

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

(鄉土)教材獎

080202

首「麴」一指一天然無毒指甲油

學校名稱：臺北市私立靜心高級中學(國小部)

作者： 小六 黃宸微 小六 游致儀 小六 蘇芳禾 小六 林家瑄 小六 王彥鈞	指導老師： 王晶瑩 蔡垂其
---	-----------------------------

關鍵詞：自製紅麴指甲油、紅麴色素、聚矽氧烷

摘 要

以圓、長、紅、黑糯米萃取紅麴色素製成天然指甲油。自製紅麴色素主要吸收峰波長425nm，紅糯米色素收率最高9.25(mg/g)。紅糯米經55天發酵，色素萃取率1.55(g/100 mL)最高，最佳萃取條件：乙醇濃度85%、紅麴樣本：乙醇1:10(g: mL)、20小時萃取、溫度60°C，萃取環境中、弱酸性時，紅麴色素萃取率不受pH值影響，自製紅麴pH值皆4，不易生橘黴素是無毒色素原料。自製指甲油最佳條件：玉米澱粉(催化劑)加100 cps矽油比例1:3(g: mL)，添加1%明膠(塑形劑)、1%海藻酸鈉溶液(薄膜形成劑)、5%紅麴色素，指甲油乾燥時間短4分，長糯米指甲油明度最高L值45.98，經摩擦試驗後，圓糯米指甲油色素附著力最佳，色差值 ΔE 2.71。自製紅麴指甲油成本低5.95(元/ mL)天然無臭又安全。

壹、研究動機

市面上販售的指甲油琳瑯滿目，種類色彩豐富，就像奪人炫目的糖果深深吸引著我們，媽媽買了法國製的生物基指甲油，標榜使用後不會造成指甲的負擔，但當媽媽打開瓶蓋時，溶劑的刺鼻味還是讓我們退避三舍。指甲油為了快乾，溶劑常添加甲苯、乙酸乙酯，在長期吸入的情況下，會對人體的神經系統產生危害，化學合成的色素許多是有毒性，甚至會致癌。我們想到奶奶釀製的紅糟，富含天然色素，如果提取紅麴色素，找尋適當的溶劑做成天然指甲油，可以讓使用者更安心。參考科學人雜誌「火紅的紅麴」。

貳、研究目的

實驗取四種糯米釀製，以乙醇萃取，得到紅麴色素。透過自製黏度計流速測試，找出最佳溶劑及塑形劑，研究自製紅麴指甲油的配方，再透過自製機械手臂塗佈指甲油，經摩擦試驗後以色差計測定再改良，設計出自製天然無毒紅麴指甲油的方法。

實驗一：釀製紅麴，探討自行萃取紅麴色素的濃度及收率

實驗二：比較不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率

實驗三：比較不同溶劑加催化劑乾燥時間，找出最佳溶劑

實驗四：比較不同添加物的成膜效果，找出最佳塑形劑

實驗五：自製紅麴指甲油的製備及成效

實驗六：自製紅麴指甲油的測試與改良

參、研究設備及器材



分光光度計，HENGPING，722



離心機，LMS，MCF-2360



色差計，S.E.A.T，MET-CM6

儀器及器材	電子秤、烘箱、玻璃比色管、旋轉加熱器、研鉢、研杵、筆電、燒杯、小馬達、攪拌棒、電子游標卡尺、市售液壓機械手臂、果汁機
耗材	圓糯米、長糯米、黑糯米、紅糯米、紅麴、粉狀酒麴、市售紅麴色素、95 % 75 % 乙醇、pH 緩衝液、100/350/100 cps 矽油、矽膠、玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉、活性炭、蛋殼粉、沸石粉、皂土、明膠粉、活性炭粉、海藻酸鈉粉、關華豆膠粉、三仙膠粉、吉利丁粉、蛋白粉、甘露醇、乳酸鈣、海藻酸鈉、密封袋、離心管、滴管、pH 試紙、砂紙、發酵塑膠罐、棉棒、棉球、玻璃片、CW600 砂紙、針筒、濾紙

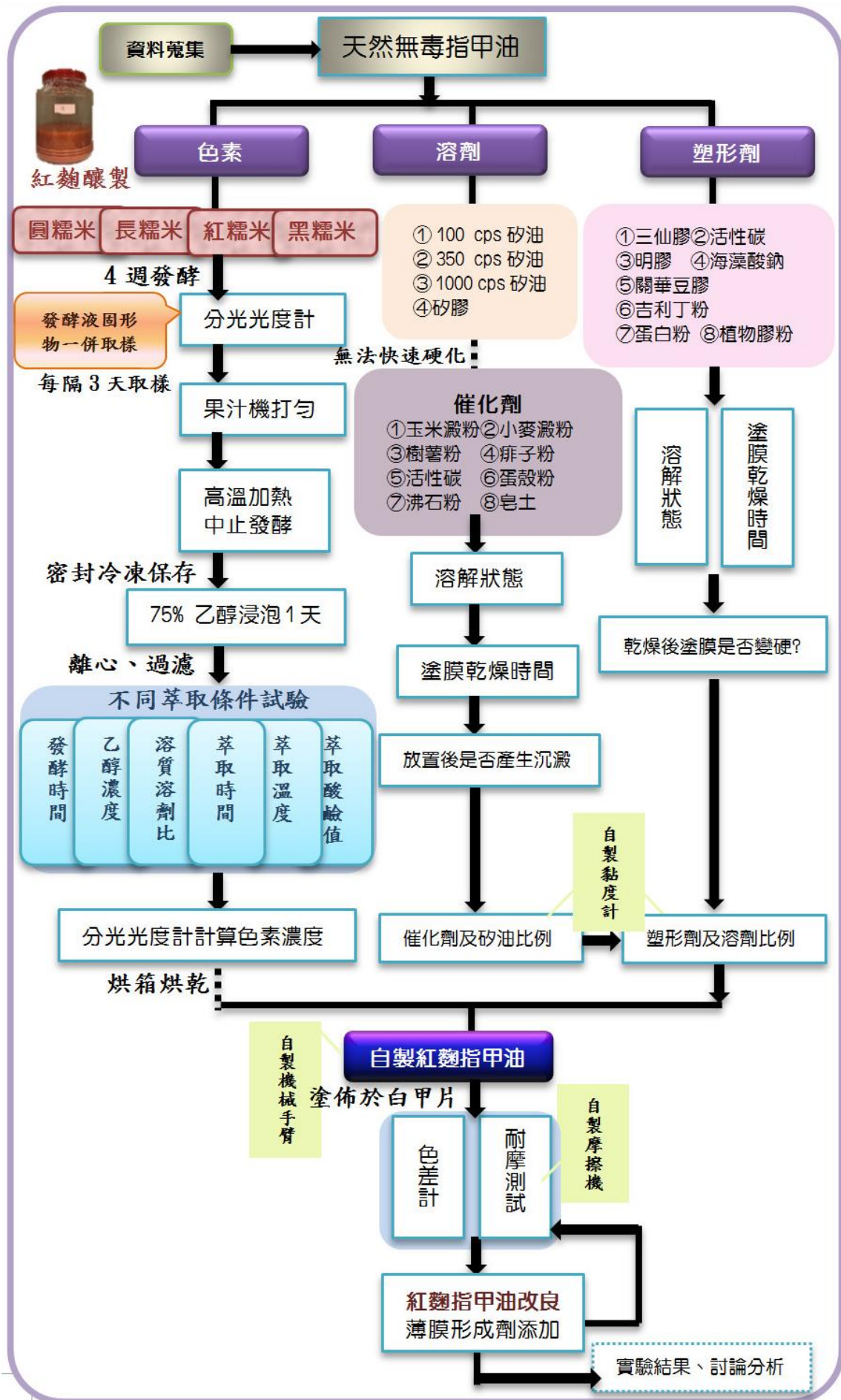
肆、研究過程或方法

一、研究架構圖：如下頁所示

二、理論與文獻探討

(一) 紅麴色素

紅麴是以蒸熟的米經紅麴菌發酵製成，紅麴色素是紅麴菌在發酵過程產生的二次代謝物，分為三類：紅色素 *Monascorubramine* 與 *Rubropunctamine*，橙色素 *Monascorubin* 與 *Rubropunctatin* 及黃色素 *Ankaflavin* 與 *Monascin*。紅麴色素對蛋白性食品的著色能力良好且色澤誘人，但對其他類的食品則著色能力較弱且較不鮮艷，無法像焦煤系列的人工色素在視覺上那麼明亮誘人，故廣泛地應用於各種蛋白性食品之著色。



(二) 指甲油的組成

一般傳統指甲油中主要的成分可分為：溶劑、薄膜形成劑、塑形劑、次薄膜形成劑和顏料。

1. 溶劑－維持指甲油的液體狀態，使顏料能夠均勻的分散在溶劑中，高揮發性使指甲油能夠在短時間內乾燥。
2. 薄膜形成劑－讓塗在指甲上的顏料能夠長時間待在指甲上，該層高分子膜具有防水的功能。
3. 塑形劑－調整薄膜形成劑的剛硬性，使指甲油具有韌性。
4. 次薄膜形成劑－增加指甲油與指甲的密合度、光澤和硬度。
5. 顏料－使塗膜呈現色彩，常用如紅鋇、黃鉛、氧化鐵、雲母和二氧化鈦等。

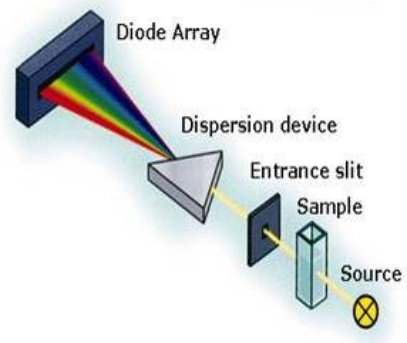
(三) 聚矽氧烷

具有較好的柔軟性，在化妝品中常取代傳統的油性原料，如石蠟、凡士林等來製造化妝品。液態的聚二甲基矽氧烷稱為矽油，黏稠狀的稱為矽膠，良好的化學穩定性，無臭、無毒，對皮膚無刺激性，有良好的護膚功能。

三、預備實驗

(一) 分光光度計的測量

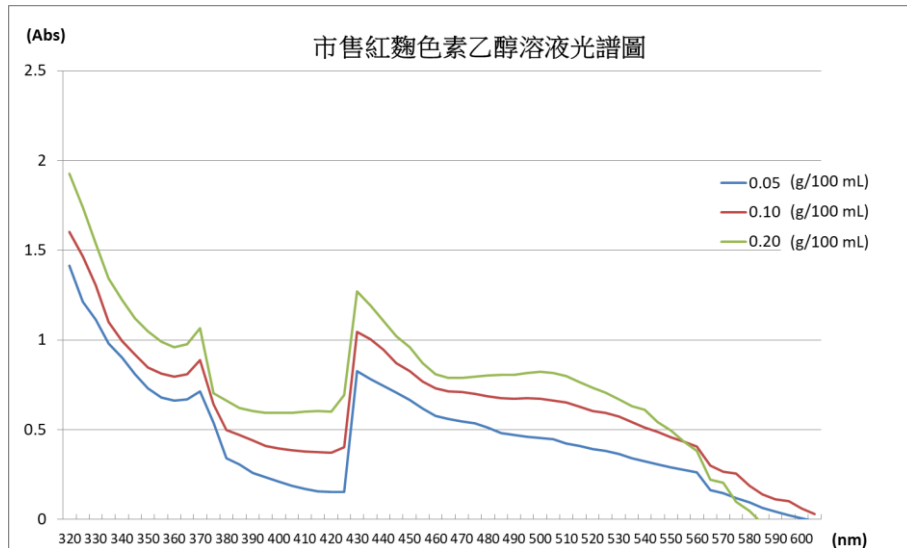
1. 分光光度計介紹：一般分光光度計包括光源、分光系統和受光器，當入射光經過均勻而透明的溶液時，某些波長的光被該物質吸收。



2. 分光光度計的測量：

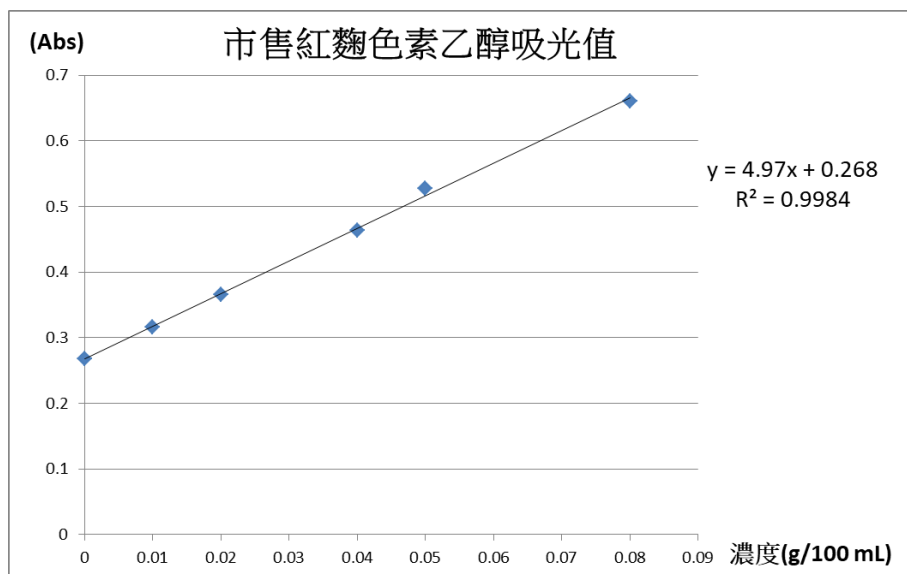
(1)紅麴色素的吸收波長，購買市售紅麴色素，以 75% 乙醇配製成 0.05、0.1、0.2

(g/100 mL) 溶液，依據市售紅麴溶液的吸收曲線形狀，與自製紅麴色素進行吸收光譜對比。



實驗結果：市售紅麴色素在 370、430 nm 處呈現 2 個吸收峰。

(2)紅麴色素的萃取量，將市售紅麴色素 0.8g 放入 1000 mL 的定量瓶中加 75% 乙醇至 1000 mL 調製成 0.08 (g/100 mL) 溶液，接著配置成濃度 0.05、0.04、0.02、0.01、0 (g/100 mL)的 75% 乙醇溶液，測量紅麴色素在波長 430 nm 的吸光值，以內差法計算自行萃取紅麴色素溶液的濃度。

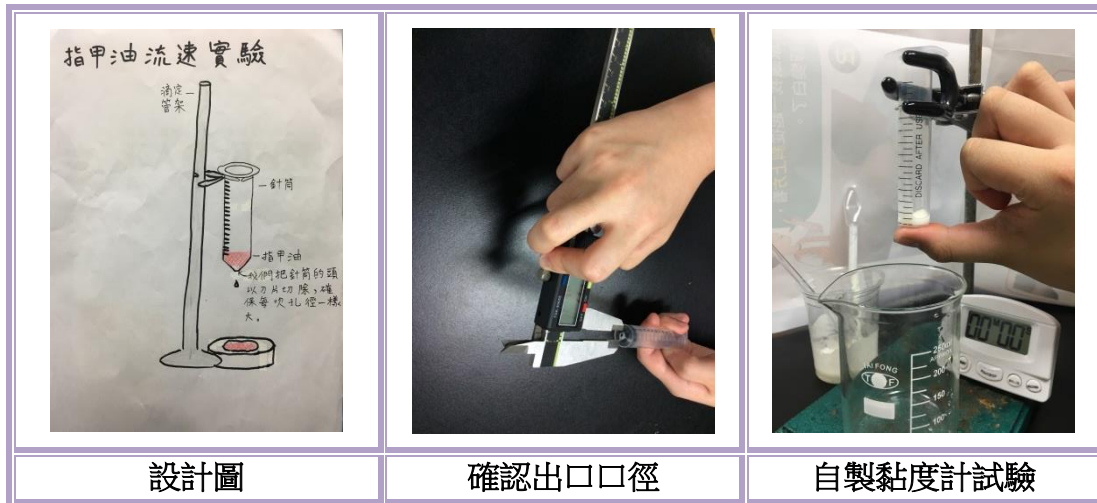


實驗結果：分光光度計測得的數據經計算後呈一斜線，紅麴色素在濃度 0 至 0.08 (g/100 mL 乙醇) 範圍內與吸光值有線性關係，相關係數 0.9984，將在實驗一、二使用。

(二) 自製黏度計

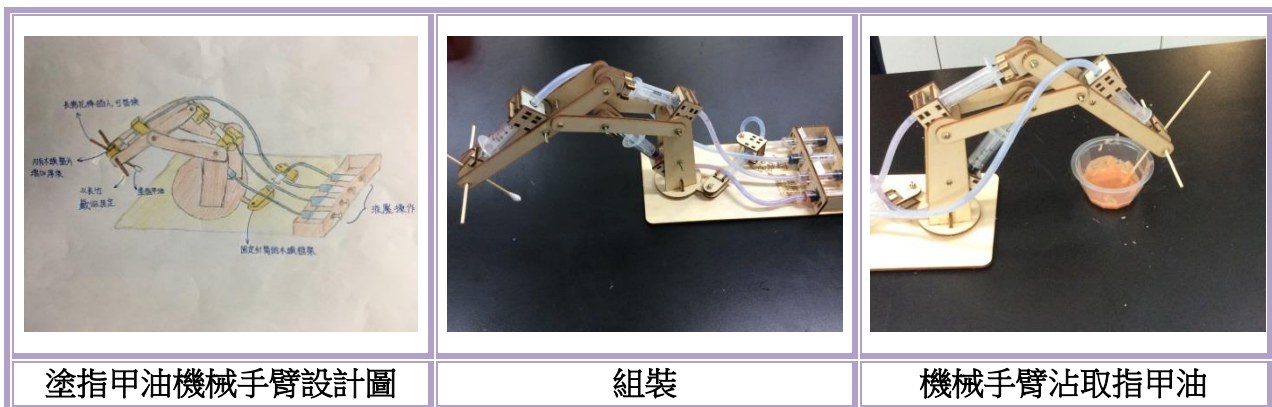
- 1.目的：指甲油需有適當的黏滯力使顏料附著於指甲上，查詢文獻得知，可以藉由流體流經管道中時的速度來進行比較，因此我們以自製黏度計來調整自製紅麴指甲油的黏度，找出適當的配方和市售指甲油相近的流動時間。

2.方法：將 12 mL 針筒取出推桿，為減少流動時間將針頭部分裁掉，以電子游標卡尺確認口徑大小為 5 mm，不鏽鋼鐵架及滴定管夾垂直固定，以滴管將樣品注入，方便使用及定量，測量液體流動時間。



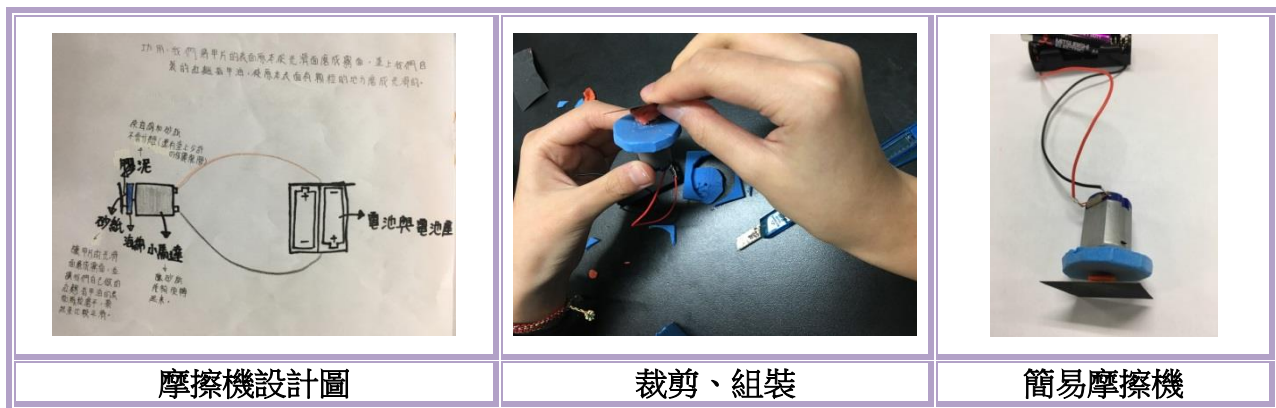
(三) 自製塗指甲油機械手臂

- 1.目的：以機械手臂控制確定指甲油沾取量及塗膜厚度，增加實驗準確性。
- 2.方法：以市售液壓機械手臂科學材料進行改裝，以長竹籤固定長棉棒，長棉棒在沾取指甲油 5 秒後離開溶液，來回塗佈白甲片上 5 次，圖佈完後替換新的長棉棒。



(四) 自製摩擦機

- 1.目的：指甲油乾燥後需在指甲表面上能形成一層堅牢、耐摩擦的薄膜，以摩擦機測試自製指甲油的耐摩性，是否能將顏料牢固於指甲上。
- 2.方法：將小馬達組裝完成，在軸心上固定泡棉，泡棉前端以保麗龍膠黏上油土，將裁剪好的砂紙(CW600)放置在油土上，轉動小馬達摩擦指甲片，每次實驗前更換砂紙。



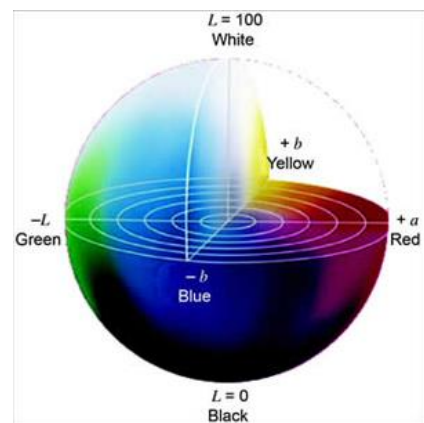
(五) 色差計的測量：

1. 色差計介紹：Lab 為給定顏色的點在球面上的三維坐標。算 Lab 的距離知道色差值：

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

距離越短代表顏色越接近。

2. 色差計的測量：記錄 L*、a*、b*值。



四、實驗過程與步驟

(一) 實驗一：釀製紅麴，探討自行萃取紅麴色素的濃度及收率

1. 釀製紅麴：

- (1) 我們參考周老師的美食教室，他使用圓糯米與紅麴釀製後取得紅糟與紅米酒，我們模仿所列舉的步驟並增加長糯米、紅糯米及黑糯米為原物料，各取 1200 g，分別加入紅麴 150 g、蒸餾水 1200 mL 以及粉狀酒麴 5 g。

(2) 釀造步驟

- ① 糯米清洗乾淨，加蒸餾水至高於米 1 公分，浸泡一夜。
- ② 在電鍋底鋪浸溼扭乾的蒸籠布，倒入糯米蓋好，蒸 1 小時。
- ③ 中途要打開鍋蓋噴水數次，以防表面的米乾燥而蒸不熟。
- ④ 蒸好後倒到碗裡，用飯匙攪拌使其散熱到完全冷卻。
- ⑤ 把紅麴和蒸餾水倒入發酵罐，再加入糯米攪拌均勻。
- ⑥ 加入粉狀酒麴拌勻。
- ⑦ 發酵罐口鋪上保鮮膜，防止細菌侵入，蓋緊蓋子，放在陰涼處。
- ⑧ 每週用乾淨且乾燥的勺子攪拌及排氣，4 週後觀察實驗結果。



2.實驗 1-1：比對市售及自行萃取紅麴色素的吸收光譜

3.實驗 1-2：四種紅麴經發酵 28 天後，取發酵液 2mL 及等量 75%乙醇萃取測量色素濃度

4.實驗 1-3：四種紅麴經發酵 28 天後，取發酵液 2 mL 與固形物 2 g 分別以等量 (2 mL) 75%乙醇萃取，色素濃度比較

1-1、1-2、1-3 實驗方法：如下

待測物：四種糯米經 28 天發酵。

萃取液：75%乙醇

基本步驟：將待測物與萃取液攪拌均勻，室溫放置一天後，以濾紙過濾後放入分光光度計測量吸收光譜並以色素在波長 430nm 的吸光值計算色素濃度。

	待測物取樣	待測物質量	萃取液	說明
實驗 1-1	發酵液及固形物	5 g	5 mL	測量吸收光譜，與預備實驗市售紅麴色素光譜圖進行吸收峰比較。
實驗 1-2	發酵液	2 mL	2 mL	計算色素濃度。
實驗 1-3	固形物	2 g	2 mL	固形物在取樣前先經果汁機打碎，實驗結果與實驗 1-2 發酵液色素濃度進行比較。

5.實驗 1-4：四種紅麴經發酵 28 天後，紅麴色素收率

收率定義：每 1g 糯米經發酵後可得的紅麴色素質量 (mg)。

將 4 種糯米紅麴從發酵罐倒出，以豆漿濾布過濾，固形物秤重後記錄，發酵液倒入量

筒測得體積，測量後將固形物及發酵液倒回發酵罐繼續發酵，過程中使用滅菌後的器材，數據再與 1-2、1-3 實驗結果進行計算。

(二) 實驗二：比較不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率

1. 實驗 2-1：測量發酵時間對於紅麴色素萃取率影響

實驗方法：經實驗 1-2 後，發現發酵液也含有紅麴色素，萃取過程需要連同發酵液一併均質取樣，每隔 3 天 (第 31、34...70 天) 取樣一次，並以高溫滅菌終止發酵。

將釀製的紅糟攪拌均勻後秤 150 g，放入果汁機內打勻。

(1) 放入鍋子內，小火烘烤，直到內部沒有水分且變成糊狀即可關火。

(2) 待冷卻後放入密封袋冷凍保存。

(3) 從冷凍袋中取出紅麴 10 g，解凍後加入 10 mL 75 % 乙醇攪拌均勻，室溫放置一天後過濾，取 4mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。

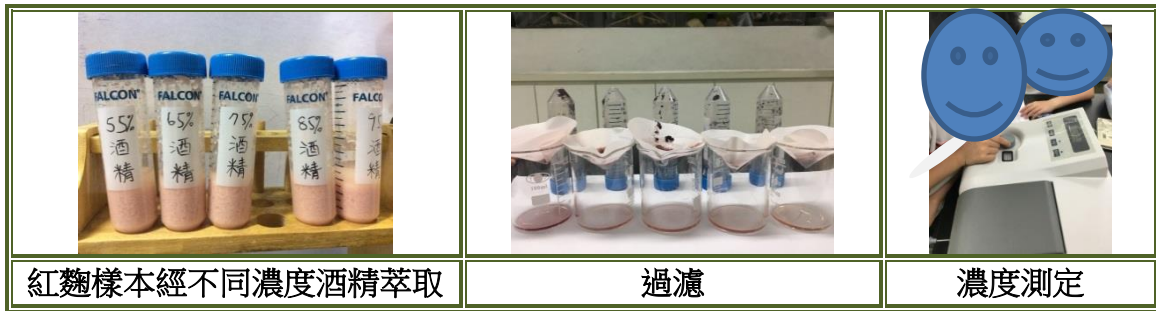


後續實驗中**紅麴樣本定義**：將發酵罐裡的紅麴經攪拌均勻，均質取樣發酵液及固形物 150 g，再經上述步驟打勻、加熱及分裝冷凍保存，使用前解凍。為確認每袋密封袋質量，實驗前先取 1 g 紅麴樣本放入烘箱至絕乾測量含水率，扣除含水率後計算紅麴色素萃取率。

2. 實驗 2-2：測量不同濃度乙醇對於紅麴色素萃取率影響

(1) 取濃度 95 % 乙醇 10 mL 加入 1 mL 蒸餾水配製成 85% 乙醇，取濃度 75 % 乙醇 10 mL (兩管) 分別加入 1.5 mL 及 3.6 mL 蒸餾水配置成 65% 乙醇及 55% 乙醇。

(2) 將第 55 天發酵紅麴樣本 10 g 分別與不同濃度乙醇 10 ml 攪拌均勻，室溫放置一天後過濾，取 4 mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。



3. 實驗 2-3：測量不同溶質溶劑比例萃取對於紅麴色素萃取率影響

- (1) 取濃度 85% 乙醇 30 mL 分別加入第 55 天發酵紅麴樣本 (30、6、3、2、1.5 g)，配製成溶質 (紅麴樣本) 比溶劑 (85% 乙醇) 1:1、1:5、1:10、1:15 及 1:20 溶液。
- (2) 將溶液放入離心管內攪拌均勻，室溫放置一天後過濾，取 4 mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。

4. 實驗 2-4：測量萃取時間對於紅麴色素萃取率影響

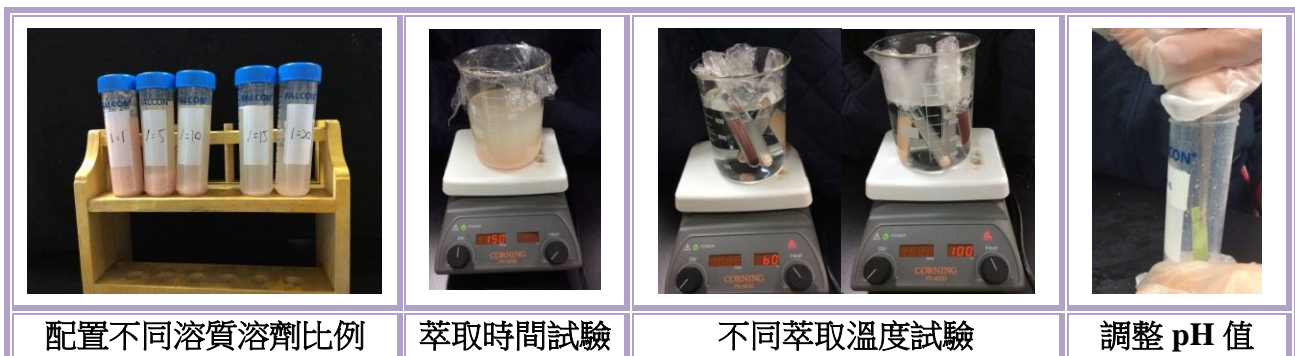
實驗方法：取濃度 85% 乙醇 300 mL 加入第 55 天發酵紅麴樣本 30 g，配置成 1:10 溶液，以攪拌器混勻後放置於室溫中，每隔 4 小時 (4、8、12、16、20、24 小時) 均勻取樣 10 mL，過濾後，取 4 mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。

5. 實驗 2-5：測量不同萃取溫度對於紅麴色素萃取率影響

實驗方法：依據實驗 2-4 經 20 小時濃度 85% 乙醇浸泡後，設定恆溫加熱溫度: 常溫、40°C、60°C、80°C 及 100°C 隔水加熱 8 小時後過濾，取 4 mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。

6. 實驗 2-6：測量萃取酸鹼值對於紅麴色素萃取率影響

實驗方法：取第 55 天發酵紅麴樣本 1 g 加入濃度 85% 乙醇 10 mL，以緩衝溶液調整到 pH4~7 後，攪拌均勻，20 小時後過濾，取 4 mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。



(三) 實驗三：比較不同溶劑加催化劑乾燥時間，找出最佳溶劑

1. 實驗 3-1：觀察聚矽氧烷的黏性及物態

2. 實驗 3-2：觀察催化劑的溶解狀態

催化劑：依據實驗 3-1 的結果，為縮短聚矽氧烷的乾燥時間，需添加催化劑快乾，我們找尋市售吸水性好的粉末作為催化劑進行實驗。

實驗方法：取 20 mL 市售 100、350、1000 cps 的矽油及矽膠，分別加入玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉、活性炭、蛋殼粉、沸石粉及皂土 10 g，觀察攪拌情形。

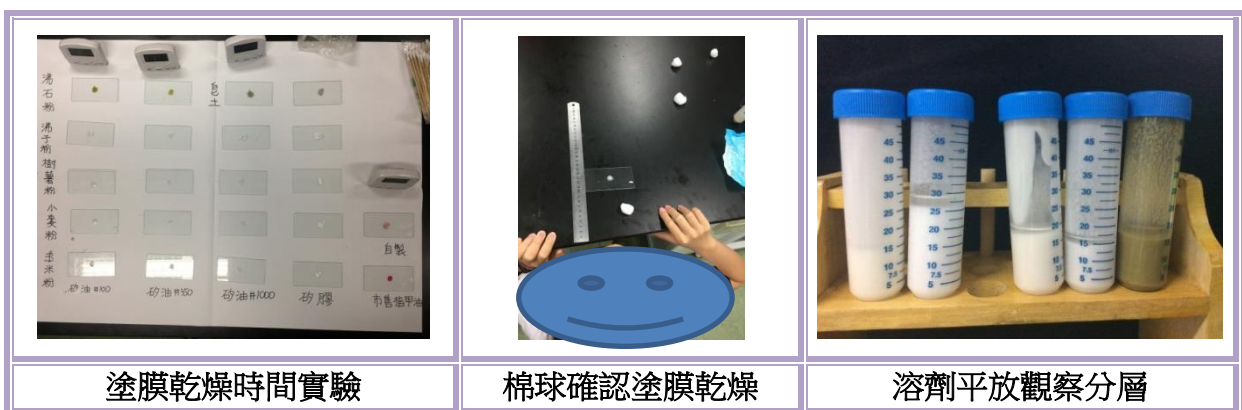
3. 實驗 3-3：測量塗膜乾燥時間

實驗方法：依據實驗 3-2 將 100、350、1000 cps 的矽油及矽膠添加催化劑（玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉）組及市售指甲油分別以棉棒沾取，棉棒的棉球須完全浸入溶液中持續 3 秒後塗抹於玻璃片上，以棉球輕吹過塗層，若上方沒有棉絮殘留即可確認表層乾燥，記錄乾燥所需時間。

4. 實驗 3-4：觀察添加催化劑之溶劑分層的體積

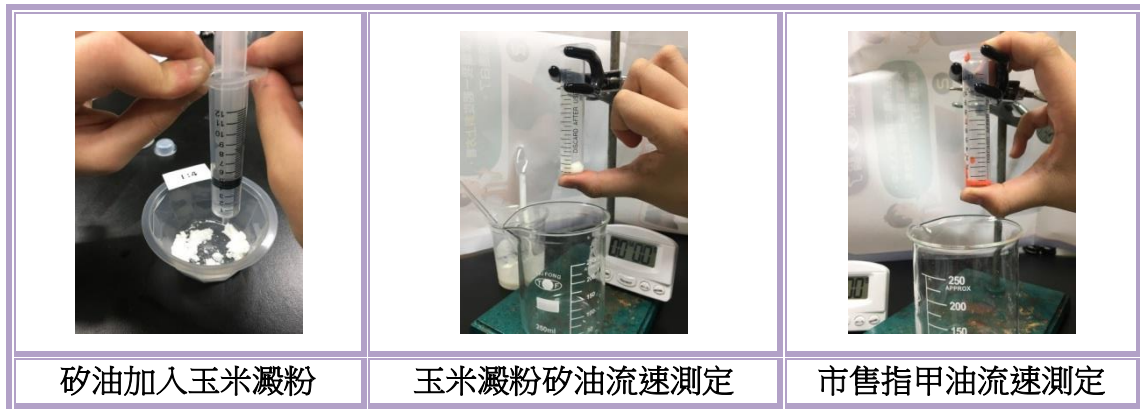
市售指甲油為使指甲油各種固體很穩定地懸浮在溶劑中，常添加分散劑，我們觀察添加催化劑後的 100 cps 矽油是否產生分層。

實驗方法：依據實驗 3-2 取 100 cps 矽油添加催化劑（玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉）組 20 mL 裝於離心管後，平放一週，觀察是否分層，紀錄上清液層體積。



5. 實驗 3-5：催化劑及矽油比例黏度流速測定

實驗方法：取玉米澱粉 1 g 分別加入 100cps 矽油 (1~5 mL)，配製催化劑及矽油 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5 比例，攪拌均勻，以 12 mL 針筒吸取 0.5 mL 加進自製黏度計，以手抵住出口，手離開即計時，記錄出口流出溶液出現第一個中斷點所需的時間。



(四) 實驗四：比較不同添加物的成膜效果，找出最佳塑形劑

1. 實驗 4-1：觀察溶劑加入添加物後的顏色及乾燥時間

依據實驗 3-5 結果，玉米澱粉矽油塗膜乾燥後成粉狀，須添加物進溶液中進行改質，我們找尋市售具黏性或吸附性的粉末作為塑形劑進行實驗。

實驗方法：取實驗結果流動性最符合市售指甲油的 1:3 (g: mL) 玉米澱粉矽油溶劑 10 mL，分別加入市售三仙膠、活性炭、明膠、海藻酸鈉、關華豆膠、吉利丁粉、蛋白粉及植物膠粉 1 g 攪拌均勻後，以 12 mL 針筒吸取 0.5 mL 溶液注入玻璃片上，以棉球輕吹過塗層，若上方沒有棉絮殘留即可確認表層乾燥，記錄乾燥所需時間。

2. 實驗 4-2：塑形劑及溶劑比例黏度流速測定

- (1) 取明膠粉末 20 g 加入純水 20 mL，配成明膠溶液。
- (2) 取 1:3 (g: mL) 玉米澱粉矽油溶劑 100 mL，分別加入明膠溶液 (1、2、3、4、5 mL) 充分攪拌均勻，配製成 1%~5% 的比例，以自製黏度計測量，並與市售指甲油比較黏度，方法同實驗 3-5 黏度流速測定。

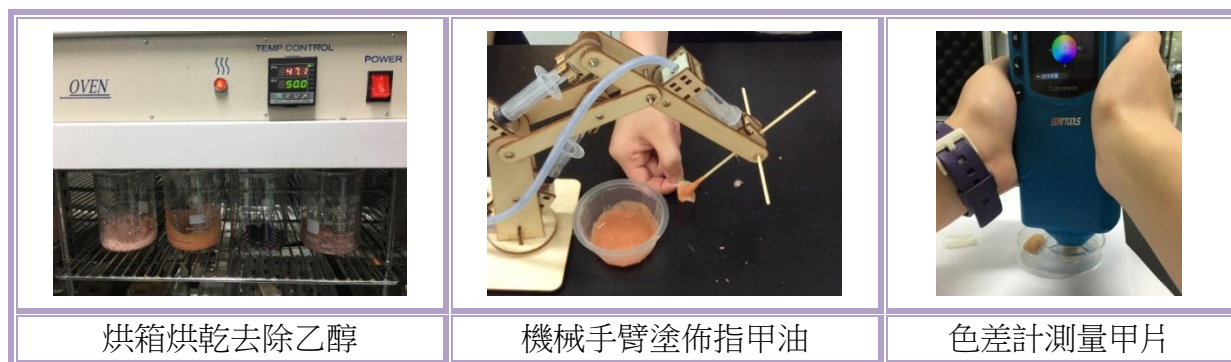
(五) 實驗五：自製紅麴指甲油的製備及成效

1. 實驗 5-1：紅麴色素製備

- (1) 依據實驗二結果：取 4 種糯米發酵 55 天後的紅麴樣本 200 g。
- (2) 85% 乙醇 2000 mL (溶質比溶劑 1:10)，浸泡 20 小時。
- (3) 溫度 60 °C 水浴萃取後，以濾布過濾雜質，烘箱烘乾去除乙醇後秤重。
- (4) 以實驗 2-5 結果，計算出紅麴樣本 200 g 所含紅麴色素質量，與烘箱烘乾後重進行比較。

2. 實驗 5-2：自製紅麴指甲油步驟及塗佈

- (1)依據實驗三結果：取 20 mL 100 cps 矽油加入 6.67 g 玉米澱粉（催化劑比矽油 1：3）。
- (2)依據實驗四結果：再加入 0.2 mL 明膠溶液。
- (3)再加入經實驗 5-1 烘至稠狀的 4 種紅麴色素 1 g，充分攪拌均勻。
- (4)以機械手臂控制刷子，來回 5 次塗佈於白甲片上，乾燥後以色差計測量 L^* 、 a^* 、 b^* 值。



(六) 實驗六：自製紅麴指甲油的測試與改良

1. 實驗 6-1：指甲油耐摩測試

將乾燥後的甲片置於自製摩擦機下，開啟開關摩擦 20 秒鐘後關閉，以色差計測量 L^* 、 a^* 、 b^* 值，計算 ΔE 值與實驗 5-2 摩擦前甲片做比較。

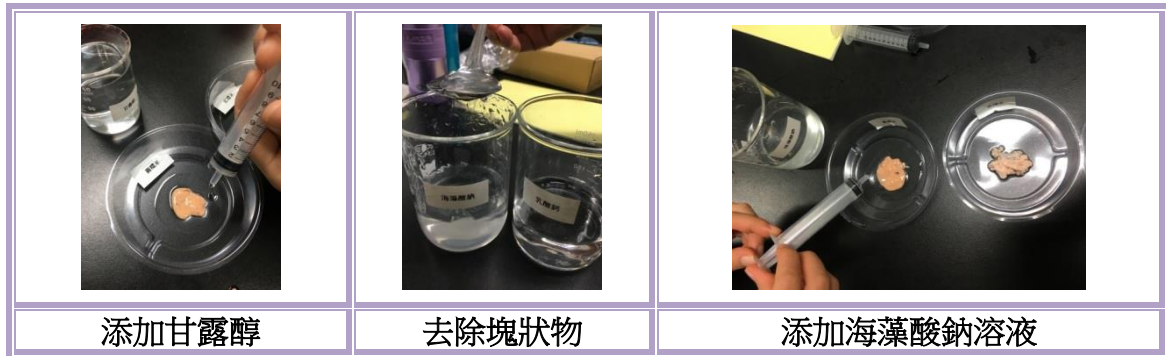
2. 實驗 6-2：薄膜形成劑添加

薄膜形成劑：依據實驗 6-1 結果，為增加紅麴色素在指甲油上的附著力，需添加薄膜形成劑。我們以市售常作為食品防黏劑的甘露醇粉末及天然高分子聚合物的海藻酸鈉進行實驗，找尋市售指甲油中薄膜形成劑（硝化纖維）的替代品。

- (1)取甘露醇粉末 1g 加入蒸餾水 100 mL，配成 1% 甘露醇溶液。
- (2)取海藻酸鈉粉末 1g 緩慢加入蒸餾水 100 mL，持續攪拌至完全溶解，另取乳酸鈣粉末 1g 緩慢加入蒸餾水 100 mL 配成 1% 乳酸鈣溶液，取 10 mL 乳酸鈣溶液加入海藻酸鈉溶液充分攪拌後，去除塊狀物，取稠狀溶液。
- (3)取實驗 5-2 指甲油 20 mL，分別加入 0.2 mL 甘露醇、海藻酸鈉溶液，攪拌均勻後，以機械手臂控制刷子，來回 5 次塗佈於白甲片上，乾燥後以色差計測量 L^* 值，與市售同為橘黃色指甲油進行比較。

4.實驗 6-3：指甲油耐摩測試

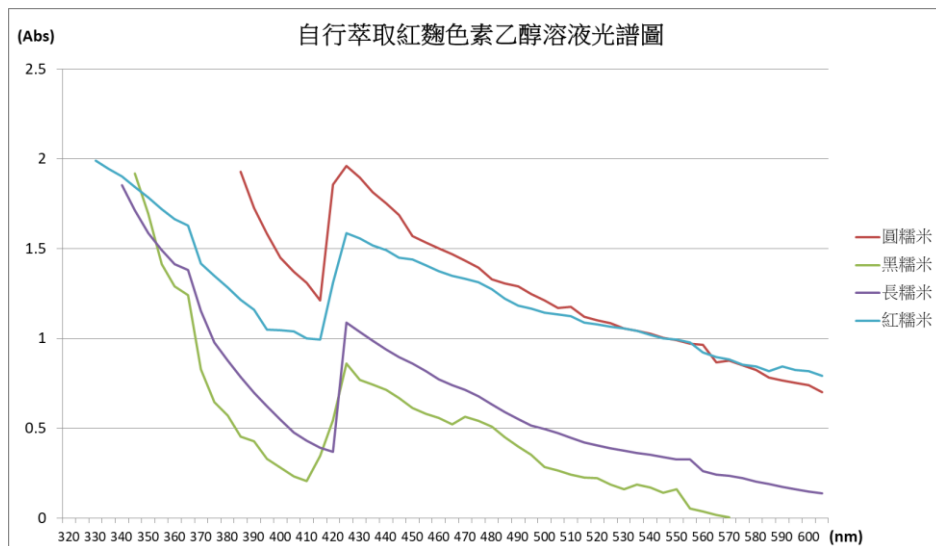
實驗方法：同實驗 6-1，計算 ΔE 值與市售顆粒指甲油做比較。



伍、研究結果

一、釀製紅麴，探討自行萃取紅麴色素的濃度及收率

實驗 1-1：比對市售及自行萃取紅麴色素的吸收光譜




實驗發現：(1)實驗發現自行萃取紅麴色素主要吸收峰的波長為 425nm，與預備實驗結果比對 (最大吸收峰的波長為 430nm)，大致吻合。

(2)後續實驗色素濃度以自行萃取紅麴色素在波長 430nm 的吸光值，比對市售紅麴色素在波長 430nm 吸光值製成的濃度檢量線 (預備實驗結果)，得到公式 $y=4.97x+0.268$ ，整理公式後可得：

$$\text{自行萃取紅麴色素} = \frac{\text{色素在波長 } 430\text{nm 吸光值} - 0.268}{4.97} * 100\%$$

1-1：四種紅麴經發酵 28 天後觀察記錄

糯米	圓糯米	長糯米	紅糯米	黑糯米
照片				
顏色	紅	淺粉紅	紫紅	紫黑

實驗發現：(1)第二及第三週將罐子內的糯米及紅麴攪勻時，罐內都持續在冒泡，直到第四週時，罐內開始出現酒味且停止冒泡，我們判斷發酵反應已趨緩，可以開始取樣進行後續試驗。

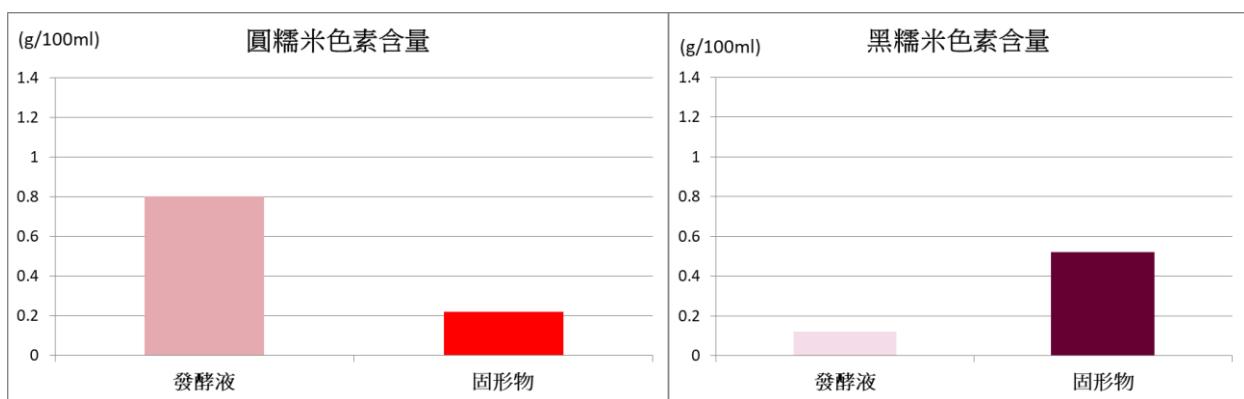
(2)四週後從發酵罐中可以明顯的看出固形物和發酵液的分層。

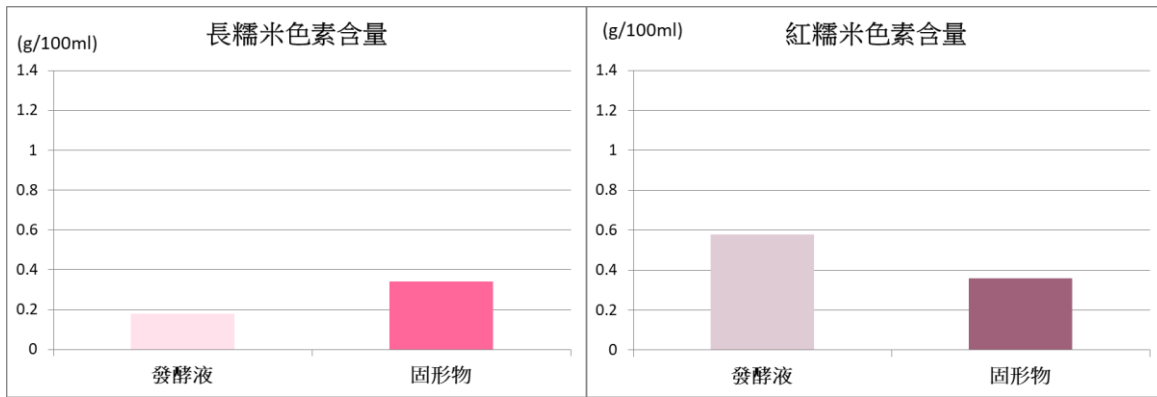
實驗 1-2：四種紅麴經發酵 28 天後，取發酵液 2mL 及等量 75%乙醇萃取測量色素濃度

發酵液種類	紅麴色素在波長 430 nm 吸光值(Abs)	公式計算出濃度 (g/100 mL)	稀釋倍率	紅麴色素實際濃度(g/100 mL)
圓糯米	0.517	0.05	16	0.80
黑糯米	0.342	0.015	8	0.12
長糯米	0.467	0.04	12	0.48
紅糯米	0.628	0.0725	8	0.58

實驗發現：四種糯米的發酵液皆含有紅麴色素。

實驗 1-3：四種紅麴經發酵 28 天後，取發酵液 2 mL 與固形物 2g 分別以等量(2 mL) 75%乙醇萃取，色素濃度比較





實驗發現：圓糯米及紅糯米發酵液色素含量高於固形物，[在文獻中一般萃取流程大多只取固形物，實驗發現發酵液也富含紅麴色素。](#)

1-3：四種紅麴經發酵 28 天後觀察記錄

經 28 天發酵後，我們也發現四種糯米產生的發酵液及固形物量都不同，兩者也會隨著發酵時間而產生量的變化，因此我們若要比較 4 種糯米的紅麴色素收率，需先測量出每種糯米發酵液及固形物的生成量，因此我們以四種糯米經發酵 28 天後去測定生成量並進行紅麴色素收率的比較。

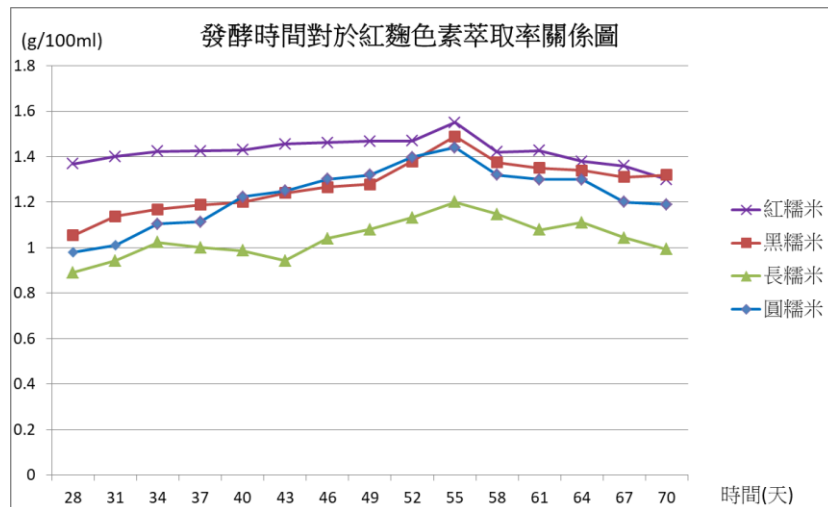
實驗 1-4：四種紅麴經發酵 28 天後，紅麴色素收率

糯米種類		色素濃度	發酵 28 天後生	計算出色素	色素質量	紅麴色素收率
待測物		(g/100mL)	成量(mL) (g)	質量 (g)	加總 (g)	(mg/g)
圓	發酵液	0.8	850	6.80	10.52	8.77
	固形物	0.22	1690	3.72		
黑	發酵液	0.12	250	0.30	10.88	9.07
	固形物	0.52	2035	10.58		
長	發酵液	0.18	1130	2.03	6.35	5.29
	固形物	0.34	1270	4.32		
紅	發酵液	0.58	1030	5.97	11.10	9.25
	固形物	0.36	1425	5.13		

實驗發現：紅糯米紅麴色素收率最高，每 1g 糯米可得紅麴色素 9.25mg。

二、比較不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率

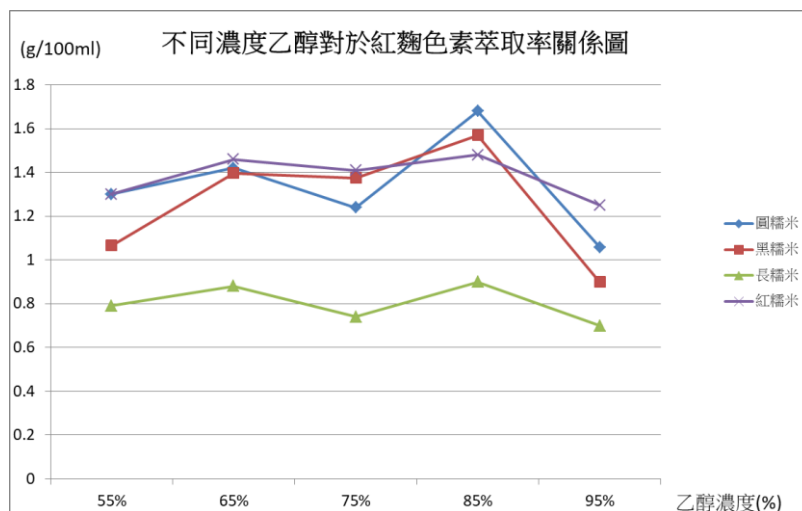
實驗 2-1：測量發酵時間對於紅麴色素萃取率影響



實驗發現：(1)糯米在發酵第 55 天紅麴色素含量最多。

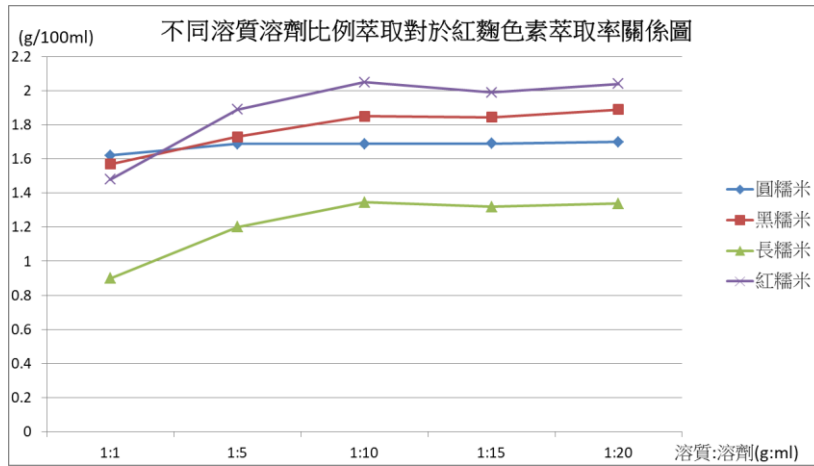
(2)長糯米在發酵第 43 天，紅麴色素含量明顯下降，我們發現是因為第 43 天時長糯米產生了大量發酵液，在發酵 43 天後長糯米的發酵液的生成量也高於其他糯米。

實驗 2-2：測量不同濃度乙醇對於紅麴色素萃取率影響



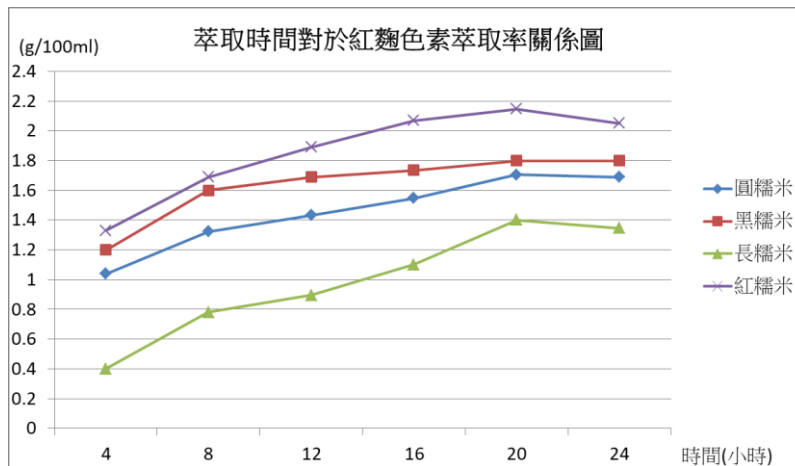
實驗發現：四種糯米紅麴色素在乙醇濃度 85% 萃取率最高，文獻中提到紅麴色素溶於乙醇，微溶於水，我們經由實驗結果推測，紅麴色素在乙醇濃度 85% 時安定性較佳。

實驗 2-3：測量不同溶質溶劑比例萃取對於紅麴色素萃取率影響



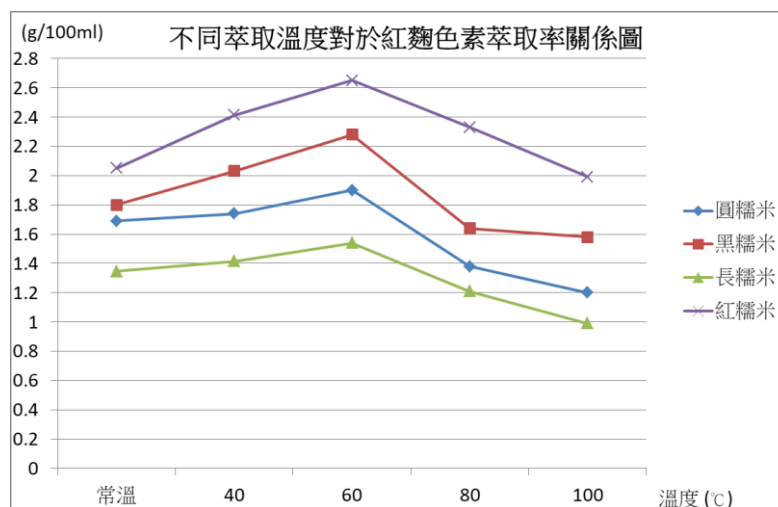
實驗發現：溶質：溶劑 = 1：10 (g: mL) 時可以達到最高萃取率。

實驗 2-4：測量萃取時間對於紅麴色素萃取率影響



實驗發現：四種糯米經乙醇萃取 20 小時可以達到最高萃取率。

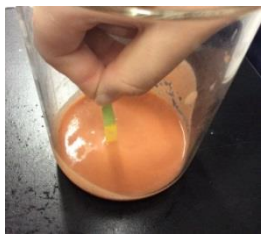



實驗 2-5：測量不同萃取溫度對於紅麴色素萃取率影響



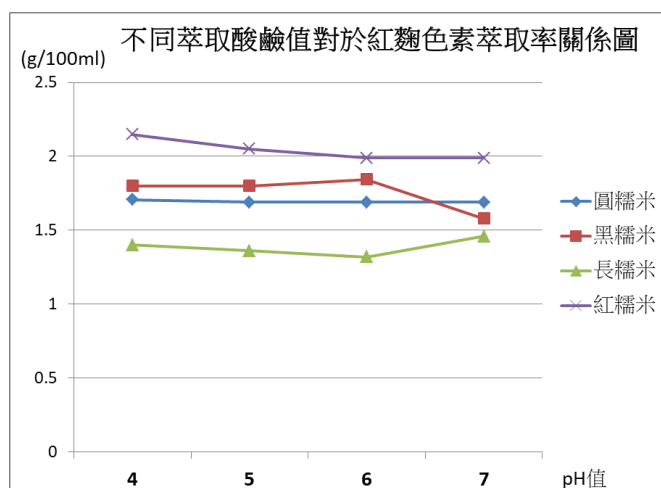
實驗發現：四種糯米在萃取溫度 60°C 時，紅麴色素萃取率最高。

實驗 2-6：測量萃取酸鹼值對於紅麴色素萃取率影響

2-6：四種紅麴經發酵 55 天後觀察記錄 (以廣用試紙測 pH 值)

糯米	圓糯米	長糯米	紅糯米	黑糯米
照片				
pH	4	4	4	4

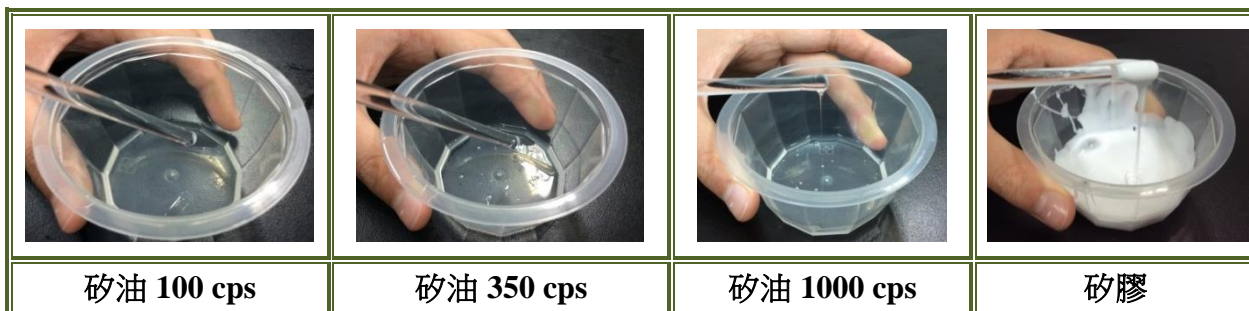
實驗發現：我們自行釀製的紅麴 pH 值都是 4，在文獻中指出，紅麴發酵過程產生的二級代謝物中還包含對肝、腎有毒性的橘黴素 (citrinin)，但將發酵環境的 pH 值控制在 4.5 以下，也能有效抑制橘黴素的生成，後續進行萃取時的 pH 調整觀察是否影響色素萃取率。



實驗發現：在萃取環境中性、弱酸性時，紅麴色素萃取率不受 pH 值影響。

三、比較不同溶劑加催化劑乾燥時間，找出最佳溶劑









實驗 3-1：觀察聚矽氧烷的黏性及物態



實驗發現：(1)矽油 100 cps 黏稠度最低。

(2)不論是矽油或矽膠在常溫之下皆不易硬化，需添加催化劑縮短乾燥時間。













實驗 3-2-1：觀察矽油 100 cps 加入催化劑的溶解狀態

催化劑	玉米澱粉	小麥澱粉	樹薯粉	痲子粉
矽油 100 cps				
狀態	溶解	溶解	溶解	溶解
	活性炭	蛋殼粉	沸石粉	皂土
矽油 100 cps				
狀態	成塊	不溶	不溶	溶解

實驗發現：(1)玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉及皂土在常溫之下易溶解。

(2)皂土溶液成芝麻糊色，考量後續紅麴色素添加，取玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉進行後續實驗。

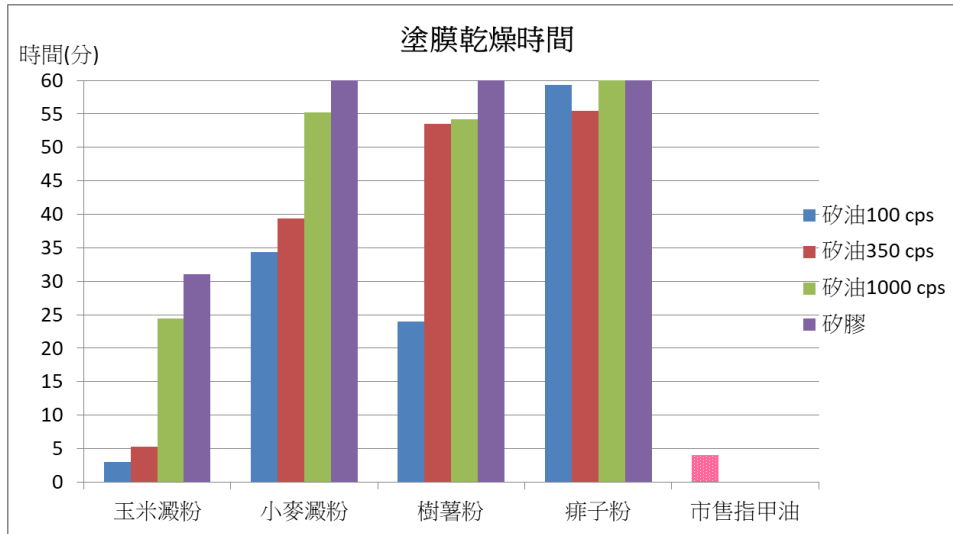
實驗 3-2-2：觀察矽油 350、1000 cps 及矽膠加入催化劑的溶解狀態

催化劑	玉米澱粉	小麥澱粉	樹薯粉	痲子粉
矽油 350 cps				
矽油 1000 cps				
矽膠				

實驗發現：(1)玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、痲子粉添加矽油 1000 cps 流動性已經變很低。

(2)催化劑添加矽膠後黏度最高，拉起攪拌棒產生絲狀。

實驗 3-3：測量塗膜乾燥時間



實驗發現：玉米澱粉添加矽油 100 cps 乾燥時間最短 (3 分)，最接近市售指甲油乾燥時間。

實驗 3-4：觀察添加催化劑之溶劑分層的體積

催化劑	玉米澱粉	小麥澱粉	樹薯粉	痲子粉
上清液層體積 (mL)	X	5	2.5	2.5

實驗發現：玉米澱粉加矽油溶液經放置一週後仍未產生沉澱物。

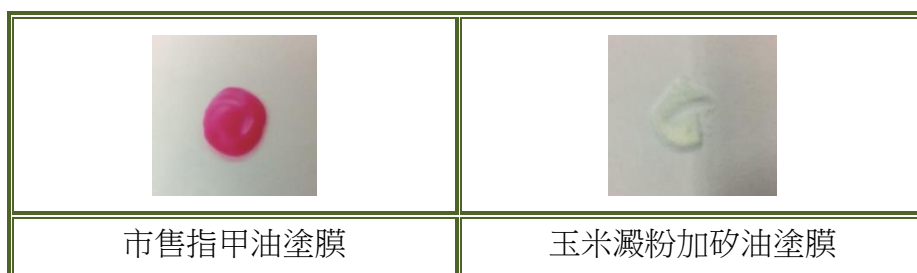
實驗 3-5：催化劑及矽油比例黏度流速測定

催化劑及矽油比例	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
溶液照片					
流動時間 (分)	X	8.5	3.8	2.4	1.6
市售指甲油 (分)	4				

實驗發現：玉米澱粉添加矽油 100 cps 比例 1:3 (g: mL)黏度流速最接近市售指甲油，進行後續實驗。

四、比較不同添加物的成膜效果，找出最佳塑形劑

4-1：市售指甲油及玉米澱粉加矽油塗膜乾燥後觀察記錄


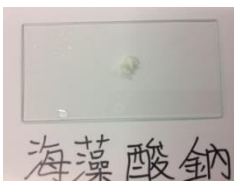




實驗發現：實驗 3-5 結束後，我們以針筒各取 0.5 mL 市售指甲油及玉米澱粉添加矽油 100 cps 比例 1:3 (g: mL) 溶液，滴於玻璃片上後發現：市售指甲油乾燥後的塗膜具剛硬性，玉米澱粉矽油塗膜乾燥後成粉狀，須加入添加物進溶液中進行改質。

實驗 4-1：觀察溶劑加入添加物後的顏色及乾燥時間






添加物	三仙膠	活性炭	明膠	海藻酸鈉	關華豆膠	吉利丁粉	蛋白粉	植物膠粉
顏色	白	黑	淡黃	淡黃	淡黃	淡黃	乳白	乳白
塗膜乾燥時間 (分)	60↑	60↑	5.5	6.5	60↑	6.5	5.5	無法成液狀

實驗發現：明膠、海藻酸鈉、吉利丁粉、蛋白粉乾燥時間較短，進行後續實驗。

	明膠	海藻酸鈉	吉利丁粉	蛋白粉
塗膜乾燥後照片				
乾燥後塗膜變硬?	○	×	×	×

實驗發現：添加明膠組的塗膜乾燥後變硬，取明膠為塑形劑進行後續實驗。

實驗 4-2：塑形劑及溶液比例黏度流速測定

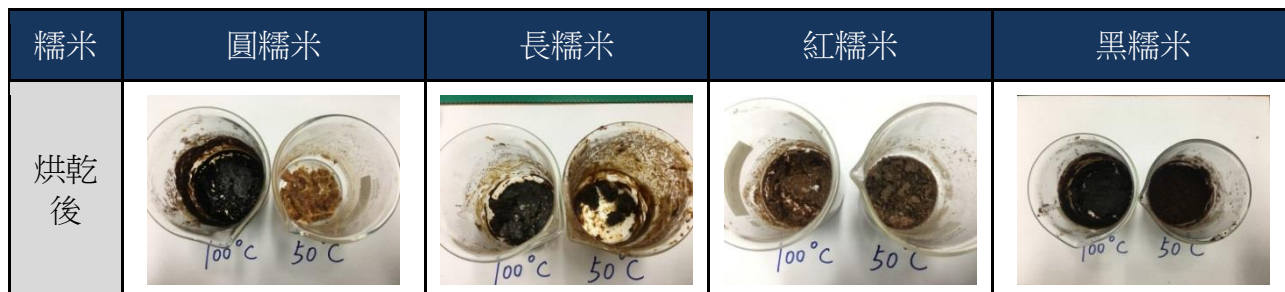
明膠	1%	2%	3%	4%	5%
溶液照片					
流動時間 (分)	4.5	5.2	18	×	×
	市售指甲油 4 (分)				

實驗發現：添加 1% 明膠後和市售指甲油黏度流速較接近。

五、自製紅麴指甲油的製備

實驗 5-1：紅麴色素製備

5-1-1：4 種紅麴色素經烘箱烘至全乾後觀察記錄



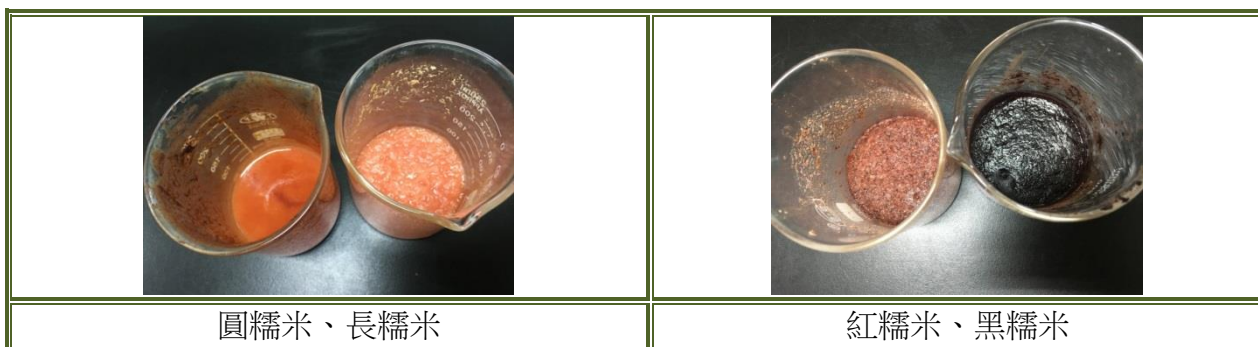
實驗發現：烘箱 50°C 乾燥較接近原本紅麴樣本的顏色。

5-1-2：4 種紅麴色素經烘箱烘至全乾後與實驗二結果之計算出紅麴色素質量的比較

糯米種類	經實驗二結果最高色素萃取率 (g/100mL)	扣除含水率後 200 g 紅麴樣本重 (g)	計算出紅麴色素質量 (g)	烘乾後紅麴色素重 (g)
圓糯米	1.90	88	1.67	4.95
黑糯米	2.28	75	1.71	5.74
長糯米	1.54	74	1.14	3.71
紅糯米	2.65	65	1.72	5.88

實驗發現：實際烘乾後重量皆大於經分光光度計測定後計算出的紅麴色素收率，我們判斷是因為雜質增加了重量。

5-1-3：4 種紅麴色素經烘箱 50°C 烘至稠狀後觀察記錄



實驗發現：經烘箱烘乾後我們發現：當紅麴樣本烘至全乾後，不僅顏色明度下降，且需經研磨後才能添加於溶劑中，故在指甲油色素添加我們採取烘至稠狀。

實驗 5-2：自製紅麴指甲油步驟及塗佈


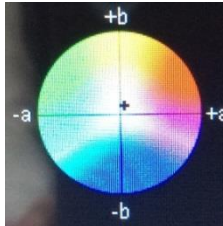
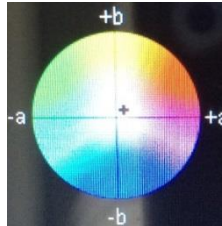
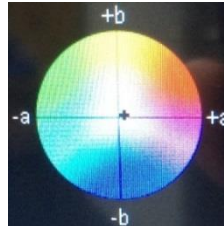
5-2-1：4 種紅麴色素指甲油塗佈於白甲片上觀察記錄



實驗發現：(1)在塗佈時圓糯米最好上色，刷 1 次形成連續性塗膜，容易擦均。

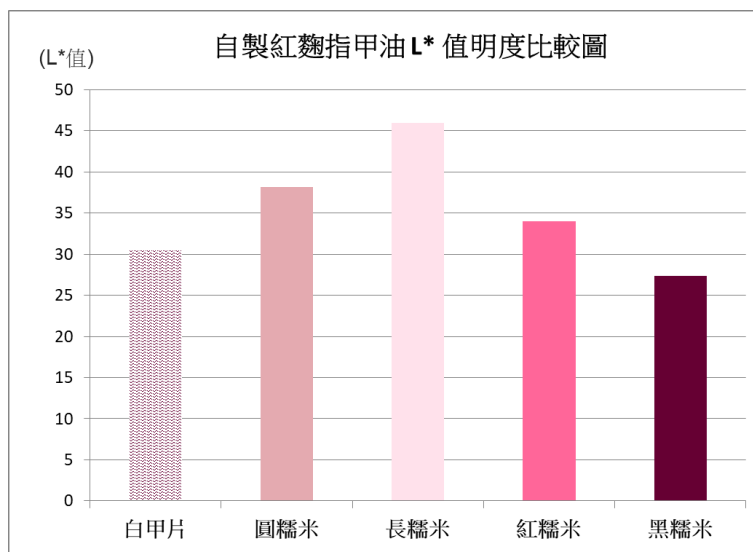
(2)長糯米指甲油乾燥後從淺粉紅色變成橘色，其他組乾燥後僅光澤度下降，顏色穩定。

5-2-2：4 種紅麴色素指甲油塗膜色相圖

指甲油	圓糯米			長糯米			紅糯米			黑糯米		
色相圖												
L*a*b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
數據	38.13	7.12	14.23	45.98	6.34	12.90	34.27	11.12	11.54	27.37	6.81	4.25

實驗發現：依據 4 種紅麴色素指甲油 a*b* 值顯示，圓糯米、長糯米較偏橘黃色，紅糯米較偏橘色，黑糯米較偏紫紅色。

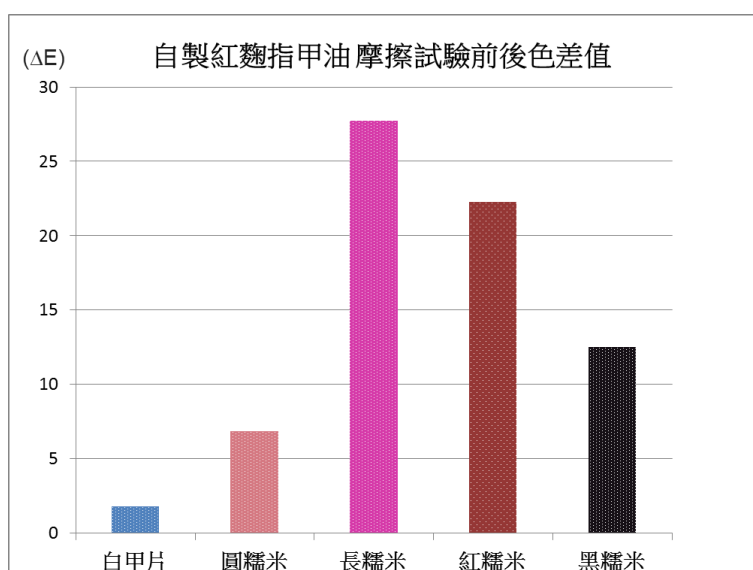
5-2-3：4種紅麴色素指甲油乾燥後L*值明度比較



實驗發現：指甲油明度長糯米最高。經由文獻搜尋 L*值表示明度 (Luminosity)，一般消費者喜愛明度高的指甲油，後續實驗 L*值與市售指甲油進行比較。

六、自製紅麴指甲油的測試與改良

實驗 6-1：指甲油耐摩測試



實驗發現：(1)圓糯米指甲油摩擦前後色差值最小，色素脫落少。

(2)長糯米、紅糯米、黑糯米摩擦前後色差值大，有明顯脫落情況，需進行改良。

在文獻中指出，市售指甲油常使用硝化纖維 (薄膜形成劑) 讓指甲油在指甲上形成一層高分子薄膜，使顏料能夠長時間待在指甲上，因此後續實驗需添加薄膜形成劑。

實驗 6-2：薄膜形成劑添加

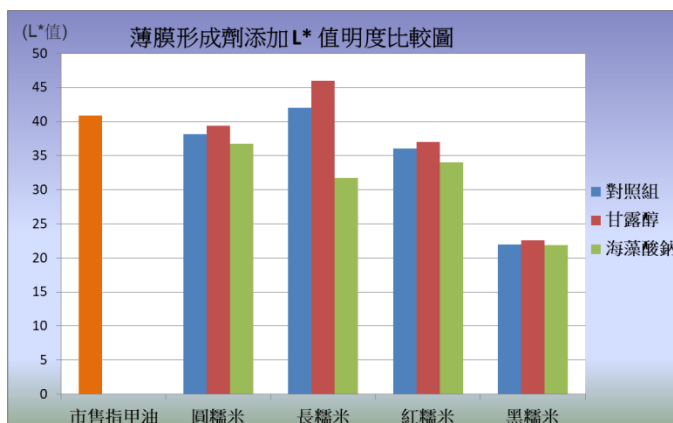
6-2-1：4 種紅麴色素指甲油添加薄膜形成劑後塗佈於白甲片上觀察記錄



實驗發現：(1)添加甘露醇指甲油乾燥後較亮，但長糯米產生結塊、塗膜破裂。

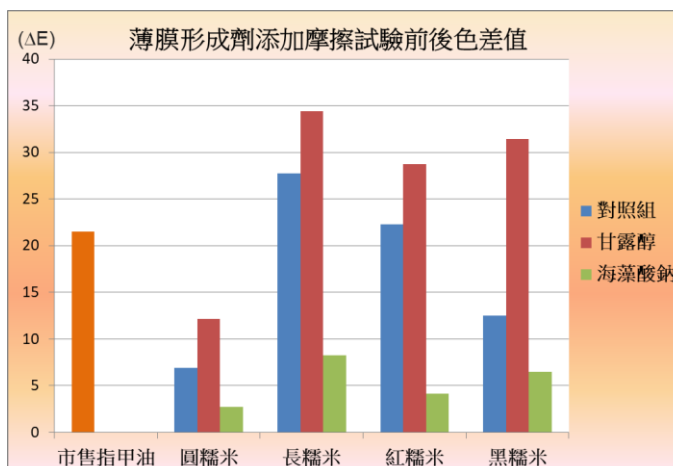
(2)添加海藻酸鈉指甲油乾燥快 (4 分)，乾燥後塗膜緊密附著於甲片上。

6-2-2：4 種紅麴色素指甲油添加薄膜形成劑乾燥後 L*值明度比較



實驗發現：添加甘露醇指甲油乾燥後 L*值明度增加。

實驗 6-3：指甲油耐摩測試



實驗發現：(1)圓糯米指甲油摩擦試驗前後色差值最小，色素脫落少低於市售指甲油。

(2)添加海藻酸鈉能有效增加自製紅麴指甲油色素在指甲上的附著力。

陸、討 論

一、從紅麴中萃取紅麴色素，四種糯米顏色不同？

(一) 查詢文獻得知，圓糯米、長糯米在製作過程時糠皮去除，呈白色屬於白糯米，黑糯米及紅糯米因糠皮未被去除，呈紫黑色及紅色，兩種糯米的米麩皮皆含有天然的花青素，也溶於乙醇，未來實驗可以再深入研究麩皮花青素對於紅麴色素顏色的影響。



(二) 我們也發現同樣是圓糯米以每 1 g 糯米 0.12 g 酒麴的比例發酵 55 天後，顏色會有差異，顯示紅麴菌種不同就會影響紅麴色素的顏色。



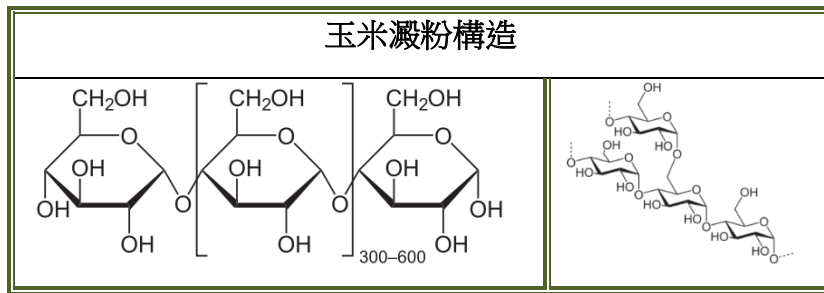
圓糯米經不同酒麴釀製後顏色差異

二、自製四種紅麴色素放入烘箱 100°C 燒焦？

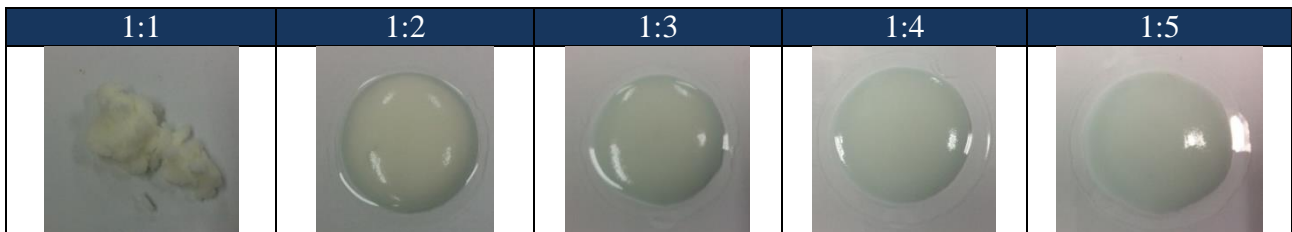
在實驗 2-5 中我們發現 100°C 高溫萃取時，紅麴色素仍保持良好的萃取率，顯示紅麴色素耐熱，但在紅麴色素添加於指甲油烘至全乾後，顏色明度明顯下降，我們判斷是因為在進行實驗二的過程中，經分光光度計測量前都有經濾紙過濾，而添加於指甲油採濾布過濾孔隙較大，色素含有雜質而產生碳化，未來實驗可以研究過濾方法，以較高溫度烘乾紅麴色素，縮短製造時間。

三、玉米澱粉加矽油保存性良好，不易發黴，塗膜乾燥快速？

(一) 玉米澱粉是一種多糖類天然高分子化合物，分子鏈上有大量親水性強的 OH，經資料查詢後我們知道，因為 OH 會吸引水，所以玉米澱粉具有吸水性。在有水氣存在之下，與聚二甲基矽氧烷產生交聯、固化，因澱粉分子鏈的親水性及氫鍵作用下，玉米澱粉矽油產生黏滯性，被改性的玉米澱粉因與聚二甲基矽氧烷交聯，產生疏水性不易發黴。



(二) 在實驗 3-5 得知，玉米澱粉添加矽油 100 cps 比例 1:3 黏度流速最接近市售指甲油，在實驗過程中，我們也同樣將不同比例溶液以針筒取出 0.5mL，觀察乾燥情形，在過程中發現溶液有出水情況，溶液中玉米澱粉比例越低，出水量越多，推測此出水由空氣中的水氣而來，玉米澱粉與聚二甲基矽氧烷交聯的過程中固化需吸收水氣，當澱粉量足夠時，吸收水分促使澱粉與聚二甲基矽氧烷產生固化，但當澱粉量不足時，沒有足夠的吸水粉末，導致水分溢出不易乾燥。



(三) 在實驗 3-4 觀察溶液分層體積得知，玉米澱粉添加矽油後未產生分層，我們歸納上述乾燥過程的出水情況應是由空氣中的水氣而來，以玉米澱粉矽油為指甲油溶劑在容器中保存不會自行產生出水，不易發黴。

四、海藻酸鈉作為薄膜形成劑優點？

(一) 市售指甲油皆以硝化纖維為薄膜形成劑，使指甲上形成一層高分子塗膜，增加色素在指甲上的長效性，但硝化纖維易燃且具有爆炸性，化學穩定性較差；海藻酸鈉是一種天然的高分子聚合物，先與二價以上金屬離子（鎂、鈣、鋇、鋇）產生交聯作用 (Cross-linking) 製備出的塗膜有彈性，熱穩定性好。

(二) 在食品工業上也常將色料或菌體加入海藻酸鈉溶液，利用離子的鍵結形成膠球，經由文獻搜尋，我們得知可以在自製紅麴指甲油乾燥後，在表面再塗上一層低濃度的氯化鈣溶液，可以增加塗膜外在結構的強度。

(三) 自製紅麴指甲油的去除，經由文獻搜尋得知，可以利用海藻酸鈉膠與磷酸鹽、鎂離子或鉀離子等溶液接觸時，鈣離子會與磷酸鹽進行鍵結，撐大海藻酸鈉膠球的內部結構

，使水分子易進入膠球內的特性，未來實驗可以研究，以高濃度的磷酸鹽緩衝液當去光水，使自製指甲油塗膜解體的成效。

五、自製紅麴指甲油的成本？

以自製紅麴指甲油 20 mL 過程及成份來計算成本

製造過程或成份	色素 1g (以圓糯米為例 需 108g 發酵)	12.96 g 酒麴	1080 mL 85%乙醇	20 mL 100 cps 矽油	6.67 g 玉米 澱粉	0.2 mL 明膠 溶液	0.2 mL 海藻酸鈉 溶液	0.002 mL 乳酸鈣 溶液	總價
成本(元)	6.3	6.48	96	10	0.6	0.08	0.003	0.0002	119

自製紅麴指甲油成本大約為 5.95 (元/ mL)，若以工業製程將 85%乙醇減壓回收再利用，可再降低成本，對比市售環保無毒指甲油平均 33 (元/ mL)的售價，我們自製的紅麴指甲油極具有開發性。

六、本實驗當中符合「綠色化學」的精神？

原則	低毒	保安	節能	防廢	催化	降輔	思危
本研究	V	V	V	V	V	V	V
原則	盡量使用對人類和環境毒性最低的起始原料	設計安全的化合物	常溫及常壓下執行	設計化學合成方法防止廢物的產生。	通過催化反應防廢、提高效率、和節能	使用安全、無害的溶劑	整個化學製程的試劑，無毒性、爆炸性、和易燃性。
本研究	實驗中使用天然物如下： 1. 原物料：糯米 2. 溶劑之催化劑：玉米澱粉 3. 塑形劑：明膠 4. 薄膜形成劑：海藻酸鈉	1. 自製紅麴色素的 pH 值皆 4，不易產生橘黴素，是無毒的色素原料。 2. 玉米澱粉矽油溶劑在容器中保存，不易發黴。	1. 紅麴色素常溫釀製。 2. 自製紅麴指甲油步驟常溫即易於攪拌。	1. 萃取液乙醇可以減壓回收再利用。 2. 自製指甲油溶劑、塑形劑等皆完全為標的物質。	玉米澱粉催化劑可以降低溶劑乾燥的時間。	使用安全、無毒的矽油，取代市售指甲油常用甲苯、乙酸乙酯。	使用天然的高分子聚合物海藻酸鈉為薄膜形成劑，取代市售指甲油常用具有爆炸性、易燃的硝化纖維。

柒、結 論

一、以分光光度計進行檢測得知：自行萃取紅麴色素主要吸收峰的波長為 425nm，實驗發現發酵液也富含紅麴色素，紅糯米紅麴色素收率最高 9.25 (mg/g)。

二、 紅糯米經不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率

過程	發酵時間	乙醇濃度	紅麴樣本與 85 % 乙醇比例(g: mL)	萃取時間	萃取溫度	萃取時酸鹼值
最佳條件	55 天	85%	1:10	20 小時	60°C	萃取環境中、弱酸性時，萃取率差異不大
紅麴色素萃取率 (g/100 mL)	1.55	1.48	2.05	2.15	2.65	2.05

三、 自製紅麴指甲油最佳化製備條件

成分	催化劑	溶劑	塑形劑	薄膜形成劑
材料	玉米澱粉	100 cps 矽油	明膠	海藻酸鈉
比例	1:3 (g:mL)		1%	1%
實驗結果	乾燥時間 3.8 分，比市售指甲油 4 分短。		可以增加塗膜剛硬性，且和市售指甲油黏度流速相近。	能有效增加自製紅麴指甲油色素附著力，經摩擦試驗後，圓糯米指甲油色差值最小 ΔE 2.71，遠低於市售指甲油 ΔE 21.50。

四、 自製紅麴指甲油與市售指甲油比較表

	自製紅麴指甲油	市售指甲油	說明
顏色	橘黃色、橘色、紫紅色	各種顏色	市售指甲油色素化學合成的有毒性，自製指甲油色素天然無毒較優
氣味	無臭	揮發性刺鼻味	自製指甲油較優
乾燥時間 (分)	4	4	自製指甲油與市售指甲油乾燥時間一樣
明度 (L*值)	明度最高的長糯米紅麴指甲油 45.98	市售橘黃色指甲油 40.85	自製指甲油較優
色素附著力 (ΔE)	色差值最小的圓糯米指甲油 2.71	市售顆粒指甲油 21.50。	自製指甲油較優

捌、 參考資料

李玫琳、林頌生、余豐任、何淇義 (2009)·食品化學與分析 II。台南市：復文圖書有限公司。

林宣均 (2017)·「滑」出超級「矽」魔力·中華民國第 57 屆中小學科學展覽會周老師的美食教室，取自：

<https://homeeconomics.pixnet.net/blog/post/66280431-162.紅麴和紅糟>

潘子明(2013)火紅的紅麴·科學人雜誌，取自：

<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=easylearn&id=1751>

劉權毅(2012)如何看懂指甲油成分，取自：<https://yanjiskin.pixnet.net/blog/post/229205501>

F. Vendruscolo, R. M. M. Bühler, J. C. de Carvalho, D. de Oliveira, D. E. Moritz, W. Schmidell and J. L. Ninow.(2016) *Monascus: a Reality on the Production and Application of Microbial Pigments*. Appl. Biochem. Biotechnol., 178, 211–223.

【評語】 080202

本件科展作品在研究自製天然無毒紅麴指甲油的配方，並透過自製機械手臂塗佈指甲油，非常有趣，且主題符合綠色化學的原則，適合做為推廣環保教育之教材。建議除了橘色、紫紅色外，可思考開發其他顏色的可能性，以提高本研究的應用價值。文獻報導中有許多探討可食用之指甲油的自製方法(如，<https://kknews.cc/fashion/m3jv9yp.html>)，建議本作品可與其相比較。雖然本作品研究內容非常多，但數據分析與推導結論時最好能參酌文獻原理，詳細指出有別於文獻的新發現。同時在實驗設計上還有需要再深入探討之處，如：在檢量線溶液配製時可以考慮 systematic error，在萃取時取樣方式（過濾再倒回瓶中）檢討其間可能產生的損失，黏度、耐磨度量測是否精確，對於專有名詞（催化劑）是否正確理解等等。

作品海報

摘要

以圓、長、紅、黑糯米萃取紅麴色素製成天然指甲油。自製紅麴色素主要吸收峰波長 425 nm，紅糯米色素收率最高 9.25 (mg/g)。紅糯米經 55 天發酵，色素萃取率 1.55 (g/100 mL) 最高，最佳萃取條件：乙醇濃度 85 %、紅麴樣本：乙醇 1:10 (g: mL)、20 小時萃取、溫度 60 °C，萃取環境中、弱酸性時，紅麴色素萃取率受 pH 值影響不大，自釀紅麴 pH 值皆 4，不易生橘黴素是無毒色素原料。自製指甲油最佳條件：玉米澱粉(催化劑)加 100 cps 矽油比例 1:3 (g: mL)，添加 1 % 明膠(塑形劑)、1 % 海藻酸鈉溶液(薄膜形成劑)、5 % 紅麴色素，指甲油乾燥時間短 4 分，長糯米指甲油明度最高 L* 值 45.98，經摩擦試驗後，圓糯米指甲油色素附著力最佳，色差值 ΔE 2.71。自製紅麴指甲油成本低 5.95 (元/ mL) 天然無臭又安全，符合綠色化學精神。

研究動機

市面上販售的指甲油琳瑯滿目、種類色彩豐富，媽媽買了法國製的指甲油，標榜使用後不會造成指甲的負擔，但當打開瓶蓋時，溶劑的刺鼻味還是非常濃烈。指甲油為了快乾，溶劑常添加甲苯、乙酸乙酯，在長期吸入的情況下，會對人體的神經系統產生危害，化學合成的色素許多是有毒性，甚至致癌。我們想到奶奶釀製的紅麴，富含天然色素，如果提取紅麴色素，找尋適當的溶劑做成天然指甲油，可以讓使用者更安心。因此我們參考科學人雜誌「火紅的紅麴」，設計出自製天然無毒紅麴指甲油的方法。


研究目的

- 實驗一：釀製紅麴，探討自行萃取紅麴色素的萃取率及收率
- 實驗二：比較不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率
- 實驗三：比較不同溶劑加催化劑乾燥時間，找出最佳溶劑

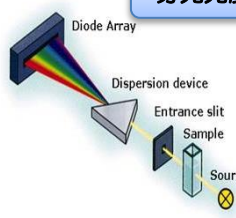
- 實驗四：比較不同添加物的成膜效果，找出最佳塑形劑
- 實驗五：自製紅麴指甲油的製備及成效
- 實驗六：自製紅麴指甲油的測試與改良

研究設備及器材

色素原料

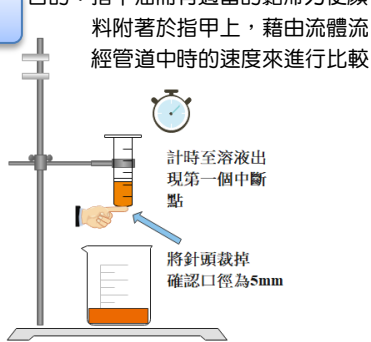


分光光度計測量



- 市售紅麴色素
- 以 75 % 乙醇配製成 0.05、0.04、0.02、0.01、0 (g/100 mL) 溶液，繪製檢量線與自製紅麴色素進行吸收光譜比對

自製黏度計

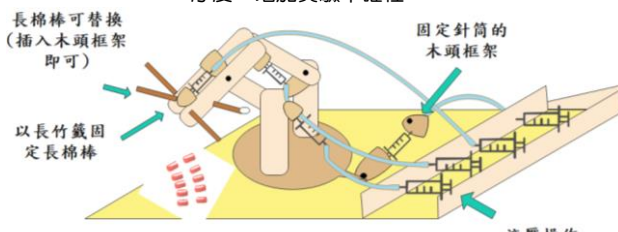


目的：指甲油需有適當的黏滯力使顏料附著於指甲上，藉由流體流經管道中時的速度來進行比較

計時至溶液出現第一個中斷點

將針頭裁掉 確認口徑為 5mm

自製塗指甲油機



目的：確定指甲油沾取量及塗膜厚度，增加實驗準確性。

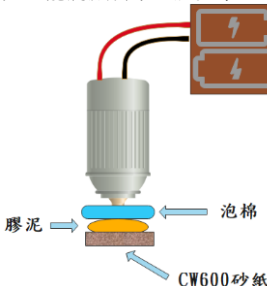
長棉棒可替換 (插入木頭框架即可)

以長竹籤固定長棉棒

固定針筒的木頭框架

液壓操作

自製摩擦機



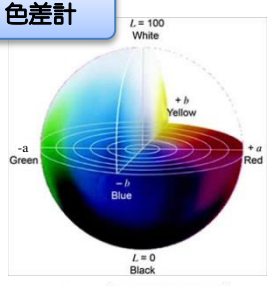
目的：以摩擦機測試自製指甲油的耐磨性，是否能將顏料牢固於指甲上。

膠泥

泡棉

CW600 砂紙

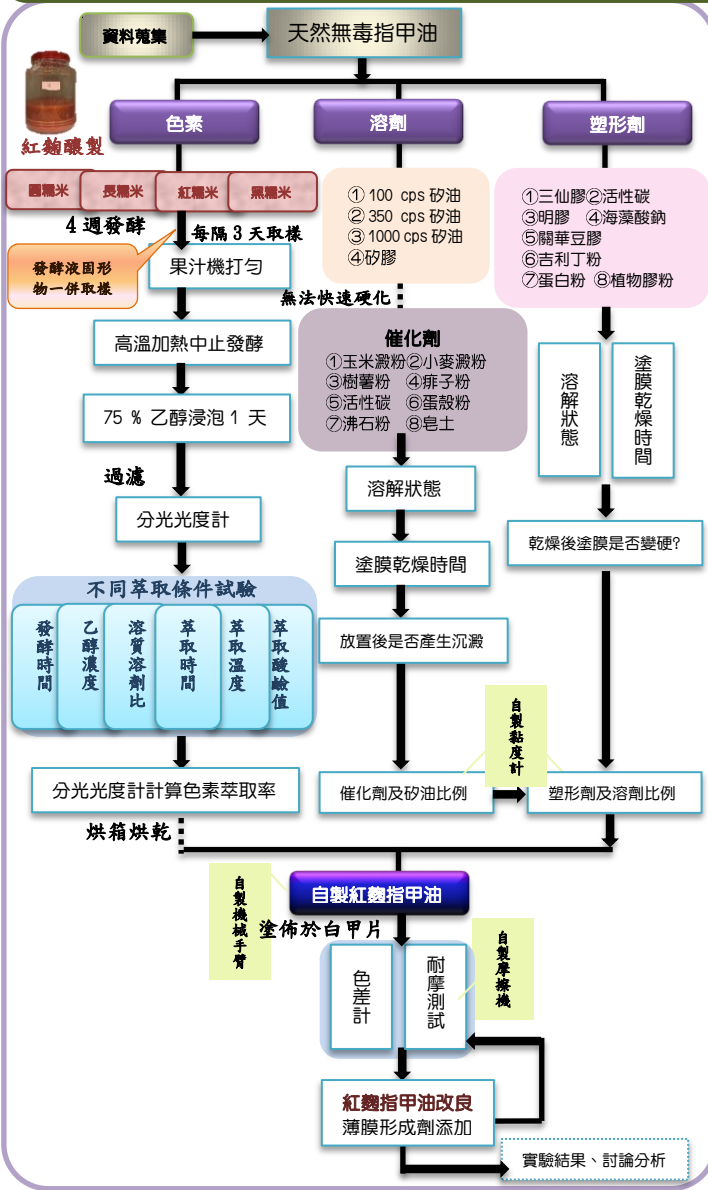
色差計



目的：測量自製指甲油與市售指甲油之色差。

$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$

研究方法及結果



實驗一：釀製紅麴，探討自行萃取紅麴色素的萃取率及收率

釀製紅麴：四種糯米各 1200 g、紅麴 150 g、冷開水 1200 mL、粉狀酒麴 5 g

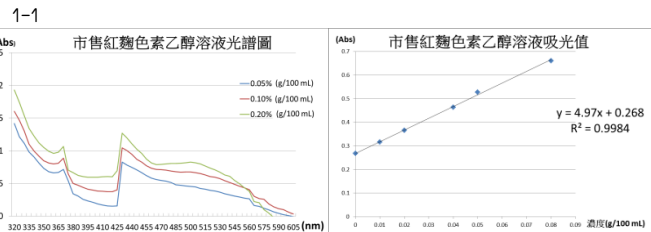


實驗 1-1 ~ 1-3 自行萃取紅麴色素的萃取率：

四種糯米經 28 天發酵，以 75 % 乙醇萃取，室溫放置一天後過濾，放入分光光度計測量吸收光譜(實驗 1-1)並以色素在波長 430 nm 的吸光值計算色素萃取率，實驗 1-2 與上述步驟同，取發酵液 2 mL 測量，實驗 1-3 取固形物 2 g 測量後與實驗 1-2 進行比較。

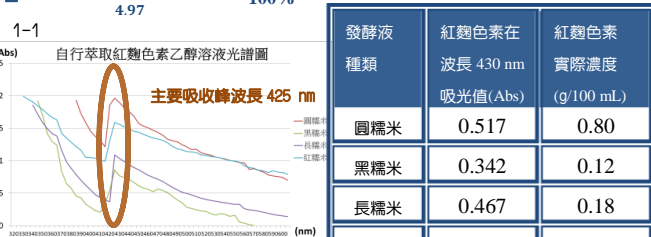
實驗 1-4：四種紅麴經發酵 28 天後，紅麴色素收率

測量 4 種糯米發酵 28 天後的固形物重量及發酵液體積，並以等量 75 % 乙醇萃取，計算紅麴色素收率。



自行萃取紅麴色素 (g/100 mL)

色素在波長 430nm 吸光值 - 0.268 * 100% = 4.97



結果：主要吸收峰的波長為 425 nm，與上述實驗結果大致吻合。

結果：四種糯米的發酵液皆含有紅麴色素

收率定義：每 1 g 糯米經發酵後可得的紅麴色素質量 (mg)

$$\text{色素收率 (mg/g)} = \frac{\text{萃取紅麴色素質量 (g)}}{\text{糯米質量 (g)}} \times 1000$$

1-4：四種紅麴經發酵 28 天後，紅麴色素收率

糯米種類	待測物	色素濃度 (g/100mL)	發酵 28 天後生成量 (mL)	計算出色素質量 (g)	色素質量加總 (g)	紅麴色素收率 (mg/g)
圓	發酵液	0.80	850	6.80	10.52	8.77
	固形物	0.22	1690	3.72		
黑	發酵液	0.12	250	0.30	10.88	9.07
	固形物	0.52	2035	10.58		
長	發酵液	0.18	1130	2.03	6.35	5.29
	固形物	0.34	1270	4.32		
紅	發酵液	0.58	1030	5.97	11.10	9.25
	固形物	0.36	1425	5.13		

結果：紅糯米紅麴色素收率最高可得紅麴色素為 9.25(mg/g)。

實驗發現發酵液也富含紅麴色素

實驗二：比較不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率

實驗 2-1：測量發酵時間對於紅麴色素萃取率影響

- 每隔 3 天 (第 31、34、37、40、43、46、49、52、55、58、61、64、67、70 天) 均取樣發酵液及固形物 150 g，再經打勻、加熱及分裝冷凍保存。
- 使用前解凍，取出紅麴 10 g (為確認樣本質量，實驗前先取 1 g 紅麴樣本放入烘箱烘至絕乾後測量含水率，扣除含水率後計算紅麴色素萃取率。) 加入 10 mL 75 % 乙醇攪拌均勻，室溫放置一天後過濾，取 4 mL 放入分光光度計測量並計算紅麴色素萃取率。



實驗 2-2：測量不同濃度乙醇對於紅麴色素萃取率影響

第 55 天發酵紅麴樣本 10 g
不同濃度乙醇 10 mL (95 %、85 %、75 %、65 %、55 %)
室溫放置一天後過濾取 4 mL 測量計算紅麴色素萃取率

實驗 2-3：測量不同溶質溶劑比例萃取對於紅麴色素萃取率影響

溶質 (紅麴樣本) 比溶劑 (85 %乙醇)
1:1、1:5、1:10、1:15 及 1:20

實驗 2-4：測量萃取時間對於紅麴色素萃取率影響

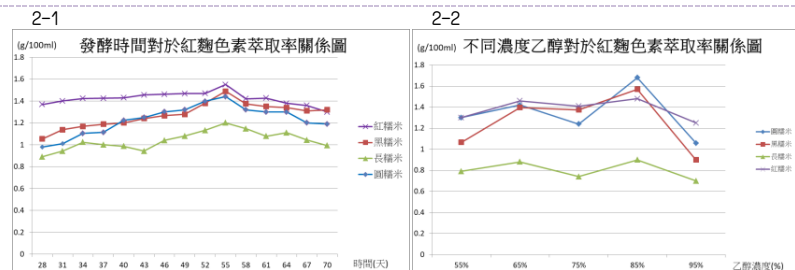
濃度 85 % 乙醇 300 mL、第 55 天發酵紅麴樣本 30 g，配製成 1:10 溶液，每隔 4 小時取樣 10 mL

實驗 2-5：測量不同萃取溫度對於紅麴色素萃取率影響

經 20 小時濃度 85 %乙醇浸泡後 常溫、40 °C、60 °C、80 °C 及 100 °C 隔水加熱 8 小時

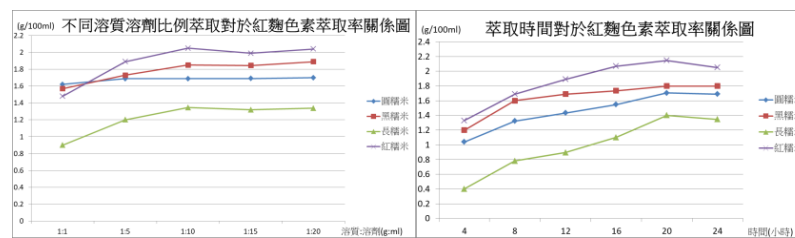
實驗 2-6：測量萃取酸鹼值對於紅麴色素萃取率影響

紅麴樣本 1 g、濃度 85 %乙醇 10 mL，以緩衝溶液調整到 pH 4~7 後，攪拌均勻，20 小時後過濾



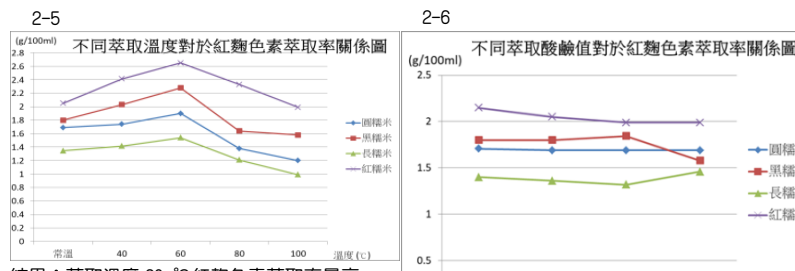
結果：糯米在發酵第 55 天紅麴色素萃取率最高

結果：四種紅麴色素在乙醇濃度 85 %萃取率最高



結果：溶質：溶劑 = 1:10 (g: mL) 時可以達到最高萃取率

結果：四種糯米經乙醇萃取 20 小時可以達到最高萃取率



結果：萃取溫度 60 °C 紅麴色素萃取率最高

四種紅麴經發酵 55 天後觀察記錄

圓糯米	長糯米	紅糯米	黑糯米
pH 4	pH 4	pH 4	pH 4

在萃取環境中性、弱酸性時，紅麴色素萃取率受 pH 值影響不大。

實驗三：比較不同溶劑加催化劑乾燥時間，找出最佳溶劑

3-1 觀察砂油及砂膠的黏性及物態

3-2 觀察催化劑的溶解狀態 催化劑：縮短聚矽氧烷的乾燥時間

取 20 mL 市售 100、350、1000 cps 的砂油及砂膠
分別加入玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、芥子粉、活性炭、蛋殼粉、沸石粉及皂土 10 g

3-3 測量塗膜乾燥時間

玉米澱粉、小麥澱粉、樹薯粉、芥子粉
加砂油及砂膠

3-5 催化劑及砂油比例黏度流速測定

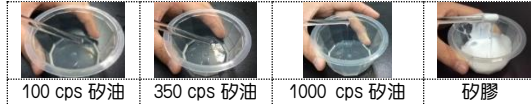
玉米澱粉及 100 cps 砂油 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5

3-4 觀察添加催化劑之溶劑分層的體積

- 玉米、小麥澱粉、樹薯粉、芥子粉加 100 cps 砂油
- 平放一週，觀察是否分層



3-1 觀察砂油及砂膠的黏性及物態

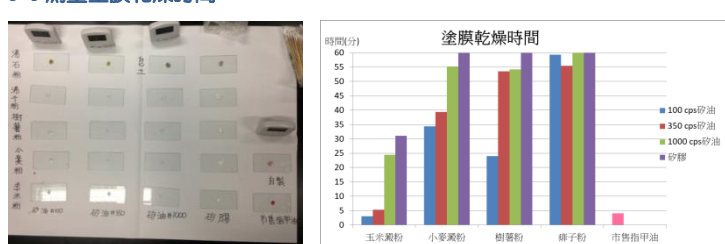


結果：不論是砂油或砂膠在常溫之下皆不易硬化，需添加催化劑縮短乾燥時間。

3-2 觀察催化劑的溶解狀態

	玉米澱粉	小麥澱粉	樹薯粉	芥子粉	活性炭	蛋殼粉	沸石粉	皂土
100 cps 砂油								
狀態	溶解	溶解	溶解	溶解	成塊	不溶	不溶	溶解

3-3 測量塗膜乾燥時間



結果：玉米澱粉添加 100 cps 砂油乾燥時間最短 (3 分) 最接近市售指甲油。

3-4：觀察添加催化劑之溶劑分層的體積

	玉米澱粉	小麥澱粉	樹薯粉	芥子粉
上清液層體積 (mL)	X	5	2.5	2.5

結果：玉米澱粉加砂油溶液經放置一週後仍未產生沉澱物。

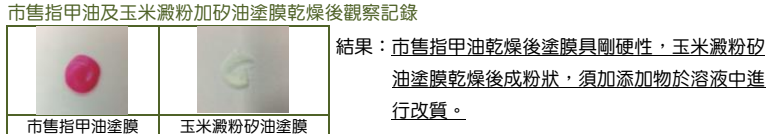
3-5 催化劑及砂油比例黏度流速測定

催：砂	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
照片					
流動時間 (分)	X	8.5	3.8	2.4	1.6
	市售指甲油 4 (分)				

結果：玉米澱粉添加 100 cps 砂油比例 1:3 (g: mL) 黏度流速最接近市售指甲油，進行後續實驗

實驗四：比較不同添加物的成膜效果，找出最佳塑形劑

實驗 4-1：觀察溶劑加入添加物後的顏色及乾燥時間 實驗 4-2：塑形劑及溶劑比例黏度流速測定



4-1：觀察溶劑加入添加物後的顏色及乾燥時間

添加物種類	三仙膠	活性炭	明膠	海藻酸鈉	關華豆膠	吉利丁粉	蛋白粉	植物膠粉
塗膜乾燥 (分)	60 ↑	60 ↑	5.5	6.5	60 ↑	6.5	5.5	無法成液狀

結果：明膠、海藻酸鈉、吉利丁粉、蛋白粉乾燥時間較短。

	明膠	海藻酸鈉	吉利丁粉	蛋白粉
塗膜乾燥後照片				
乾燥後塗膜變硬?	○	×	×	×

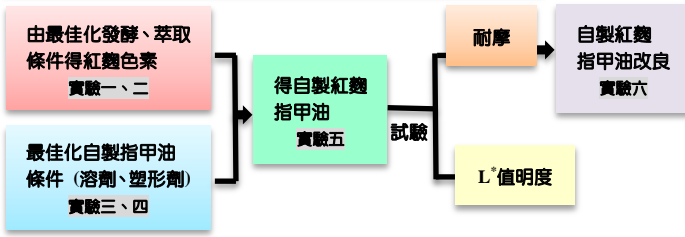
結果：添加明膠組的塗膜乾燥後變硬。

4-2：塑形劑及溶劑比例黏度流速測定

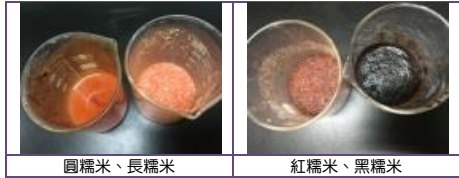
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
溶液照片					
流動時間 (分)	4.5	5.2	18	×	×

結果：添加 1 % 明膠後和市售指甲油黏度流速較接近。

實驗五：自製紅麴指甲油的製備及成效



紅麴色素經烘箱 50 °C 烘至稠狀後



結果：
當紅麴色素烘至全乾後，不僅顏色明度下降，且需經研磨後才能添加於溶劑中，後續採烘至稠狀。

5-2 紅麴色素指甲油加薄膜形成劑後塗佈於甲片



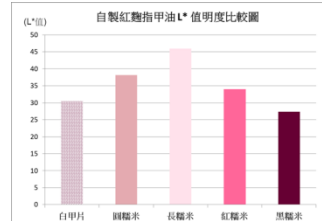
結果：在塗佈時圓糯米最好上色，刷 1 次形成連續性塗膜，容易擦掉。

5-2 四種紅麴色素指甲油塗膜色相圖

指甲油	圓糯米	長糯米	紅糯米	黑糯米
色相圖				
a* / b*	7.12 / 14.23	6.34 / 12.90	11.12 / 11.54	6.81 / 4.25

結果：圓糯米、長糯米較偏橘黃色，紅糯米較偏橘色，黑糯米較偏紫紅色。

4 種紅麴色素指甲油乾燥後 L* 值明度比較



結果：
一般消費者喜愛明度高的指甲油，後續實驗 L* 值明度與市售指甲油進行比較，指甲油明度長糯米最高。

實驗六：自製紅麴指甲油的測試與改良

實驗 6-1：指甲油耐摩測試

將甲片置於自製摩擦機下，以色差計測量，計算 ΔE 值與實驗 5-2 摩擦前甲片比較。

實驗 6-2：薄膜形成劑添加

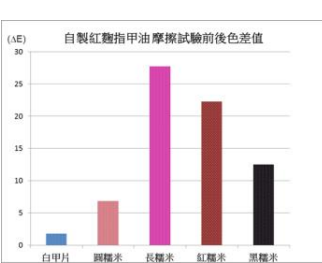
為增加紅麴色素在指甲油上附著力

- 常作為食品防黏劑的甘露醇粉末
- 天然高分子聚合物的海藻酸鈉進行實驗，找尋市售指甲油中硝化纖維的替代品。



實驗 6-3：指甲油耐摩測試

同實驗 6-1，計算 ΔE 值與市售顆粒指甲油做比較



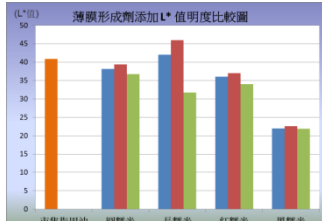
結果：
(1) 圓糯米指甲油摩擦前後色差值最小，色素脫落少。
(2) 長糯米、紅糯米、黑糯米摩擦前後色差值大，有明顯脫落情況，需添加薄膜形成劑，使顏料能夠長時間待指甲上。

紅麴色素指甲油添加薄膜形成劑後



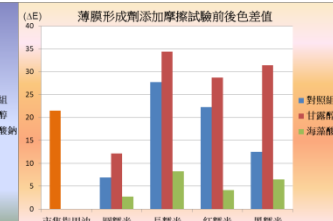
結果：添加甘露醇較亮，但塗膜結塊破裂。加海藻酸鈉後塗膜緊密附著於甲片上，乾燥時間短僅 4 分。

紅麴指甲油添加薄膜形成劑乾燥後 L* 值明度比較



結果：添加甘露醇乾燥後 L* 值明度增加。

指甲油耐摩測試



結果：圓糯米色差值最小低於市售指甲油
加海藻酸鈉能有效增加色素在指甲上附著力

討論

一、從紅麴中萃取紅麴色素，四種糯米顏色不同？

- 查詢文獻得知，黑糯米及紅糯米因糠皮未被去除，呈紫黑色及紅色，兩種糯米的米麴皮皆含有天然的花青素，也溶於乙醇，未來實驗可以更深入研究麴皮花青素對於紅麴色素顏色的影響。
- 我們也發現同樣是圓糯米以每 1 g 糯米加 0.12 g 酒麴的比例發酵 55 天後，顏色會有差異，顯示紅麴菌種不同就會影響紅麴色素的顏色。

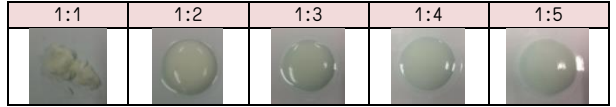


二、自製四種紅麴色素放入烘箱 100 °C 燒焦？

在實驗 2-5 中顯示紅麴色素耐熱，但在紅麴色素添加於指甲油烘至全乾後，顏色明度明顯下降，判斷是因為在進行實驗二的過程中有經濾紙過濾，而添加於指甲油採濾布過濾孔隙較大，色素含有雜質而產生碳化。

三、玉米澱粉加砂油保存性良好，不易發霉，塗膜乾燥快速？

- 玉米澱粉會吸引水，在有水氣存在之下，與聚二甲基矽氧烷產生交聯、固化，因澱粉分子鏈的親水性及氫鍵作用下，玉米澱粉砂油產生黏滯性，被改性的玉米澱粉因與聚二甲基矽氧烷交聯，產生疏水性不易發霉。
- 在實驗 3-5 的過程中，我們也將不同比例溶液以針筒取出 0.5 mL，觀察後發現溶液有出水情況，玉米澱粉比例越低，出水量越多，推測此出水由空氣中的水氣而來，當澱粉量不足時，沒有足夠吸水粉末，導致水分溢出不易乾燥。



- 在實驗 3-4 觀察溶液分層體積得知，玉米澱粉添加砂油後未產生分層，我們歸納上述乾燥過程的出水情況應是由空氣中的水氣而來，以玉米澱粉砂油為指甲油溶劑，在容器中保存不會自行產生出水，不易發霉。

四、海藻酸鈉作為薄膜形成劑優點？

- 市售指甲油硝化纖維易燃且具有爆炸性，化學穩定性較差；海藻酸鈉是天然高分子聚合物，與二價以上金屬離子產生交聯製備出的塗膜有彈性熱穩定性好。
- 自製紅麴指甲油的去除，我們後續實驗研究發現，以 18 % 磷酸氫二鈉溶液當去光水能有效去除自製紅麴指甲油。

五、自製紅麴指甲油的成本？

以自製紅麴指甲油 20 mL 過程及成份來計算成本

製造成份	色素	酒麴	乙醇	砂油	玉米澱粉	明膠	海藻酸鈉	乳酸鈣	總價
成本 (元)	6.3	6.48	96	10	0.6	0.08	0.003	0.0002	119

自製紅麴指甲油成本大約為 5.95 (元/ mL)，若以工業製程將 95 % 乙醇減壓回收再利用，可再降低成本，對比市售環保無毒指甲油平均 33 (元/ mL) 售價，我們自製的紅麴指甲油極具有開發性。

六、本實驗當中符合「綠色化學」的精神？

原則	本研究
低毒	實驗中使用天然物如下：原物料-糯米，溶劑之催化劑-玉米澱粉，塑形劑-明膠，薄膜形成劑-海藻酸鈉
保安	自製紅麴色素的 pH 值皆 4，不易產生橘黴素，是無毒的色素原料。 玉米澱粉砂油溶劑在容器中保存，不易發霉。
節能	紅麴色素常溫釀製。 自製紅麴指甲油步驟常溫即易於攪拌。
防廢	萃取液乙醇可以減壓回收再利用。 自製指甲油溶劑、塑形劑等皆完全為標的物質。
催化	玉米澱粉催化劑可以降低溶劑乾燥的時間。
降輔	使用安全、無毒的砂油，取代市售指甲油常用甲苯、乙酸乙酯。
思危	使用天然的高分子聚合物海藻酸鈉為薄膜形成劑，取代市售指甲油常用具有爆炸性、易燃的硝化纖維。

結論

- 以分光光度計進行檢測得知：自行萃取紅麴色素主要吸收峰的波長為 425nm，實驗發現發酵液也富含紅麴色素，紅糯米紅麴色素收率最高 9.25 (mg/g)。
- 紅糯米經不同發酵時間及萃取條件下紅麴色素的萃取率

過程	發酵時間	乙醇濃度	紅麴基本與 85 % 乙醇比例 (g: mL)	萃取時間	萃取溫度	萃取時酸鹼值
最佳條件	55 天	85 %	1:10	20 小時	60 °C	萃取環境中、弱酸性時，萃取率差異不大
紅麴色素萃取率 (g/100 mL)	1.55	1.48	2.05	2.15	2.65	2.05

3. 自製紅麴指甲油最佳化製備條件

成分	催化劑	溶劑	塑形劑	薄膜形成劑
材料	玉米澱粉	100 cps 砂油	明膠	海藻酸鈉
比例	1:3 (g:mL)		1 %	1 %
實驗結果	乾燥時間 3.8 分，比市售指甲油 4 分短。		可以增加塗膜剛硬性，且市售指甲油黏度流速相近。	能有效增加自製紅麴指甲油色素附著力，經摩擦試驗後，圓糯米指甲油色差值最小 ΔE 2.71，遠低於市售指甲油 ΔE 21.50。

4. 自製紅麴指甲油與市售指甲油比較表

	自製紅麴指甲油	市售指甲油	說明
顏色	橘黃色、橘色、紫紅色	各種顏色	市售指甲油色素化學合成的有毒性，自製指甲油色素天然無毒較優
氣味	無臭	揮發性刺鼻味	自製指甲油較優
乾燥時間 (分)	4	4	自製指甲油與市售指甲油乾燥時間一樣
L* 值明度	明度最高的長糯米紅麴指甲油 45.98	市售橘黃色指甲油 40.85	自製指甲油較優
色素附著力 (ΔE)	色差值最小的圓糯米指甲油 2.71	市售顆粒指甲油 21.50	自製指甲油較優

參考資料

- 潘子明(2013)火紅的紅麴。科學人雜誌，取自：
<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=easylearn&id=1751>
 F. Vendruscolo, R. M. M. Bihler, J. C. de Carvalho, D. de Oliveira, D. E. Moritz, W. Schmidell and J. L. Ninow. (2016) *Monascus: a Reality on the Production and Application of Microbial Pigments*. Appl. Biochem. Biotechnol., 178, 211-223.