2014 高雄市第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科（類）別：農業及生物科技

組　　別：高職組

作品名稱　：果香四溢－植物香精萃取方式探討

關鍵詞：水果皮、萃取、香草

編號：4504

舞動科學
創意飛揚
2014高雄市第54屆中小學科學展覽會
The 54th Science Fair for Elementary & Secondary Schools in Kaohsiung

目　　錄

摘要……1

壹、 研究動機……2

貳、 研究目的……2

參、 研究設備及器材……3

肆、 研究過程或方法……4

一、 文獻探討……4

二、 研究過程……8

伍、 研究結果……14

陸、 討論……17

柒、 結論……19

捌、 參考資料及其他……20

摘　　要

酯類化合物一般都帶有令人愉悅的氣味，香水、精油中通常含有酯類；水果的香氣也是由酯類造成。

水果精油日漸被廣泛的使用在食品、醫藥等產品，本研究利用浸泡法及萃取法提取果皮及香草植物中的酯類，並以酒精濃度不同的白酒作為萃取溶劑，比較其萃取效果的優劣；使用水當萃取溶劑因易滋生黴菌而酒精有殺菌的效果，所以本研究溶劑以酒精溶液為主；其有效力約為水溶液萃取法的 2～5 倍。結果顯示：萃取法中酒精成分越高的溶劑萃取出來的天然水果精油成分濃度越高、香味越濃，依序為；柳丁皮＞檸檬皮＞鳳梨皮＞百香果皮，推論原因為柑橘類果皮所含的酯類較其他種類水果高出約 20%；而香草類則為：迷迭香＞薄荷＞香茅＞九層塔。

壹、研究動機

近幾年來食安問題日趨嚴重，奶粉裡添加三聚氰氨、美牛裡的瘦肉精、塑化劑、毒澱粉和最近吵得人聲鼎沸的「胖達人」麵包裡添加化學香精……等，讓我們思考如何以平常著手可見的食品來製造天然的添加物，因此我們想起基礎化學第三章中有介紹到如何應用酯類，並且我們想到平日營養午餐中丟棄的水果皮含有許多酯類，可以拿來萃取成天然食用香精，使香精之成分標示清楚並讓水果整顆都有價值。

另外，在基礎生物的第四章裡有提到以酒來釀食物，所以我們利用酒精的特性來萃取酯類並觀察不同濃度所萃取之效果有何差別。除了水果外我們也使用香草來當萃取物，因為我們曾經在電影「香水」中看到主角以不同材料來測試何種所萃取出的香氣較濃。

香精通常帶著一種吸引人的香氣並添加於麵包及其他食品中，會令人聞香而來，但這些香精的溶劑濃度越高是否就越香呢？我們也十分好奇哪種水果和香草所萃取出的香精香氣較香？於是我們便著手進行下列的實驗，也讓我們更了解香精的成分為何。

貳、研究目的

一、研究果皮中酯類添加在不同濃度的酒精溶劑所萃取的效果好壞以及果香作用之差異。

二、探討香草植物添加在不同濃度的酒精溶劑所萃取的效果好壞以及植物香精作用之差異。

三、運用不同的萃取法萃取水果酯類，找出哪種方法較能萃取出的香氣較濃。

四、研究柑橘類水果果皮萃取酯類在食品添加上的可行性。

五、研究以酒精或水當溶劑之差別。

參、研究設備及器材

一、實驗材料

表 1、實驗材料

材　料	高 粱 酒	米　酒	藥 用 酒 精	各 式 水 果
數　量	5L	5L	5L	適量

高粱酒、米酒、藥用酒精

鳳梨

檸檬

柳丁

百香果

二、實驗器材

表 2、實驗器材

項　目	器 材 名 稱	規　格	數　量
1.	燒杯	500ml	5 個
2.	李畢氏冷凝管	含圓底燒瓶	3 套
3.	分液漏斗	300 ml	5 個
4.	鐵架	含鐵環、鐵夾	6 支
5.	粗秤天平	兩位數	2 個
6.	果汁機	聲寶	1 台

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一)、　香精之介紹

天然香精是一種萃取自植物上的酯類且在室溫下易揮發的油性物質，雖名為天然產物，其生產過程中仍需經過再次純化以去蕪存菁，例如：原精、樹脂、酊劑、花露水等。然而芳香的水果皮經由揮發性溶劑萃取之後會呈現一種固態臘狀物質，稱為凝香體(Concrete) ，凝香體含相當程度的非揮發性物質及溶劑殘留，易導致刺激或過敏。接著凝香體可經由酒精提煉得到液狀產物，提煉過程中酒精經真空吸引器處理揮發所留下的液體精油，則稱為原精(Absolute)。

(二)、　香精之萃取方法：萃取香精的方法有下列幾種

1、 蒸餾法(Distillation)

蒸餾法是現在最常見的精油提煉方法，有 95%的精油用蒸餾法提煉出來。蒸餾法最早使用於中古世紀的阿拉伯人，把植物處理成乾燥後，在容器底部加熱燃燒當熱氣充滿在容器中，精油就會從植物的儲油細胞釋放出來並隨著水蒸氣通過上方的冷凝管進入冷凝器中。冷凝器是一個螺旋形的管子，周圍環繞著冷水，使蒸氣冷卻轉化成水，流入下方的收集瓶中，蒸餾的精油比重較水重，所以會沉在水與油的混合物的底部。現在蒸餾法又被區分為水蒸餾法和蒸氣蒸餾法。

圖 1、蒸餾爐(取自：化學群科中心)

(1) 水蒸餾法(Water Distillation)

水果原料完全浸泡在水中，然後進行加熱。水的存在，可以避免精油的過熱且確保精油的品質。此方法使用的壓力和溫度都比較低，所以特別適用於橙花、玫瑰等對熱敏感之精油。不過，由於水蒸餾的過程較緩慢，不適合酯類含量高的精油植物（薰衣草等）。

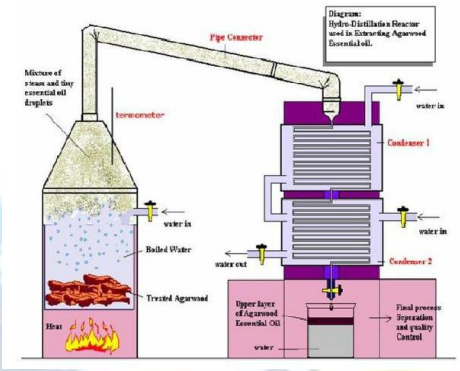


圖 2、水蒸餾法 (取自：化學群科中心)

(2) 蒸氣蒸餾法(Steam Distillation)

植物材料多放置在蒸餾器內的篩架上，藉由高壓蒸氣的通過，蘊藏在植物腺體中的精油被釋放出來，蒸散至水蒸氣中。當這種混合氣體沿著導管、進入冷卻系統後，蒸氣便冷凝回液體狀態，再依照比重與密度的差異，分離為精油與花水（Floral Water）。

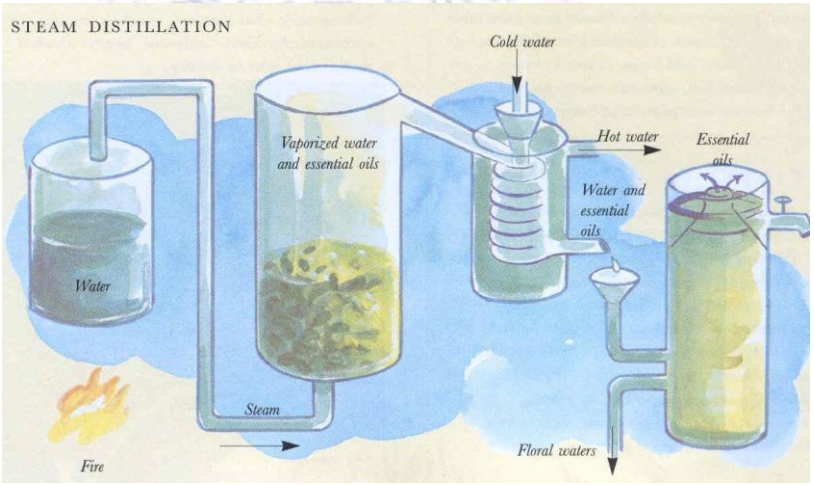


圖 3、蒸氣蒸餾法(取自：化學群科中心)

2、 壓榨法(Expression)

柑橘類水果精油最簡單的萃取方式就是壓榨取得，壓榨過程完全不用加熱，其萃取精油香味及化學組成完全來自果皮本身，包含臘等非揮發性物質，故保存期限較短(6~9 個月)，但蒸餾精油卻可保存兩年以上，而壓榨法又分成三種方法。

(1) 人工海綿法

將果皮浸泡於溫水中變得柔軟且具彈性後，再將果皮曝曬於空氣中風乾。接著，將果皮放在兩層包覆海綿的木板之間壓榨。當果皮油囊破裂後，精質便會流出而充滿在海綿中。之後，再將精油從海棉中擠出、過濾，即可。

(2) 手工釘刺法

將整顆的果實放入一個充滿小尖釘的漏斗型容器內旋轉，再將流出來的精質過濾即可。

(3) 機械冷壓法

將果實投入一個內有幾排刺磨釘的滾筒內，旋轉後，將萃取到的果皮至入離心器中分離即成。

3、 溶劑萃取法(Solvent Extraction)

某些纖細的花朵或是植物的樹脂，並不適合以蒸餾法萃取精油時，會利用一些揮發性溶劑萃取其芳香分子，這種方式稱為「溶劑萃取法」，所萃取到的芳香分子稱為「原精」(Absolute)。原精的香氣非常濃郁，質地也比精油來得厚重而濃稠，因為除了芳香分子外，植物中的許多非揮發性成份（蠟質、植物色素等）也一起被萃取出來。一般而言，溶劑萃取法常用於：

(1) 樹脂類

樹脂是樹受傷後所流的液體，可以利用不同的溶劑將這些樹脂中的芳香分子萃取出來，而其中最常用的就是碳氫化合物（如苯、己烷）或是乙醇。最後，再利用蒸餾方式去除溶劑，便可得到樹脂類原精。

(2) 花朵類

將花瓣放置於密封容器中的篩架上，再注入液體溶劑，當這些溶劑流經花

瓣時，會溶出其中的芳香分子，而蒸餾這些溶劑，便會得到半固體的凝香體(concretes)。接著，將凝香體置入酒精中，加溫移除無法溶解在酒精中的植物蠟之後，再以低溫蒸餾、去除酒精，即可得到原精。

(三)、 各類香精萃取方法的優缺點

表 3、不同萃取法比較

萃取法	優點	缺點
水蒸餾法	1. 溫度不超過 100℃，避免過熱而破壞某些組成成分。 2. 在化學實驗室中使用，只需簡陋的設備就能萃取精油。 3. 微生物汙染且無呈色物質干擾。	1. 冗長的過程。 2. 進一步純化，令其乾燥而除去水分。 3. 成分的分子量最多不超過 225~250。
蒸氣蒸餾法	1. 生產時較為經濟，耗費較少的人力和複雜的萃取設備。 2. 快速且降低對精油化合物的傷害。 3. 適於萃取富含揮發性單、雙萜烯成分之精油。	1. 需要進一步純化，令其乾燥而除去水分。 2. 成分的分子量最多不超過 225~250。
壓榨法	1. 使用的儀器簡單不會造成高溫破壞。 2. 適用於易揮發的油品，例如佛手柑和檸檬精油，該經由因為含有高劑量的單萜烯特別容易揮發。	1. 只適合用來萃取精油含量較高的植物。 2. 富含蠟質保存期限短。 3. 農藥殘留。
溶液萃取法	1. 某些熱敏感原料(如花卉精油)或無法藉由水蒸氣蒸餾取得精油者。 2. 較完整的化學組成成分。 3. 溶劑予以回收。	1. 必須先搗碎再萃取。 2. 溶劑、農藥殘留。

二、研究過程

選擇適當的水果皮及香草依次放好

浸泡時的溶劑不能用水，因為浸泡時間長用水的話果皮會腐爛，另外在放置時間中需適時搖晃。

搖晃時瓶口不可對準人，若要取得更佳的香精需再經蒸餾純化。

選擇 20%的米酒、58 度的高粱酒、95%的藥用酒精及水當溶劑並用三種不同方法來萃取。

浸泡法：將水果皮或香草放入玻璃瓶中。

蒸餾法：將果皮或香草切成小碎片放入圓底燒瓶中。

萃取法：將果皮或香草倒入果汁機中打成汁。

將每一種水果皮或香草倒入不同濃度的酒精。

將燒瓶架在鐵架上，以橡皮塞塞在瓶口，再把溫度計插在橡皮塞中。

將其用濾網過濾倒入另一燒杯。

放置 45 天後過濾即可完成。

圓底燒杯的出口接李畢氏冷凝管，以酒精燈蒸餾，水從上方流入，蒸氣從下方出水口流出形成循環。（此實驗的溶劑不宜用酒精因酒精沸點比水低）

倒入分液漏斗，先搖晃後再放氣。接著架在鐵架上放置一段時間，分層後下層是雜質上層是所需之香精，將雜質流出，最後將香精倒出。

(一) 實驗設計

1、 浸泡法

實驗上只會利用酒精與水來進行萃取，因為其食用上的因素只利用此兩種溶劑做其萃取的條件。操作步驟如下：

(1) 將香草植物或果皮清洗切碎後放入乾淨的玻璃杯內。

(2) 以酒精濃度 20%以上的白酒或是藥用酒精倒入放入果皮的玻璃杯內，蓋上蓋子後均勻的搖晃，使所有的基材都能全部浸泡到溶劑(剛浸泡基材的萃取液前一星期需要每天搖晃均勻)。

(3) 將玻璃瓶移到陰暗處,約 45 天後即可過濾使用。

將香草放入玻璃瓶中

將酒倒入玻璃瓶中

將玻璃瓶放置一段時間

2、 萃取法

(1) 準備試樣

取乾淨果皮以家用果汁機加以打碎置入分液漏斗中。溶液進行萃取操作時，首先將一支乾淨的分液漏斗置於具有防撞護套之鐵環上，關好底部的活栓，於分液漏斗下方放置一個空燒杯以接盛不慎洩漏的溶液，瓶上方放置一漏斗。將溶有待萃取物的溶液及萃取溶劑透過漏斗依次分別加入於分液漏斗中。

(2) 放氣

以瓶塞塞住分液漏斗瓶口，但切忌如以旋轉方式企圖向內旋緊，可能導致瓶塞無法拔出。右手頂住瓶塞，將漏斗倒置過來，以左手控制活栓，將活栓打

開先放氣一次，旋開活栓前，可以輕拍瓶身數下，讓附著在活栓處的液體順利流下。

(3) 搖振萃取

放氣之後關閉活栓，在密閉狀態下將分液漏斗劇烈搖晃，使兩個不互溶的溶液混合。兩種溶劑在分液漏斗中混合時，密閉漏斗內的氣壓因為兩種溶劑的飽和蒸氣壓加成使得氣壓增高。為了使漏斗內的壓力回復到大氣壓，以避免內部壓力的增高而造成洩漏的可能，必須不時旋開活栓放出揮發的蒸氣，大約每搖晃五次放氣一次，這樣反覆操作數次，直到放氣時沒有明顯氣體放出為止。注意，放氣的時候，分液漏斗的開口必須朝向排氣櫃內，不可朝向其他人或者是自己，以避免噴出物造成危險。

(4) 靜置分層

接著將分液漏斗置於鐵環上，並盡速將瓶塞取下以與大氣相通。混合溶液會分離為上下兩層，密度大的溶液沉於下方，而密度小的溶液浮在上層。萃取水溶液的過程中，如果不確定哪一層為有機層，可以在分液漏斗中滴入幾滴水，觀察其沉降至那一層以判斷；或少量取出任何一層溶劑於小試管中，加入幾滴水即可判別。

(5) 分層分離

旋開分液漏斗下方之活栓，使下層的液體由分液漏斗的下管慢慢流出到收集瓶中，剩餘的上層溶液則由上端倒出。當進行少量溶劑多次萃取時，須將含有待萃取物的原始溶液再加入於分液漏斗中，加入新鮮的萃取溶劑，重覆進行操作，並且將多次萃取液合併一起。分液漏斗重複使用時不需重新洗淨。

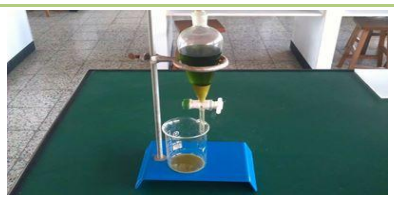
(二) 操作步驟

1、選擇適量的鳳梨、檸檬、柳丁和百香果當作所需要用的水果並把它們剝皮分類放置，香草也依次放置。

2、選擇 20%的米酒、58 度的高粱酒、95%的藥用酒精跟水當成溶劑以觀察不同濃度之溶劑有何差別。

3、將鳳梨的皮和米酒以 100g：100mm 的比例放入果汁機裡打成汁，製作完米酒後也以同比例的高粱酒及藥用酒精觀察其差別。

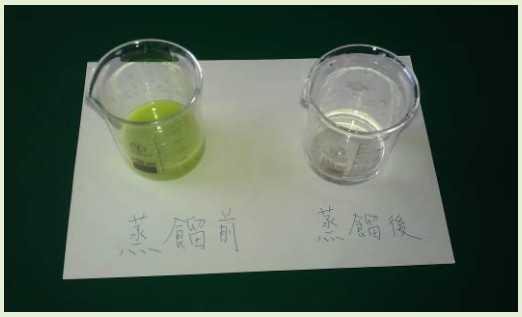
4、將果汁機中的汁倒出在燒杯中，並以濾網放在另一燒杯上將其倒在濾網中央來過濾雜質。

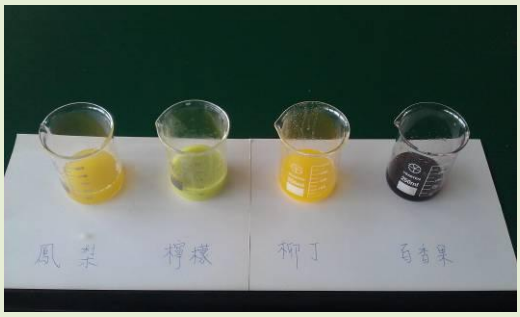


5、將過濾完之燒杯中的液體倒入分液漏斗，等分層後將上層香精倒入圓底燒瓶內並以橡皮塞塞在瓶口，將溫度計插在橡皮塞中架在鐵架上使其在經蒸餾純化。

6、圓底燒杯的出口接李畢氏冷凝器，以酒精燈蒸餾，蒸汽會從下方出水口流出形成循環。

7、將其餘水果和香草依序從二到六再做一次。





8、觀察不同水果及香草蒸餾出的香精香氣有無差別。

9、使用不同濃度的酒或水製作出的香精有無差別。

10、觀察水果和香草何者味道較濃。

伍、研究結果

本研究探討不同濃度白酒及 95%酒精萃取果皮與香草植物中的酯類之可行性；橘子皮、檸檬皮以及柚子皮是不花分文、廢物再利用的天然芳香劑，將這些果皮放在房間的一角落，就會飄散出清香宜人的氣息。用火點燃果皮，則可以驅除惱人的蚊子，不用擔心化學藥劑影響健康的問題。

萃取法並不能獲得極純淨的產物，故由萃取所得之初產物需再進一步蒸餾純化精製。我們將果皮切碎研細並將香草清洗乾淨後各別浸入20%、50%的白酒及95%酒精溶液中，經封瓶後將瓶內容物不停甩轉或經歷一段時間後取其上部浸液倒於濾紙再濾出清液，即可取得果皮內含可以溶於酒精之各種成分。

一、利用不同方法提取果皮精油結果

(一)、　萃取實驗：不同溶劑、果皮種類

分液漏斗是萃取時所使用的容器，它的下端有一個單孔活栓，在上端則有一瓶塞可封住瓶口。使用之前先檢查瓶塞和活栓是否緊密接合，加入水測試是否會洩漏，如果有洩漏，可將活栓鎖緊一些。分液漏斗的活栓通常為磨砂玻璃接口，本實驗瓶塞避免塗抹凡士林以免污染溶液，用水稍微潤濕一下磨砂的部分即可取代凡士林的功能。分液漏斗的容積必須足夠容納所有的試樣溶液和萃取溶劑，還需要有剩餘的空間以便於萃取時的搖動，通常溶液的體積不要超過分液漏斗四分之三的容積。萃取結果依本組成員以嗅聞方式判定如下表：

表4、果皮依不同溶劑萃取結果

水果種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
鳳梨皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	淡
檸檬皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	淡
柳丁皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	淡
百香果皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	淡

萃取溶劑是用來將試樣溶液中的某一個特定組成分選擇性的溶解離。選擇萃取溶劑時，須要考慮下面幾項因素：

選擇對被萃取物質有較大溶解能力的溶劑。

1. 萃取溶劑與原來的溶劑必需不互溶。
2. 選用沸點較低的溶劑。以便萃取後較容易與萃取的物質分開且較容易回收。
3. 萃取溶劑不可與被萃取物質發生不可逆的化學變化。此外，價格便宜、操作簡便、不可燃、以及無毒性等，也是選擇溶劑應該考量的因素。

(二)、 浸泡法：不同溶劑、果皮種類

浸泡結果依本組成員以嗅聞方式判定如下表：

表 5、果皮依不同溶劑浸泡結果

水果種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
鳳梨皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	不適用
檸檬皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	不適用
柳丁皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	不適用
百香果皮	中間味	果香濃郁	果香濃郁	不適用

二、 利用不同方法來提取香草精油結果

(一)、 萃取實驗：不同溶劑、香草

表 6、香草植物依不同溶劑萃取結果

香草種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
迷迭香	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	淡
薄荷	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	淡
香茅	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	淡
九層塔	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	淡

(二)、　浸泡法：不同溶劑、香草

表 7、香草植物依不同溶劑浸泡結果

香草種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
迷迭香	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	不適用
薄荷	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	不適用
香茅	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	不適用
九層塔	中間味	香氣濃郁	香氣濃郁	不適用

我們也有以蒸餾法去製作香精，發現蒸餾法不可以酒精當溶劑因為酒精的沸點較水低(約78℃)，而果皮中的酯類沸點比水跟酒精都高，因此用酒精當溶劑時無法將果皮中的酯類完全蒸餾出來就以蒸發完，所以香氣比以水當溶劑淡上許多。

經過約一星期左右後，本組成員以嗅聞方式判定發現柳丁皮和迷迭香的香氣最濃烈，百香果皮和九層塔香氣最淡，另外我們使用酸鹼試紙來測量不同濃度的酒精在浸泡前與浸泡後的酸鹼差別，發現原本的酸鹼值：乙醇＝米酒＞高粱酒，放入其他香草或水果後酸鹼值大致都會提升0.5~1左右。

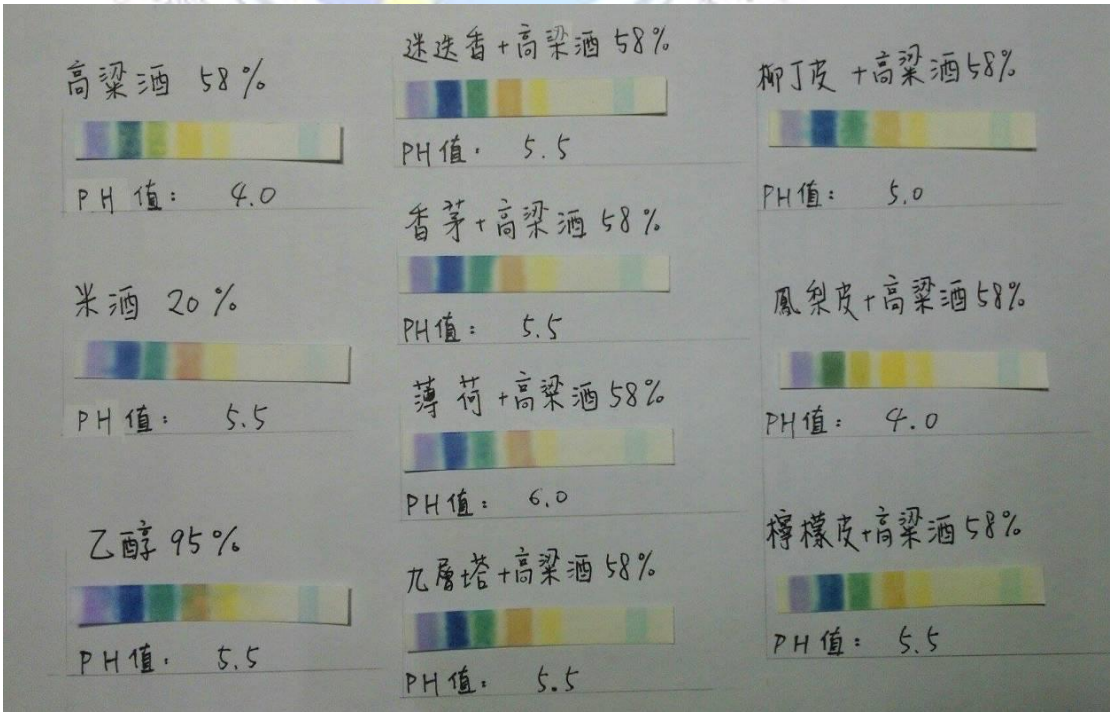


圖4、萃取前後溶劑pH值比較實驗

陸、討論

植物可以用溶劑、蒸餾、壓榨、浸泡等方法萃取出植物精油，蒸餾、壓榨這些程序本身並沒有化學汙染，所以植物精油可以說是全植物成分，但一千公斤的水果可能做得出八百公斤的果汁，卻不一定能得到一公斤的精油，可想而見精油的成本更高於果汁；因此很多食品加工產品會添加便宜的化工香料，影響民眾健康。本研究探討以白酒萃取果香精油的可行性，希望能將產品直接用來添加在食品製造過程，例如麵包烘焙、麵條生產天然無毒的食品。

溶劑法亦稱共沉澱法。將植物或果皮研碎溶解於有機溶劑中，蒸去有機溶劑，即可得到產品。常用的有機溶劑有氯仿、無水乙醇、95%乙醇、丙酮等。本法的優點為避免高熱，適用於對熱不穩定或揮發性高的水果精油酯類。本研究以市面常見的米酒、高梁酒及藥用酒精作為萃取溶劑，實驗對照組則以水做為溶劑。實驗結果顯示：酒精濃度越高對果皮和香草中的酯類成分萃取效果越好。

表 8、果皮在不同溶劑中萃取優劣比較

水果種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
鳳梨皮	普通	優	優	少
檸檬皮	普通	優	優	少
柳丁皮	普通	優	優	少
百香果皮	普通	優	優	少

表9、香草在不同溶劑中萃取優劣比較

香草種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
迷迭香	普通	優	優	少
薄荷	普通	優	優	少
香茅	普通	優	優	少
九層塔	普通	優	優	少

利用溶劑法提取時，選擇溶劑的原則是：相似相溶，相似指的是極性相似，即所選溶劑的極性要與所提取成分的極性相似。常見溶劑的極性大小順序是：

水>乙醇、甲醇、丙酮>丁醇>乙酸乙酯>氯仿>乙醚>苯>環己烷>石油醚，從植物果皮中提取酯類成分時，由於存在多種成分之間的相互增溶作用，因此萃取效果的好壞，通常依提取要求、目的成分及雜質的性質差別以及溶劑的溶解能力來確定。本研究結果顯示：柑橘類果皮出油率比鳳梨、百香果要多出約20%。

表 10、果皮出油率比較

水果種類	米　酒	高 粱 酒	95度藥用酒精	水（對照組）
鳳梨皮	普通	多	多	少
檸檬皮	普通	多	多	少
柳丁皮	普通	多	多	少
百香果皮	普通	多	多	少

浸泡法中我們使用可食用且常見的酒精或水當溶劑，但因酒類的成本較為昂貴所以我們另外嘗試以橄欖油當溶劑去浸泡水果及香草。

天然水果香精的用途，一般用於香氛、化妝品或添加於飲用水中增加口感，生產技術也都由歐美進口。有鑒於市場上對水果的多元利用，本組同學想藉著從便宜、取得容易的果皮原料中提取出酯類成分，如此可大幅降低價格，並在市場上更具競爭性。

柒、結論

多數的酯類都具有香味，是水果中香味的來源。本研究結論如下：

一、從果皮中自製酯類香精與市面購買之成份並無太大差異。

二、柑橘類果皮出油率比鳳梨、百香果要多出約 20%。

三、酒精濃度越高對果皮和香草中的酯類成分萃取效果越好。

四、浸泡法須長時間靜置，果皮會有腐敗現象，不宜用水作為萃取溶劑。

五、萃取法用水當溶劑香氣較酒精淡。

六、蒸餾法的溶劑不宜用酒精而是水，因水的沸點比酒精高。

七、浸泡法的水果香氣，柳丁皮＞檸檬皮＞鳳梨皮＞百香果皮

八、浸泡法的香草香氣，迷迭香＞薄荷＞香茅＞九層塔。

九、浸泡法或萃取法香草的香氣都較水果濃烈。

十、萃取法較浸泡法複雜，且還需經過蒸餾才能得到較純的產物，但相對香氣也較濃烈。

十一、　酒精溶劑在浸泡後的酸鹼值大致都會提升。

捌、參考資料及其他

一. 化工群科中心。2013 年 12 月 7 日，取自 http://www.slvs.tc.edu.tw/125/20130802093848.pdf

二. 魏明通，無機化學，2001 年 10 月，五南圖書出版社。

三. 邱吉爾、鄭文輝，有機化學實驗，2005 年 8 月，新文京開發出版有限公司。

四. 張惠玲，有機化學實驗，2004 年 9 月，新文京開發出版有限公司。

五. 廖明淵，化學實驗－環境保護篇，1999 年 6 月，文京開發出版有限公司。

六. 國科會高瞻自然科學教學資源平台，取自
http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4530

七. 維基百科。2011 年 1 月，取自
http://zh.wikipedia.org/zh-hant/%E8%83%B6%E5%8E%9F%E8%9B%8B%E7%99%BD

八. 梁家有機農場部落格－認識天然香精。2007 年 8 月，取自
http://www.greencom.com.tw/lj/node/135

九. 奇摩知識家。2005 年 4 月，取自
http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405101315501

十. 洪偉章、李金枝，化妝品原料與功能，2006 年 10 月，藝軒圖書出版社。