

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(三)科

佳作

083013

想入「啡啡」，「皂」「板」有理！

學校名稱：新竹縣竹北市興隆國民小學

作者：	指導老師：
小六 林苡芹	徐志宇
小六 林信如	楊淑鈞
小六 翁常睿	
小五 王瑋臣	
小六 蕭紫桐	
小六 黃彥勳	

關鍵詞：咖啡渣、皂化反應、濃度

摘要

咖啡量大，廢棄渣處理漸成議題，查詢咖啡渣成分，設想可利用方式，加入氫氧化鈉將內含油脂皂化洗出，其餘殘渣以糯米澱粉糊膠結製成板材；製皂部分探討肥皂在不同濃度氫氧化鈉中的溶解度，氫氧化鈉濃度、用量、添加乙醇、分次反應對皂化反應的影響；咖啡殘渣製板部分探討糯米糊加熱溫度、糯米糊與咖啡渣比例對板材抗彎折、隔熱的影響；板材使用、回收部分探討防水性、加入生澱粉（含澱粉酶）廢棄時分解情形。以咖啡渣製皂製板，從製作、使用到廢棄完全不產生污染，廢棄後可堆肥、作為燃料或是一般垃圾，毫無環境負擔，能充份利用咖啡渣的殘餘價值。

壹、前言

一、研究動機

每天早上，爸爸會去便利商店買一杯咖啡，發現便利商店的咖啡生意真好，常常需要排隊才能買得到。台灣每年進口五萬多噸咖啡豆，也產生五萬餘噸的咖啡渣，咖啡渣的成份主要是油脂、蛋白質和粗纖維，是很有用的生質原，但訪問附近超商，發現咖啡渣是被當成一般垃圾處理，所以我們嘗試依照咖啡渣的成份製作有製程簡單又有利用價值的產品，希望能幫助地球減碳、減廢，創造咖啡渣的新價值。

二、研究目的

（一）研究如何取出咖啡渣裡的油脂製作肥皂。

實驗一：測試不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

實驗二：測試低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果

實驗三：測試氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉提升皂化反應的效果

實驗四：測試肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度。

實驗五：測量相同氫氧化鈉用量下，分不同次數加入咖啡渣，能皂化咖啡渣油的量。

（二）研究如何用去脂後的咖啡渣製作板材。

實驗六：測試以不同溫度煮成糯米糊對咖啡渣膠結效果

實驗七：測試不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的物理特性（抗彎折、隔熱）

實驗八：測試咖啡渣製作板材以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理的防水效果

（三）研究如何加速咖啡渣板材廢棄時的降解速度。

實驗九：測試咖啡渣板材製作時加入生澱粉（種子來源澱粉，生麵粉）的分解效果

三、文獻回顧

（一）咖啡豆的成分

咖啡生豆的碳水化合物含量約為 38.5%，其中約 8.7%屬於低分子醣類，會在烘焙過程產生焦糖化反應，而轉化成焦糖色素等成分；而多醣類及果膠等主要是纖維素（23.1%）或木質素（6.7%）。

脂質存在於生豆胚乳中的咖啡油（coffee oil）及咖啡豆外層的蠟質共同組成咖啡生豆的脂質。咖啡油含有三酸甘油酯及相當份量的其他脂質，但其含量及組成成分會因品種不同而有差異，一般生豆的平均含量約 11.5%，即使烘焙，仍有 97% 左右以脂類等型態保存。

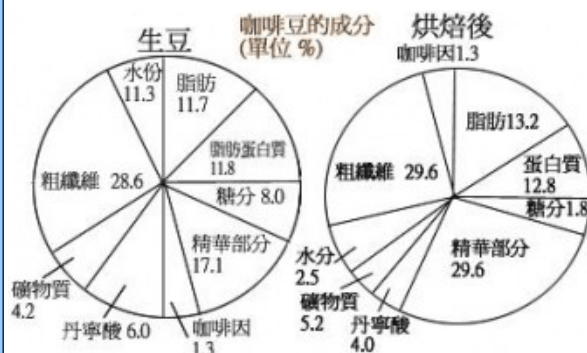
纖維素（cellulose）是一類有機化合物，其化學通式為 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。纖維素是綠色植物和許多藻類細胞壁的重要結構組分，是自然界中分布最廣、含量最多的一種多醣，是組成植物細胞壁的主要成分。纖維素不溶於水、稀酸、稀鹼和有機溶劑，但在加熱的條件下會被酸水解，主要的生物學功能是構成植物的支持組織。

木質素（Lignin）是一類複雜的有機聚合物，其在維管植物和一些藻類的支持組織中形成重要的結構材料，木質素在細胞壁的形成中是特別重要的，特別是在木材和樹皮中，因為它們賦予剛性並且不容易腐爛，具疏水性。維管或木本植物的木質部含有大量木質素，使木質部維持極高的硬度以承托整株植物的重量。

成分(%)	生豆	熟豆
水分	11.3	2.5
脂肪	11.7	13.2
蛋白質	11.8	12.8
糖分	8.0	1.8
提煉精華	17.1	29.6
咖啡因	1.3	1.3
單寧酸	6.0	4.0
礦物質	4.2	5.2
粗纖維	28.6	29.6

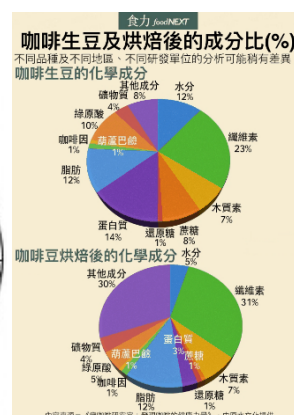
咖啡豆成分表 1

本圖引自 ICACFE 就是愛咖啡「咖啡豆的成份」



咖啡豆成分表 2

本圖引自咖啡什麼 Yipee 哇「咖啡豆的營養與成份」



咖啡豆成分表 3

本圖引自咖啡網「烘焙才够味！烘焙后的咖啡豆可产生 650 多种香气！」

學習心得：咖啡豆的成分中能溶於水的部分在沖泡時會被萃取出來，剩下的成分就是咖啡渣，其中還有不溶於水的碳水化合物（纖維素、木質素）和油脂，都是有利用價值的材料。油脂可以作為燃料、肥皂原料，纖維素、木質素可以像 MDF 板材一樣，加上凝結劑製作板材。

(二) 糯米橋：

早期因物資缺乏水泥昂貴，所以利用糯米混合紅糖、石灰等物質做為黏築石塊的媒介，故名糯米橋。

(三) 澱粉糊（也稱漿糊）：

原料主要是小麥、玉米、馬鈴薯、大米中提取的澱粉，將澱粉（5%~12%）與水（95%~88%）加熱至 80°C 以上而製成。掌握正確調製溫度，溫度過低時，澱粉不能完全糊化，膠結力弱且不易使用；當溫度較高時，漿糊會逐漸變成玻璃狀的透明體，繼續升溫，則會很快降低漿糊的粘結力。

漿糊是常用的膠粘材料，漿糊原料來源廣，製作簡單，無味、無毒、成本低、使用方便。漿糊有一定的粘結牢度，但易吸水潮解，而使被粘物脫落。漿糊易發酵、發霉以致腐敗，為防止腐敗，常加入少量甲醛，所以最好是現製現用。



國姓鄉北港糯米橋
本圖引自玩全台灣旅遊網
「南投縣國姓鄉糯米橋」



新竹馬武督糯米橋
本圖引自方格子 vocus「新
竹 | 馬武督 | 百年糯米橋」



新竹大山背糯米橋
本圖引自健行筆記「【新竹】清
涼一夏-大山背糯米橋.豐鄉瀑布.
大山北月」



糯米漿糊
圖引自 Rakuten 樂
天市場「文山糊/
包糊/漿糊」



糯米漿糊
本圖引自 iOPEN Mall
「振昌文具-文山糊、
包糊、漿糊」

學習心得：由糯米橋發想膠結咖啡渣的方法，澱粉有原料來源廣，製作簡單，無味、無毒、成本低、使用方便的優點，但易發酵、發霉以致腐敗，我們要尋找適合膠結咖啡渣的澱粉糊，並防止成品發酵、發霉。要測試不同澱粉比例與調製溫度對膠結力的影響。

(四) 皂化反應 (Saponification) :

是一種成皂的放熱化學反應。皂化反應是一個較慢的化學反應，為了加快反應速度，可以在化學反應的過程中：

1. 保持系統的較高溫度。(加熱使熟成反應加速)
2. 以物理方式不斷攪拌溶液以增加分子碰撞的數量。
3. 加入酒精(乙醇)，使混合得更充分。

皂化值(皂化價)：習慣上，將 1g 油脂鹼水解所消耗的氫氧化鉀毫克數定義為皂化值。也可以利用它計算油脂的相對分子質量。

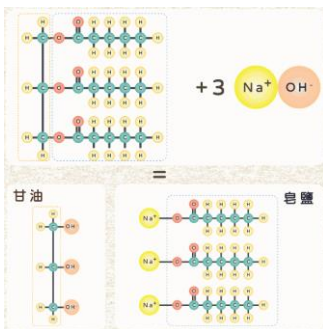
$$\text{水量} = \text{配方中氫氧化鈉的重量} \times 2.3333$$

當強鹼與三脂甘油酸是按化學方程式 3：1 的比例下混合時，化學反應通常只能無限地接近完成，很難可以達至 100% 完成的狀態。即使攪拌再均勻，亦很難徹底完成皂化反應 (Completed Reaction)。

學習心得：製皂時很難徹底完成皂化反應，強鹼與三脂甘油酸是按化學方程式 3：1 的比例混合時會有油脂未被皂化，這樣就咖啡渣裡的油脂就不能去除乾淨；將咖啡渣去脂時，我們可以加入過量的氫氧化鈉，使油脂皂化比例增加。

(五) 硬度(INS 值)：

用來計算手工皂完成後的硬度，INS 值愈高，作出來的手工皂，硬度就愈高。通常建議較理想的 INS 值在 120~170 之間。



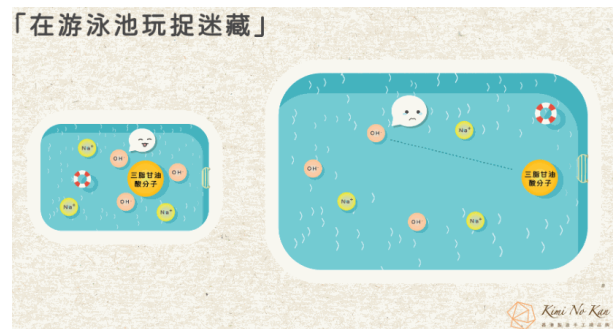
皂化反應的化學式

本圖引自 woodKiminokan 木見館「九大謬誤 ①：『熟成』後的皂賣貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」



不完全皂化反應殘留成份

本圖引自 woodKiminokan 木見館「九大謬誤 ①：『熟成』後的皂賣貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」



水分過多很難徹底地完成皂化反應

本圖引自 woodKiminokan 木見館「九大謬誤 ①：『熟成』後的皂賣貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」



油脂名稱	氫氧化鈉	INS 價	油脂名稱	氫氧化鈉	INS 價	油脂名稱	氫氧化鈉	INS 價	油脂名稱	氫氧化鈉	INS 價	油脂名稱	氫氧化鈉	INS 價	油脂名稱	氫氧化鈉	INS 價
花生油	0.137	99	大豆油	0.136	61	蘆薈油	0.139	97	亞麻籽油	0.135	-6	開心果油	0.133	92	金黃乳油木果脂	0.136	149
鴨油	0.138	122	芒果油	0.128	120	藍鯊脂	0.179	105	杏仁油	0.139	91	開心果脂	0.142	120	茶籽油(苦茶油)	0.139	110
紹油	0.140	141	芥花油	0.133	56	紫蘇油	0.135	-6	葡萄籽油	0.129	66	罌粟籽油	0.138	54	紅花油(高油酸)	0.135	97
雞油	0.139	130	硬脂酸	0.141	196	酪梨油	0.133	99	大麻籽油	0.138	39	南瓜籽油	0.139	67	摩洛哥堅果油	0.136	97
桃仁油	0.136	87	芒果脂	0.137	146	榛果油	0.139	94	大麻籽脂	0.136	115	紅棕櫚油	0.141	110	高油酸芥花油	0.133	90
橄欖油	0.135	106	蓖麻油	0.128	95	酪梨脂	0.133	120	山茶花油	0.134	108	玫瑰果油	0.133	10	德地里拉糖	0.038	32
橄欖脂	0.134	116	米糠油	0.128	70	玉米油	0.136	69	天然蜜蠟	0.069	84	羅勒籽脂	0.138	132	乳油木果脂	0.128	116
鵝油	0.137	130	紅花油	0.137	47	鰹魚油	0.139	128	軟棕櫚油	0.142	145	開心果油	0.133	92	夏威夷果油	0.135	24
松香	0.13	0	紫蘇油	0.135	-6	椰子油	0.19	258	硬棕櫚油	0.156	183	開心果脂	0.142	120	冷壓橄欖油	0.135	109
豬油	0.141	139	紅花油	0.137	47	荷荷芭油	0.066	11	南瓜籽油	0.139	67	罌粟籽油	0.138	54	櫻桃杏仁油	0.135	62
芝麻油	0.134	81	棉籽油	0.137	89	咖啡油	0.128	93	月見草油	0.135	30	印度辣油	0.139	124	澳洲雙樹油	0.132	146
葵花油	0.135	63	可可脂	0.138	157												

各種手工皂原料油的皂化價與 INS 值
本圖引自香草工房「油脂皂化價」，作者重新編排

影響反應完成度的因素
本圖引自 woodKiminokan 木見館
「九大謬誤①：『熟成』後的皂賣貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」

學習心得：把咖啡渣裡油脂分離出來很困難，所以用將咖啡渣泡在氫氧化鈉溶液中的方式，讓油脂直接皂化溶在水中再分離，有了咖啡豆的成份就能預估咖啡渣中油脂的含量，再用皂化價就能粗略計算皂化需要的氫氧化鈉量（鹼價）。另外分離出的皂液和氫氧化鈉溶液，需要再添加其他油脂充分反應，因為咖啡豆油的 INS 值較低(93)，要選用 INS 值高的油脂，使成品皂有足夠的硬度。

(六) 濃度：

濃度指某物質在總量中所占的分量。常用的濃度表示法有：

1. 質量百分濃度：

$$\text{質量百分濃度} = (\text{溶質質量}(g) / \text{溶液質量}(g)) \times 100\% = \text{溶質質量}(g) / (\text{溶質質量}(g) + \text{溶劑質量}(g)) \times 100\%$$

2. 體積百分濃度：

$$\text{體積百分濃度} = (\text{溶質體積}(mL) / \text{溶液體積}(mL)) \times 100\% = \text{溶質體積}(mL) / (\text{溶質體積}(mL) + \text{溶劑體積}(mL)) \times 100\%$$

3. 質量莫耳濃度 (molality)：指每 1000 克溶劑所含的溶質莫耳數。

$$\text{質量莫耳濃度} = \text{溶質莫耳數}(mol) / \text{溶劑質量}(kg) \quad 1 m = 1 mol/kg$$

4. 體積莫耳濃度 (molarity, 通常簡稱莫耳濃度)：每一升的溶液中，所含溶質莫耳數。

$$\text{體積莫耳濃度} = \text{溶質莫耳數}(mol) / \text{溶液體積}(L) \quad 1 M = 1 mol/L$$

$$\text{公式：} c(\text{溶液莫耳數的濃度 } mol/L) = n(\text{溶質 } g) / v(\text{溶液 } ml)$$

學習心得：我們實驗操作需要用到的濃度表示方法有質量莫耳濃度（氫氧化鈉）和體積百分濃度（乙醇）。

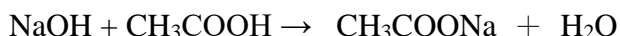
(七) 酸鹼滴定(Acid-Base Titration)：

滴定是將已知濃度的標準溶液滴入已知體積的被測溶液中，待反應達終點（指示劑變色）後，利用標準溶液消耗的體積，計算被測溶液的濃度。酸鹼滴定时，當酸所消耗氫離子莫耳數等於鹼所消耗氫氧根離子莫耳數，稱為當量點(equivalent point)。在滴定過程中，指示劑變色時稱為滴定終點(endpoint)。

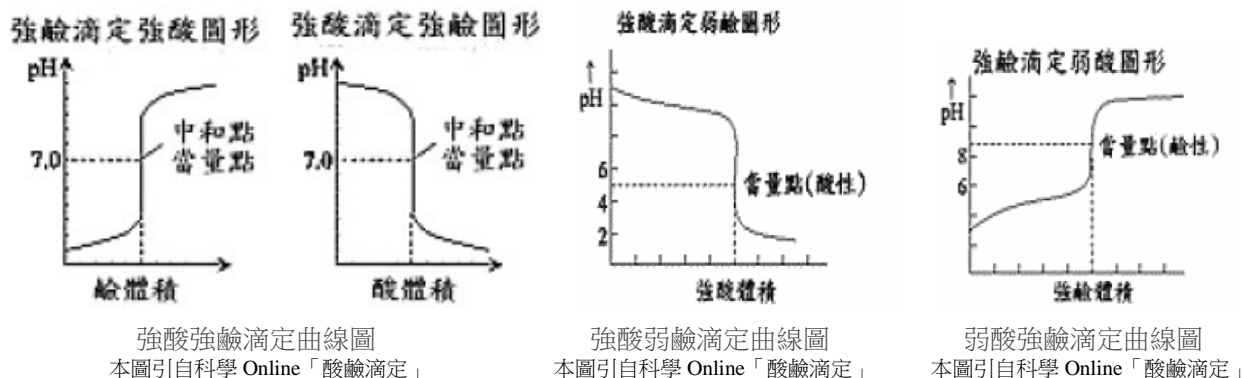
將滴定溶液之體積與待測溶液之 pH 值繪圖，稱為滴定曲線。由滴定曲線可看出滴定时溶液 pH 值的變化方向與各個階段的變化速度，也可藉由滴定曲線找出合適的指示劑。理想的指示劑應該能恰好在當量點時發生顏色變化，使滴定終點剛好為當量點選取變色範圍全部或部分處在此範圍內的指示劑，此時的滴定終點與當量點產生的誤差不會超過±0.1%。

酸鹼滴定可依酸鹼強弱之不同，分為強酸強鹼滴定、強酸弱鹼或強鹼弱酸滴定、弱酸弱鹼滴定等三種：

弱酸強鹼滴定，例如用氫氧化鈉滴定醋酸，反應方程式如下：



達到當量點時，滴定溶液中存在的是由弱酸及強鹼所形成的鹽 CH_3COONa ，呈鹼性。因此弱酸強鹼滴定僅可選擇變色範圍大於 pH 值為 7 的指示劑，最常使用如酚酞。

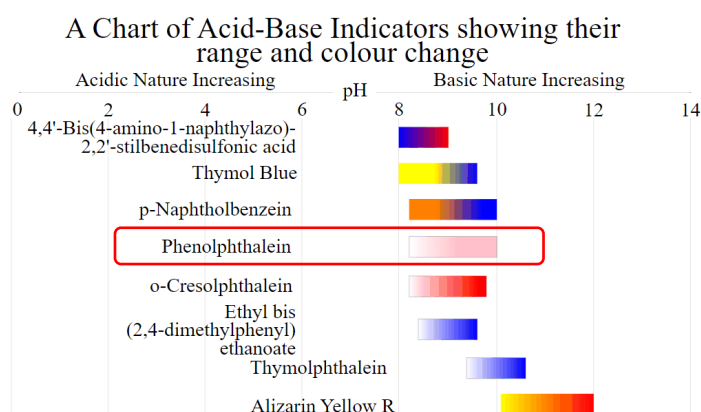


(八) 酚酞 (Phenolphthalein)：是一種化合物，通常用作酸鹼指示劑。酚酞在酸性溶液中變為無色，在鹼性溶液中變為粉紅色。

	H_3In^+	H_2In	In^{2-}	$\text{In}(\text{OH})^{3-}$
結構				
球棍模型				
pH	< 1 在 H_2SO_4 中 ^[4]	0-8.3	8.3-10.0 ^[7]	> 12
條件	強酸性	酸性、近中性	鹼性	強鹼性
顏色	橙色	無色	粉紅色至品紅色	無色
圖片				

酚酞的變色情形

本圖引自維基百科「酚酞」



酚酞的變色範圍

本圖引自維基百科「酸鹼指示劑」

學習心得：想要瞭解加入咖啡渣的過量氫氧化鈉溶液反應後還有多少剩餘量，可以利用酸鹼滴定測量，這樣就能知道還需添加多少油脂才能使氫氧化鈉完全反應，完成製皂。因為是弱酸強鹼滴定所以可以選用酚酞作為指示劑，而且酚酞的滴定終點在 8.3~10 之間，與肥皂的酸鹼值接近。

(八) 黴菌適合生長的溫度：

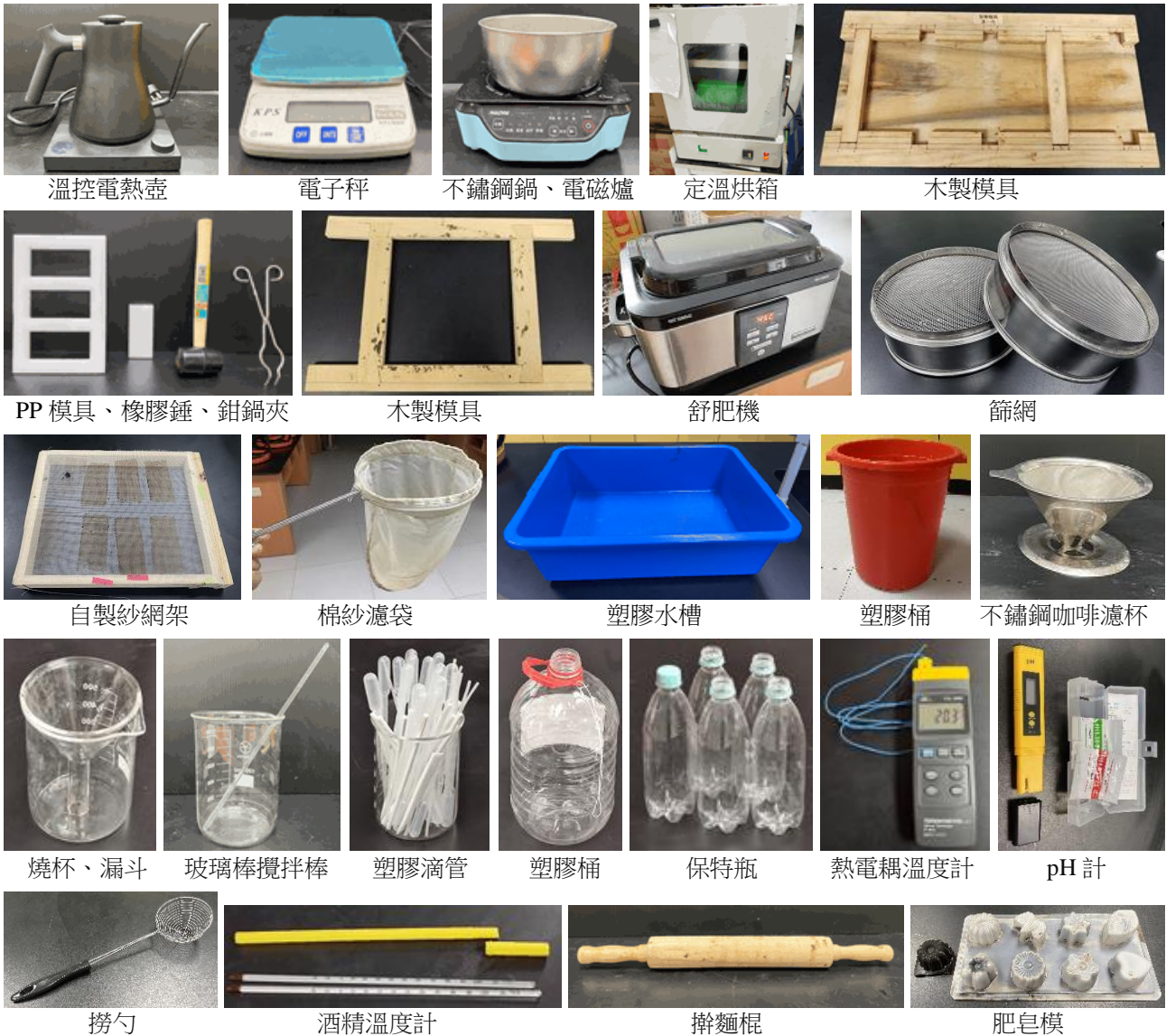
溫度對黴菌的繁殖及產毒均有重要的影響，不同種類的黴菌其最適溫度是不一樣的，大多數黴菌繁殖最適宜的溫度為 25~30°C，在 0°C 以下或 30°C 以上，不能產毒或產毒力減弱。如黃麴黴的最低繁殖溫度範圍是 6-8°C，最高繁殖溫度是 44~46°C，最適生長溫度 37°C 左右。但產毒溫度則不一樣，略低於生長最適溫度，如黃麴黴的最適產毒溫度為 28-32°C。

學習心得：成形後的咖啡渣板在風乾過程中，因為需時太久容易發霉，加熱烘乾太快乾燥又會龜裂，可在定溫烘箱放入盛水燒杯，在溼度較高且高於黴菌適合生長的溫度下烘乾，避免發霉與龜裂。

貳、研究設備及器材

一、研究設備與器材：

(一) 設備與器材：燒杯、滴管、保特瓶、玻璃棒、定溫烘箱、舒肥機、酒精溫度計、電子秤、pH 計、熱電耦溫度計、撈勺、不鏽鋼鍋、棉紗濾袋、塑膠水槽、篩網、電磁爐、溫控電熱壺、8mmPP 板製作模具、木製模具、自製紗網架、不鏽鋼咖啡濾杯、塑膠桶、橡膠錘、鉗鍋夾、肥皂模、擀麵棍、。



(二) 材料耗材：咖啡渣、氫氧化鈉、糯米粉、廣用試紙、冰醋酸、咖啡濾紙、濾紙、椰子油、乙醇（75%）、亮光噴漆、水泥漆、乳膠漆、石蠟、蜂蠟、紫色高麗菜、標籤膠帶、保鮮膜、牙刷、油漆刷。





濾紙 75%乙醇、椰子油 亮光噴漆、水泥漆 乳膠漆 石蠟
 蜂蠟 紫高麗菜 標籤膠帶 棉繩 保鮮膜

(以上研究設備與器材照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

參、研究過程及方法

一、研究架構與流程



圖 4-2-1 研究架構流程圖 (由作者以 GitMind 軟體繪製)

二、實驗設計：（以下「實驗設計」照片由作者親自及指導教師拍攝、裁切）

（一）實驗一：測試不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

1. 實驗說明：因為咖啡渣油不易分離，採直接將氫氧化鈉溶液加入咖啡渣皂化反應後再分離的方式，要將咖啡渣潤溼到能攪拌的膏狀要加入過量的水（超過製皂配方的水量），這樣會導致氫氧化鈉溶液過低。實驗要測試足量氫氧化鈉但濃度低時，能將油脂皂化的程度。

Ex：要將 100g 咖啡渣含有的油脂完全皂化，以油脂量 13.2%、咖啡油皂化價 0.128，需用 1.69g 氫氧化鈉，但要加入 350g 的水才能攪拌成膏狀，此時氫氧化鈉溶液的濃度僅 0.1207m。

要將 20g 椰子油完全皂化，椰子油皂化價 0.19，需用 3.8g 氫氧化鈉，只要加入 8.9g 的水，此時氫氧化鈉溶液的濃度達 10.67m。

表 3-2-1 標準製皂配方與咖啡渣油製皂預估比較

	椰子油製皂配方	咖啡渣油製皂
油脂量	20g	咖啡渣 100g，含油約 13.2g
皂化價	0.19	0.128
鹼價(NaOH)(油脂量×皂化價)	3.8g	1.69g
加水量	8.9g	350g(能攪拌的水量)
NaOH(aq)濃度	10.67m	0.1207m

2. 器材準備及設定：

(1) 準備反應容器：準備相同規格的 330ml 玻璃瓶，清洗後備用，因為玻璃瓶容量只有 330ml，6 號瓶不能充份搖晃，改用 600ml 保特瓶。

(2) 油脂、氫氧化鈉溶液調配如表 4-3-2。

(3) 其他準備事項：摺好過濾用濾紙、校正 pH 計、準備紫色高麗菜汁。

表 3-2-2 溶液調配明細表

瓶號	1 (對照組)	2 (實驗組 1)	3 (實驗組 2)	4 (實驗組 3)	5 (實驗組 4)	6 (實驗組 5)
椰子油(g)	20	20	20	20	20	20
氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
反應水量(g)	8.9	17.8	35.6	71.2	142.4	284.8
NaOH(aq) 濃度(m)	10.67	5.34	2.67	1.33	0.67	0.33
反應後加水(g)	275.9	267.0	249.2	213.6	142.4	0

3. 實驗操作：將秤重、調配完成的椰子油、氫氧化鈉溶液加入容器中，充份搖晃，反應時間 24 小時（以舒肥機保溫 45°C），期間不定時搖晃相同時間，反應時間結束後，加水至總水量 284.8g，搖晃均勻，置於常溫環境（室溫約 17°C），使未反應的椰子油凝固（凝固點約 25°C），以滴管吸取溶液過濾，測量 pH 值，取 50ml 溶液加入 2g 紫色高麗菜汁觀察顏色變化。

4. 讀取數據及處理：數據輸入 excel 製表，繪成長條圖。



空瓶秤重



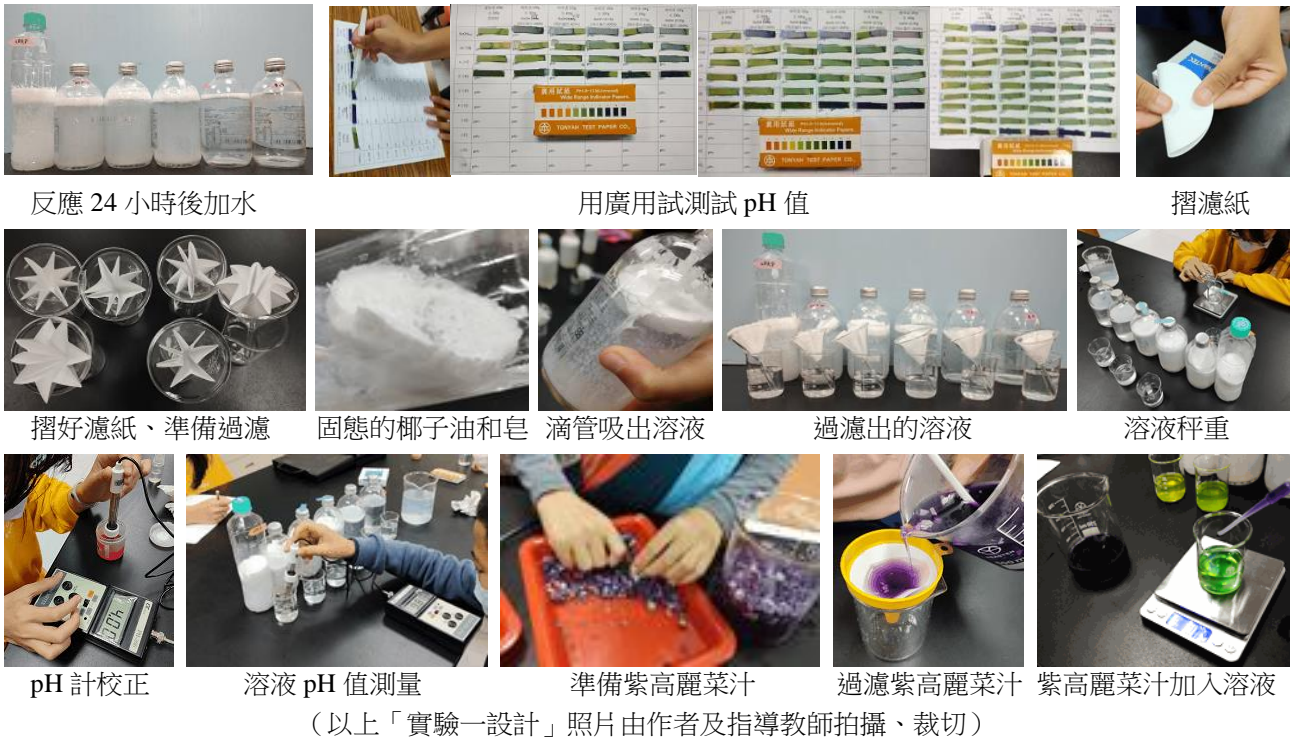
椰子油秤重



油脂秤重



調配完成、準備混合



(以上「實驗一設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(二) 實驗二：測試低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果

1. 實驗說明：要用氫氧化鈉溶液直接皂化咖啡渣裡的油脂，因為水量多氫氧化鈉濃度較低，會使皂化反應緩慢，由文獻得知，皂化反應過程中添加乙醇能加快反應速度，實驗測試添加乙醇後增加皂化反應的效果。
2. 器材準備及設定：

(1) 溶液調製：如下表。

75% 乙醇是體積百分濃度，100ml 75% 乙醇中有 75ml 乙醇和 25ml 水，乙醇密度是 0.789g/cm^3 ，所以 100ml 75% 乙醇中，乙醇重 $0.789 \times 75 = 59.175\text{g}$ ，總重 $0.789 \times 75 + 25 = 84.175(\text{g})$ ，體積百分濃度 75% 的乙醇，重量百分濃度是 $59.175 \div 84.175 = 70.3(\%)$ 。

表 3-2-3 溶液調配明細表

瓶號	1	2	3	4	5
椰子油(g)	20	20	20	20	20
氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
加水量(g)	71.2	70.3	69.4	68.5	67.6
加 75% 乙醇(g)	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0
反應時乙醇(g)	0	2.11	4.22	6.33	8.44
反應時總水量(g)	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
反應時 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 濃度(m)	1.334	1.334	1.334	1.334	1.334

3. 實驗操作：如表 4-2-3 將椰子油、氫氧化鈉溶液、乙醇加入塑膠瓶，充份搖晃放入舒肥機保溫在 45°C ，24 小時後，重新搖晃均勻直立放置，等待未皂化椰子油上浮，置於常溫環境（室溫約 17°C ），使未反應的椰子油凝固（凝固點約 25°C ），取出固態椰子油塊以水洗方式（水溫低於 20°C ）洗去肥皂與氫氧化鈉，直到洗出溶液 pH 值低於 9，再晾乾濾紙與濾紙上的固態椰子油秤重，得到未反應椰子油重量。
4. 讀取數據及處理：數據輸入 excel 製表，繪成折線圖。



(三) 實驗三：測試氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉提升皂化反應的效果

1. 實驗說明：100g 咖啡渣需要加水 350g 才能攪拌，但只需要 1.69g 氫氧化鈉就能皂化含有的咖啡油，這樣氫氧化鈉的濃度只有 0.1207m，實驗要測試在水過量時，加入過量的氫氧化鈉能否提升油脂皂化的比例。

2. 器材準備及設定：

(1) 反應容器：準備 330ml 塑膠瓶。

(2) 油脂、氫氧化鈉溶液調配：如表 4-3-4

表 3-2-4 溶液調配明細表

瓶號	1 (對照組)	2 (實驗組 1)	3 (實驗組 2)	4 (實驗組 3)	5 (實驗組 4)	6 (實驗組 5)
椰子油(g)	20	20	20	20	20	20
氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	7.6	15.2	30.4	60.8
水量(g)	8.9	284.8	284.8	284.8	284.8	284.8
NaOH _(aq) 濃度(m)	10.674	0.334	0.667	1.334	2.669	5.337

3. 實驗操作：將秤重、調配完成的椰子油、氫氧化鈉溶液加入容器中，充份搖晃放入舒肥機保溫在 45°C，反應時間 24 小時，期 284.8g，置於常溫環境(室溫約 17°C)，使未反應的椰子油凝固(凝固點約 25°C)，以咖啡濾紙濾出不溶解的固體(包含未皂化的椰子油和不溶解的肥皂)晾乾秤重，再以水洗(水溫低於 20°C)方式洗去肥皂與氫氧化鈉，直到洗出溶液 pH 值低於 9，再晾乾濾紙與留在濾紙上的固態椰子油秤重，得到未反應椰子油重量。

4. 讀取數據及處理：數據輸入 excel 製表，繪成長條圖。



椰子油秤重、氫氧化鈉調配



混合椰子油與氫氧化鈉



反應時間 24 小時後靜置情形



將椰子油與肥皂溶液倒在濾紙上



濾紙上的肥皂泡沫



濾紙上的固態椰子油



以冷水重複水洗



椰子油與肥皂混合物



洗去肥皂出現椰子油



水洗至 pH 值接近中性



未完成暫放冰箱冷藏

(以上「實驗三設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(四) 實驗四：測試肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度

1. 實驗說明：實驗三發現有部分生成的肥皂無法溶解在較濃的氫氧化鈉溶液中，實驗四能瞭解肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度，這樣就能避免將過濃的氫氧化鈉溶液加入咖啡渣產生皂化反應時，肥皂無法溶解的情形。

2. 器材準備及設定：

(1) 溶液調製：配製氫氧化鈉溶液，濃度如表 4-3-4。

表 3-2-5 溶液調配明細表

編號	1	2	3	4	5	6	7
水量(g)	100	100	100	100	100	100	100
氫氧化鈉(g)	42.69	0.48	0.96	1.93	3.86	7.72	15.45
NaOH(aq) 濃度(m)	10.674 (製皂標準 濃度)	0.120 (咖啡渣油皂 化預估濃度)	0.240 (2 號杯 2 倍濃度)	0.483 (2 號杯 4 倍濃度)	0.965 (2 號杯 8 倍濃度)	1.930 (2 號杯 16 倍濃度)	3.863 (2 號杯 32 倍濃度)

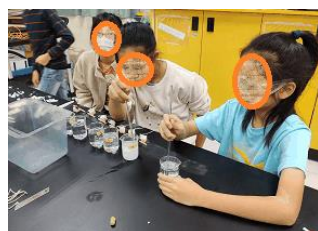
(2) 肥皂切塊：將預先製作的肥皂（椰子油皂）切成邊長 2cm 的正立方體，重量約為 9.3 克，用棉繩綁住，懸吊在竹筷。

3. 實驗操作：將切好的肥皂塊懸掛在燒杯中，使肥皂塊浸泡在不同濃度的氫氧化鈉溶液中，浸泡一小時取出擦乾秤重後，以定溫烘箱 45°C 烘乾（1 小時）再秤重。

4. 讀取數據及處理：數據輸入 excel 製表，繪成折線圖。



肥皂切塊



調配氫氧化鈉溶液



綁好肥皂調整繩長



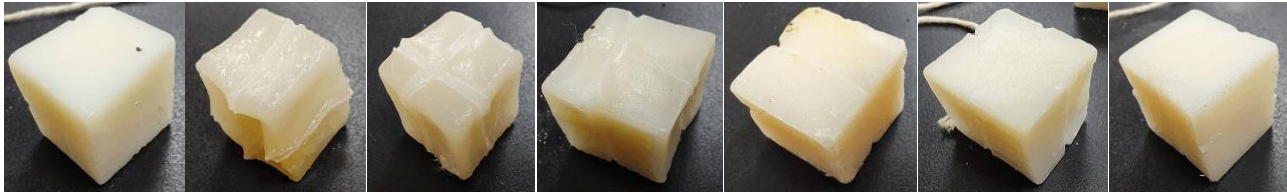
準備就緒準備開始計時



皂塊在不同濃度氫氧化鈉溶液浸泡情形

皂塊取出擦乾

皂塊秤重



一至七杯以氫氧化鈉溶液浸泡、烘乾後的皂塊
(以上「實驗四設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(五) 實驗五：測量相同氫氧化鈉用量下，分不同次數加入咖啡渣，能皂化咖啡渣油的量

1. 實驗說明：由實驗一、三、四得知，皂化反應時氫氧化鈉濃度要高才能讓油脂充份反應，但在高濃度氫氧化鈉中已形成的肥皂不易溶解，為了避免咖啡渣隙縫內層的油脂被外層肥皂包裹而無法反應成皂，所以嘗試分次反應，中間水洗溶出已生成的肥皂，看看能否提升肥皂產量，也就是提升去油比例。

2. 器材準備及設定：

- (1) 溶液調製：如表 3-2-6，使用未乾的咖啡渣，所以取咖啡渣重三倍的反應水量；以冰醋酸調配 5% 乙酸溶液。
- (2) 咖啡渣重：咖啡渣 60g 四份。
- (3) 校正 pH 計。
- (4) 測試飽和肥皂溶液 pH 值：以實驗四使用皂塊加 100g 水搓揉至無法溶解（飽和），以 pH 計測得 pH=9.18。

表 3-2-6 實驗配方及計算方式

代號	計算方式	項目	一次反應	兩次反應	三次反應	四次反應
A		咖啡渣重(g,未烘乾)	60	60	60	60
B		咖啡渣含水率	46.72%	46.72%	46.72%	46.72%
C	= A × (1-B)	咖啡渣乾重(g)	31.97	31.97	31.97	31.97
D		含油比例(%)	13.2	13.2	13.2	13.2
E	= C × D	估計油重(g)	4.22	4.22	4.22	4.22
F		咖啡油皂化價	0.128	0.128	0.128	0.128
G	= E × F	鹼價(NaOH)	0.540	0.540	0.540	0.540
H	= G × 10	需氫氧化鈉總重(10倍,g)	5.40	5.40	5.40	5.40
I	= H ÷ 反應次數	每次氫氧化鈉量(g)	5.40	2.70	1.80	1.35
J	= C × 3.5 - (60-C)	每次加水量(g)	83.9	83.9	83.9	83.9
K	= (I ÷ 40) ÷ ((J+60-C) ÷ 1000)	氫氧化鈉濃度(第一次,m)	1.207	0.603	0.402	0.302
L		水洗水量(g)	150	150	150	150
M	= (J + L) × 反應次數	溶液總重(g) (實際濾出重量較低)	233.9	467.7	701.6	935.4
N		完成過濾後容液加水至 900g	完成過濾後容液加水至 900g			

3. 實驗操作：將氫氧化鈉溶液加入咖啡渣後，持續攪拌，反應一小時後過濾，再加水 200g 水洗過濾，依次完成反應，濾出溶液加水至總重 1500g，取濾出溶液 100g 滴定（以 pH=9.18 為滴定終點），滴定時燒杯放在 25°C 水槽中維持溫度。

4. 讀取數據及處理：數據輸入 excel 製表，繪成長條圖。



咖啡渣秤重



加氫氧化鈉溶液



取 10ml 乙醇



充份攪拌



紙用紙捲做漏斗架



分工過濾



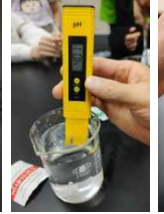
刮下濾紙上的咖啡渣



飽和肥皂水



沖調校正用標準液



pH 計校正



測量 pH 值



取 100ml 濾出溶液



調配 5% 醋酸溶液



滴定管水洗、潤洗



滴定时持續攪拌



達到滴定終點



分工保溫攪拌製皂



烘乾去水後



放入椰子油攪拌



倒入布丁杯成形



咖啡渣攪拌



倒入棉紗濾袋



等待溶液濾出



等待溶液濾出



加壓擠出溶液



濾得咖啡渣 (需水洗)



水洗咖啡渣



濾出咖啡渣倒入托盤



放入烘箱烘乾 (製板原料)

(以上「實驗五設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(六) 實驗六：測試以不同溫度煮成糯米糊對咖啡渣膠結效果 (抗彎折)

1. 實驗說明：澱粉糊文獻提到將澱粉加水加熱至 80°C 以上可製成澱粉糊，但溫度過高或過低都會降低漿糊的粘結力，我們採用糯米粉作為澱粉糊，要找出製作糯米澱粉糊的最佳溫度。
2. 器材準備及設定：
 - (1) 糯米粉漿調製：糯米粉 50g、水 200g 在小鋼杯拌勻。

(2)加熱設備準備：以溫控電熱壺作為加熱工具，將壺內水溫加至設定溫度（80、82、84、86、88°C）備用。

(3)糯米粉漿隔水加熱：將盛裝糯米粉漿的小燒杯置入熱水壺，以設定溫度（80、82、84、86、88°C）隔水加熱3分鐘。

(4)揉製咖啡渣板材：各取 50g 糯米粉漿揉入咖啡渣 100g，壓入模型，成形後脫模置於紗網上，放入定溫烘箱，以 45°C 烘乾（放入盛水燒杯，保持一定溼度，避免過快乾燥變形龜裂、發霉）。

3.實驗操作：將咖啡渣板材放在桌邊一側懸空，壓重物，在外側 6cm 處以棉繩懸掛重物（砝碼、水桶），記錄咖啡渣板材折斷時重物總重。

4.讀取數據及處理：數據輸入 excel 製表，繪成折線圖



隔水加熱糯米糊



加入咖啡渣



倒在桌面降溫



各自加工



將咖啡渣揉進糯米糊



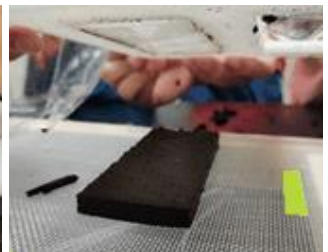
在模具中壓平



用橡膠錘敲打



將過多咖啡渣糊移除



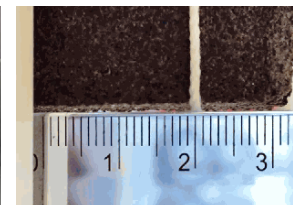
在紗網上脫模



定溫烘箱烘乾



以不同溫度糯米糊製成的咖啡板



棉繩掛在 2cm 位置



以砝碼當重物測試



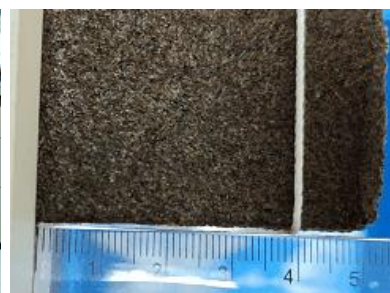
用砝碼當重物



用水當重物



水滿還不斷(2cm)



棉繩改掛在 4cm 位置



水滿還不斷(4cm)



棉繩改掛在 6cm 位置



安全繩發揮作用



咖啡渣板材的斷裂面

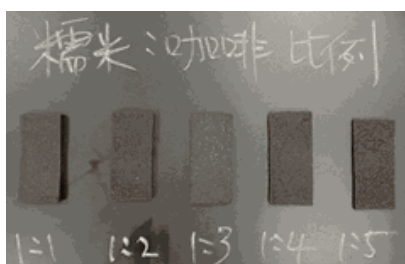


掛重秤重

(以上「實驗六設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(七) 實驗七：測試不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的物理特性（抗彎折、隔熱）。

1. 實驗說明：以實驗四所得，最佳煮糯米糊溫度(86°C)，以不同比例揉進咖啡渣，測試咖啡渣板材的物理特性。
2. 器材準備及設定：
 - (1) 抗彎折測試同實驗四。
 - (2) 隔熱效果測試：以電湯匙持續加熱使水維持沸騰，鍋底溫度即為 100°C，
3. 實驗操作：
 - (1) 抗彎折測試同實驗四。
 - (2) 隔熱效果測試：在桌面由下而上先鋪抹布、K 型熱電耦、導熱膠、100°C 沸騰熱鍋；放上熱鍋後，每分鐘記錄溫度一次。
4. 讀取數據及處理：抗彎折測試同實驗四，數據輸入 excel 製表，繪成折線圖；隔熱測試數據輸入 excel 製表，繪成折線圖。



不同糯米糊咖啡渣比例製作的板材



利用沸騰的水當作熱源



實驗開始的溫度



鍋底貼上導熱膠



鍋子壓在導熱膠、板材上

(以上「實驗七設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(八) 實驗八：測試咖啡渣製作板材以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理的防水效果

1. 實驗說明：咖啡渣板材的材料是咖啡渣加糯澱粉漿糊，都是容易發霉腐敗的物質，測試塗上石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料之後的防水效果。
2. 材料準備及設定：依實驗五測得最佳配方製作咖啡渣板材，分別塗上石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆，靜置乾燥後稱重
3. 實驗操作：經不同處理的咖啡渣板材壓入水中浸泡一分鐘、晾乾後秤重。
4. 讀取數據及處理：將泡水後重量減去原重量，得到吸水重量，計算吸水率，數據輸入 excel 製表，繪成長條圖。



測試的防水材料



噴上亮光漆



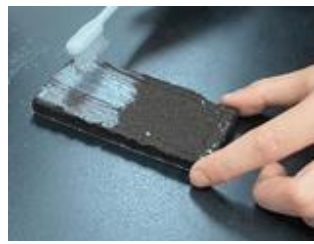
刷上水泥漆



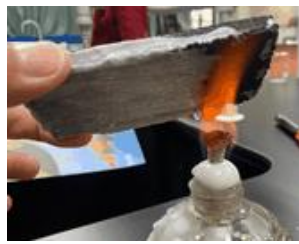
刷上乳膠漆



石蠟蜂蠟隔水加熱



石蠟刷上咖啡渣板



烘烤加熱去除多餘石蠟



蜂蠟刷上咖啡渣板



塗料加工完成的咖啡渣板



水中浸泡一分鐘



撈起後用紙巾擦乾表面



擦乾後秤重

(以上「實驗八設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

(九) 實驗九：測試咖啡渣板材製作時加入生澱粉（種子來源澱粉，生麵粉）的分解效果。

1. 實驗說明：當咖啡渣板損壞後，就會進入再製或是廢棄的階段，利用生澱粉（種子來源澱粉，麵粉）中含有澱粉酶的特性，在咖啡渣板製造過程中加入少量生澱粉（種子來源澱粉，麵粉），使廢棄咖啡渣板在遇水時能加速分解。

2. 材料準備及設定：

(1) 製作咖啡渣板材同實驗八，搓揉時加入分別加入 0、1、2、3、4、5 公克生麵粉（種子來源的澱粉中有澱粉酶），不作防水處理。

(2) 塑膠水槽倒入培養土鋪平。

3. 實驗操作：將咖啡渣板材依序放置在培養土上，下排咖啡渣板材以噴霧器加水潤溼（每天一次），每日拍照一次記錄咖啡渣板材分解情形。

4. 讀取數據及處理：以照片記錄。



分工製作咖啡渣板材



材料秤重



加入生麵粉



放入模具擀平



用橡膠錘敲平



塑膠水槽倒入培養土



咖啡渣板材加水潤溼



拍照記錄分解情形

(以上「實驗九設計」照片由作者及指導教師拍攝、裁切)

肆、研究結果

一、實驗一：測試不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

表 4-1-1 不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

瓶號	1 (對照組)	2	3	4	5	6
椰子油(g)	20	20	20	20	20	20
氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
反應水量(g)	8.9	17.8	35.6	71.2	142.4	284.8
NaOH _(aq) 濃度(m)	10.674	5.337	2.669	1.334	0.667	0.334
反應後加水(g)	275.9	267.0	249.2	213.6	142.4	0
反應後加水 pH 值	9.32	10.13	10.61	10.77	10.94	11.02



圖 4-1-1 不同氫氧化鈉濃度下油脂皂化情形、反應後溶液加紫高麗菜汁與 pH 值
(照片由指導教師拍攝)

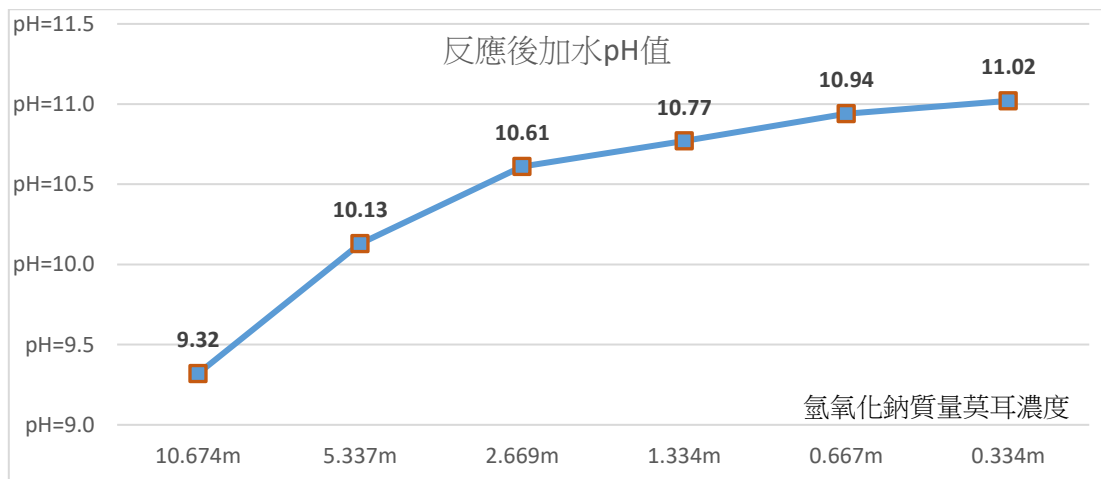


圖 4-1-2 油脂在不同氫氧化鈉濃度中反應後溶液 pH 值(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：以標準配方（1 號瓶）製皂，加水 275.9 克後，測得 pH 值為 9.32，隨著實驗水量增加，NaOH_(aq)濃度降低，反應後加水至相同量的 pH 值逐漸增加，代表剩餘的氫氧化鈉越多，皂化消耗椰子油越少。另外透過透明容器也能看到未完成皂化的固態椰子油，最右側的 1 號瓶液面上只有少許泡沫，椰子油幾乎全部皂化，溶解在水中，2 至 6 號瓶的固態椰子油則是依序增多。濾出溶液加入紫色高麗菜汁呈現的顏色也能看出溶液酸鹼性。

二、實驗二：測試低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果

表 4-2-1 低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果（以未皂化椰子油比例表示）

代號	計算方式	項目 / 瓶號	1	2	3	4	5
A		椰子油(g)	20	20	20	20	20
B		椰子油皂化價	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
C	A × B	氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
D	G - F	加水量(g)	71.2	70.3	69.4	68.5	67.6
E		加 75%乙醇(g)	0	3	6	9	12
F	E × 0.703	反應時乙醇(g)	0	2.11	4.22	6.33	8.44
G	實驗一第四瓶水量	反應時總水量(g)	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
H	(C÷40) ÷ (G÷1000)	反應時 NaOH _(aq) 濃度(m)	1.334	1.334	1.334	1.334	1.334
I		剩餘椰子油重(g)	5.89	3.86	2.98	2.37	2.02
J	I ÷ A	未皂化椰子油比例 (%)	29.45%	19.30%	14.90%	11.85%	10.10%
K		皂化消耗椰子油比例(%)	70.55%	80.70%	85.10%	88.15%	89.90%

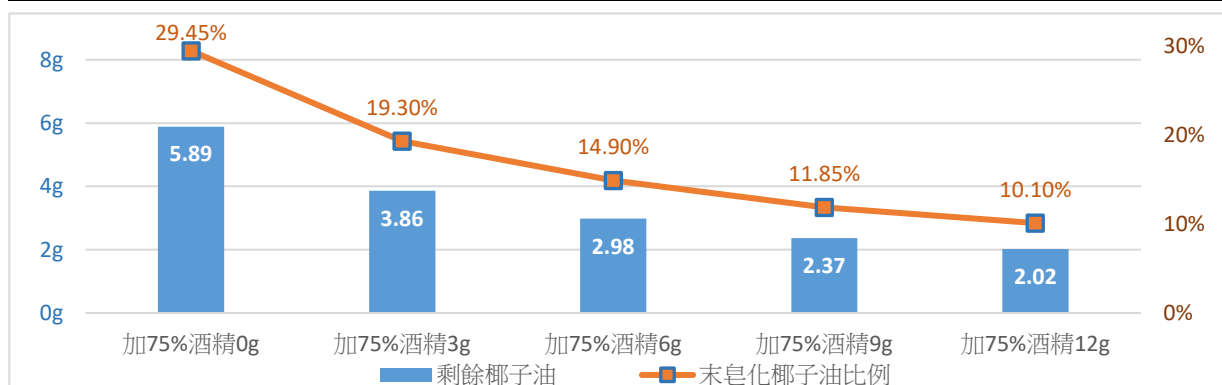


圖 4-2-1 低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果（以未皂化椰子油比例表示）(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：在 NaOH_(aq)濃度只有標準製皂配方的 1/8 時，沒有加入乙醇會有 29.45% 的椰子油未被皂化，隨著加入乙醇增加未被皂化的椰子油逐漸減少，加入 12g 75% 乙醇時，未被皂化的椰子油降低到 10.10%，表示加入乙醇可以提升皂化比例。

三、實驗三：測試氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉提升皂化反應的效果

表 4-3-1 氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉未皂化的椰子油重量

代號	計算方式	瓶號	1	2	3	4	5	6
A		椰子油(g)	20	20	20	20	20	20
B		椰子油皂化價	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
C	A × B	氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	7.6	15.2	30.4	60.8
D	C × 2.333	水量(g)	8.9	284.8	284.8	284.8	284.8	284.8
E		NaOH _(aq) 濃度(m)	10.674	0.334	0.667	1.334	2.669	5.337
F		濾出未皂化椰子油重量(g)	0.67	17.82	14.31	9.64	11.64	12.52
G	A - F	皂化消耗椰子油量(g)	19.33	2.18	5.69	10.36	8.36	7.48
H	G ÷ A	椰子油皂化比例(%)	96.65%	10.90%	28.45%	51.80%	41.80%	37.40%
I	F ÷ A	未皂化椰子油比例(%)	3.35%	89.10%	71.55%	48.20%	58.20%	62.60%

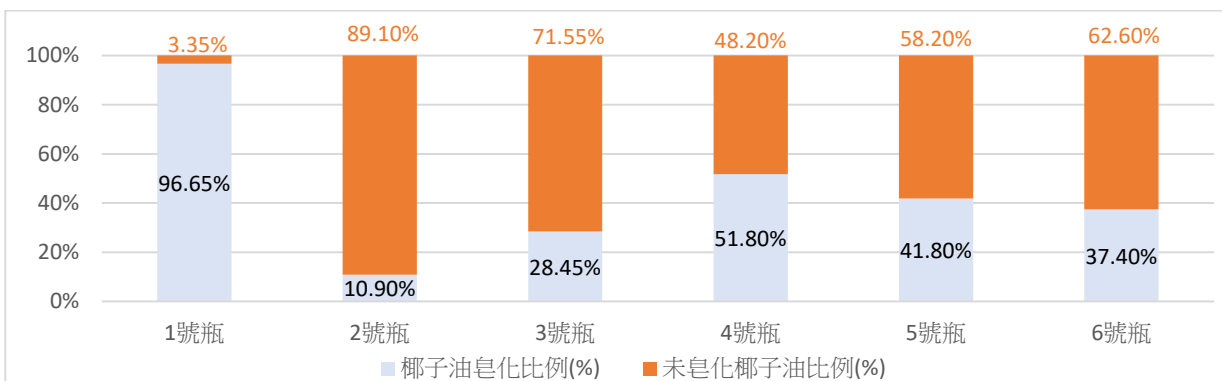


圖 4-3-1 氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉皂化與未皂化的椰子油比例(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：在相同水量下，加入過量氫氧化鈉（濃度低於標準配方）能提升皂化反應，但在第五、六瓶發現椰子油皂化的比例反而下降了，看瓶子裡結塊的情形，肥皂把椰子油包住了，可能是生成的肥皂無法溶解在較高濃度的氫氧化鈉溶液中，使椰子油無法接觸到氫氧化鈉溶液，關於肥皂溶解度和氫氧化鈉溶液濃度的關係應該再設計一個實驗測試，才能避免過濃的氫氧化鈉溶液加入咖啡渣時，生成的肥皂無法溶解而把油脂包覆，使油脂無法完全皂化的情形。

四、實驗四：測試肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度。

表 4-4-1 肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度與吸水率

代號	計算方式	編號	1	2	3	4	5	6	7	
A		水量(g)	100	100	100	100	100	100	100	烘乾失水參考用
B		NaOH(g)	42.69	0.48	0.96	1.93	3.86	7.72	15.45	
C		NaOH(aq) (m)	10.674	0.12	0.24	0.483	0.965	1.93	3.863	
D		濃度比較	(製皂標準濃度)	(咖啡渣油皂化預估濃度)	(2號杯2倍濃度)	(2號杯4倍濃度)	(2號杯8倍濃度)	(2號杯16倍濃度)	(2號杯32倍濃度)	
E		浸泡前(g)	9.32	9.38	9.35	9.28	9.32	9.28	9.26	9.28
F		浸泡後(g)	9.22	8.1	8.45	8.66	8.86	8.97	9.07	無浸泡
G		烘乾後(g)	8.98	7.07	7.53	7.81	8.14	8.36	8.69	9.07
H	$E \times 0.9774$	原本皂重(g)	9.11	9.17	9.14	9.07	9.11	9.07	9.05	9.07
I	$(E-G) \div E$	浸泡溶解率	1.42%	22.88%	17.60%	13.89%	10.64%	7.83%	3.99%	
J	$(F-G) \div F$	烘乾失水率	2.60%	12.72%	10.89%	9.82%	8.13%	6.80%	4.19%	2.26%

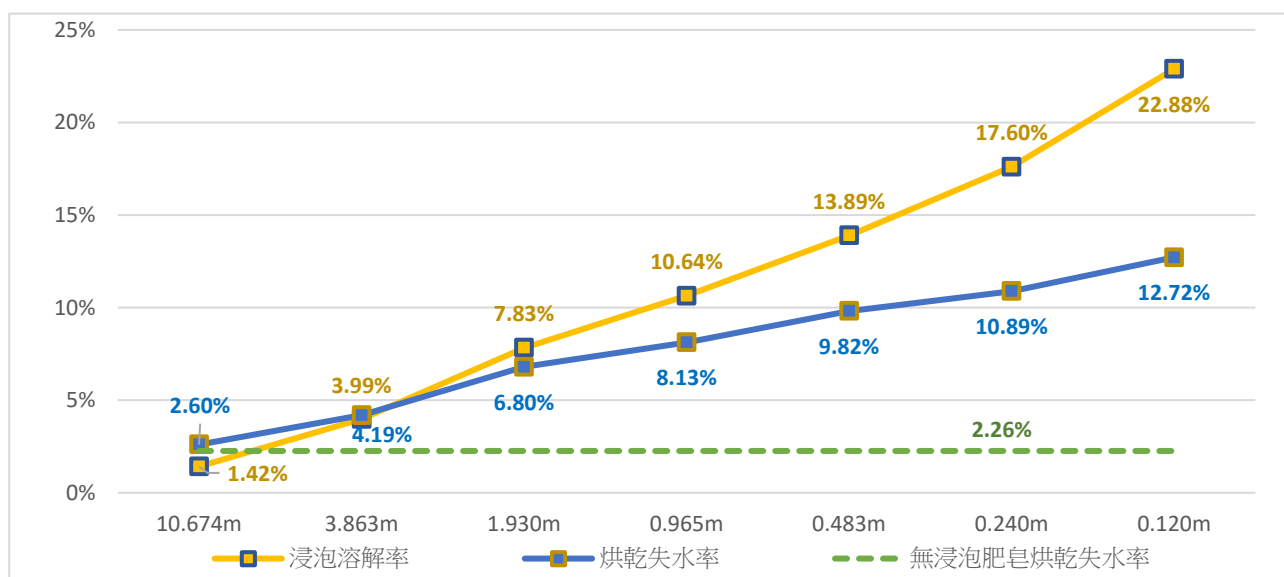


圖 4-4-1 肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解率與吸水率（用烘乾失水率呈現）（本圖由作者親自製作）

實驗討論發現：在濃度越高的氫氧化鈉溶液中，肥皂的溶解量越低，吸水率也越低，表示如果將咖啡渣浸泡在氫氧化鈉溶液中使咖啡油皂化時，添加過量氫氧化鈉使濃度提升增加油脂皂化率，但高濃度氫氧化鈉又會使肥皂不易溶解，也凸顯出皂化反應時攪拌的重要性；攪拌可以破壞皂化形成的固體皂，使油脂與氫氧化鈉溶液接觸，提升皂化比例，咖啡渣隙縫裡形成的皂無法以拌攪方式破壞，可以嘗試以水洗方式將形成的肥皂溶出，再重新加入氫氧化鈉溶液皂化較深隙縫裡的油脂。

五、實驗五：測量相同氫氧化鈉用量下，分不同次數加入咖啡渣，能皂化咖啡渣油的量

表 4-5-1 分不同次數反應消耗的氫氧化鈉量（表示皂化量）

代號	計算方式	項目	一次反應	兩次反應	三次反應	四次反應
A		咖啡渣重(g,未烘乾)	60	60	60	60
B		咖啡渣含水率	46.72%	46.72%	46.72%	46.72%
C	= A × (1-B)	咖啡渣乾重(g)	31.97	31.97	31.97	31.97
D		含油比例(%)	13.2	13.2	13.2	13.2
E	= C × D	估計油重(g)	4.22	4.22	4.22	4.22
F		咖啡油皂化價	0.128	0.128	0.128	0.128
G	= E × F	鹼價(NaOH)	0.540	0.540	0.540	0.540
H	= G × 10	需氫氧化鈉總重(10 倍,g)	5.40	5.40	5.40	5.40
I	= H ÷ 反應次數	每次氫氧化鈉量(g)	5.40	2.70	1.80	1.35
J	= C × 3.5 - (60-C)	每次加水量(g)	83.9	83.9	83.9	83.9
K	= (I ÷ 40) ÷ ((J+60-C) ÷ 1000)	氫氧化鈉濃度(第一次,m)	1.207	0.603	0.402	0.302
L		水洗水量(g)	150	150	150	150
M	= (J + L) × 反應次數	溶液總重(g)(實際濾出重量較低)	233.9	467.7	701.6	935.4
N		完成過濾後容液加水至 900g	完成過濾後容液加水至 900g			
O		濾出溶液 pH 值	10.98	10.81	10.56	10.49
P		滴定使用 5%醋酸溶液(ml)(密度接近 1g/cm ³)(滴定至 pH=9.18)	15.1	14.6	14.3	14.1
Q	= P × 0.05 ÷ 60 × 40 × 7	取剩餘 700g 溶液的 NaOH 當量	3.52	3.41	3.34	3.29
R	= H - Q	消耗氫氧化鈉(g)(皂化與中和酸性成份)	0.87	1.02	1.11	1.17
S		椰子油皂化價(g)(NaOH)	0.19	0.19	0.19	0.19
T	= Q ÷ S	需加椰子油重(g)	18.54	17.93	17.56	17.32

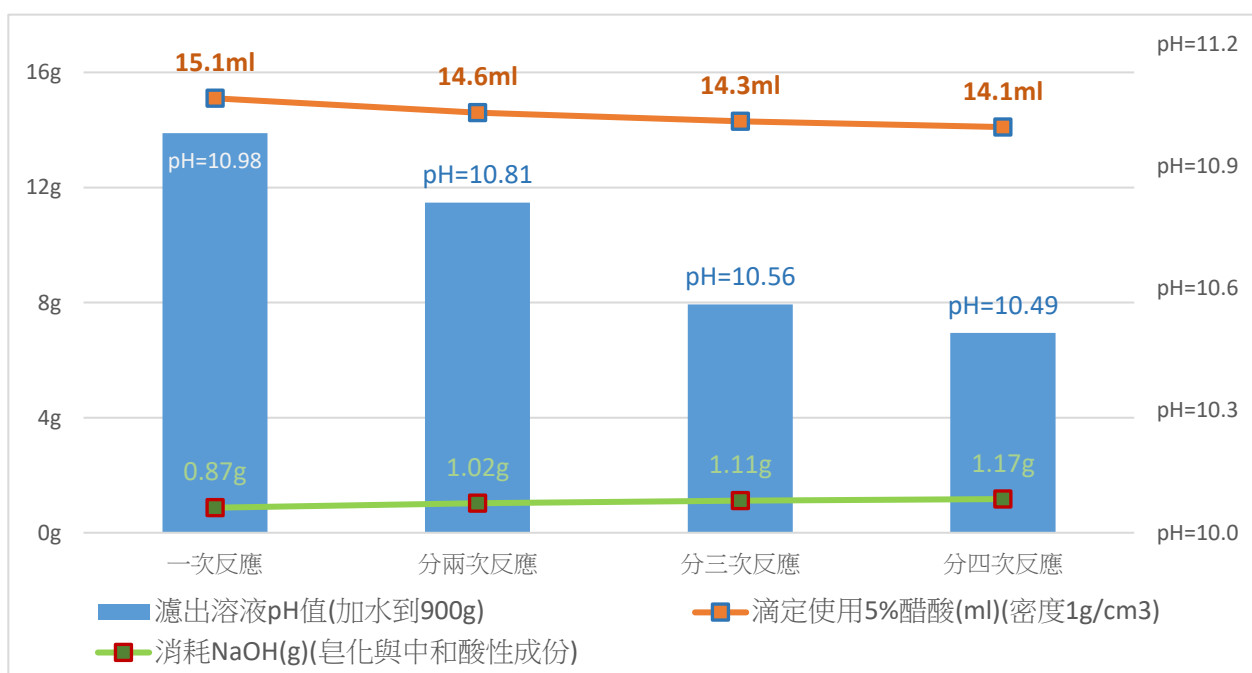


圖 4-5-1 分不同次數反應濾出溶液 pH 值、滴定使用醋酸、消耗的氫氧化鈉量(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：實驗測試分次加入氫氧化鈉（總用量相同）皂化油脂，中間加水洗出肥皂的效果，可從消耗氫氧化鈉量大致看出，反應、水洗次數越多消耗氫氧化鈉越多，表示有較多的咖啡油皂化成皂；分三次與分四次反應的結果數據接近，分四次反應消耗的氫氧化鈉只比分三次反應稍多一點，推測可能是因為分四次反應時氫氧化鈉濃度較低的影響。

六、實驗六：測試以不同溫度煮成糯米糊對咖啡渣膠結效果（抗彎折）

表 4-6-1 以不同溫度煮成糯米糊製作咖啡渣板的抗彎折性（在 6cm 處掛重物）單位：kg

編號	煮糯米糊溫度				
	80°C	82°C	84°C	86°C	88°C
第一片	2.70	4.10	5.15	5.75	4.90
第二片	2.80	4.30	5.35	5.60	5.10
第三片	2.55	4.35	5.10	5.70	4.85
斷裂時平均重量	2.68	4.25	5.20	5.68	4.95

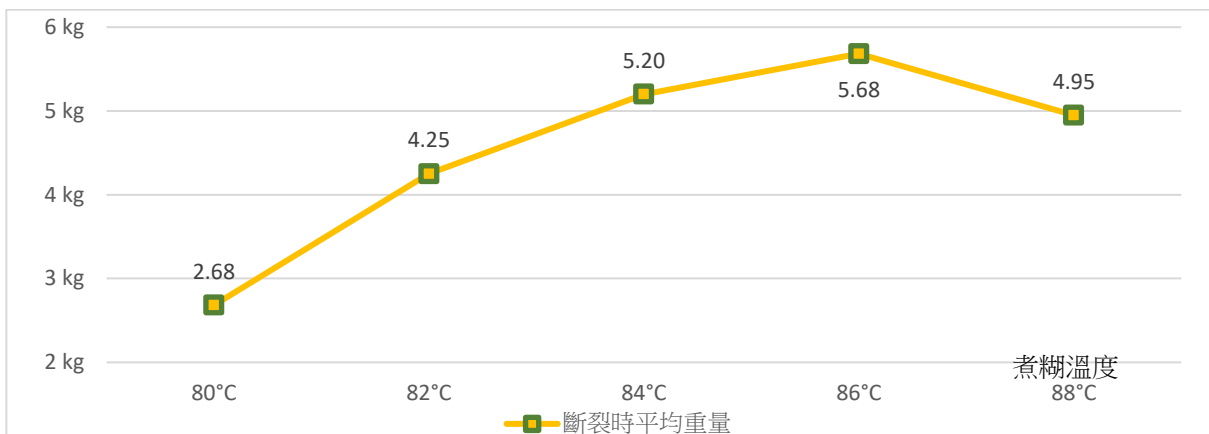


圖 4-6-1 以不同溫度煮成糯米糊製作咖啡渣板的抗彎折性（在 6cm 處掛重物）單位：kg
(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：實驗由文獻提到的 80°C 以上煮糊溫度開始，隨溫度上升，煮出的糯米糊膠結的強度上升，到 86°C 效果最好，88°C 可以看出膠結的強度下降，後續製作板材可以利用 86°C 煮出的糯米糊製作。

七、實驗七：測試不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的物理特性（抗彎折、隔熱）

表 4-7-1 不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的抗彎折性（在 6cm 處懸掛重量，單位 kg）

編號	糯米粉：咖啡渣				
	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
第一片	5.80	5.10	3.65	2.95	2.05
第二片	5.65	5.20	3.45	2.80	2.20
第三片	5.85	4.95	3.80	3.15	2.15
斷裂時平均重量	5.77	5.08	3.63	2.97	2.13

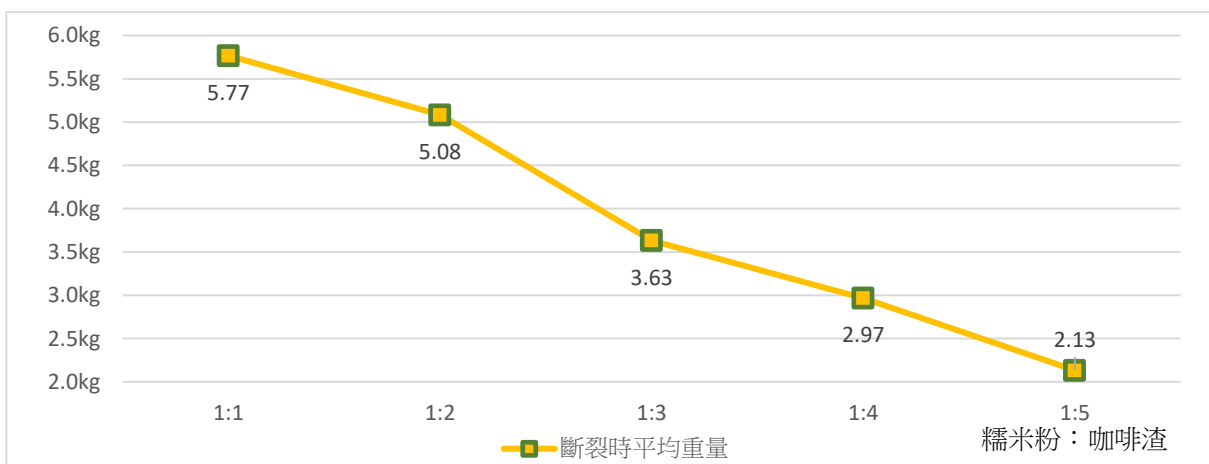


圖 4-7-1 不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的抗彎折性（在 6cm 處懸掛重量，單位 kg）
(本圖由作者親自製作)

表 4-7-2 不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的隔熱效果（單位：°C）

時間	糯米粉：咖啡渣				
	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
0 分	24.1	24.0	24.1	24.1	24.2
1 分	24.7	24.4	24.5	24.6	24.6
2 分	26.8	26.3	26.3	26.4	26.2
3 分	31.1	30.7	30.5	30.5	30.1
4 分	34.4	33.9	33.7	33.7	33.2
5 分	37.3	36.8	36.4	36.2	35.7
6 分	39.9	39.3	38.8	38.5	37.9
7 分	42.2	41.5	41.0	40.5	39.9
8 分	44.1	43.3	42.8	42.2	41.6
9 分	45.8	45.0	44.3	43.7	43.1
10 分	47.4	46.6	45.8	45.1	44.5
11 分	48.8	48.0	47.1	46.3	45.7
12 分	50.0	49.2	48.2	47.3	46.7
13 分	51.1	50.3	49.2	48.3	47.6
14 分	52.1	51.3	50.1	49.0	48.4
15 分	53.0	52.2	51.0	49.8	49.2
16 分	53.8	53.0	51.7	50.4	49.9
17 分	54.6	53.8	52.4	51.0	50.5
18 分	55.3	54.5	53.1	51.6	51.0
19 分	55.9	55.1	53.6	52.1	51.4
20 分	56.4	55.6	54.1	52.5	51.8

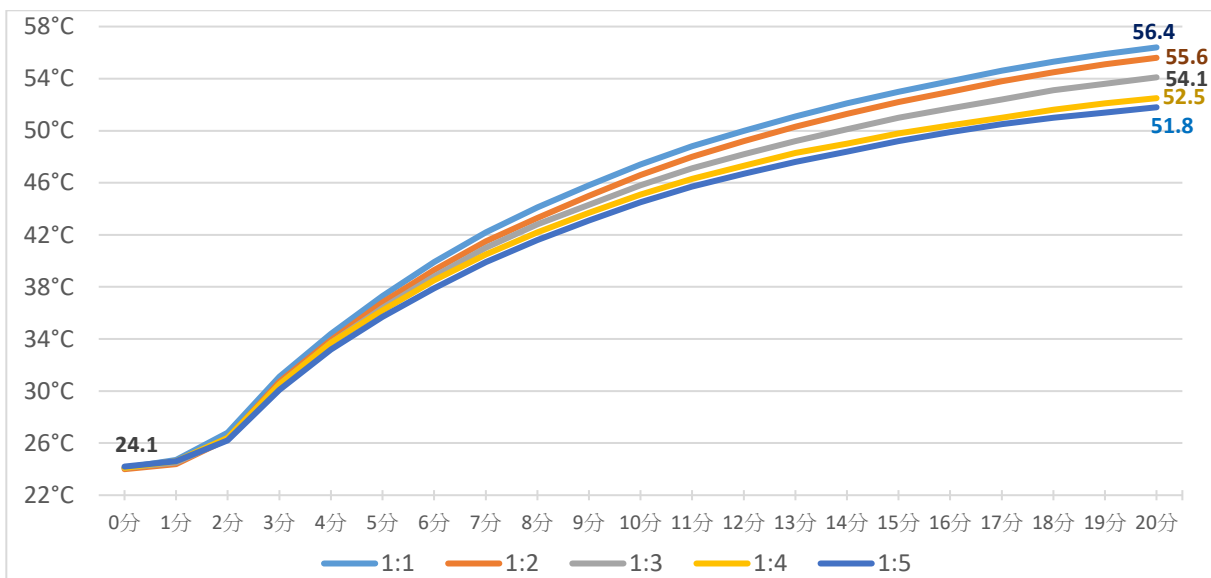


圖 4-7-2 不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的隔熱效果(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：

抗彎折部分：糯米糊比例越高時，抗彎折效果越好，糯米粉與咖啡渣比例 1:1 時，在 6cm 處約須 5.77kg 才能折斷咖啡渣板，比例 1:5 時只須約 2.13kg 就能折斷。

隔熱效果部分：糯米糊比例越高，隔熱效果越差，糯米粉與咖啡渣比例 1:1 的 8mm 厚咖啡渣板，一側溫度為 100°C 時，另一側溫度會在 20 分鐘由 24.1°C 上升至 56.4°C；糯米粉與咖啡渣比例 1:5 的 8mm 厚咖啡渣板，僅由 24.2°C 上升至 51.8°C。

以糯米糊膠結的咖啡渣板，糯米粉比例越高，板材越耐折，但隔熱效果越差。

八、實驗八：測試咖啡渣製作板材以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理的防水效果

表 4-8-1 各種防水方式咖啡渣板泡水前後重量及吸水率

塗料種類	石蠟	石蠟	蜂蠟	蜂蠟	亮光漆	亮光漆	乳膠漆	乳膠漆	水泥漆	水泥漆	螢光塗料	螢光塗料
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
A：防水處理前重量(g)	32.57	31.98	32.32	31.74	32.31	32.16	32.52	31.89	32.63	32.42	32.07	32.15
B：防水處理後重量(g)	33.43	32.77	33.15	32.62	32.79	32.70	33.29	32.73	33.32	33.17	33.14	33.28
C：泡水擦乾後重量(g)	34.89	34.25	34.53	34.11	33.62	33.54	35.38	34.96	38.34	38.44	35.57	36.35
D：吸水率 (C-B)/B×100%)	4.48	4.63	4.27	4.69	2.57	2.61	6.43	6.99	15.38	16.26	7.58	9.55
平均吸水率	4.55%		4.48%		2.59%		6.71%		15.82%		8.56%	

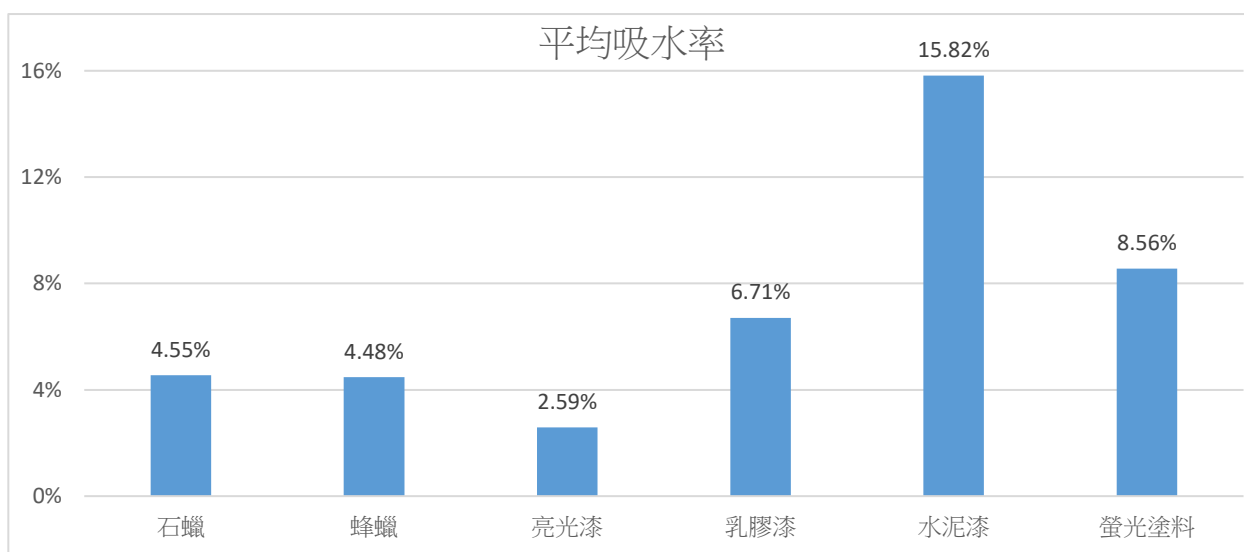


圖 4-8-1 各種防水方式咖啡渣板吸水率(本圖由作者親自製作)

實驗討論發現：六種塗料中，以亮光漆的防水效果最好，平均吸水率是 2.59%，水泥漆的防水效果最差，吸水率是 15.82%，後續製作板材如果需要防水，可以使用亮光漆，或是參考家具使用的 MDF 板材，以貼皮方式防水，要以天然材料防水的話可選用蜂蠟，吸水率是 4.48%，防水效果也不錯。

九、實驗九：測試咖啡渣板材製作時加入生澱粉（種子來源澱粉，生麵粉）的分解效果



圖 4-9-1 分解實驗第 1 天(本照片由作者親自拍攝)



圖 4-9-2 分解實驗第 3 天(本照片由作者親自拍攝)



圖 4-9-3 分解實驗第 5 天(本照片由作者親自拍攝)



圖 4-9-4 分解實驗第 7 天(本照片由作者親自拍攝)



圖 4-9-5 分解實驗第 9 天(本照片由作者親自拍攝)



圖 4-9-6 分解實驗第 11 天(本照片由作者親自拍攝)

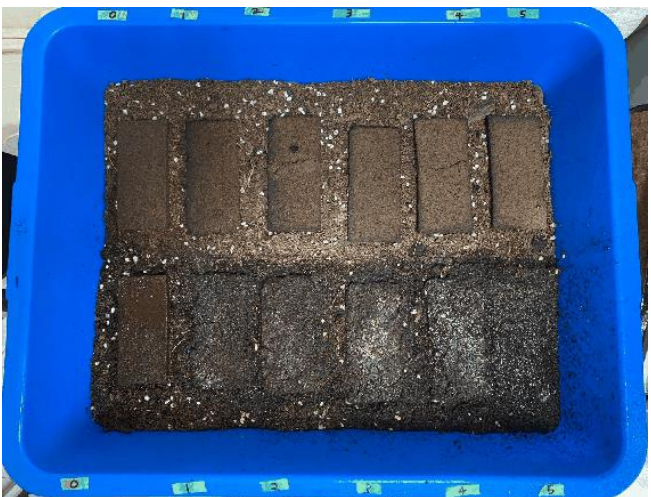


圖 4-9-7 分解實驗第 13 天(本照片由作者親自拍攝)



圖 4-9-8 分解實驗第 15 天(本照片由作者親自拍攝)

實驗討論發現：由照片可發現添加生麵粉的咖啡渣板材在培養土上的分解情形，上排沒有噴霧潤溼的板材經過 20 天的觀察變化較少，噴霧潤溼的板材有較明顯的分解情形；加入較多生麵粉的板材也有更明顯的分解情形，發霉也較嚴重；加入生麵粉的咖啡渣板材遇水時能快速分解（和不加生麵粉板材比較），堆肥時更不會造成環境負擔。

伍、結論

咖啡渣主要成份有油脂、纖維、木質素，都是有利用價值的生質材料，妥善處理不止能減少廢棄物還能創造價值，起初摸索利用糯米糊膠結咖啡渣製作板材，發現咖啡渣含有油脂不易膠結，考量榨油、萃取等分式的成本較高，我們突發奇想，直接加入氫氧化鈉將油脂皂化後溶出，相當於將油脂轉為水溶性，再用水溶解分離出來，讓咖啡渣的油脂多了一項用途。

參考文獻得知，澱粉糊是平價且方便自製的膠結材料，加上以糯米糊黏著石塊建造的糯米橋能屹立近百年，所以我們挑選糯米粉黏結咖啡渣來製作板材，由實驗找出膠結效果最好的煮糊溫度和比例製作咖啡渣板材；考量板材損壞後棄置可能造成的困擾，利用加入種子來源生澱粉（麵粉）含有澱粉酶，在板材遇水時能加速分解，使板材不使用後可以棄置分解堆肥、作為燃料，完全不會造成環境負擔。

綜合結論如下：

- 一、如文獻所述皂化反應是較慢的化學反應，也難徹底完成，氫氧化鈉濃度影響很大，濃度越低反應率也越低。（實驗一、三）
- 二、皂化反應過程加入乙醇（酒精）可以增加皂化反應率，但乙醇（酒精）加入較多時，再加入乙醇（酒精）的效果會遞減。（實驗二）
- 三、為了提升氫氧化鈉濃度加入過量氫氧化鈉，可以提升皂化反應率，但實驗三第 5、6 瓶的皂化反應率反而下降，觀察瓶中白色固體有兩種，應該分別是肥皂與椰子油，表示反應產生的肥皂無法溶解在較濃的氫氧化鈉溶液中。（實驗四）
- 四、在越濃的氫氧化鈉溶液中肥皂越不易溶解，吸水量也越低，氫氧化鈉溶液中固態的肥皂會阻隔油脂和氫氧化鈉溶液，使皂化反應率降低，以攪拌方式使油脂和氫氧化鈉溶液接觸，或是重複皂化反應與水洗溶出肥皂可以提升反應率。（實驗五）
- 五、如文獻所述，澱粉煮糊溫度過低、過高都會使粘結效果降低，經實驗找到糯米糊最適合的煮糊溫度在 84~86°C 附近（86°C 測試值最佳），後續以糯米糊膠結咖啡渣製板，就以 86°C 煮糯米糊。
- 六、以不同糯米糊與去油咖啡渣製作板材，發現糯米糊比例越高板材的抗彎折性越好，糯米糊比例越低時，隔熱效果越好。
- 七、以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理咖啡渣板材，亮光漆的防水效果最好，但浸泡在水中還是會吸 2.59% 左右的水，應該再尋找更佳的防水塗料或是防水方式，才能增加咖啡渣板材的實用性。
- 八、在培養土上的咖啡渣板材（不管有無加生澱粉）如果沒有加水潤溼，經過 15 天分解的情形都不明顯，如果有噴霧潤溼，添加越多生澱粉的咖啡渣板材分解越明顯，發霉也較嚴重，表示加入生麵粉的咖啡渣板材遇水時能快速分解（和不加生麵粉板材比較），堆肥時更不會造成環境負擔。。

陸、參考資料及其他

一、參考文獻

- (1) 咖啡豆的營養與成份。咖啡什麼 Yipee 哇。 <https://coffee.yipee.cc/52/咖啡豆的成份>
- (2) 烘焙才夠味！烘焙後的咖啡豆可產生 650 多種香氣！咖啡網。
<https://m.gafei.com/views-106335>
- (3) 咖啡豆的成分。ICAFFE 就是愛咖啡。 https://icafeinf.blogspot.com/2011/02/blog-post_22.html
- (4) 振昌文具-文山糊、包糊、漿糊。iOPEN Mall。
https://mall.iopenmall.tw/014136/index.php?action=product_detail&prod_no=P1413601582742
- (5) 文山 文山糊/包糊/漿糊。Rakuten 樂天市場。
<https://www.rakuten.com.tw/shop/tdi4u/product/24f5rp1zp/>
- (6) 纖維素。維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/纖維素>
- (7) 木質素。維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/木質素>
- (8) 玩全台灣。糯米橋。 <https://okgo.tw/butyview.html?id=1472>
- (9) 關於糯米橋。糯米橋休閒農業區。 <http://www.xn--2dw500bvka.tw/about.asp>
- (10) 新竹 | 馬武督 | 百年糯米橋。方格子 vocus。
<https://vocus.cc/article/6191ad5afd89780001226060>
- (11) 國姓鄉北港溪石橋(糯米橋)。國家文化資產網。
<https://nchdb.boch.gov.tw/assets/advanceSearch/monument/19940818000001>
- (12) 【新竹】清涼一夏-大山背糯米橋.豐鄉瀑布.大山北月。納維布魯。
<https://hiking.biji.co/index.php?q=news&act=info&id=2195>
- (13) 印刷裝訂用膠分類。華康動物膠。 <http://www.hk-glue.com/Big/id313.html>
- (14) 皂化反應。維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/皂化反應>
- (15) 九大謬誤①：『熟成』後的皂賣貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』。Kiminokan 木見館。 <https://www.kiminokan.com/tc/blog-detail.php?id=462&nid=77>
- (16) 皂化價(SAP Value)及硬度(INS 值)。創皂無限。
<https://soap168.blogspot.com/2008/03/sap-valueins.html>
- (17) 油脂皂化價。香草工房。 <https://www.soapmaker.com.tw/baike-detail/3/24/202>
- (18) 濃度。維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/濃度>
- (19) 賴亭吟、陳藹然。酸鹼滴定。科學 Online。
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=18914>
- (20) 酚酞。維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/酚酞>
- (21) 酸鹼指示劑。維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/酸鹼指示劑>
- (22) Indoor_mold。WIKIPEDIA。 https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_mold
- (23) 黴菌。中文百科。 <https://www.newton.com.tw/wiki/黴菌>

二、成本計算

(一) 耗材單價：氫氧化鈉 50 元/kg、精製椰子油 5L (約 4.55KG) 470 元

糯米粉 600g 65 元

(二) 製造成本計算

表 6-2-1 咖啡渣製皂製板成本分析

咖啡渣油製皂部分				咖啡渣製板部分			
材料項目	單價(元/克)	用量(g)	小計(元)	材料項目	單價(元/克)	用量(g)	小計(元)
乾燥咖啡渣	0	32	0	去油乾燥咖啡渣	0	24	0
氫氧化鈉	0.05	5.4	0.270	糯米粉	0.108	12	1.296
椰子油	0.103	17.32	1.784	成品板		合計	1.296
成品皂	約 39g	合計	2.054	長 10.4cm	重約 35g	成本單價	
成本單價	0.0527 元/g			寬 4.7cm		0.0370 元/g	
				厚 0.7cm		0.0379 元/cm ³	

表 6-2-2 椰子油製皂成本分析

椰子油製皂			
材料項目	單價(元/克)	用量(g)	小計(元)
氫氧化鈉	0.05	3.8	0.190
椰子油	0.103	20.0	2.060
水	0	9.0	0
成品皂	約 32.8g	合計	2.250
成本單價	0.0686 元/g		

(三) 成本比較

表 6-2-3 咖啡渣製皂與椰子油製皂成本比較

製皂原料	重量成本(元/g)	成本比較
咖啡油製皂(有部分椰子油)	0.0527	100.0%
椰子油製皂	0.0686	130.3%

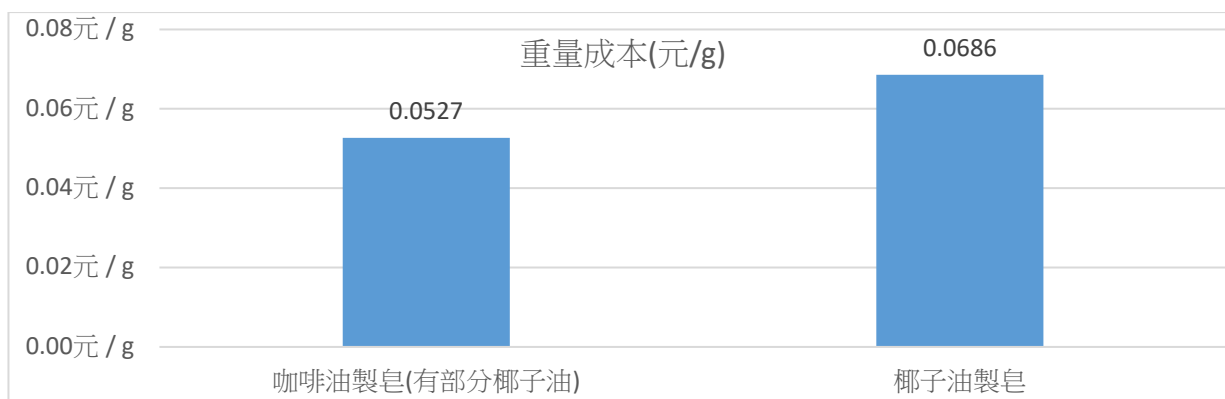


圖 6-2-1 咖啡渣製皂與椰子製皂成本比較 (單位：元/g) (本圖由作者親自製作)



圖 6-2-2 密集板網購頁面

本圖引自特力屋線上購物「密集板 MDF9mm 120x120cm」



圖 6-2-3 環保合板網購頁面

本圖引自特力屋線上購物「環保合板 15mm4*2 尺」



圖 6-2-4 輕鋼架矽酸鈣板網購頁面



圖 6-2-5 松木層板網購頁面

本圖引自特力屋線上購物「輕鋼架天花板/矽酸鈣板 4mm/9 片/箱」 本圖引自特力屋線上購物「特力屋 松木層板 120x30x1.8 公分」

表 6-2-3 咖啡渣板材與常見板材價格比較

	厚(cm)	長(cm)	寬(cm)	體積 (cm ³)	重量(g)	價格 (元)	體積成本 (元/cm ³)	體積成本比較	重量成本 (元/g)	重量成本比較
MDF 密集板	0.9	120	120	12960	9000	530	0.0409	108.0%	0.0589	159.0%
環保合板	1.5	120	60	10800	7000	490	0.0454	119.8%	0.0700	189.0%
輕鋼架矽酸鈣板	0.4	60	60	1440	1889	116.7	0.0810	214.0%	0.0618	166.8%
松木層板	1.8	120	30	6480	3050	600	0.0926	244.5%	0.1967	531.3%
咖啡渣板	0.7	10.4	4.7	34.216	約 35	1.296	0.0379	100.0%	0.0370	100.0%

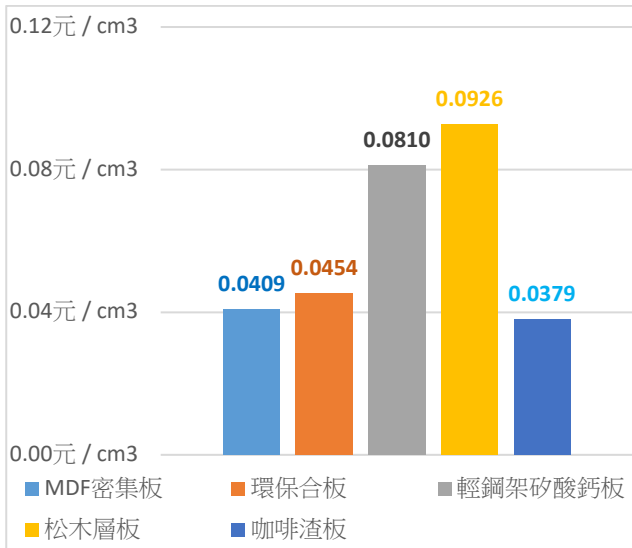


圖 6-2-6 咖啡渣板材與常見板材體積成本比較(元 / cm³) (本圖由作者親自製作)

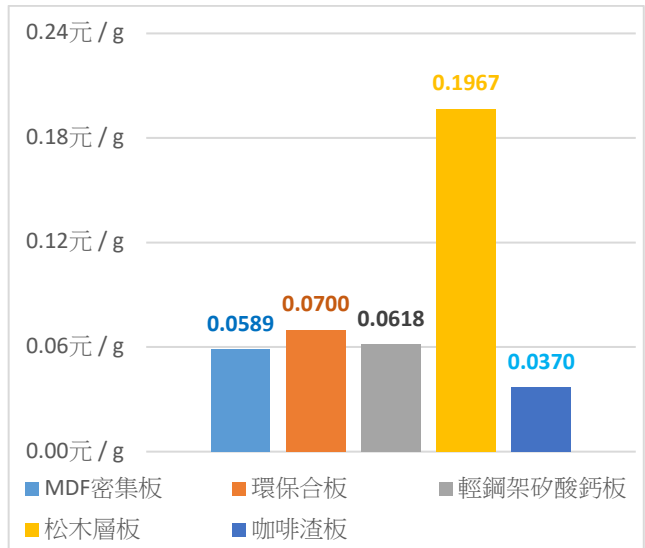


圖 6-2-6 咖啡渣板材與常見板材重量成本比較(元 / g) (本圖由作者親自製作)

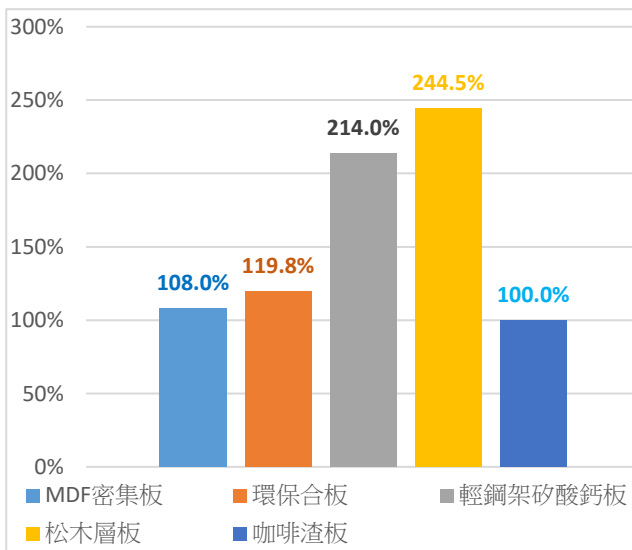


圖 6-2-7 咖啡渣板材與常見板材體積成本比較(%) (本圖由作者親自製作)

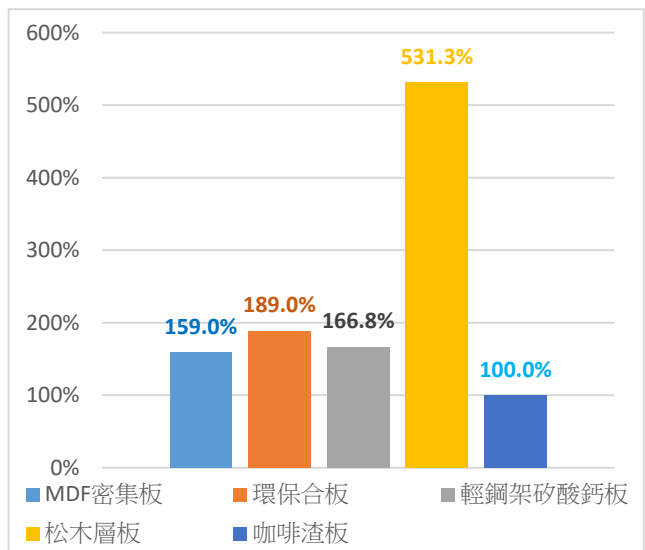


圖 6-2-8 咖啡渣板材與常見板材重量成本比較(%) (本圖由作者親自製作)

三、未來展望

(一) 製皂部分

探索以咖啡渣製作肥皂時，先加入過量的氫氧化鈉，分次皂化洗出氫氧化鈉與肥皂，之後還需加入椰子油消耗過量的氫氧化鈉，這樣製皂使用的油脂反而是椰子油較多。希望能找出降低椰子油比例，並減少重複操作次數的方法。

(二) 製板部分

研究探討的澱粉糊只使用糯米粉，如果廣泛研究各種澱粉、混合比例、煮糊溫度，可能可以找到成本更低，膠結效果更好的澱粉糊，也會有更廉價、更強固的咖啡渣板材。

板材入模壓製成形時，需要很大的壓力使澱粉糊與咖啡渣緊密黏合，如能使用壓力更大的壓模工具，應該可做出更強固的咖啡渣板材。

(三) 其他

咖啡渣的利用一直是常見的環境議題，咖啡渣能堆肥、作為清潔劑吸附油污（實測無效，咖啡渣其實很油）、製作香氛袋、加入肥皂去角質、染料、蚊蟲驅逐劑，但目前沒有能產生足夠價值的利用方式（目前學校附近超商的咖啡渣都可以免費索取，而且是「歡迎索取」），希望我們的研究能再改進創造足以利用的價值。

【評語】 083013

1. 本實驗利用咖啡渣經過肥皂，其餘殘渣以糯米澱粉糊膠結製成板材，探討其性質。
2. 本實驗對減碳及地球永續循環經濟具正向貢獻。
3. 皂化過程之實驗過程詳細。
4. 抗彎折試驗宜詳細說明。
5. 結果與討論詳細。

作品簡報

想 入 「啡 啡」

「皂」 「版」 有 理 ！

摘要

因用量大，廢棄咖啡渣處理漸成議題，由查詢咖啡渣成分，設想可利用方式，加入氫氧化鈉以內含油脂製皂，其餘殘渣以糯米澱粉糊膠結製成板材；製皂部分探討肥皂在不同濃度氫氧化鈉中的溶解度、氫氧化鈉濃度、用量、添加乙醇、分次反應對皂化反應的影響；殘渣製板部分探討糯米糊加熱溫度、糯米糊與咖啡渣比例對抗彎折、隔熱的影響；板材使用、回收部分探討防水性、加入生澱粉（含澱粉酶）廢棄時分解情形。以咖啡渣製皂製板，從製作、使用到廢棄完全不產生污染，廢棄後可堆肥、作為燃料或是一般垃圾，毫無環境負擔，還能充份利用咖啡渣的殘餘價值。

關鍵字：咖啡渣、皂化反應、濃度

壹、前言

一、研究動機

每天早上，爸爸會去便利商店買咖啡，便利商店的咖啡生意真好，常常需要排隊。台灣每年進口五萬多噸咖啡豆，也產生五萬餘噸的咖啡渣，咖啡渣的成份主要是油脂、蛋白質和粗纖維，是很有用的生質原，但訪問附近超商，發現咖啡渣是被當成一般垃圾處理，所以我們嘗試依照咖啡渣成份製作簡單又有利用價值的產品，希望能幫助地球減碳、減廢，創造咖啡渣的新價值。

二、研究目的

(一) 研究如何取出咖啡渣裡的油脂製作肥皂。

- 實驗一：測試不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度
- 實驗二：測試氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉提升皂化反應的效果
- 實驗三：測試低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果
- 實驗四：測試肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度。
- 實驗五：測量相同氫氧化鈉用量下，分不同次數加入咖啡渣，能皂化咖啡渣油的量。

(二) 研究如何用去脂後的咖啡渣製作板材。

- 實驗六：測試以不同溫度煮成糯米糊對咖啡渣膠結效果
- 實驗七：測試不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的物理特性（抗彎折、隔熱）
- 實驗八：測試咖啡渣製作板材以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理的防水效果

(三) 研究如何加速咖啡渣板材廢棄時的降解速度。

- 實驗九：測試咖啡渣板材製作時加入生澱粉（種子來源澱粉，麵粉）的分解效果

三、文獻回顧

(一) 咖啡豆的成分

學習心得：咖啡豆的成分中水溶性部分在沖泡時會被萃取出來，剩下的成分就是咖啡渣，其中有不溶於水的碳水化合物（纖維素、木質素）和油脂，都是有利用價值的材料。油脂可以作為燃料、肥皂原料，纖維素、木質素可以像 MDF 板一樣，加上凝結劑製作板材。

(二) 糯米橋

成分(%)	生豆	熟豆
水分	11.3	2.5
脂肪	11.7	13.2
蛋白質	11.8	12.8
糖分	8.0	1.8
提煉精華	17.1	29.6
咖啡因	1.3	1.3
單寧酸	6.0	4.0
礦物質	4.2	5.2
粗纖維	29.6	29.6



咖啡豆成分表 本圖引自 ICAFE 就是愛咖啡「咖啡豆的成份」
 新竹大山背糯米橋 本圖引自自行筆記「【新竹】清涼一夏-大山背糯米橋、豐鄉瀑布、大山北月」
 糯米漿糊 本圖引自 Rakuten 樂天市場「文山糊/包糊/漿糊」 本圖引自 iOPEN Mall 「振昌文具-文山糊、包糊、漿糊」

(三) 澱粉糊（也稱漿糊）：將澱粉（5~12%）與水（95~88%）加熱至 80°C 以上而製成。溫度過低，澱粉不能完全糊化，膠結力弱；溫度過高，會變成玻璃狀的透明體，繼續升溫，則會很快降低漿糊的粘結力。

學習心得：由糯米橋發想膠結咖啡渣的方法，要測試不同澱粉比例與調煮糊溫度對膠結力的影響。

(四) 皂化反應：為了加快反應速度，可以在化學反應的過程中：

- 保持系統的較高溫度。(加熱使熟成反應加速)
- 以物理方式不斷攪拌溶液以增加分子碰撞的數量。
- 加入酒精（乙醇），使混合得更充分。



影響反應完成度的因素 本圖引自 woodKiminokan 木見館「九大謬誤①：『熟成』後後的皂實貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」
 皂化反應殘留成份 本圖引自 woodKiminokan 木見館「九大謬誤①：『熟成』後後的皂實貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」
 水分過多很難徹底地完成皂化反應 本圖引自 woodKiminokan 木見館「九大謬誤①：『熟成』後後的皂實貴一點合理嗎？優質的手工皂一定要有『熟成期』或『晾皂期』？」

學習心得：製皂時很難徹底地完成皂化反應，這樣就咖啡渣裡的油脂就不能去除乾淨；將咖啡渣去脂時，可以嘗試加入、酒精（乙醇）、過量氫氧化鈉，使油脂皂化比例增加。

(五) 硬度(INS 值)：理想的 INS 值在 120~170 之間。

油名	INS 值	油名	INS 值	油名	INS 值	油名	INS 值	油名	INS 值	油名	INS 值	油名	INS 值	
花生油	0.137	99	大豆油	0.139	61	菜籽油	0.139	97	亞麻籽油	0.135	4	開心果油	0.133	92
棉油	0.138	122	芝麻油	0.128	120	椰子油	0.139	105	杏仁油	0.139	91	開心果油	0.142	120
綠油	0.140	141	芥花油	0.133	56	紫蘇油	0.135	-6	葡萄籽油	0.129	66	墨魚油	0.138	54
綠油	0.139	130	橄欖油	0.141	196	藍鯨油	0.133	99	大雁油	0.138	39	南瓜籽油	0.139	67
杏仁油	0.136	87	芝麻油	0.137	146	椰子油	0.139	94	大雁油	0.136	115	紅棗油	0.141	110
椰子油	0.135	106	菜油	0.128	95	藍鯨油	0.133	120	山茶油	0.134	108	玫瑰果油	0.133	10
椰子油	0.134	116	米油	0.128	70	玉米油	0.136	69	天然蠟	0.069	84	椰子油	0.138	132
椰子油	0.137	130	紅花油	0.137	47	藍鯨油	0.139	128	軟性蠟	0.142	145	開心果油	0.133	92
椰子油	0.13	0	菜油	0.135	-6	椰子油	0.19	258	硬性蠟	0.156	183	開心果油	0.142	120
椰子油	0.141	139	紅花油	0.137	47	椰子油	0.099	11	椰子油	0.139	67	墨魚油	0.138	54
椰子油	0.134	81	椰子油	0.137	49	椰子油	0.128	93	椰子油	0.135	30	椰子油	0.139	124
椰子油	0.135	83	椰子油	0.138	157									

各種手工皂原料油的皂化價與 INS 值（本圖引自香草工房「油脂皂化價」，作者重新編排）
 學習心得：把咖啡渣裡的油脂分離很困難，將咖啡渣泡在氫氧化鈉溶液中，油脂皂化溶解在水中再分離，用咖啡豆成份比例能估計油脂含量，再用皂化價計算皂化需要的氫氧化鈉量（鹼價）。分離出的皂液和氫氧化鈉溶液，要再添加其他油脂充分反應，因為咖啡豆油 INS 值較低（93），要用 INS 值高的油脂，使成品皂有足夠的硬度。

(六) 濃度：濃度指某物質在總量中所占的分量

- 體積百分濃度：
體積百分濃度 = (溶質體積(mL) / 溶液體積(mL)) × 100% = 溶質體積(mL) / (溶質體積(mL) + 溶劑體積(mL)) × 100%
 - 質量莫耳濃度 (molality)：指每 1000 克溶劑所含的溶質莫耳數。
質量莫耳濃度 = 溶質莫耳數(mol) / 溶劑質量(kg) 1 m = 1 mol/kg
- 學習心得：我們實驗操作需要用到濃度表示方法有質量莫耳濃度（氫氧化鈉）和體積百分濃度（乙醇）。

- (七) 酸鹼滴定(Acid-Base Titration)：是將已知濃度的標準溶液滴入已知體積的被測溶液中，待反應達終點（指示劑變色）後，利用標準溶液消耗的體積，計算被測溶液的濃度。
- (八) 酚酞 (Phenolphthalein)：是一種化合物，通常用作酸鹼指示劑。酚酞在酸性溶液中變為無色，在鹼性溶液中變為粉紅色。
學習心得：想瞭解反應後還剩多少氫氧化鈉，可滴定測量，就知道還需添加多少油脂才能使氫氧化鈉完全反應。因為是弱酸強鹼滴定，可以選用酚酞作為指示劑，酚酞的滴定終點在 8.3~10 之間，與肥皂的酸鹼值接近，實際滴定時發現溶液是深咖啡色的，所以用 pH 計操作。
- (八) 黴菌適合生長的溫度：大多數黴菌繁殖最適宜的溫度為 25~30°C。
學習心得：成形後的咖啡渣板在風乾過程中，因為需時太久容易發霉，加熱烘乾太乾乾燥又會龜裂，可在定溫烘箱放入盛水燒杯，在溼度較高且高於黴菌適合生長的溫度下烘乾，避免發霉與龜裂。

貳、研究設備及器材

一、研究設備與器材：

- (一) 設備與器材：燒杯、滴管、保特瓶、玻璃棒、定溫烘箱、舒肥機、酒精溫度計、電子秤、pH 計、熱電偶溫度計、撈勺、不鏽鋼鍋、棉紗濾袋、塑膠水槽、篩網、電磁爐、溫控電熱壺、8mmPP 板製作模具、木製模具、自製紗網架、不鏽鋼咖啡濾杯、塑膠桶、橡膠錘、鉗鍋夾、肥皂模、擀麵棍。
- (二) 材料耗材：咖啡渣、氫氧化鈉、糯米粉、廣用試紙、冰醋酸、咖啡濾紙、濾紙、椰子油、乙醇（75%）、亮光噴漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料、石蠟、蜂蠟、紫色高麗菜、標籤膠帶、保鮮膜、牙刷、油漆刷。

參、研究過程及方法

一、研究架構與流程



二、實驗設計：（以下「實驗設計」照片由作者親自及指導教師拍攝、裁切）

(一) 實驗一：測試不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

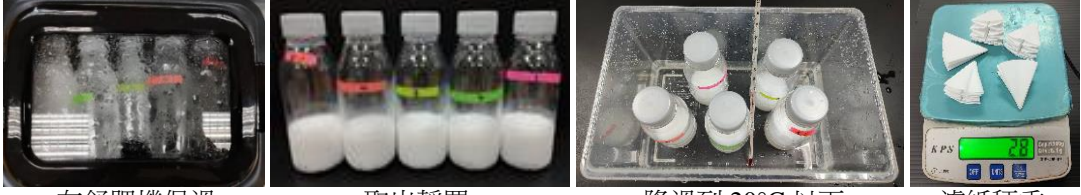
實驗說明：咖啡渣油不易分離，直接將氫氧化鈉溶液加入咖啡渣皂化後再分離，要將咖啡渣潤溼到能攪拌的膏狀要加入過量的水（超過製皂配方的水量），這樣會導致氫氧化鈉溶液過低。實驗要測試足量氫氧化鈉低但濃度低時，能將油脂皂化的程度。



固態的椰子油和皂 過濾出的溶液 pH 計校正 溶液 pH 值測量 加入紫高麗菜汁

(二) 實驗二：測試低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果

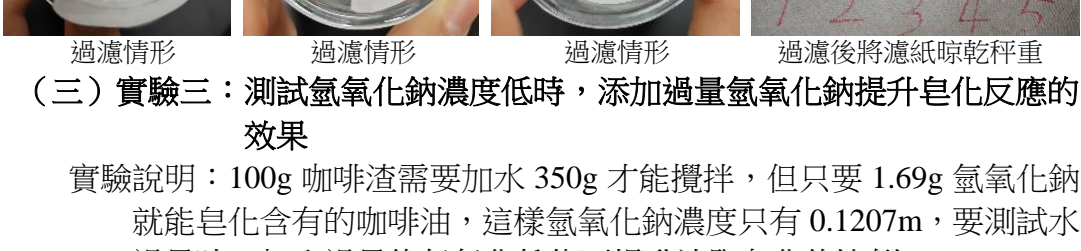
實驗說明：要用氫氧化鈉溶液直接皂化咖啡渣裡的油脂，因為水量多氫氧化鈉濃度較低，會使皂化反應緩慢，由文獻得知，皂化反應過程中添加乙醇能加快反應速度，實驗測試添加乙醇後增加皂化反應的效果。



過濾情形 過濾情形 過濾情形 過濾後將濾紙晾乾秤重

(三) 實驗三：測試氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉提升皂化反應的效果

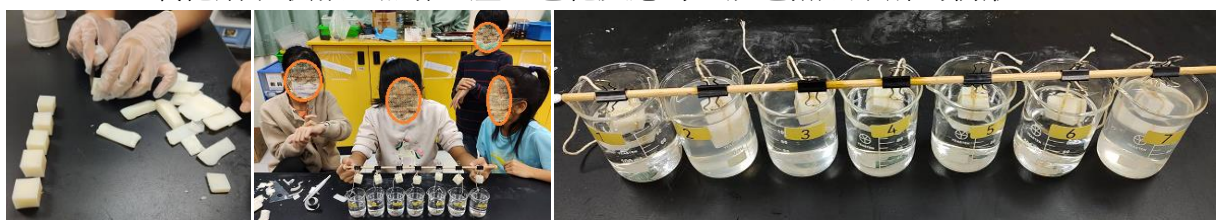
實驗說明：100g 咖啡渣需要加水 350g 才能攪拌，但只要 1.69g 氫氧化鈉就能皂化含有的咖啡油，這樣氫氧化鈉濃度只有 0.1207m，要測試水過量時，加入過量的氫氧化鈉能否提升油脂皂化的比例。



濾紙上的固態椰子油 冷水重覆水洗 椰子油與肥皂混合物 洗去肥皂出現椰子油 洗至接近中性

(四) 實驗四：測試肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度

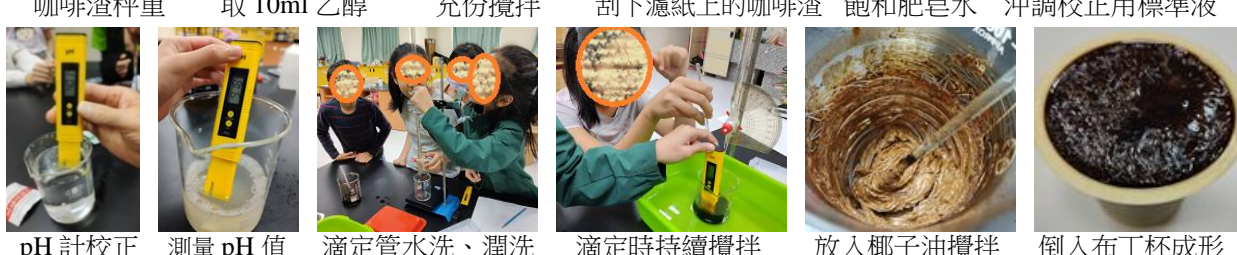
實驗說明：實驗二發現有部分生成的肥皂無法溶解在較濃的氫氧化鈉溶液中，實驗四能瞭解肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度，這樣就能避免將過濃的氫氧化鈉溶液加入咖啡渣產生皂化反應時，肥皂無法溶解的情形。



肥皂切塊 準備就緒準備開始計時 皂塊在不同濃度氫氧化鈉溶液浸泡情形

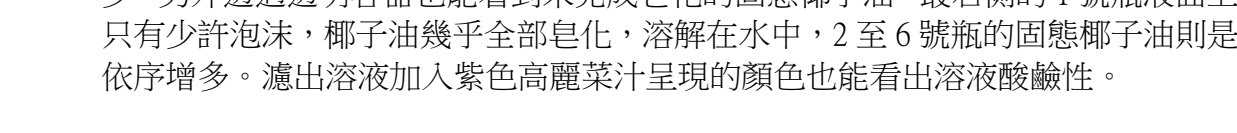
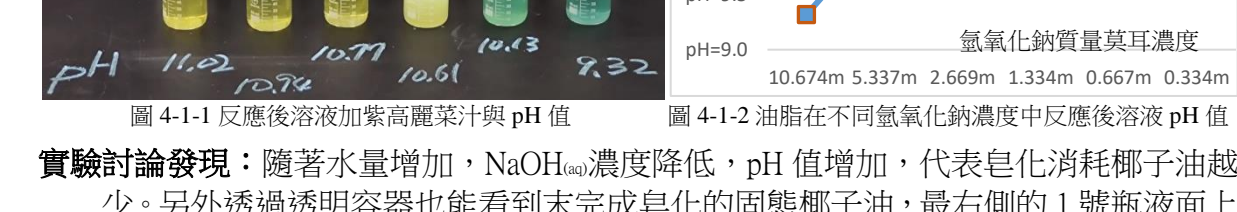
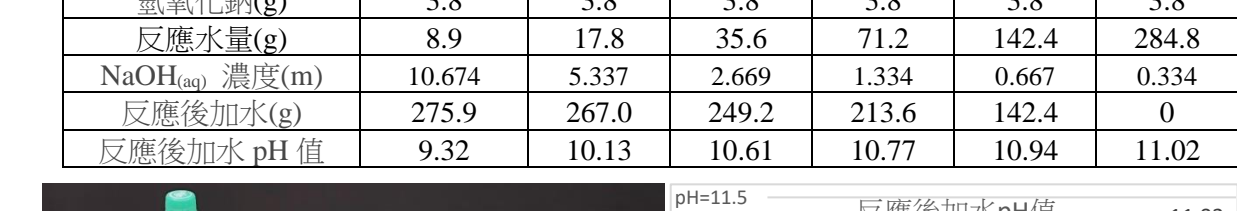
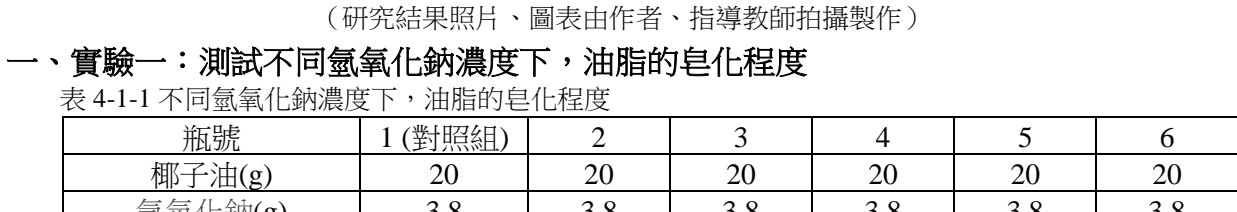
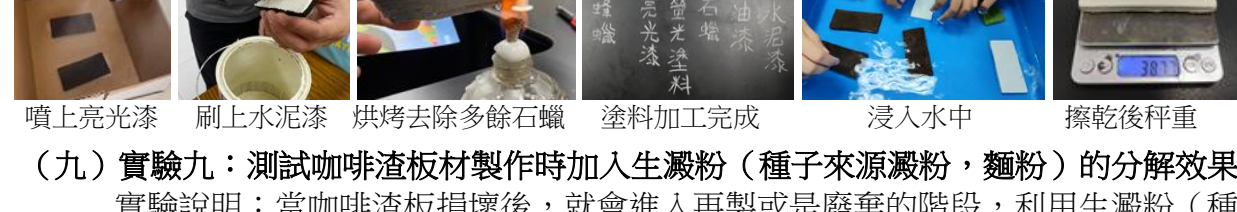
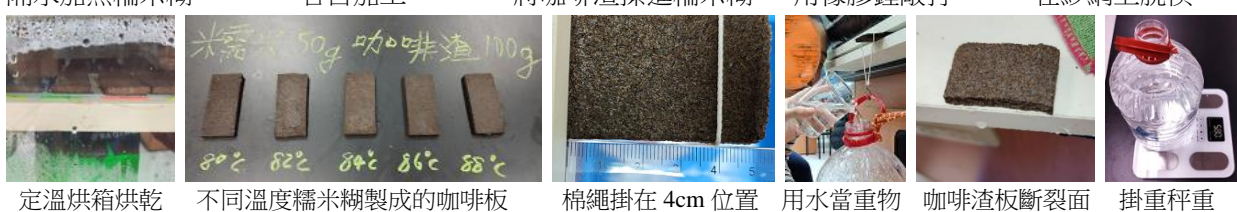
(五) 實驗五：測量相同氫氧化鈉用量下，分不同次數加入咖啡渣，能皂化咖啡渣油量的量

實驗說明：由實驗一、三、四得知，皂化反應時氫氧化鈉濃度要高才能讓油脂充份反應，但在高濃度氫氧化鈉中已形成的肥皂不易溶解，為了避免咖啡渣隙縫內層的油脂被外層肥皂包裹而無法反應成皂，所以嘗試分次反應，中間水洗溶出已生成的肥皂，看看能否提升肥皂產量，也就是提升去油比例。



咖啡渣秤重 取 10ml 乙醇 充份攪拌 刮下濾紙上的咖啡渣 飽和肥皂水 沖調校正用標準液

pH 計校正 測量 pH 值 滴定管水洗、潤洗 滴定時持續攪拌 放入椰子油攪拌 倒入布丁杯成形



二、實驗二：測試低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果

表 4-2-1 低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果 (以未皂化椰子油比例表示)

代號	計算方式	項目 / 瓶號	1	2	3	4	5
A		椰子油(g)	20	20	20	20	20
B		椰子油皂化價	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
C	A x B	氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
D	G - F	加水量(g)	71.2	70.3	69.4	68.5	67.6
E		加 75%酒精(g)	0	3	6	9	12
F	E x 0.703	反應時酒精(g)	0	2.11	4.22	6.33	8.44
G	實驗一第四瓶水量	反應時總水量(g)	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
H	(C÷40) ÷ (G÷1000)	反應時 NaOH(aq)濃度(m)	1.334	1.334	1.334	1.334	1.334
I		剩餘椰子油重(g)	5.89	3.86	2.98	2.37	2.02
J	I ÷ A	未皂化椰子油比例 (%)	29.45%	19.30%	14.90%	11.85%	10.10%
K		皂化消耗椰子油比例(%)	70.55%	80.70%	85.10%	88.15%	89.90%

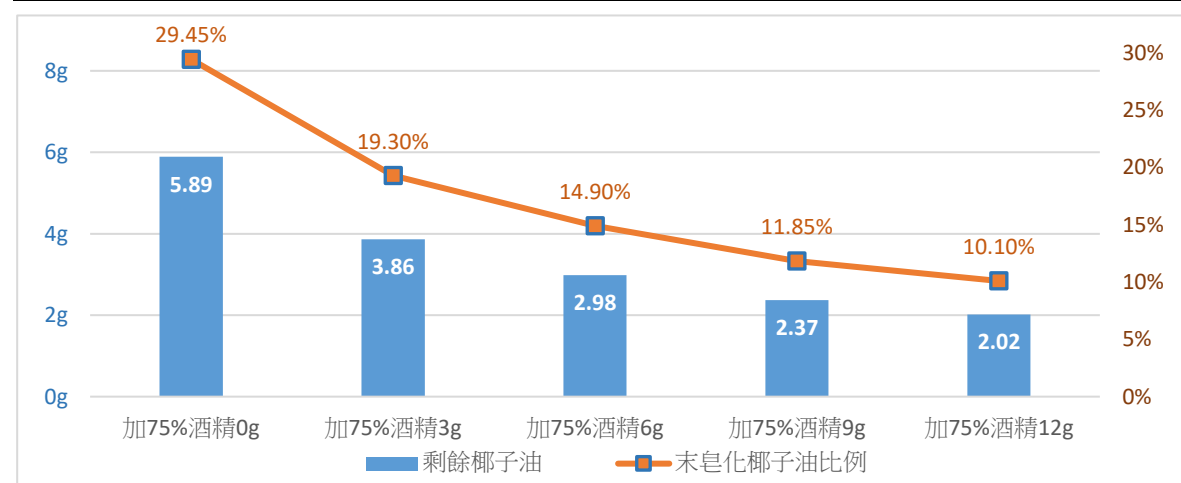


圖 4-2-1 低濃度氫氧化鈉下添加乙醇提升皂化的效果 (以未皂化椰子油比例表示)

實驗討論發現：在 NaOH(aq)濃度只有標準製皂配方的 1/8 時，沒加酒精會有 29.45% 的椰子油未被皂化，隨加入酒精增加未被皂化的椰子油逐漸減少，加入 12g 75%酒精時，未被皂化的椰子油降低到 10.10%，表示加入酒精可以提升皂化比例。

三、實驗三：測試氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉提升皂化反應的效果

表 4-3-1 氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉未皂化的椰子油重量

代號	計算方式	瓶號	1	2	3	4	5	6
A		椰子油(g)	20	20	20	20	20	20
B		椰子油皂化價	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
C	A x B	氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	7.6	15.2	30.4	60.8
D	C x 2.333	水量(g)	8.9	284.8	284.8	284.8	284.8	284.8
E		NaOH(aq)濃度(m)	10.674	0.334	0.667	1.334	2.669	5.337
F		濾出未皂化椰子油重量(g)	0.67	17.82	14.31	9.64	11.64	12.52
G	A - F	皂化消耗椰子油量(g)	19.33	2.18	5.69	10.36	8.36	7.48
H	G ÷ A	椰子油皂化比例(%)	96.65%	10.90%	28.45%	51.80%	41.80%	37.40%
I	F ÷ A	未皂化椰子油比例(%)	3.35%	89.10%	71.55%	48.20%	58.20%	62.60%

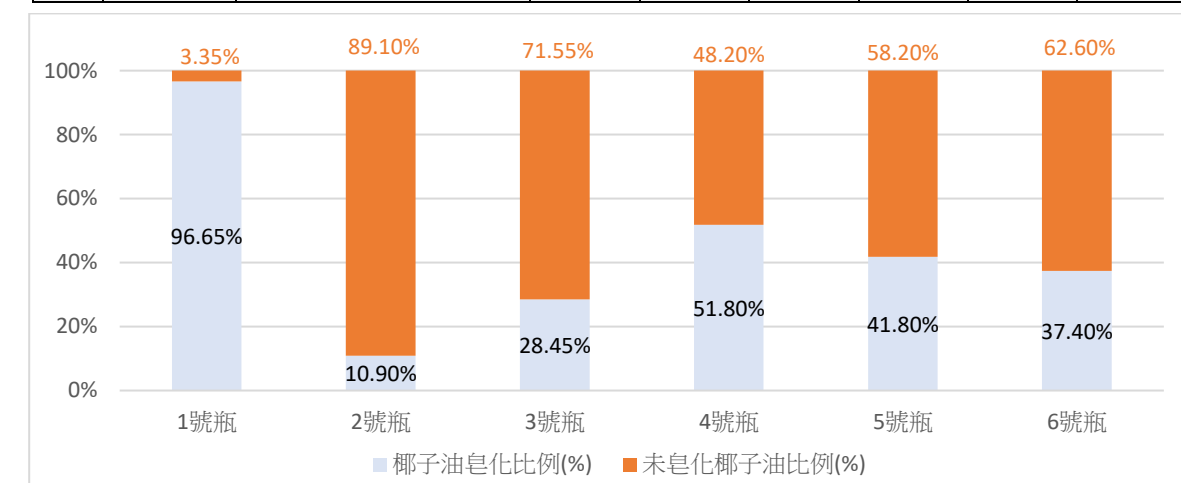


圖 4-3-1 氫氧化鈉濃度低時，添加過量氫氧化鈉皂化與未皂化的椰子油比例

實驗討論發現：相同水量下，加入過量氫氧化鈉 (濃度低於標準配方)能提升皂化反應，但在第五、六瓶發現椰子油皂化的比例反而下降了，看瓶子裡結塊的情形，肥皂把椰子油包住了，可能是生成的肥皂無法溶解在較高濃度的氫氧化鈉溶液中，使椰子油無法接觸到氫氧化鈉溶液，關於肥皂溶解度和氫氧化鈉溶液濃度的關係應該再設計一個實驗測試，才能避免過濃的氫氧化鈉溶液加入咖啡渣皂化時，生成的肥皂無法溶解而把油脂包裹，使油脂無法完全皂化的情形。

四、實驗四：測試肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度



圖 4-4-1 一至七杯以氫氧化鈉溶液浸泡、烘乾後的皂塊

表 4-4-1 肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解度與吸水率

代號	計算方式	項目	1	2	3	4	5	6	7	烘乾失水參考用
A		水量(g)	100	100	100	100	100	100	100	
B		NaOH(g)	42.69	0.48	0.96	1.93	3.86	7.72	15.45	
C		NaOH(aq)	10.674	0.12	0.24	0.483	0.965	1.93	3.863	
D		濃度(m)	(製皂標準濃度)	(咖啡渣皂化預估濃度)	(2號杯2倍濃度)	(2號杯4倍濃度)	(2號杯8倍濃度)	(2號杯16倍濃度)	(2號杯32倍濃度)	
E		浸泡前(g)	9.32	9.38	9.35	9.28	9.32	9.28	9.26	9.28
F		浸泡後(g)	9.22	8.1	8.45	8.66	8.86	8.97	9.07	無浸泡
G		烘乾後(g)	8.98	7.07	7.53	7.81	8.14	8.36	8.69	9.07
H	E x 0.9774	原本皂重(g)	9.11	9.17	9.14	9.07	9.11	9.07	9.05	9.07
I	(E-G) ÷ E	浸泡溶解率	1.42%	22.88%	17.60%	13.89%	10.64%	7.83%	3.99%	
J	(F-G) ÷ F	烘乾失水率	2.60%	12.72%	10.89%	9.82%	8.13%	6.80%	4.19%	2.26%

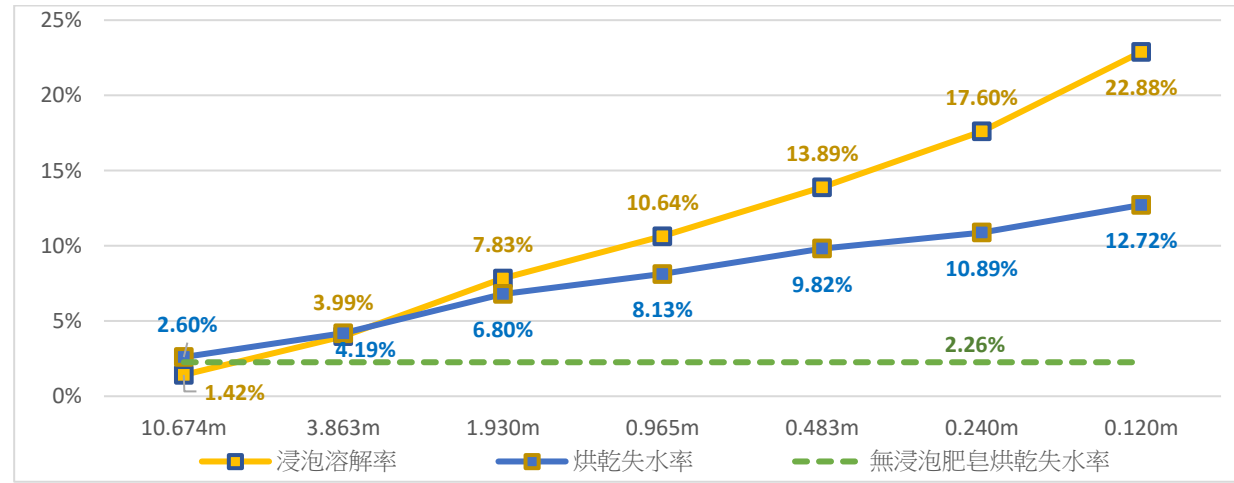


圖 4-4-2 肥皂在不同濃度氫氧化鈉溶液中的溶解率與吸水率 (用烘乾失水率呈現)

實驗討論發現：在濃度越高的氫氧化鈉溶液中，肥皂溶解量越低，吸水率也越低，表示如果將咖啡渣浸泡在氫氧化鈉溶液中使咖啡油皂化時，添加過量氫氧化鈉使濃度提升增加油脂皂化率，但高濃度氫氧化鈉又會使肥皂不易溶解，也凸顯出皂化反應時攪拌的重要性；攪拌可以破壞皂化形成的固體皂，使油脂與氫氧化鈉溶液接觸，提升皂化比例，咖啡渣隙縫裡的油脂無法以拌攪方式破壞，可以嘗試以水洗方式將形成的肥皂溶出，再重新加入氫氧化鈉溶液皂化較深隙縫裡的油脂。

肆、研究結果

(研究結果照片、圖表由作者、指導教師拍攝製作)

一、實驗一：測試不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

表 4-1-1 不同氫氧化鈉濃度下，油脂的皂化程度

瓶號	1 (對照組)	2	3	4	5	6
椰子油(g)	20	20	20	20	20	20
氫氧化鈉(g)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
反應水量(g)	8.9	17.8	35.6	71.2	142.4	284.8
NaOH(aq) 濃度(m)	10.674	5.337	2.669	1.334	0.667	0.334
反應後加水(g)	275.9	267.0	249.2	213.6	142.4	0
反應後加水 pH 值	9.32	10.13	10.61	10.77	10.94	11.02

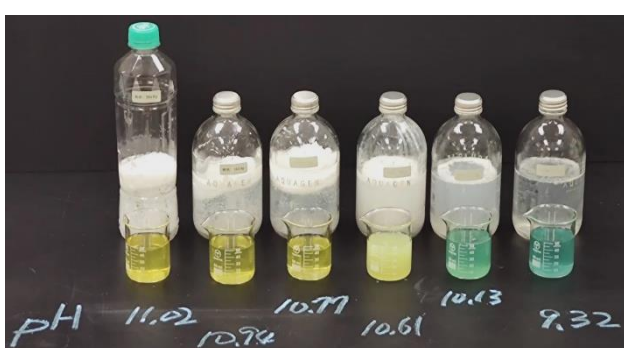


圖 4-1-1 反應後溶液加紫高麗菜汁與 pH 值

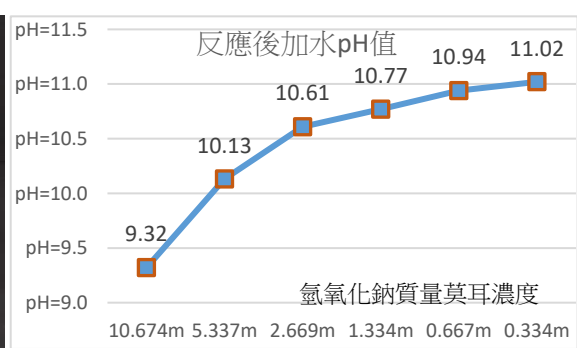


圖 4-1-2 油脂在不同氫氧化鈉濃度中反應後溶液 pH 值

實驗討論發現：隨著水量增加，NaOH(aq)濃度降低，pH 值增加，代表皂化消耗椰子油減少。另外透過透明容器也能看到未完成皂化的固態椰子油，最右側的 1 號瓶液面上只有少許泡沫，椰子油幾乎全部皂化，溶解在水中，2 至 6 號瓶的固態椰子油則是依序增多。濾出溶液加入紫色高麗菜汁呈現的顏色也能看出溶液酸鹼性。

五、實驗五：測量相同氫氧化鈉用量下，分不同次數加入咖啡渣，能皂化咖啡渣油的量

表 4-5-1 分不同次數反應消耗的氫氧化鈉量（表示皂化量）

代號	計算方式	項目	一次反應	兩次反應	三次反應	四次反應
I	= H ÷ 反應次數	每次氫氧化鈉量(g)	5.40	2.70	1.80	1.35
J	= C × 3.5 - (60-C)	每次加水量(g)	83.9	83.9	83.9	83.9
K	$(I \div 40) \div ((J+60-C) \div 1000)$	氫氧化鈉濃度(第一次,m)	1.207	0.603	0.402	0.302
L		水洗水量(g)	150	150	150	150
M	= (J+L) × 反應次數	溶液總重(g)(實際濾出重量較低)	233.9	467.7	701.6	935.4
N		完成過濾後容液加水至 900g	完成過濾後容液加水至 900g			
O		濾出溶液 pH 值	10.98	10.81	10.56	10.49
P		滴定使用 5%醋酸溶液(ml)(密度接近 1g/cm3)(滴定至 pH=9.18)	15.1	14.6	14.3	14.1
Q	$P \times 0.05 \div 60 \times 40 \times 7$	取剩餘 700g 溶液的 NaOH 當量	3.52	3.41	3.34	3.29
R	= H - (Q × 9/7)	消耗氫氧化鈉(g) (皂化與中和酸性成份)	0.87	1.02	1.11	1.17
S		椰子油皂化價(g)(NaOH)	0.19	0.19	0.19	0.19
T	= Q ÷ S	需加椰子油重(g)	18.54	17.93	17.56	17.32

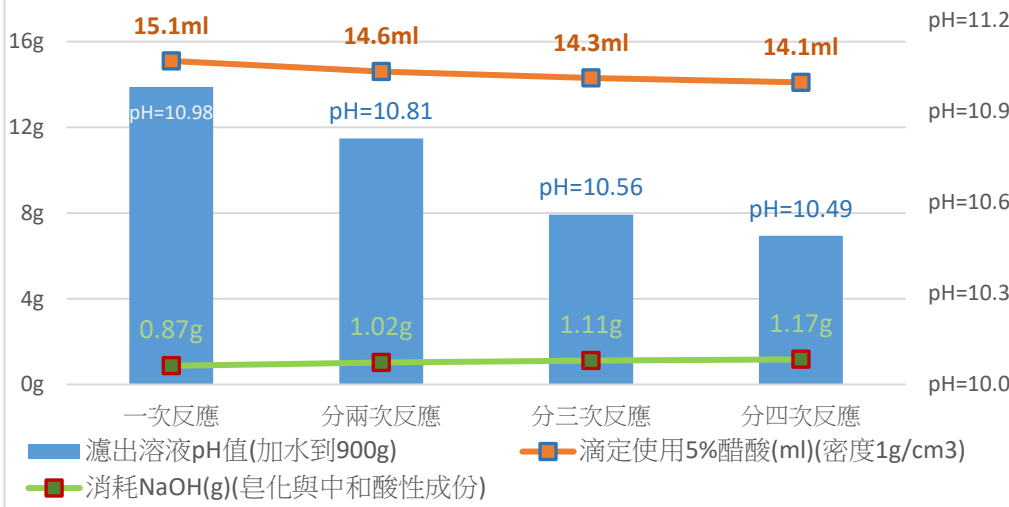


圖 4-5-1 分不同次數反應濾出溶液 pH 值、滴定使用醋酸、消耗的氫氧化鈉量

實驗討論發現：實驗測試分次加入氫氧化鈉（總用量相同）皂化油脂，中間加水洗出肥皂的效果，可從消耗氫氧化鈉量看出，反應、水洗次數越多消耗氫氧化鈉越多，表示有較多的咖啡油皂化成皂。

六、實驗六：測試以不同溫度煮成糯米糊對咖啡渣膠結效果（抗彎折）

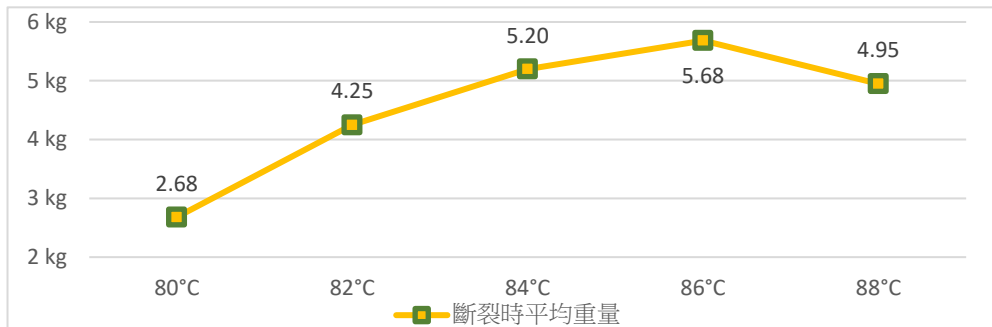


圖 4-6-1 以不同溫度煮成糯米糊製作咖啡渣板的抗彎折性（在 2cm 處掛重物）單位：kgw

實驗討論發現：實驗由文獻提到的 80°C 以上開始，隨溫度上升，煮出的糯米糊膠結的強度上升，到 86°C 效果最好，88°C 可以看出膠結的強度下降，後續製作板材可以利用 86°C 煮出的糯米糊製作。

七、實驗七：測試不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的物理特性（抗彎折、隔熱）

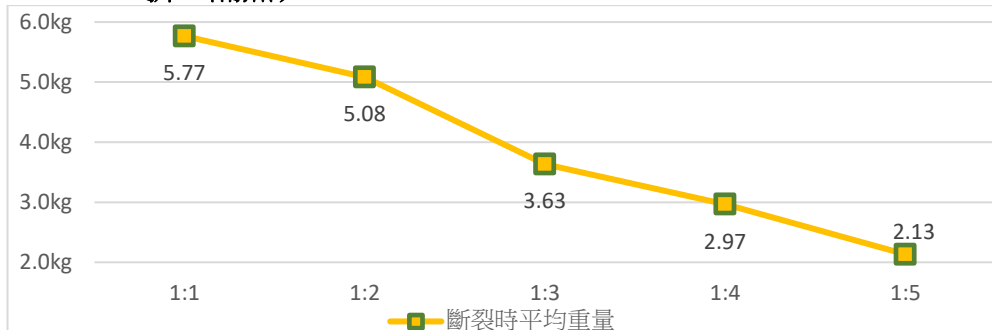


圖 4-7-1 不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的抗彎折性（在 6cm 處懸掛重量，單位 kgw）

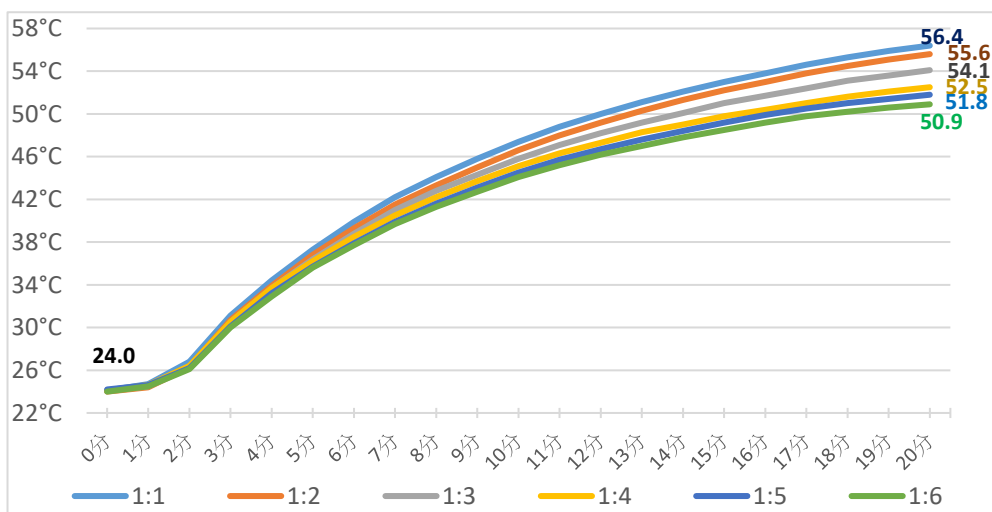


圖 4-7-2 不同糯米糊與咖啡渣比例製成板材的隔熱效果

實驗討論發現：

抗彎折部分：糯米糊比例越高時，抗彎折效果越好，糯米粉與咖啡渣比例 1:1 時，在 6cm 處約須 5.77kg 才能折斷咖啡渣板，比例 1:5 時只須約 2.13kg 就能折斷。

隔熱效果部分：糯米糊比例越高，隔熱效果越差，糯米粉與咖啡渣比例 1:1 的 8mm 厚咖啡渣板，一側溫度為 100°C 時，另一側溫度會在 20 分鐘由 24.1°C 上升至 56.4°C，比例 1:5 的 8mm 厚咖啡渣板，僅由 24.2°C 上升至 51.8°C。

以糯米糊膠結的咖啡渣板，糯米粉比例越高，板材越耐折，但隔熱效果越差。

八、實驗八：測試咖啡渣製作板材以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理的防水效果

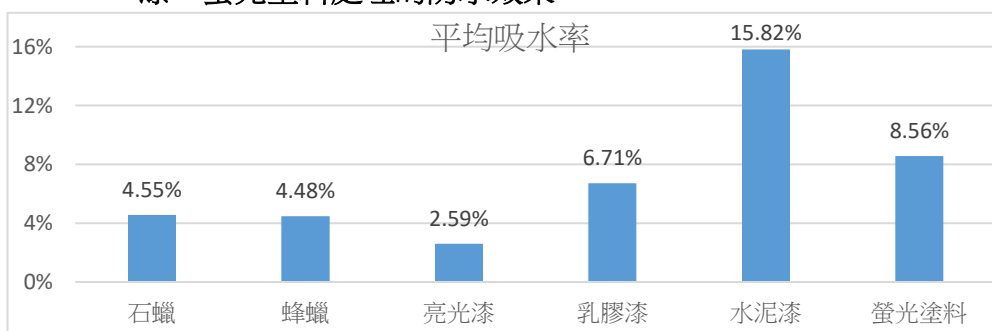


圖 4-8-1 各種防水方式咖啡渣板吸水率

實驗討論發現：六種塗料中，以亮光漆的防水效果最好，平均吸水率是 2.59%，水泥漆的防水效果最差，吸水率是 15.82%，後續製作板材如果需要防水，可以使用亮光漆，或是參考家具使用的 MDF 板材，以貼皮方式防水，要以天然材料防水的話可選用蜂蠟，吸水率是 4.48%，防水效果也不錯。

九、實驗九：測試咖啡渣板材製作時加入生澱粉（種子來源澱粉，麵粉）的分解效果

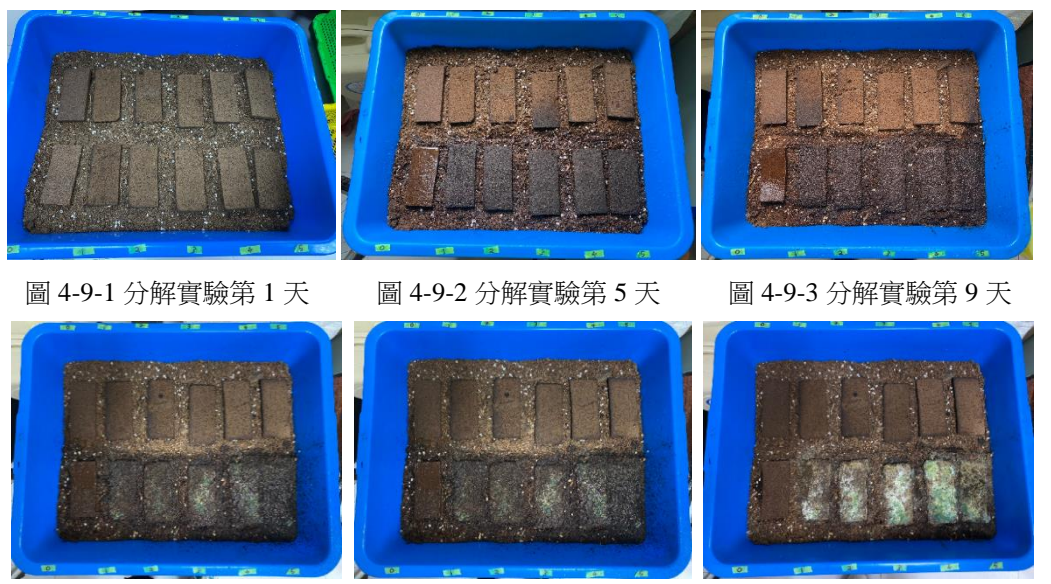


圖 4-9-1 分解實驗第 1 天

圖 4-9-2 分解實驗第 5 天

圖 4-9-3 分解實驗第 9 天



圖 4-9-4 分解實驗第 11 天

圖 4-9-5 分解實驗第 13 天

圖 4-9-6 分解實驗第 15 天

實驗討論發現：由照片可發現添加生麵粉的咖啡渣板材在培養土上的分解情形，上排沒有噴霧潤溼的板材經過 20 天的觀察變化較少，噴霧潤溼的板材有較明顯的分解情形；加入較多生麵粉的板材也有較明顯的分解情形，發黴也較嚴重。

伍、結論

廢棄的咖啡渣的主要成份有油脂、纖維、木質素，都是還有利用價值的生質材料，能妥善處理的話，不止能減少廢棄物還能創造價值，起初摸索利用糯米糊膠結咖啡渣製作板材，發現咖啡渣含有油脂不易膠結，考量榨油、萃取等分式的成本較高，我們突發奇想，直接加入氫氧化鈉將油脂皂化後溶出，相當於將油脂轉為水溶性的肥皂，再用水溶解分離出來，讓咖啡渣的油脂多了用途。

由文獻得知，澱粉糊是平價且方便自製的膠結材料，以糯米糊黏著石塊建造的糯米橋能屹立百年，我們挑選糯米粉黏結咖啡渣來製作板材，由實驗找出膠結效果最好的煮糊溫度和比例製作咖啡渣板材；考量板材損壞後棄置可能造成的困擾，利用加入種子來源生澱粉（麵粉，含有澱粉酶），在廢棄板材遇水時能加速分解，使板材可以棄置分解堆肥或作為燃料，完全不會造成環境負擔。

綜合結論如下：

- 一、皂化反應是較慢的化學反應，也難徹底完成，氫氧化鈉濃度影響很大，濃度越低反應率也越低。（實驗一、三）
- 二、反應過程加入乙醇（酒精）可以增加皂化反應率，隨乙醇（酒精）加入量增加，加入乙醇（酒精）的效果會遞減。（實驗二）
- 三、為了提升氫氧化鈉濃度加入過量氫氧化鈉，可以提升皂化反應率，但實驗三第 5、6 瓶的皂化反應率反而下降，觀察瓶中白色固體有兩種，應該分別是肥皂與椰子油，表示反應產生的肥皂無法溶解在較濃的氫氧化鈉溶液中。（實驗四）
- 四、在越濃的氫氧化鈉溶液中肥皂越不易溶解，吸水量也越低，氫氧化鈉溶液中固態肥皂會阻隔油脂和氫氧化鈉溶液，使皂化反應率降低，重覆皂化反應與水洗溶出肥皂可以提升反應率。（實驗五）
- 五、澱粉煮糊溫度過低、過高都會使粘結效果降低，經實驗找到糯米糊最適合的煮糊溫度在 84~86°C 附近（86°C 測試值最佳），後續以糯米糊膠結咖啡渣製板，就以 86°C 煮糯米糊。
- 六、以不同糯米糊與去油咖啡渣製作板材，發現糯米糊比例越高板材的抗彎折性越好，糯米糊比例越低時，隔熱效果越好。
- 七、以石蠟、蜂蠟、亮光漆、水泥漆、乳膠漆、螢光塗料處理咖啡渣板材，亮光漆的防水效果最好，浸泡在水中還是會吸 2.59% 左右的水，應該再尋找最佳的防水塗料或是防水方式，增加咖啡渣板材的實用性。
- 八、在培養土上的咖啡渣板材（不管有無加入生澱粉）如果沒有加水潤溼，經過 15 天分解的情形都不明顯，如果有噴霧潤溼，添加越多生澱粉的咖啡渣板材分解越明顯，發黴也較嚴重。

陸、參考資料及其他

- 一、參考文獻（略）
- 二、成本計算

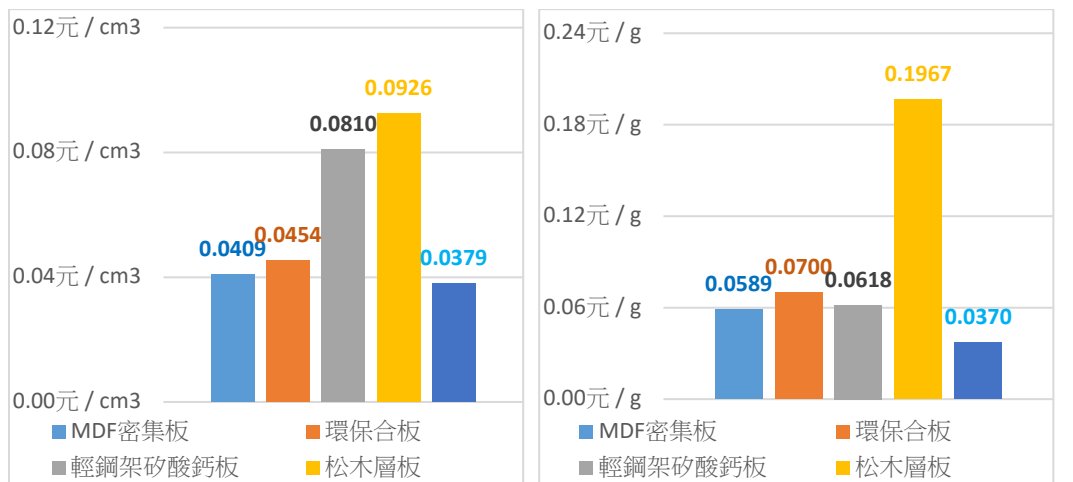


圖 6-2-6 咖啡渣板材與常見板材體積成本比較

圖 6-2-6 咖啡渣板材與常見板材重量成本比較

三、未來展望

（一）製皂部分

探索以咖啡渣製作肥皂時，先加入過量的氫氧化鈉，分次皂化洗出氫氧化鈉與肥皂，之後還需加入椰子油消耗過量的氫氧化鈉，這樣製皂使用的油脂反而是椰子油較多。希望能找出降低椰子油比例，並減少重複操作次數的方法。

（二）製板部分

研究探討的澱粉糊只使用糯米粉，如果廣泛研究各種澱粉、混合比例、煮糊溫度，可能可以找到成本更低，膠結效果更好的澱粉糊，也會有更廉價、更強固的咖啡渣板材。

板材入模壓製成形時，需要很大的壓力使澱粉糊與咖啡渣緊密黏合，如能使用壓力更大的壓模工具，應該可做出更強固的咖啡渣板材。

（三）其他

咖啡渣的利用一直是常見的環境議題，咖啡渣能堆肥、作為清潔劑吸附油污（實測無效，咖啡渣其實很油）、製作香氛袋、加入肥皂去角質、染料、蚊蟲驅逐劑，但目前沒有能產生足夠價值的利用方式（目前學校附近超商的咖啡渣都可以免費索取，而且是「歡迎索取」），希望我們的研究能再改進創造足以利用的價值。