萃取實驗：適用於教師示範和學生動手做

謝佶霖[1]、彭郁惠[2]、楊水平[3,*]

[1]高雄市立新莊高級中學

[2]桃園市立幸福國民中學

[3]國立彰化師範大學化學系

*yangsp@cc.ncue.edu.tw

■ 簡介

關於萃取實驗，在 108 新課綱「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校--自科學領域課程綱要」中，高中化學課綱有提到主題「物質的結構與功能（C）」和副主題「物質的分離與鑑定（Ca）」，以及相關的學習內容「CCa-Vc-1 混合物的分離過程與純化方法：蒸餾、萃取、色層分析、硬水軟化及海水純化等」，學習內容說明提到「1-2 以有機溶劑可以萃取花或葉中的色素」和「1-5 示範實驗：萃取、蒸餾 及以 TLC 片進行色層分析」（教育部，2018）。

為配合新課綱的學習內容，作者設計萃取的定性實驗：兩單元的教師示範實驗和四單元的學生動手做實驗。在「教師示範實驗」方面：【示範一】液相–液相萃取：萃取廣用指示劑，製作廣用試紙；【示範二】固相–液相萃取：萃取薑黃素，製作薑黃試紙。在「學生動手做實驗」方面：【實驗一】液相–液相萃取：(1)從口水萃取自己的 DNA，和(2)從鮮乳萃取 DNA；【實驗二】固相–液相萃取：(1)用植物油萃取橘子皮的檸檬烯，製作天然護膚乳液；和(2)用酒精萃取檸檬皮的檸檬精油，製作環保油垢清潔劑和環保洗碗精。

本文的實驗設計聚焦在：(1)「教師示範實驗」不使用典型的分液漏斗，而採用家用產品和實驗室材料並用，而且強調娛樂姓與教育性並重，短時間可在教室或實驗室完成示範教學；(2)「教師示範實驗」在示範後，以隔空噴出酸鹼煙霧的方式，進行檢驗萃取廣用指示劑和薑黃素的效果，讓學生感受驚奇有趣；(3)「學生動手做實驗」均為結合生活的家庭實驗，全部使用家用產品，可方便在五金百貨賣場、書局文具行、食品材料行、超市、藥局及網路商店等處購得，而且使用的藥品和器材具低危險性；(4)「學生動手做實驗」的操作過程簡易且時間縮短，不必事先乾燥果皮，不必一週以上的浸泡，不需加熱也避開火源，用刨絲器刨細果皮，藉由攪拌和擠壓，提升萃取的效果；(5)「學生動手做實驗」的成品—天然護膚乳液、環保油垢清潔劑和環保洗碗精，可在平日居家使用，讓學生感受親自動手做實驗的樂趣；以及(6)「學生動手做實驗」均為定性實驗，作者提供學生延伸探究與實作的問題。

■ 教師示範實驗

一、 觀賞教師示範影片

本示範實驗影片的內容有二部分：(一)固相–液相萃取：萃取薑黃素，製作薑黃試紙；和(二)液相–液相萃取：萃取廣用指示劑，製作廣用試紙。這影片僅供教師示範教學的參考，建議教師在課堂中親自操作示範實驗，並且在示範的過程中向學生提出一些問題並互動討論，讓學生有深入理解原理和概念的機會。

圖 1：萃取示範實驗影片

（影片網址：https://youtu.be/Hb6Z5tTRlUg.）

二、 教師示範的過程和效果

【示範一】液相–液相萃取：萃取廣用指示劑，製作廣用試紙

(一) 藥品與器材

《示範用》寶特瓶（附瓶蓋，容量 600 mL，高透明度，瓶身無凹凸狀為佳） 1 個、廣用指示劑（瓶裝） 100 mL、乙酸乙酯（Ethyl acetate） 100 mL、燒杯（100 mL） 1 個、藥匙 1 支、塑膠稱量盤 1 個、碳酸鉀（Potassium carbonate） 6 藥匙（約 10-15 g）、噴霧瓶（50 mL）1 個、影印紙（白色 A4 大小） 1 張、塑膠盆（盆底大於 A4） 1 個、吹風機 1 支。**《檢驗用》**石蠟（白色） 1 小塊、磁鐵壓條（長約 30 cm） 1 條、濃鹽酸（Hydrochloric acid, 12 M）約 5 mL、濃氨水（Conc. ammonia water. 15 M） 約 5 mL、滴眼瓶（點眼瓶，20 mL） 2 個。肥皂水（洗衣皂水更佳） 少量、塑膠盆（盆底大於手掌） 1 個，如圖 2 所示。

圖 2：部分的藥品與器材

(二) 教師示範步驟

1. 用燒杯和漏斗，轉移約 100 mL 的廣用指示劑到一個透明的寶特瓶中，如圖 3 所示。

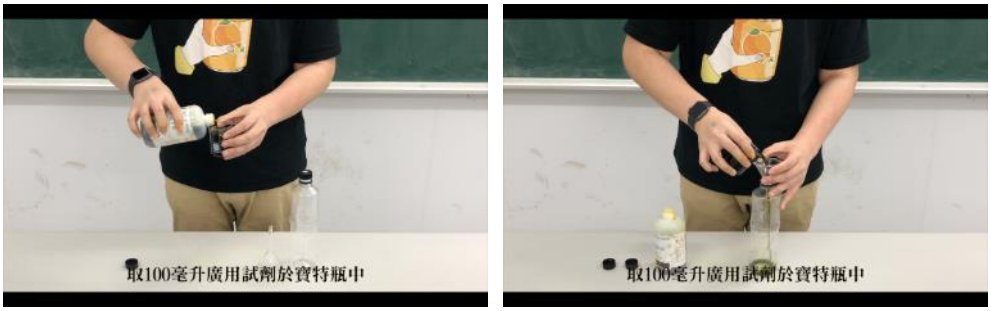


圖 3：倒入廣用指示劑到燒杯中（左）; 轉移到寶特瓶中（右）

2. 用燒杯，轉移約 100 mL 的乙酸乙酯到寶特瓶中，如圖 4 所示。〔註：倒入乙酸乙酯後，兩層皆變成橘紅色，可能原因是常溫下有水存在時，乙酸乙酯容易水解生成乙酸和乙醇（Wikipedia, 2024a）。〕

圖 4：轉移乙酸乙酯到寶特瓶中（左）; 兩層皆變色（右）

3. 藉由塑膠稱量盤，加入約 6 匙的碳酸鉀。轉緊瓶蓋，以上下和左右方式，激烈地搖晃瓶身約 1 分鐘，如圖 5 所示。〔註：碳酸鉀溶液為鹼性，使溶液由橘紅色變為藍色。〕

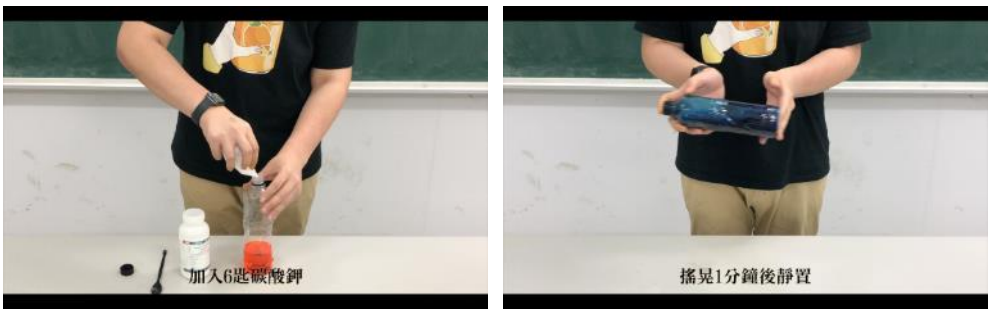


圖 5：加入碳酸鉀（左）; 搖晃瓶身（右）

4. 靜置寶特瓶，觀察在寶特瓶中溶液的分層情形及其各層溶液的顏色，如圖 6 所示。

圖 6：靜置並觀察分層

5. 用燒杯，轉移上層萃取液（含廣用指示劑的有機液）到一個噴霧瓶中，如圖 7 所示。

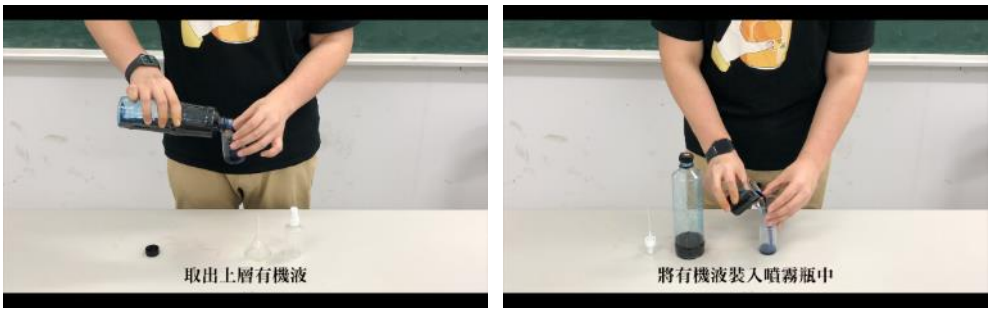


圖 7：轉移上層萃取液到噴霧瓶中

6. 放置一張白色影印紙在塑膠盆中，均勻地噴灑萃取液在影印紙上。用吹風機吹乾試紙，如圖 8 所示。

圖 8：噴灑萃取液在紙上（左）; 吹乾試紙（右）

(三) 檢驗萃取廣用指示劑的效果

1. 教師事先以石蠟在廣用試紙上繪圖或寫字（例如：在紙上畫一個愛心）。用磁鐵壓條壓在

黑板上。

2. 提醒學生觀察試紙即將發生什麼變化。教師用一瓶裝有少許濃鹽酸的滴眼瓶，尖端開口對著試紙，輕輕地擠壓滴眼瓶，隔空噴出濃鹽酸的煙霧，如圖 9 左所示。然後，用一瓶裝有少許濃氨水的滴眼瓶，開口對著試紙的圖案或文字，隔空噴出濃氨水的煙霧，如圖 9 右所示。

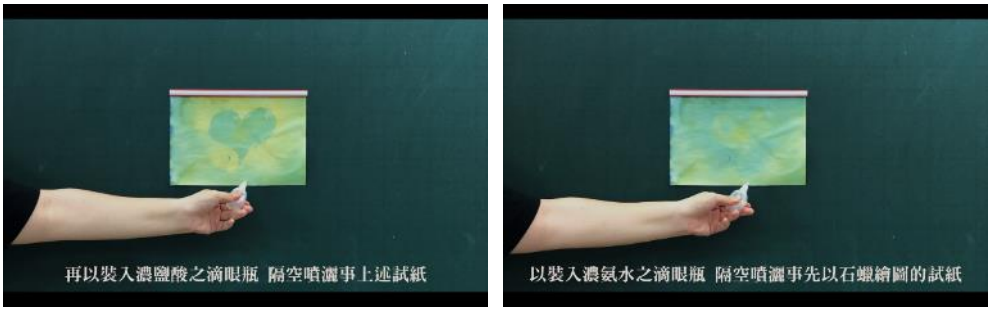


圖 9：隔空噴出濃鹽酸的煙霧（左）; 隔空噴出濃氨水的煙霧（右）

3. 提醒學生觀察試紙即將發生什麼變化。教師以手掌沾濕肥皂水，在試紙上拍打，如圖 10 所示。〔註：試紙可壓在黑板上。〕

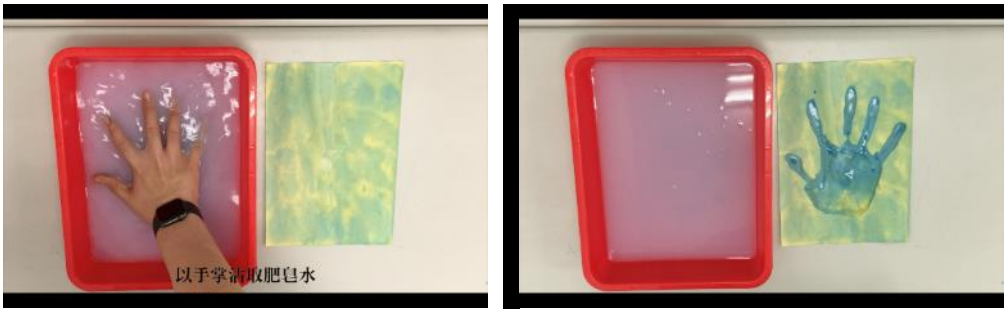


圖 10：手掌沾濕肥皂水（左）; 在試紙上拍打（右）

【示範二】固相–液相萃取：萃取薑黃素，製作薑黃試紙

(一) 藥品與器材

《示範用》寶特瓶（含未鑽孔瓶蓋和鑽孔瓶蓋，容量 600 mL，高透明度，瓶身無凹凸狀為佳） 1 個、藥用酒精（95% Ethyl alcoho1） 100 mL、薑黃粉 10 小匙（約 10 g）、濾紙（直徑 7-9 cm） 1 張、噴霧瓶（50 mL） 1 個、影印紙（白色 A4 大小） 3 張（數量依實際需要而定）、塑膠盆（盆底大於 A4） 1 個、吹風機 1 支。**《檢驗用》**燒杯（100 mL） 2 個、肥皂水（洗衣皂水更佳） 少量、稀鹽酸（Diluted hydrochloric acid, 約 1 M） 約 10 mL、磁鐵壓條（長約 30 cm） 3 條（數量依實際需要）、水彩筆（中大型） 2 支、濃氨水（Conc. ammonia water. 15 M） 約 5 mL、滴眼瓶（眼藥水瓶，20 mL） 1 個，如圖 11 所示。

圖 11：部分的藥品與器材

(二) 教師示範步驟

1. 用燒杯和漏斗，轉移約 100 mL 的藥用酒精到一個透明的寶特瓶中，如圖 12 所示。

圖 12：倒入藥用酒精到燒杯中（左）; 轉移到寶特瓶中（右）

2. 加入 10 小匙（藥匙的小端）的薑黃粉。蓋緊瓶蓋（未鑽孔）後，以上下和左右方式，激烈地搖晃瓶身約 1 分鐘，如圖 13 所示。

圖 13：加入薑黃粉（左）; 搖晃瓶身（右）

3. 取一張濾紙，蓋住寶特瓶的瓶口。用有鑽孔的瓶蓋，轉緊瓶蓋。倒置寶特瓶，擠出萃取液到一個噴霧瓶中，如圖 14 所示。

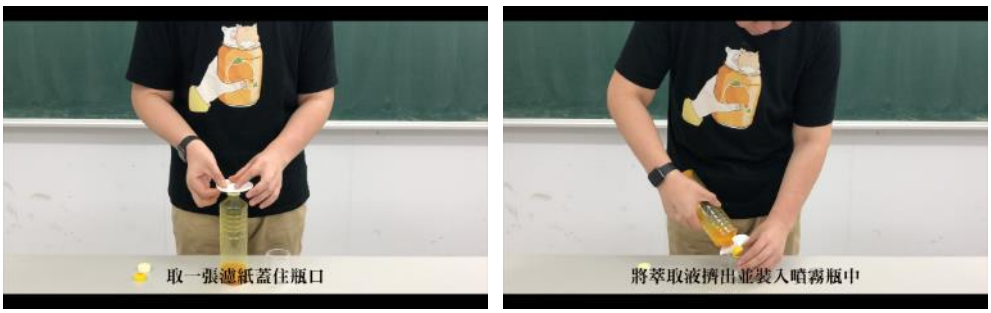


圖 14：濾紙蓋住瓶口（左）; 擠出萃取液到噴霧瓶中（右）

4. 放置一張白色影印紙在塑膠盆中，以噴霧瓶均勻地噴灑在白紙上；然後，吹風機吹乾薑黃紙，如圖 15 所示。

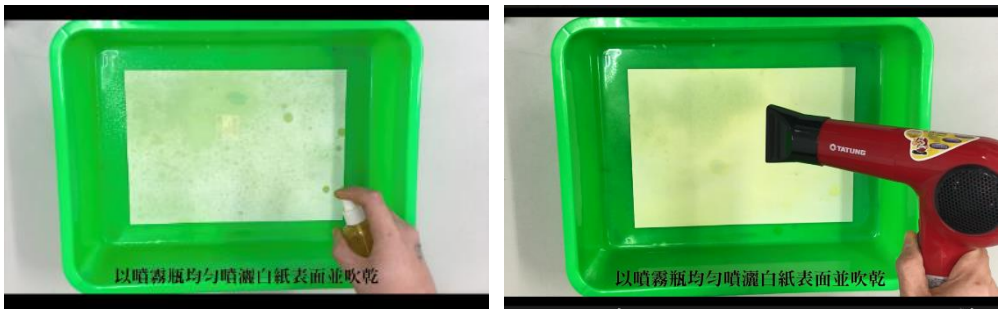


圖 15：噴灑萃取液在白紙上（左）; 吹乾薑黃紙（右）

(三) 檢驗萃取薑黃素的效果

1. 教師用毛筆，沾取肥皂水在薑黃紙上寫字（例如：CHEM）; 再用水彩筆，沾取稀鹽酸擦掉薑黃紙上的字，如圖 16 所示。〔註：薑黃紙可用磁鐵壓條壓在黑板上，方便學生觀察。〕

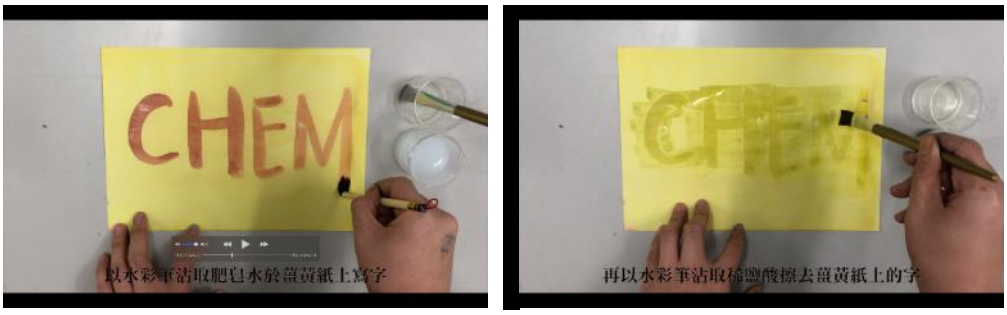


圖 16：用肥皂水在薑黃紙上寫字（左）; 用稀鹽酸擦掉字（右）

2. 教師事先用白蠟用力地在薑黃紙上寫字（例如：在三張薑黃紙分別寫出「今天」、「要考試」、「開玩笑的」，增加趣味性），用磁性壓條壓薑黃紙在黑板上。

3. 提醒學生觀察試紙即將發生什麼變化。教師手持一瓶裝有少許濃氨水的滴眼瓶，尖端開口對準第一張試紙，輕輕地擠壓滴眼瓶，隔空噴出濃氨水的煙霧。接著，分別對著第二和第三張試紙隔空噴灑，如圖 17A ~ 17C 所示。〔註 1：若出現的文字消失，可再次噴灑。註 2：觀看影片較清楚。〕〔注意：不要對著自己或他人噴灑。〕

圖 17A：隔空噴出濃氨水的煙霧，出現「今天」字樣（左）; 局部放大圖（右）。

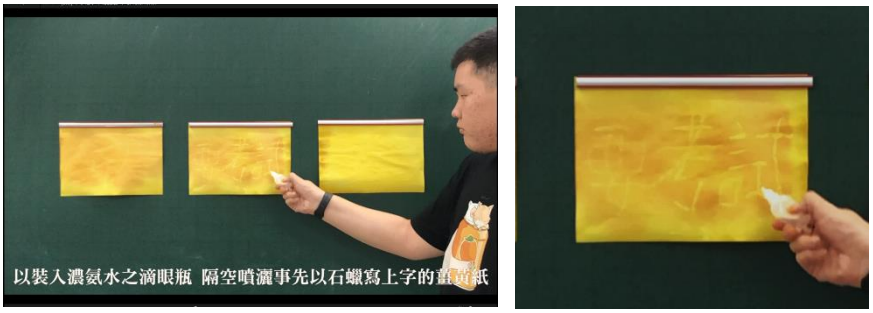


圖 17B：隔空噴出濃氨水的煙霧，出現「要考試」字樣（左）; 局部放大圖（右）。

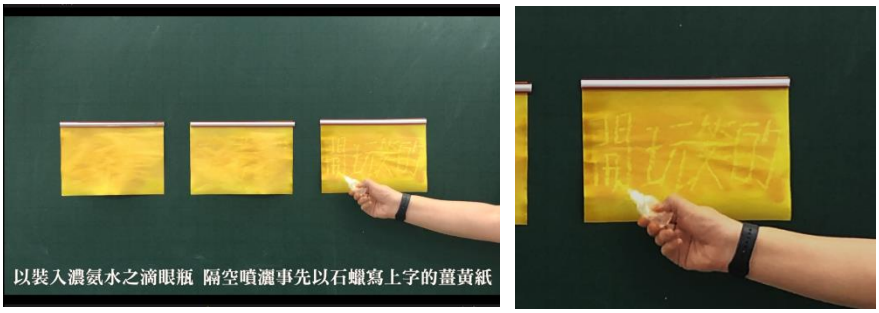


圖 17C：隔空噴出濃氨水的煙霧，出現「開玩笑的」字樣（左）; 局部放大圖（右）。

■ 學生動手做家庭實驗

【實驗一 A】液相–液相萃取：從口水萃取自己的 DNA

(一) 藥品與器材

塑膠杯（乾淨的，150 mL） 1 個、食鹽（食品級） 少許、小食鹽匙 1 支、室溫飲用水約 75 mL、筷子 1 支、透明玻璃杯（容量約 60 mL，長筒狀為佳） 1 個、清潔劑（洗碗精）少許、藥用酒精（精製酒精，95% Ethyl alcoho1） 約 75 mL、塑膠量杯（有尖嘴，200 mL）1 個，如圖 18 所示。

圖 18：藥品與器材

(二) 學生操作步驟

〖做法一〗使用漱口食鹽水，再添加食鹽

1. 取一個乾淨的塑膠杯，加入 2 小匙（平匙，約 3.2 g）的食鹽，裝約 1/3 杯（約 50 mL）的室溫飲用水。用筷子攪拌直到完全溶解。
2. 口含食鹽水，漱口 1 至 2 分鐘。吐出漱口食鹽水到原來的塑膠杯中。
3. 取一個小的長筒狀透明玻璃杯（容量約 60 mL），倒入約半滿（約 25 mL）的漱口食鹽水。加入 1 小匙（平匙，約 1.6 g）的食鹽和 2 滴的清潔劑，如圖 19 所示。〔註：輕按清潔劑瓶的壓頭才會形成液滴狀；用力按壓會擠出大量的清潔劑。〕

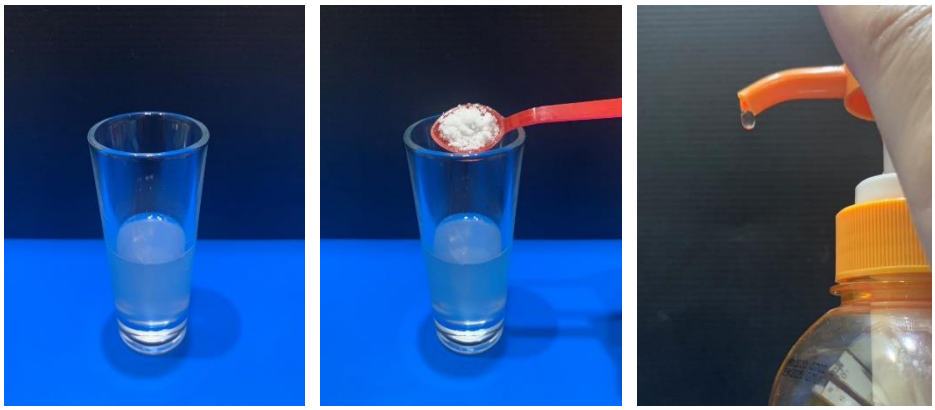


圖 19：半滿漱口食鹽水（左）；加入 1 小匙食鹽（中）；2 滴清潔劑（右）

4. 用筷子，攪拌直到食鹽完全溶解且清潔劑均勻分散在漱口水中，時間約 1 至 2 分鐘，如圖 20 左所示。〔註 1：避免攪拌過快而造成漱口水碰到杯壁或生成泡沫，否則會影響後續的觀察。註 2：若食鹽未完全溶解，攪拌時筷子尖端與杯底會有研磨感；若清潔劑未均勻分散在漱口水中，攪拌時會見到液滴狀。〕
5. 倒入約 25 mL 的藥用酒精到一個有尖嘴的塑膠量杯。以傾斜方式，緩慢地倒入藥用酒精沿著玻璃杯內壁流下，而形成上下兩層液體，如圖 20 中和右所示。

圖 20：攪拌食鹽和清潔劑（左）; 酒精沿著杯內壁流下（中）; 出現兩層液體（右）

6. 檢驗萃取效果：靜置分層溶液，觀察兩層液體之間和上層液中生成白色漂浮物的過程，如圖 21 所示。(註：白色漂浮物含有 DNA。)

圖 21：觀察白色漂浮物的生成（左）; 生成量隨時間越來越多（中和右）

〖做法二〗直接使用口水

1. 不必製備漱口食鹽水，省略做法一的步驟 1 至 3。只需要口中含些許的食鹽水，漱口約半分鐘，吐掉食鹽水。然後，讓自己的口水直接流到一個長筒狀玻璃杯中，體積約玻璃杯的 1/6（約 10 mL），如圖 22 左所示。
2. 在做法一的步驟 4 中，加入半小匙（約 0.8 g）的食鹽和 1 滴的清潔劑。在做法一的步驟 6 中，使用約半杯（約 25 mL）的藥用酒精，如圖 24 左所示。其餘步驟與做法一的步驟 5 和 7 相同，如圖 22 中和右所示。

圖 22：加入食鹽和清潔劑到口水中（左）；用筷子攪拌（中）；加入藥用酒精（右）

3. 檢驗萃取效果：靜置分層溶液，觀察在兩層液體之間和上層液中生成的白色漂浮物，如圖 23A 和 B 所示。

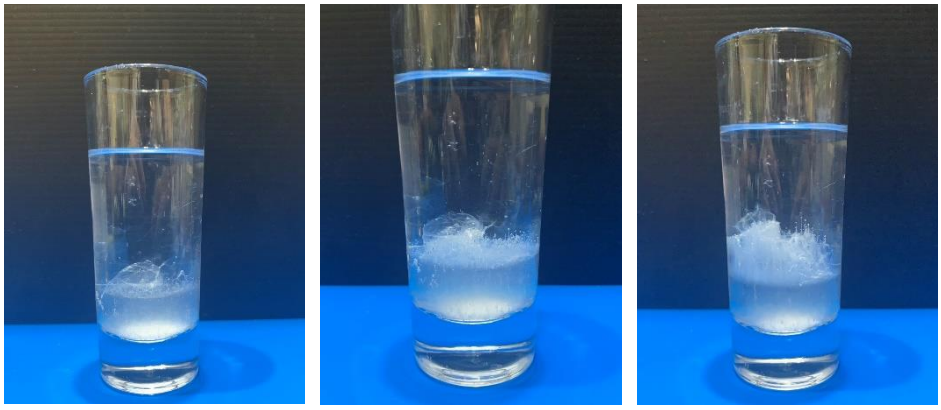


圖 23A：生成白色漂浮物的啟始階段（左）；中途階段一（中）；中途階段二（右）

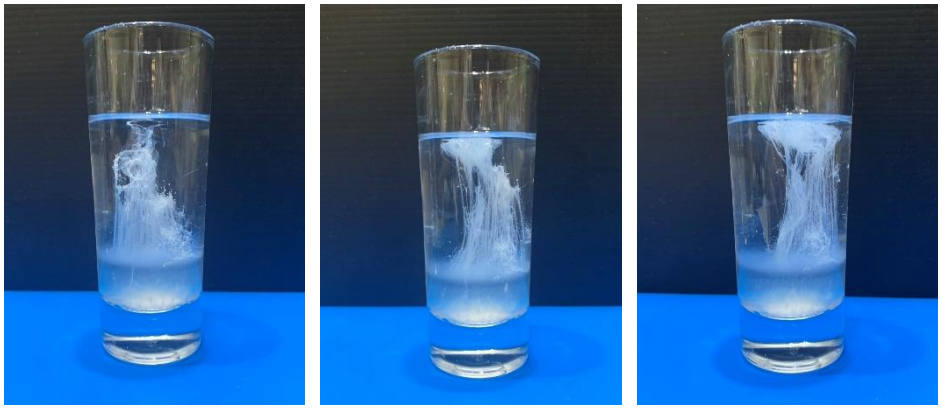


圖 23B：生成白色漂浮物的後面階段一（左）；後面階段二（中）；後面階段三（右）

4. 比較做法一與做法二的萃取效果，如圖 24 所示。

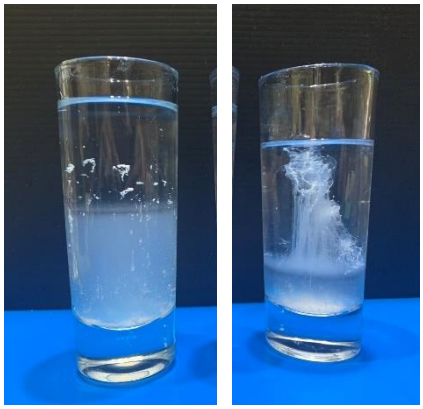


圖 24：做法一的白色絲狀物量較少（左）；做法二的白色絲狀物量較多（右）

【實驗一 B】液相–液相萃取：從鮮乳萃取 DNA

(一) 藥品與器材

透明玻璃杯（容量約 60 mL，長筒狀為佳） 1 個、鮮乳（牛乳） 約 25 mL、食鹽 少許、

小食鹽匙 1 支、清潔劑(洗碗精) 少許、筷子 1 支、藥用酒精(精製酒精，95% Ethyl alcoho1)約 25 mL、塑膠量杯(有尖嘴，200 mL)，如圖 25 所示。

圖 25：藥品與器材

(二) 學生操作步驟

1. 取一個小的長筒狀透明玻璃杯(容量約 60 mL)，倒入約半滿(約 25 mL)的鮮乳。加入 1 小匙(平匙，約 1.6 g)的食鹽和 2 滴的清潔劑，如圖 26 所示。

圖 26：倒入鮮乳到玻璃杯中(左)；加入食鹽(中)；加入清潔劑(右)

2. 用筷子，攪拌直到食鹽完全溶解且清潔劑均勻分散在鮮乳中，時間約 1 至 2 分鐘，如圖 29 左所示。
3. 倒入約 25 mL 的藥用酒精到一個有尖嘴的塑膠量杯，如圖 27 中所示。以傾斜方式，緩慢地倒入藥用酒精沿著玻璃杯內壁流下，而形成上下兩層液體，如圖 27 右所示。

圖 27：攪拌食鹽和清潔劑（左）; 倒入藥用酒精（中）; 形成兩層液體（右）

4. 檢驗萃取效果：靜置分層溶液，觀察兩層液體之間和上層液中白色漂浮物的生成過程，如圖 28 所示。（註：白色漂浮物含有 DNA。）

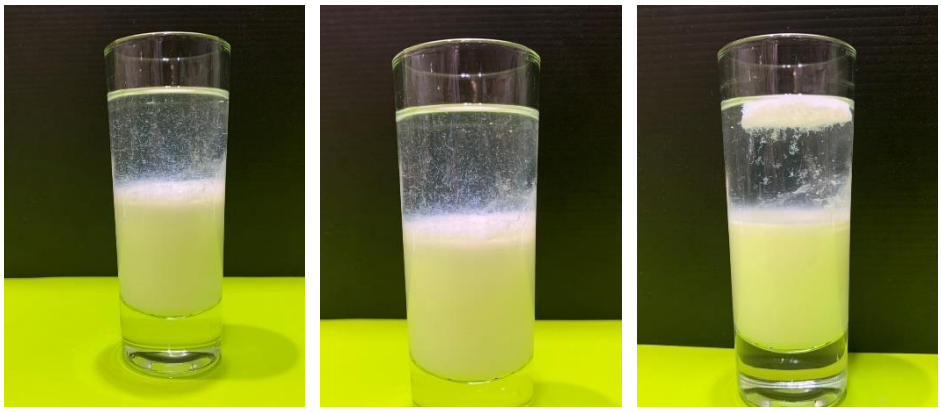


圖 28：觀察白色漂浮物的生成（左）; 生成量隨時間越來越多（中和右）

【實驗二 A】固相–液相萃取：用植物油萃取檸檬皮的檸檬油，製作天然護膚乳液

(一) 藥品與器材

消毒酒精（75% Ethyl alcoho1） 10 mL、衛生紙 2 張、檸檬 大的 1 顆（或小的 2 顆）、廚房刨絲器 1 支、瓷碗 1 個、咖啡攪拌棒 1 支、塑膠量杯（200 mL） 1 個、初榨橄欖油 150-200 mL、金屬湯匙 1 支、護膚精油壓瓶 1 個、護膚滴瓶 1 個、不鏽鋼細濾網 1 個，如圖 29 所示。

圖 29：藥品與器材

(二) 學生操作步驟

1. 衛生紙沾少許的 75%消毒酒精，擦拭一個大的或兩個小的檸檬果皮，約幾秒鐘就可消毒並乾燥橘子皮。
2. 用廚房刨絲器，刨掉整顆檸檬皮成為顆粒狀到一個瓷碗中，避免刨掉果皮的白色髓部，如圖 30 所示。〔註 1：當刨掉果皮時，可感覺果皮的油包被削破的清脆聲（油包含有檸檬精油）; 若刨到白色內皮，則無清脆聲。註 2：若無刨絲器，可用削皮器替代，但後續需用刀子切碎果皮成顆粒。〕〔注意：刨絲器的金屬孔像刀片一樣鋒利，務必小心使用。〕

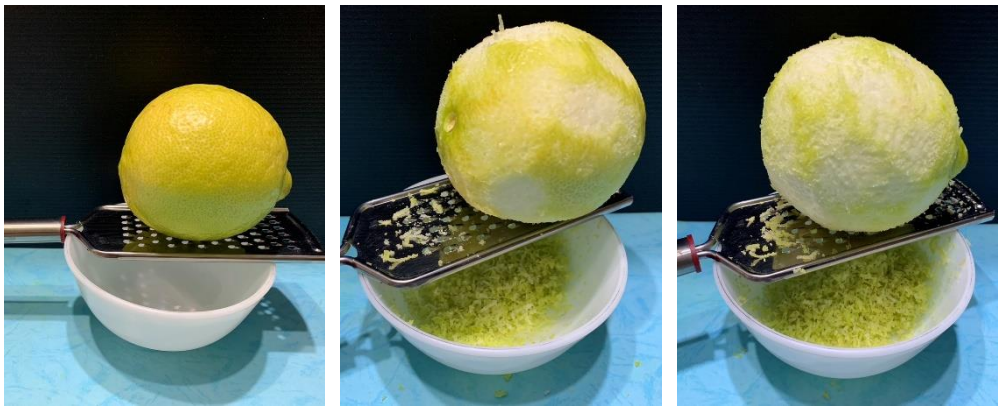


圖 30：檸檬和刨絲器（左）; 刨掉部分的檸檬皮（中）; 刨掉幾乎個整檸檬皮（右）

3. 用咖啡攪拌棒，移去在刨絲器下方的顆粒到碗中，並且收集在碗外的顆粒到碗中，以增加取得量。
4. 用塑膠量杯，量取 1/2 杯（約 137 mL）的初榨橄欖油，轉移到碗中，如圖 31 所示。〔註：可選擇使用味道較淡的植物油，例如：花生油、葡萄籽油、酪梨油或葵子油。〕

圖 31：量取初榨橄欖油（左）; 轉移到碗中（右）

5. 用金屬湯匙，攪拌在碗中的檸檬皮顆粒和橄欖油，並用湯匙擠壓檸檬皮顆粒，促使檸檬皮內的油包被壓破，時間約 15 分鐘或以上。〔註：攪拌並擠壓越多次，溶解檸檬精油在油中的量就越多。〕
6. 直接取得護膚乳液：靜置數分鐘，直到檸檬皮顆粒與橄欖油有明顯的分層。用金屬湯匙，

逐次地取得澄清的上層（油層），轉移到原來的量杯中，直到澄清油層幾乎完全被轉移。然後，轉移澄清油（護膚乳液）到一個護膚滴瓶或精油壓瓶中，如圖 32 所示。

圖 32：用湯匙轉移油層到原來的量杯中（左）; 轉移護膚乳液到護膚滴瓶中（右）

7. 過濾取得護膚乳液：放置一個不鏽鋼細濾網在原來的塑膠量杯上。用金屬湯匙，逐匙地轉移在碗中剩下的混合物到細濾網內，直到所有的混合物轉移完畢，得到過濾的澄清油（護膚乳液）。轉移塑膠量杯中的澄清油到另一個護膚滴瓶或精油壓瓶中，如圖 33 所示。〔註：此護膚乳液可滴加少量的甘油，增加對皮膚的保濕性。〕

圖 33：過濾得到澄清油（左）; 轉移澄清油到壓瓶中（右）

8. 檢驗萃取效果：聞一聞直接取得和過濾取得的護膚乳液的氣味，並比較護膚乳液與初榨橄欖油的氣味。滴一滴護膚乳液在皮膚上，並塗抹均勻。

【實驗二 B】固相–液相萃取：用酒精萃取橘子皮的檸檬精油，製作環保清潔劑

(一) 藥品與器材

消毒酒精（75% Ethyl alcoho1） 約 200 mL、衛生紙 3 張、橘子 大的 1 顆（或小的 2 顆）、廚房用刨絲器 1 支、瓷碗 1 個、金屬湯匙 1 支、廚房用壓泥器 1 個、咖啡攪拌棒 1 支、PE 滴管（3 mL） 1 支、廚房用量匙（4 支） 1 套、食鹽 少許、不鏽鋼細濾網 1 個、塑膠量杯（200 mL） 1 個、咖啡過濾紙 2 張、玻璃罐（附蓋，200-250 mL） 1 個、噴霧瓶（約 100 mL） 1 個。寶特瓶（空的，600 mL） 2 個、椰子油起泡劑 約 250 mL、慕斯瓶（泡沫瓶，500 mL） 1 瓶、飲用水 約 600 mL，如圖 34 所示。

圖 34：製作環保清潔劑的藥品與器材（左）; 製作洗碗精的材料（右）

(二) 學生操作步驟

1. 衛生紙沾少許的 75%酒精，擦拭一個大的或兩個小的橘子果皮，約幾秒鐘就可消毒並乾燥橘子皮。
2. 用廚房刨絲器，刨掉整顆橘子皮成顆粒狀在一個瓷碗中，避免刨掉果皮的白色髓部，如圖 35 所示。

圖 35：橘子和刨絲器（左）; 刨掉部分的橘子皮（中）; 刨掉幾乎整顆的橘子皮（右）

3. 用衛生紙，以逆方向擦拭，小心地移去在刨絲器下方的橘子皮顆粒到碗中，並且收集在碗外的橘子皮顆粒到碗中，以增加取得量。
4. 用金屬湯匙，逐次地轉移在碗中的橘子皮顆粒到一支壓泥器中，擠壓橘子皮顆粒到一個透明的玻璃罐中，這需要多次操作才能完成，如圖 36 所示。〔註：此舉是為了促使油包破裂，易於後續的萃取。〕

圖 36：準備壓泥器（左）; 擠壓橘子皮顆粒（右）

5. 在轉移且擠壓完畢後，先用咖啡攪拌棒轉移顆粒到壓泥處並擠壓，再用 PE 滴管吸取少許的 75%酒精，潤洗壓泥處的顆粒，如圖 37 所示。

圖 37：用咖啡攪拌棒轉移顆粒（左）; 用滴管潤洗壓泥處的顆粒（右）

6. 加入 75%酒精直到覆蓋整個橘子皮，並加入一茶匙（約 8.2 g）的食鹽，如圖 38 所示。

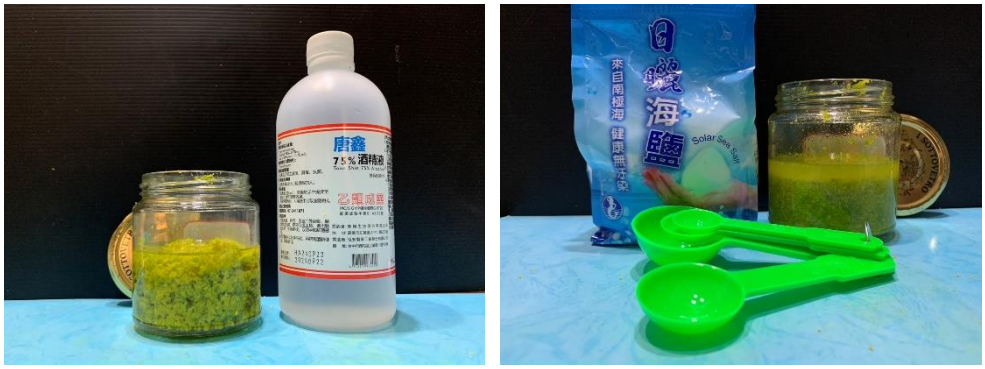


圖 38：加入酒精（左）; 加入食鹽（右）

7. 用金屬湯匙，攪拌罐內的混合物，並用湯匙擠壓橘子皮顆粒，需時 10 分鐘或以上。
8. 放置一個不鏽鋼細濾網在塑膠量杯上，在濾網上放置一張咖啡過濾紙，如圖 39 左所示。
9. 用金屬湯匙，逐匙地轉移玻璃罐中的溶液到濾紙內，直到幾乎所有萃取液被過濾，如圖 39 中所示。若過濾很慢，先包緊濾紙並以旋轉方式擠壓，促使萃取液流出，如圖 39 右所示。

圖 39：準備過濾裝置（左）；轉移萃取液到濾紙中（中）；擠壓濾紙促使溶液流出（右）

10. 使用一張新的咖啡過濾紙，再次加入 75%酒精到玻璃罐中，直到覆蓋整個果皮屑，並加入 1 茶匙（約 8.2 g）的食鹽。
11. 重複步驟 7 至 9，進行第二次萃取，如圖 40 所示。兩次合併的過濾液體積約 150 mL，過濾液的顏色取決於橘子果皮的顏色。

圖 40：轉移含顆粒溶液到濾紙內（左）；過濾幾乎全部的液體（右）

12. 轉移玻璃罐的澄清溶液到一個中型的噴霧瓶（約 100 mL）。用少量的 75%酒精潤洗玻璃罐內的殘留液，轉移到噴霧瓶中。〔註：此殘留液含有少量的檸檬精油。〕
13. 檢驗萃取效果—觀察檸檬精油層：靜置噴霧瓶數分鐘到 1 小時，觀察酒精溶液的上方出現油狀的液滴或一層精油層。靜置到隔天，可觀察到較厚的精油層，如圖 41 所示。

圖 41：數分鐘後可看到精油析出（左）；約 1 小時出現明顯的分層（中左）；約 3 小時分層

厚度變大（中右）；隔天分層厚度更大（右）

14. 取得油垢清潔劑：噴霧瓶內的橘子皮酒精溶液（精油萃取液）可當作油垢清潔劑。試試看清洗油污的效果。〔註 1：存放時要遠離火源。註 2：這油垢清潔劑可清除瓦斯爐或抽油煙機的油污，電器表面的髒污；但不適合噴灑在木頭材質的物品上。註 3：若此清潔劑加入小蘇打，可去除頑強的污垢。〕

15. 配製環保洗碗精：(1)準備製作洗碗精的材料，如圖 34 右所示；(2)取一個塑膠量杯，倒入約 80 mL 的精油萃取液，再加入約 80 mL 的 70%椰子油起泡劑，如圖 42 所示；(3)先用筷子攪拌起泡劑成較小的陀狀，再倒入一個寶特瓶中，蓋緊瓶蓋，激烈地搖盪促使起泡劑完全溶解，如圖 43 左所示；(4)加入約 240 mL 的飲用水到寶特瓶中，激烈地搖盪促使整個溶液溶解，此溶液可當作環保洗碗精，如圖 43 中和右所示；(5)在噴霧瓶中剩下的精油萃取液，同樣地依照比例混合，精油萃取液：70%椰子油起泡劑：飲用水 ＝ 1：1：3（大約體積比）。〔注意：精油萃取液、椰子油起泡劑和水，三者加一起混合，起泡劑較不易溶解，如圖 44 所示。〕

圖 42：轉移精油萃取液到塑膠量杯中（左）；加入椰子油起泡劑（右）

圖 43：先混合均勻精油萃取液和起泡劑（左）；再加水混合（中）；起泡劑較易溶解（右）

圖 44：精油萃取液、起泡劑和水直接加到寶特瓶中（左和中）；三者一起混合，起泡劑較不易溶解（右）

16. 轉移環保洗碗精到噴霧瓶、按壓瓶或慕斯瓶（泡沫瓶）中，如圖 45 所示。試試看自製環保洗碗精的清洗效果。〔註：可用於清洗碗筷、刷洗地板及除去油污等。〕

圖 45：三者一起混合在左瓶，先混合前二者再加水混合在右瓶，（左）；環保洗碗精裝入噴霧瓶和慕斯瓶中（右）

■ 原理和概念

一、 萃取

萃取（Extraction）是實驗室中常見的分離技術之一，依照物質在不同溶劑中的溶解度差異來分離混合物中的特定物質。其基本原理是將目標物質從一種溶劑轉移到另一種溶劑中，藉此達到分離的目的。萃取可分為多種類型，包括液相—液相萃取、固相—液相萃取、酸鹼化學萃取以及超臨界流體萃取等。液相—液相萃取（Liquid-liquid extraction）是最常見的萃取方法，涉及兩種不互溶或微溶的液體，其中一種是溶液，另一種是萃取溶劑。當溶液中的目標物質在萃取溶劑中的溶解度較高時，它會從原始溶液轉移到萃取溶劑中。固相—液相萃取（Solid-liquid extraction）適用於固體中萃取目標物質，通常混合固體樣品與不互溶或微溶的液體溶劑，目標物質會從固體轉移到溶劑中。一般來說，使用少量溶劑進行多次萃取比用大量溶劑進行一次萃取效果更好，這是因為多次萃取可以更有效地將目標物質從溶液或固體中

轉移到萃取溶劑中（Palleros, 1995）。

理想萃取溶劑的條件：(1)不互溶或微溶的一對溶劑：萃取溶劑必須與待萃取溶液不互溶，高極性的水和低極性的有機溶劑是很好的配對；(2)對目標化合物有很好的溶解性：存在於溶液中的待萃取化合物應該可溶於萃取溶劑；(3)對雜質的溶解度差：主要雜質不應該溶於萃取溶劑中；(4)萃取溶劑具高揮發性：萃取溶劑應該具有很好的揮發性，以便可以透過蒸餾容易地從萃取物中除去雜質；(5)萃取溶劑的無毒性和安全性佳：通常希望溶劑是無毒且不易燃（Organic Web Chem, 2024 & NA, 2024）。

二、鹽析

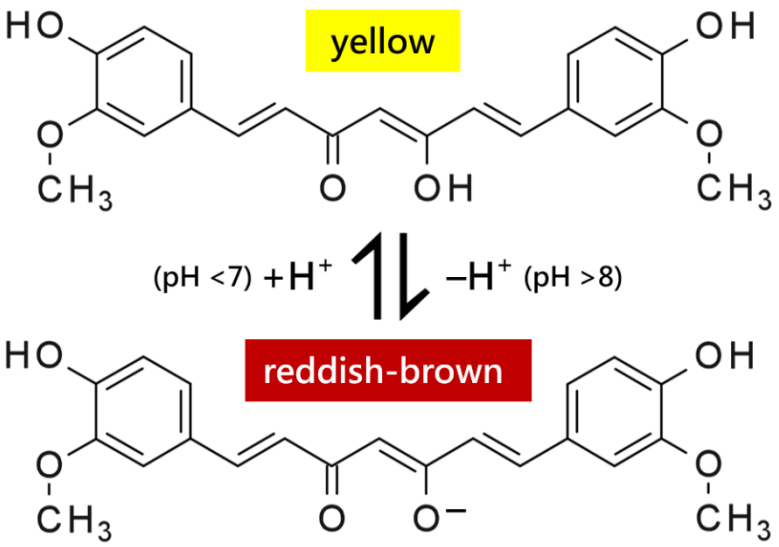
鹽析（Salting out）是一種利用某些分子在離子強度非常高的溶液中降低其溶解度的純化技術。當鹽類在水溶液中解離而增加離子濃度時，造成高強度離子的水溶液，一些水分子會被鹽類的陰陽離子相互吸引，進而減少可與萃取物帶電部分相互作用的水分子數量，使得萃取物被析出而沉澱或懸浮（Wikipedia, 2024b & LibreTexts libraries, 2024）。在教師示範實驗中，利用碳酸鉀進行鹽析，藉由加入碳酸鉀使水分子與其解離的鉀離子和碳酸根離子發生水合作用（hydration），增加各指示劑分子的疏水性而溶解在有機溶劑中。在學生動手做實驗中，利用食鹽進行鹽析，藉由加入氯化鈉使水分子與其鈉離子和氯離子發生水合作用，也使酒精分子與其鈉離子和氯離子發生溶劑合作用（solvation），因而降低檸檬精油在酒精中的溶解度，導致析出而分層。

三、酸鹼指示劑

廣用指示劑（Universal indicator）通常由酚酞、甲基紅、溴百里酚藍、百里酚藍、1-丙醇、氫氧化鈉、亞硫酸氫鈉和水所組成（Wikimedia, 2024c）。水溶液在加入廣用指示劑後，其 pH 值的顏色為：從紅色（pH ≤3）到橙黃色（pH 4-6）表示酸性溶液，綠色（pH 7）表示中性溶液，藍色（pH 8-10）到紫色（pH ≥11）表示鹼性溶液。廣用指示劑的主要成分為極性低的有機物，本次萃取實驗利用極性低的乙酸乙酯萃取廣用指示劑的各種化合物。

薑黃素（Curcumin）是一種亮黃色化學物質，在化學上薑黃素是一種多酚，更具體地說是一種二芳基庚烷（diarylheptanoid），屬於薑黃素類，薑黃素是薑黃呈黃色的化合物（Wikimedia, 2024d）。薑黃含有豐富的薑黃素，具特殊氣味。薑黃素分子介於極性與非極性之間，不易溶解於水中而易溶解於乙醇、乙酸及丙酮等物質中。本實驗利用酒精萃取薑黃內的薑黃素。薑黃素有二種酸鹼形式：pH 值低於 7 時呈黃色，高於 8 時呈紅棕色。其文字簡述式的反應式，如式[1]所示；其結構式的反應式，如式[2]所示：

$$\text{HCur (yellow)} + OH^- \rightleftharpoons \text{Cur}^- \text{ (reddish-brown)} + H_2O \qquad [1]$$



[2]

四、 檸檬精油與檸檬烯

檸檬、橘子、柳丁、柳橙、柚子及文旦等柑橘類果皮都有豐富的檸檬精油。檸檬精油的功效源自於多種化合物，其中最主要的是檸檬烯（limonene）、蒎烯（pinene）和萜品醇（terpineol）。檸檬烯是一種單萜化合物，常見於柑橘類的果皮中，並且具有不同的光學異構物：*d*-檸檬烯和 *l*-檸檬烯，這些異構物的氣味特徵顯著不同，*d*-檸檬烯帶有典型的柑橘類香氣，通常被描述為柳橙的香味，這也是自然界中最常見的形式；而 *l*-檸檬烯則有類似松樹或松節油的刺鼻氣味，較為少見。*d*,*l*-檸檬烯則是兩者的混合物。檸檬烯是無色的液體，溶於苯、氯仿、乙醚、乙醇、二硫化碳和油，但不溶於水。其沸點約為 176°C，密度為 0.8411 g/cm³（Wikimedia, 2024e & PubChem, 2024）。

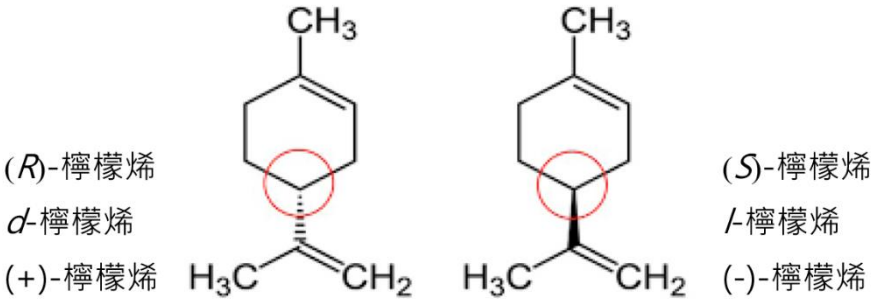


圖 48：紅色圓圈代表立體幾何碳；(*R*)-檸檬烯、*d*-檸檬烯、(+)-檸檬烯（左）；(*S*)-檸檬烯、*l*-檸檬烯、(-)-檸檬烯（右）。（圖片來源：http://surl.li/vbnwej）

檸檬烯具有很多實用的特性，特別是在香氣和化學性質上。檸檬烯的抗氧化和抗發炎特性也使其在科學研究中受到關注。在精油的應用中，檸檬烯對於濃縮精油和稀釋精油的氣味有顯著的差異。濃縮精油中的檸檬烯會使氣味更加強烈且複雜，而稀釋後的精油則會因為檸檬烯的濃度較低，香氣較為柔和，更適合直接塗抹於皮膚，使用起來也更安全（Sharp, 2024）。

■ 教學指引和延伸問題

一、 教學指引

1. 作者設計的萃取實驗預期達成四項學習目標：(1)從教師示範和動手做實驗中，理解萃取的原理和概念；(2)從動手做實驗中，學會快速萃取的作法和操作技巧；(3)從動手做實驗中，學會利用萃取實驗製作天然護膚乳液、環保油垢清潔劑和環保洗碗精；以及(4)樂意地續做有關萃取的探究與實作的延伸問題。
2. 在 POE 和 POEC 的教學過程中，解釋原理在觀察現象之後，這樣的教學對具爭議的觀察結果進行討論將使學習更有價值（邱美虹等，2005）。再者，“tell and show'（講述和展示）、“show and tell”（展示和講述）及“show and discuss”（展示和討論）是常見的三種的教學策略。傳統上以“tell and show”的教學策略居多，然而一些研究顯示“show and discuss”有正面的學習效果，例如：“show and discuss”教學強調如何促進有意義的對話，加深學生的理解（Chapin, 2013）。因此，強烈建議教師採用教學策略以“show and discuss”為優先考慮，亦即教師先示範或學生先動手做實驗後才進行討論原理和概念。
3. 在教師示範方面，教師應該考慮娛樂性與教育性並重的教學，以增進學生學習的興趣（楊水平，2021）。
4. 作者設計二份學習單：(1)教師示範萃取實驗學習單（附錄一）；和(2)教學生動手做萃取實驗學習單（附錄二），提更給教師教學的參考。
5. 作者設計二單元的教師示範實驗和四單元的學生動手做實驗，涉及很多的原理和概念，值得與學生一起討論。作者在下面提供一些課堂討論的問題。
6. 作者設計的四單元實驗均為定性實驗（僅止於觀察），建議教師讓學生發想並繼續進行深入的實驗。作者在下面提供一些延伸探究與實作的問題。
7. 建議教師與學生討論影響萃取速率的因素(萃取的動力學): 溫度、溶劑性質(溶劑的極性、粘度及溶解度)、顆粒大小、攪拌速率、溶劑/固體比、萃取時間、壓力（如超臨界流體萃取）、pH 值和化學反應（涉及到化學反應的萃取）等。
8. 事先評估化學示範和學生動手做實驗的風險是教師的責任。

二、 課堂討論的問題

1. 在萃取實驗中，為何使用乙酸乙酯萃取廣用指示劑的各種化合物？為何使用酒精萃取 DNA 和檸檬油？還有何種液體可當作萃取溶劑？並評估其優缺點。
2. 在萃取實驗中，為何萃取廣用指示劑時需要加入碳酸鉀，萃取 DNA 和檸檬精油需要加入食鹽？還有哪些鹽類可取代碳酸鉀和食鹽？並評估其優缺點。
3. 在「檢驗萃取廣用指示劑的效果」時，進行隔空噴出濃鹽酸和濃氨水的煙霧，分別會出現

什麼顏色？為什麼會發生這些顏色變化？

4. 在「檢驗萃取薑黃素的效果」時，進行隔空噴出濃氨水的煙霧，會出現什麼顏色？為什麼會發生顏色變化？
5. 在「萃取薑黃素」中，除了使用藥用酒精當作萃取溶劑之外，還有哪些家用產品可當作萃取溶劑？並評估其優缺點。
6. 在「用植物油萃取檸檬皮的檸檬油」中，製作護膚乳液除了使用初榨橄欖油之外，還有哪些氣味較淡的植物油可當作護膚乳液的載體油？
7. 在「用酒精萃取橘子皮的檸檬烯」中，為何再次使用 75%酒精進行第二次的萃取？
8. 針對「液相–液相萃取」與「固相–液相萃取」實驗，比較其相同處和相異處。
9. 選擇萃取溶劑的最佳條件是什麼？在各實驗中有哪些作法符合最佳條件？
10. 影響萃取速率的因素有哪些？在各實驗中有哪些作法加速萃取的速率？
11. 在日常生活中，有哪些實例運用到萃取的原理和概念？

三、 探究與實作的問題

1. 探究添加鹽類（例如：碳酸鉀和食鹽）的量對萃取物（例如：DNA 和檸檬精油）的量有何影響？〔需要考慮萃取物的量如何從定性觀察提升到定量測量。〕
2. 探究添加酒精的濃度（例如：95%、75%、50%及 25%）對萃取物（DNA 和檸檬精油）的量有何影響？
3. 探究添加酒精的量（體積）對萃取物（DNA 和檸檬精油）的量有何影響？
4. 探究添加不同物質（例如：食鹽、蔗糖、檸檬酸、小蘇打及生石灰等）對萃取物（DNA 和檸檬精油）的量有何影響？
5. 設計並製作一項可以永久保存自己 DNA 的私藏作品（可能的想法：自己 DNA 存放在樣品瓶中且永久懸浮在瓶中，染色自己 DNA 黏貼在卡片上並護貝等）。
6. 在液相–液相萃取中，使用樣品（口水和鮮乳）都來自動物，試做並找到兩種（例如：蔬菜和水果）可容易萃取出 DNA 的植物樣品。〔可能需要考慮添加蛋白質分解酶，例如：鳳梨汁和奇異果汁。〕
7. 找出從橘子皮萃取檸檬精油量的最佳條件。（可能影響因素有：橘子皮的大小、橘子皮白色髓部的量、酒精的使用量、酒精的濃度、食鹽的使用量、萃取的時間及萃取的溫度等。）
8. 調查相同果汁且不同取得來源（例如：100％還原果汁、鮮榨果汁和非鮮榨果汁）對萃取 DNA 的量是否相同。

■ 實驗注意和廢棄物處理

1. 教師示範實驗時應該注意安全防護，務必穿實驗衣、戴乳膠手套及安全眼鏡。學生動手做家庭實驗也要注意實驗安全。
2. 教師示範時，應該在通風良好或有抽風設備的教室或實驗室。當隔空噴出濃鹽酸和濃氨水的煙霧時應該注意噴出的方向，避免噴到自己和學生。
3. 濃鹽酸和濃氨水及其煙霧對皮膚和眼睛有刺激性，對呼吸管道有強的刺激性。若皮膚接觸，立即用水沖洗。若進入眼睛，用水小心地清洗數分鐘。若不慎吸入，立即移到空氣新鮮處。若接觸皮膚眼睛嚴重或吸入嚴重，立即就醫治療。
4. 教師示範液相-液相萃取的有機層含有乙酸乙酯，未用畢的有機液體應該倒入「有機溶劑」廢棄桶中。教師示範萃取薑黃素和學生動手做萃取檸檬精油的有機層含有酒精，未用畢的酒精溶液可用大量流水沖掉。
5. 使用有機溶劑 (乙酸乙酯和高濃度的酒精)，必須避開明火。若萃取後殘留的柑橘類果皮顆粒含有酒精，必須用水沖淡酒精，果皮顆粒當作廚餘丟棄。

■ 附錄

附錄一：教師示範萃取實驗學習單。下載 pdf 檔案

附錄二：學生動手做萃取實驗學習單。下載 pdf 檔案

■ 參考資料

邱美虹、林世洲、湯偉君、周金城、張榮耀、王靜璇合著（2005）。**科學創意實驗書**。台北市：洪葉文化。

教育部（2018）。**十二年國民基本教育課程綱要：國民中小學暨普通型高級中等學校自然科學領域**。臺北市：教育部。

楊水平（2021）高中化學教材教法專書導讀：第十章 化學示範教學。**臺灣化學教育**，44。取自 https://chemed.chemistry.org.tw/?p=41060。

Chapin, S. H.; O'Connor, C.; and Anderson N. C. (2013). *Classroom Discussions in Math: A Teacher's Guide for Using Talk Moves to Support the Common Core and More, Grades K-6.* Scholastic, Inc., Sausalito, California, USA.

LibreTexts libraries (2024). Salting Out. Retrieved December 1, 2024, from http://surl.li/uryvha.

NA (2024). Solvent extraction. Retrieved December 1, 2024, from http://surl.li/ssxwos.

Organic Web Chem (2024). Conditions for ideal extraction solvents. Retrieved December 1, 2024, from http://surl.li/dbximu.

Palleros, Daniel R. (1995). Liquid-Liquid Extraction. Retrieved December 1, 2024, from

http://surl.li/ddmhls.

PubChem (2024). (+)-Limonene. Retrieved December 1, 2024, from http://surl.li/busdou.

Sharp, Yasmin. (2024). 8 Benefits and Uses of Lemon Oil. Retrieved December 1, 2024, from http://surl.li/rvjdxm.

Wikipedia (2024a). Ethyl acetate. Retrieved December 1, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Ethyl_acetate.

Wikipedia (2024b). Salting out. Retrieved December 1, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Salting_out.

Wikimedia (2024c). Universal indicator. Retrieved December 1, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_indicator.

Wikimedia (2024d). Curcumin. Retrieved December 1, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Curcumin.

Wikimedia (2024e). Limonene. Retrieved December 1, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Limonene.