直接收集精油避免因照光變質 適用層面更廣	DIY 組裝較收集器 III 複雜

【完整裝置及成本】

經由本研究所改良與設計，完成的整套DIY精油蒸餾裝置如圖26所示。

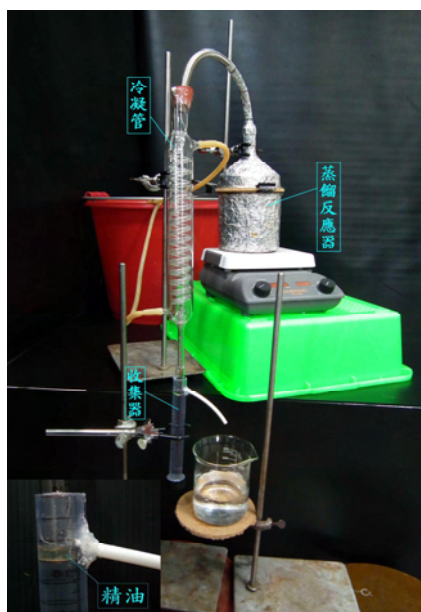


圖26 整套DIY裝置

表8 整套裝置所需成本

品項	單價(元)	備註
12公分油鍋	75	
12公分鋁製漏斗	80	不鏽鋼200元
3公分不鏽鋼立布1/2"	25	
龍頭不銹鋼進水管1.2尺	60	
蛇形冷凝管	300	
茶球11cm	90	
沉水馬達	250(125元/套)	可供兩套裝置用
壓克力透明管1cm×1m	80	
壓克力透明管2cm×1m	120(30元/組)	可供五組製作
軟木片6mm2尺×3尺	180(7.5元/片)	可裁成24片使用
固定夾	80	
其它附件	50	軟水管、熱熔膠等
總額	922.5 (1042.5不鏽鋼漏斗)	

表9 各種規格蒸餾反應器成本

規格	12公分	14公分	20公分	24公分	26公分
固定性成本(元) <sup>a</sup>	1060	1115	1385	1555	1590
消耗性成本(元) <sup>b</sup>	7.5	7.5	30	30	30
總計(元)	1067.5	1122.5	1415	1585	1620

註a：包括蒸餾反應器整體、冷凝管、一台沉水馬達、精油收集器等。

註b：每次裁切使用的軟木片墊圈。

由表8，可計算得知，以本研究自行設計改良的精油蒸餾裝置，應用於學生實驗課程時組裝一套所需的成本支出約為900元，如果鋁製漏斗改為不鏽鋼漏斗，整套的成本也約在1000元，這樣的價格完全符合本研究低成本的研究目標。但如是一般大眾自行組

裝時包含升降台、鐵架及鐵夾等，整套12公分蒸餾反應器約須3000元。

#### 四、 校園內香草植物的精油提取

在校園中因綠化美化會種植相當多種類的植物，部分植物在每年的定期修剪拿去  
做落葉堆肥，因此藉由本研究來瞭解這些校園中的植物在堆肥其前可否有利用的價值，  
以精油餾出量對時間的動力學關係來探討那些植物可適用本研究中自行開發的小型精  
油蒸餾裝置，並藉此比較各種植物提取精油的難易度。

表10 校園內香草植物精油餾出量

受料種類	精油餾出量 (mL/kg)	文獻值 (mL/kg) <sup>d</sup>	受料種類	精油餾出量 (mL/kg)	文獻值 (mL/kg)	受料種類	精油餾出量 (mL/kg)	文獻值 (mL/kg)
柚子皮	29.55±1.17 <sup>a</sup> 5.09±0.07 <sup>b</sup>	28.1	柳丁皮	4.72±0.10 <sup>a</sup> 2.76±0.55 <sup>b</sup>		甜薰衣草	5.19±0.62 2.26±0.04 <sup>c</sup>	
德克斯特薰 衣草	14.78±0.38		齒葉薰衣 草	8.55±0.76		西班牙薰衣 草	10.32±0.78	
迷迭香	14.90±1.99 7.11±0.32 <sup>c</sup>		防蚊樹	3.22±0.16	3	綠薄荷	1.97±0.03 0.62±0.11 <sup>c</sup>	1.5~5
檸檬桉	13.15±1.78 10.97±0.84 <sup>c</sup>		澳洲茶樹	14.17±1.39 9.45±0.79 <sup>c</sup>	18	肉桂	1.43±0.16	1.67
肖楠	1.13±0.05	3	南洋杉	0.69±0.12	1.12	五葉松	0.59±0.05	
白千層	13.94±0.26	15	尤加利	5.90±0.14	33.33	烏心石	0.93±0.02	0.87
樹蘭	1.30±0.19		七里香	0.88±0.02	15	馬纓丹	0.32±0.05	

註a：經日曬處理後即實驗

註b：經日曬後保存1個月以上

註c：採收後未經日曬1日內即實驗

註d：文獻值參考資料[10]~[18]

在完成表中21種香草植物的精油提取實驗後，發現果皮類的受料並不能儲存，必須  
於前處理完立即提取精油，否則受料中的精油成分會隨著儲存時間增長而減少。而甜薰  
衣草、迷迭香、檸檬桉及澳洲茶樹等受料未經前處理所得精油餾出量明顯的比經前處理  
還要低很多，認為應是未經日曬處理的受料中含水量偏高造成每公斤受料的精油餾出量  
偏低。

本研究所得精油餾出量與相關資料的差異並不大，只有尤加利有非常大的差距，這  
應該是本研究在準備尤加利受料時是連同細枝和樹葉一起進行蒸餾，而資料上是以樹葉  
進行蒸餾，才会有如此大的差異存在。

在以本研究所自行組裝的12公分精油蒸餾裝置進行21種受料精油提取實驗中，發現  
當受料的精油餾出量偏低時，很難觀測到固定時間的精油餾出量，也因此才会有將反應  
鍋本體放大的想法。

在21種受料實驗中，發現適合12公分精油蒸餾裝置的受料分別有柚子皮、柳丁皮、  
甜薰衣草、德克斯特薰衣草、齒葉薰衣草、西班牙薰衣草、迷迭香、檸檬桉、澳洲茶樹、  
白千層、尤加利及防蚊樹，在中小學的相關實驗課程中授課教師可告知學生這些受料是  
用來進行實驗觀察，讓學生可以提早收集受料，可免除讓學生盲目的準備材料，因觀察  
不到精油的生成造成學習上的挫折感。

但由圖27可知，白千層、尤加利及防蚊樹其精油的餾出量要在150分鐘後才會達最大值，因此如以12公分精油蒸餾裝置來進行此三種受料精油的提取，受限於鍋體大小，加水量(300mL)無法在200W的加熱源下，只能進行120分鐘的加熱反應，因此以12公分精油蒸餾裝置來進行此三種受料精油的提取是無法完全蒸餾出精油，經實驗，除防蚊樹可用20公分精油蒸餾裝置外，其於兩者均需使用24公分以上的精油蒸餾裝置。

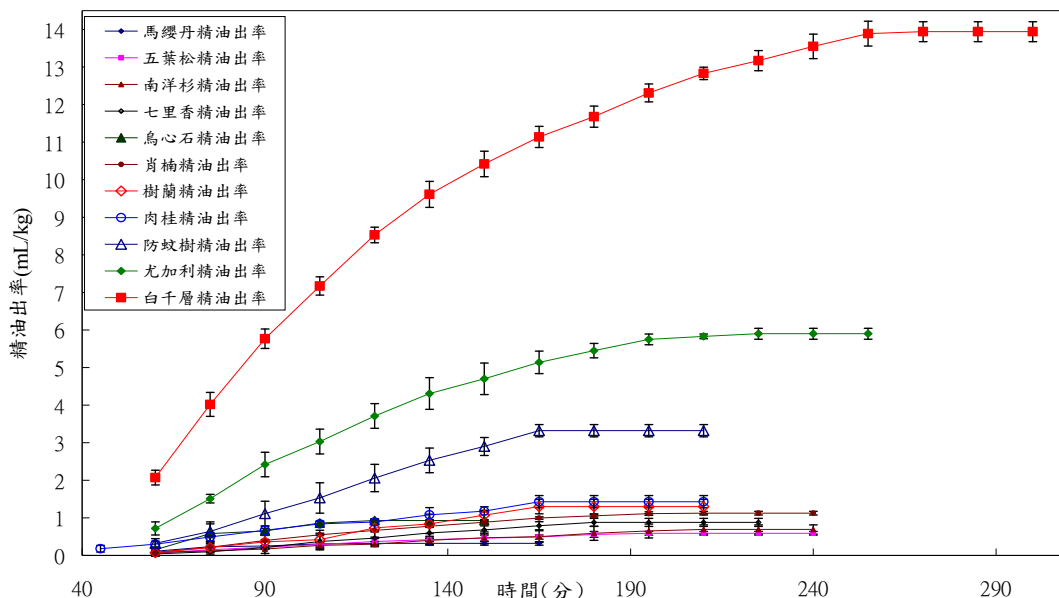


圖27 常見植物精油蒸餾動力學

在上圖中，11種受料的蒸餾過程，都必須在180分鐘後，精油的餾出量才能達到最大值，因此可適用的反應器規格就必須為20公分以上，就不太適合在學生的實驗上使用。而精油餾出量在1mL/kg以下的受料，在初次先以小型反應器實驗，原本認為是不含精油的植物而想放棄，經搜尋資料才得知部分植物的精油含量低而相對的珍貴，因此就放大實驗量才能成功的收到精油。

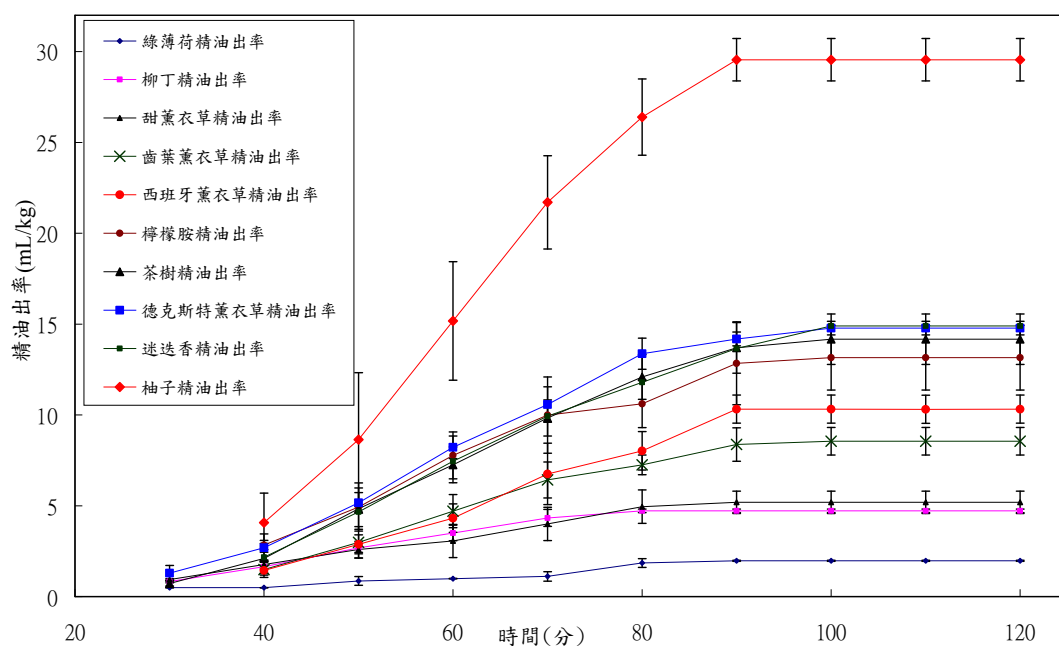


圖28 常見植物精油蒸餾動力學

圖28中的受料，除綠薄荷的精油含量相對較低外，其餘的受料在精油的提取的困難度較圖21中的受料，就相對的較容易了，實驗的成就感也相對的很大。

由圖27及圖28，除前述的12種受料，餘下9種受料都必須使用26公分精油蒸餾裝置來進行實驗，否則就必須多次實驗才能累積到可觀察的精油量，相對的也會較耗費能源。下表為估算每得到1mL精油量所需的用電度數。

表11 餾出每毫升精油量所需的用電度數及成本

受料種類	每mL用電度數 <sup>e</sup>	每毫升精油成本(元) <sup>f</sup>	產品單價(元/mL) <sup>g</sup>	受料種類	每mL用電度數 <sup>e</sup>	每毫升精油成本(元) <sup>f</sup>	產品單價(元/mL)	受料種類	每mL用電度數 <sup>e</sup>	每毫升精油成本(元) <sup>f</sup>	產品單價(元/mL)
柚子皮	1.2 <sup>a</sup> 0.34 <sup>c</sup>	15 <sup>a</sup> 12 <sup>c</sup>	25~89	柳丁皮	3.0 <sup>b</sup> 1.2 <sup>d</sup>	22 <sup>b</sup> 20 <sup>d</sup>		迷迭香	3.2 <sup>c</sup>	25 <sup>c</sup>	25~47
德克斯特薰衣草	1.2 <sup>b</sup>	15 <sup>b</sup>	25~47	齒葉薰衣草	3.4 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	25~47	西班牙薰衣草	1.9 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	25~47
迷迭香	2.9 <sup>a</sup> 0.5 <sup>d</sup>	21 <sup>a</sup> 18 <sup>d</sup>	10~40	防蚊樹	2.9 <sup>d</sup>	26 <sup>d</sup>		綠薄荷	9.1 <sup>a</sup> 5.0 <sup>c</sup>	43 <sup>a</sup> 32 <sup>c</sup>	10~29
檸檬橙	3.4 <sup>a</sup> 1.4 <sup>c</sup>	23 <sup>a</sup> 19 <sup>c</sup>		澳洲茶樹	0.96 <sup>c</sup>	18 <sup>c</sup>	18~55	肉桂	9.3 <sup>c</sup>	47 <sup>c</sup>	18~35
肖楠	3.6 <sup>d</sup>	29 <sup>d</sup>		南洋杉	11.6 <sup>d</sup>	57 <sup>d</sup>		五葉松	13.3 <sup>d</sup>	63 <sup>d</sup>	
白千層	0.76 <sup>d</sup>	19 <sup>d</sup>	13~26	尤加利	1.93 <sup>d</sup>	23 <sup>d</sup>	8~36	烏心石	7.1 <sup>d</sup>	41 <sup>d</sup>	
樹蘭	6.8 <sup>d</sup>	40 <sup>d</sup>		七里香	10.9 <sup>d</sup>	54 <sup>d</sup>		馬鞭丹	21.3 <sup>d</sup>	91 <sup>d</sup>	103~210

註a：200W加熱源，使用12公分鍋  
 註b：250W加熱源，使用14公分鍋  
 註c：300W加熱源，使用20公分鍋  
 註g：產品單價參考資料[19]~[25]

註d：500W加熱源，使用26公分鍋  
 註e：包括加熱器、製冰機及沉水馬達  
 註f：每度電平均3.5元，器材折舊率以1%計

由表可知，當使用小尺寸的反應器進行精油提取，獲得每毫升精油所耗去的用電度數相對較高，而改以大尺寸反應器進行實驗，耗電度數可大幅的降低。以柚子皮為例，市售柚子精油每毫升價位25~89元，本研所得到的柚子精油每毫升所需的成本包含電費及反應器折舊率1%計算，12公分反應器：15元；20公分反應器：12元，受料材料因為廢棄物再利用，所以免費。因此，DIY自製柚子精油會比市售的便宜，而且可以完全確定是天然的純柚子精油，不用擔心買到的是稀釋或合成精油。

但表中精油餾出量在3mL/kg的受料，其自製的成本就可能高於市售的價位，對此可能造成此結果的兩個因素為：第一：在準備受料時並未將枝條挑出而是和葉子一起進行蒸餾，大幅降低了精油餾出量。第二：針對這些受料的水蒸氣蒸餾條件未完全掌控，例如加水量與受料量的關係等細部的因素，仍有待更進一步的探討。

在21種受料中，肉桂精油的提取過程，和其餘20種最具挑戰，最初實驗仍以精油收集器Ⅲ進行精油收集，過程中在內管上層看不到精油的累積，數次實驗後發現在收集器的下端有黃色的油累積出現，心想：難到這就是肉桂精油。沒錯，經查詢肉桂精油的比重比水大，而在收集器下端累積，如此就不能觀察計量實驗。為解決此困擾，首先想到先在收集器中先加入1mL基礎油，藉由油量的變化來觀察肉桂精油的出油量，但是，課本提到兩種液體混合時如非理想溶液狀態下體積不具加成性<sup>[9]</sup>，雖然對實驗結果的影響

不大，但隨後問題又出現了，隨著肉桂精油的累積，收集器上方的混合油比重也漸漸提高，開始出現下沉現象，因此藉由加入基礎油來進行實驗觀察的方法算是失敗。

既然精油收集器Ⅲ無法用於肉桂精油的實驗，那就從收集器的改良著手，肉桂精油的比重比水大，必累積在收集器下端，由此，將收集器Ⅲ的下方增加收集的地方，也就是將內管往下延伸，並讓餾出物滴出時能在連通孔下方，避免肉桂精油卡在連通孔，於是經收集器Ⅲ的改良，成功的設計出適用肉桂精油提取的收集器，如圖29，只要在活栓下方以小量筒計量即可。

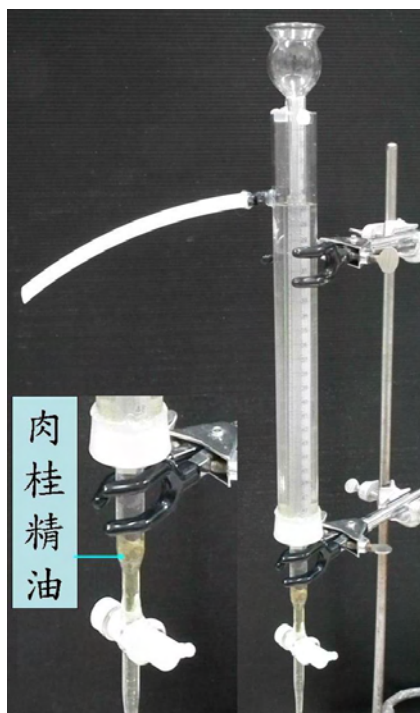


圖29 肉桂精油收集器

## 陸、 結論

- 一、本研究著重於DIY組裝精油蒸餾裝置，所完成的整套裝置(圖26)，其成本低，實用性佳，而且在學生的分組實驗上，可完全讓學生親自動手組裝整套裝置，實驗完畢後除了精油收集器不可拆回原貌外，其餘都可，這樣可讓下一班的學生也能實驗操作，實驗器材的重複利用性也佳，所以可完全取代現今實驗課本<sup>[1]</sup>上的精油製造的裝置。
- 二、利用實驗室原本破損丟棄的滴定管，以簡單的玻璃切割技能<sup>[1]</sup>裁切可利用部分，組裝而成的精油收集器Ⅲ，可讓學生在做不同精油受料時，方便明確地觀察到該種受料的精油產量。如此，可讓學生從做中去享受實驗的成就感，從實驗中去學習到科學的知識，完全達到實驗教學的精神。
- 三、針對本研究中學生的使用的整套裝置，也請學校教師實際上安排實驗課程，確認在學生分組實驗上是完全可行的，在實施的週數也在2至3週，每週3節課。另後續的課程亦可搭配精油相關手作產品的課程設計，達課程教學上的完整性。
- 四、藉由針對校園中及常見的精油植物所進行的精油餾出量與時間關係的動力學時驗，不僅可以比較精油提取上的難易度，也可提供授課教師完整的精油參考資料，可讓教師在上課時說明，學生也可依教師說明自行決定精油植物的選擇。

- 五、在精油提取的難易度上，在受料的收集、前處理及蒸餾過程上，以唇型花科最為容易快速，但綠薄荷除外，其精油含量偏低造成要非常大量及多次才能獲得相同量的精油；桃金娘科的精油含量高，蒸餾過程稍比唇型花科耗時，但受限於受料取得的來源對一般大眾自行種植上已較唇型花科困難很多，在此方面就使得此科植物的困難度增加。而芸香科中果皮及樹葉均可提取出精油，以其樹葉較為困難，而果皮的精油提取非常常見，也非常方便，一般大眾都很容易取得材料自行製作。
- 六、此套裝置也可推廣到一般社會大眾對生活DIY有興趣的人，可在家自行組裝並得到天然的精油，亦可依個人的需求自行組裝所需大小規格的反應器自行購買整套完整材料價位從3000~4000元之間，不用礙於坊間數萬元的精油蒸餾裝置，即可完全沉浸於天然精油芳香的世界。
- 七、自製的自動油水分流裝置，可進行較多量的連續蒸餾，能適用於中型以上的精油蒸餾，由於其材料使用透明壓克力管製成，可適用於農場在精油製作教學研習上讓學員親自參與精油製作或示範教學過程中能很清楚的觀察到精油的收集過程，配合解說達到寓教於樂的效果。而且因為其設計就在蒸餾過程中直接完成油水分流的效果，因此可以直接在出油管將精油收在不透光的精油瓶中，更加確保精油的品質。
- 八、本研究利用自行組裝的精油蒸餾裝置對21種受料進行精油提取實驗，由實驗所得的精油餾出量和相關資料的差異並不大，唯尤加利的差距較大，經比較應是本實驗在取此種受料進行蒸餾實驗時，並未將樹枝剔除，故而造成計算精油餾出量時的值偏低，因此有必要針對所有受料單一部位進行實驗比較。
- 九、由本研究所得精油餾出量與蒸餾時間來計算所耗去的用電度數，並加入裝置成本的1%折舊率，所得的21種自製精油每毫升的成本如表11，發現均位於市售同名精油最低與最高單價之間，所以，本研究自行開發的裝置用於自製精油上其成本支出並不會比購買同名精油還高，還可完全確認是天然的純精油，不用擔心所購買的是不純的或人工合成的精油。
- 十、自製的精油除了可運用在芳香療法外，也可用來製作精油相關產品，如精油手工皂、精油固體芳香劑、防蚊液及香水等，完全不用擔心有化學溶劑的污染。另本研究21種受料中，有幾種本為中藥材料如馬纓丹，其精油是否仍具有藥理性也是可繼續延伸的研究。

## 柒、 參考文獻

- [1] 謝澤民(民100)。普通化學實驗 I (41-54；171-179頁)。新北市：台科大圖書公司。
- [2] 精油製作示意圖。民101年1月25日，取自：<http://www.mha.co.jp/tyuusuyutuhou.htm>
- [3] 香草植物精油提煉過程(民100年4月25日)。園藝治療--淡水香草街屋主網站。民101年2月25日，取自：<http://www.8282.idv.tw/plog/index.php?op=ViewArticle&articleId=350&blogId=4>
- [4] 李安君(民99年3月6日)。手作農情－澳洲茶樹 喝花蓮溫泉水長大。中國時報。民101年2月20日，取自：[http://yldoc.hlc.edu.tw/index.php?option=com\\_content&task=view&id=520&Itemid=46](http://yldoc.hlc.edu.tw/index.php?option=com_content&task=view&id=520&Itemid=46)
- [5] 楊穎儒、潘建佑、林珈瑜、林孟諭(民92)。探索植物的芳香世界—植物精油的製作。中華民國第43屆中小學科學展覽會作品說明書(編號：080812)。屏東縣鹽埔鄉振興國民小學。
- [6] 傅柏叡(民93)。蒸氣分子與香氣分子的邂逅。中華民國第44屆中小學科學展覽會作品說明書(編號：030219)。



屏東縣立中正國民中學。

- [7] 黃冠林、江仲民、鄭玉英、莊雅慈(民97)。黑妞狂癢曲-防蚊植物果真防蚊？。中華民國第48屆中小學科學展覽會作品說明書(編號：091406)。國立旗山高級農工職業學校。
- [8] 林妤綺(民98)。聞香下馬—精油提煉與分流。中華民國第49屆中小學科學展覽會作品說明書(編號：030808)。高雄市立新興高級中學。
- [9] 蔡永昌(民100)。基礎化工 I (128~150頁)。新北市：全華圖書公司。
- [10] Amy's製皂浪漫~專業教學,代製婚禮皂,蛋糕皂,母乳皂,自用伴手禮皂。民101年6月13日，取自：  
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!eBtBiDeREx8WM3DIw3lfzmBg/article?mid=328>
- [11] Yahoo!奇摩知識+(民96年1月24日)。民101年6月13日，取自：  
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1507011402455>
- [12] 互動百科。民101年6月13日，取自：  
<http://www.hudong.com/wiki/%E8%8C%B6%E6%A0%91%E7%B2%BE%E6%B2%B9>
- [13] 司任祺、全嘉琪 (民96)。肉桂。民101年6月13日，取自：  
<http://el.mdu.edu.tw/datacos//09622712039A/96%E8%82%89%E6%A1%82.pps#264,32>,
- [14] 林群雅、柯冠宇、黃旌集、張上鎮、陳維鈞、張惠婷(民97)。中華林學季刊 (Quarterly Journal of Chinese Forestry) 41(4):559－567(2008)台灣常見含笑屬植物葉子精油之抗病媒蚊幼蟲活性。
- [15] 張惠婷、吳季玲、張上鎮(民94)。台灣尚楠精油與抽出物之抗真菌與抗細菌活性評估。中華林學季刊 (Quarterly Journal of Chinese Forestry) 38(1):119－126 (2005)
- [16] 李忠勇。(民77)。小葉南洋杉葉部精油成分之研究。碩士論文。中原大學。
- [17] 潘曉輝、梁小科(民93)。七里花香精油的提取。安康師專學報。安康師範專科學校。
- [18] 胡維宏(民100)。不同柚子果皮香氣萃取與柚子果汁、果肉釀酒之研究。碩士論文。大葉大學。
- [19] 台灣無印良品股份有限公司。民101年6月13日，取自：  
<http://www.8282.idv.tw/plog/index.php?op=ViewArticle&articleId=350&blogId=4>
- [20] 第一化粧品廠股份有限公司。民101年6月13日，取自：  
[http://www.firstnature.com.tw/search\\_result.php?time=1339553282859&keyword=%E7%B2%BE%E6%B2%B9&keyword\\_product\\_price\\_range=&search\\_by\\_substore=&search\\_by\\_discount\\_status=0&search\\_by\\_category=&search\\_by\\_category2=](http://www.firstnature.com.tw/search_result.php?time=1339553282859&keyword=%E7%B2%BE%E6%B2%B9&keyword_product_price_range=&search_by_substore=&search_by_discount_status=0&search_by_category=&search_by_category2=)
- [21] 裕創亞洲有限公司。民101年6月13日，取自：[http://www.ecalhk.com/big5/essential\\_b5/essential\\_b5\\_AB.php?id=1](http://www.ecalhk.com/big5/essential_b5/essential_b5_AB.php?id=1)
- [22] 精油.保養品批發網 Constonic Wholesale Taiwan。民101年6月13日，取自：  
<http://constonic.menet.com.tw/products.php?cPath=76&page=1&XTCSid=dcee2548a7a02e810e236e377c77057d>
- [23] 伊聖詩芳療生活館。民101年6月13日，取自：<http://www.pcstore.com.tw/escents/S259637.htm>
- [24] 民宿的家。民101年6月13日，取自：[http://www.bnbhome.com.tw/online\\_store/store99.html](http://www.bnbhome.com.tw/online_store/store99.html)
- [25] 肯園國際股份有限公司。民101年6月13日，取自：  
<http://www.cango-shop.com/GoodsList.aspx?Typ=GTY20110526120612ACO>

## 【評語】 091102

1. 本作品以簡易器材組裝精油蒸餾裝置，改良油水分離器，提升分離效果，並以校園內常見 21 種精油植物進行精油提煉，獲得精油餾出量與時間關係數據。
2. 建議未來宜針對不同精油蒸餾的溫度及餾出精油純度進行分析，以提升蒸餾效率。