

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第二名

080216

馬虎小組的妙探尋兇-解開影響冷製法馬賽手工皂「不成皂體」的關鍵之謎

學校名稱：臺北市松山區民權國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳念妤	連婉婷
小五 卓伯威	
小五 刁元廷	
小五 黃瑞宸	

關鍵詞：冷製法馬賽手工皂、皂化反應、不成皂體

摘要

全班曾用冷製法做馬賽皂，只有我們**不成皂體**。逐步改變變因解謎：**橄欖油過量造成配方中總油鹼比例超過 5:1**，即鹼量不足，使皂體偏向軟塌不成形發展，但仍成**固體**；一旦**橄欖油失手量達 3240 克**使總油量與總鹼量的比例**達 10 : 1**，則即使 4 位組員分別打皂增加人為變異**皆可重現當時的不成皂體**，甚至再攪拌到 Trace 入模保溫後**仍是不成皂體**。實驗數據顯示我們的馬虎造就**橄欖油量過多**和**手動攪拌**互相影響使**油鹼混合液**從**入模保溫**到**開箱****晾皂**前這段時間的**含水量較高**。研發**暖氣定溫 25°C 加除溼模擬適當晾皂環境**成功縮短**晾皂時間**。解謎過程出現無法忽略的事實：**晾皂期皂體重量減少百分比**和 **pH 值**的趨勢關係視為**肥皂熟成的雙向判斷**。意外發現不成皂體的多元面貌值得未來深究。

壹、研究動機

三年級下學期期末全班共分成四組，同時依老師指導的步驟用冷製法製作馬賽手工皂，用毛巾報紙保溫放入保麗龍盒中，保溫相同天數後再開箱翻模，卻只有我們這組是「**不成皂體**」，其他組都可成功翻模、切皂、晾皂，甚至他們晾皂一段時間後 pH 值都下降到 9 以下可拿製皂成功的馬賽皂去洗澡。因此，想找出我們這組在冷製法的製皂過程究竟是哪些環節造成「**不成皂體**」。希望針對和我們一樣做事總是容易馬虎的小朋友提出忠告、或萬一不小心搞砸某一環節還可怎麼急救。找尋失敗原因的解謎過程中應用了在自然課所學的「攪拌對溶解過程的功用」、「溫度對溶解量的影響」、「液體和固體的特性」、「水溶液酸鹼性的檢測」等概念，也主動閱讀相關課外讀物，像是不同的手工皂達人所出版教人如何製作手工皂之書籍、或《圖解化學辭典》、《科學知識八達通》、《觀念化學小學堂》等科學百科，幫助我們去推測用冷製法製作馬賽皂所觀察到各種現象背後可能發生了什麼事。

* 其他成功組別-皂體	* 我們這組-不成皂體 (與其他成功組別同時製皂，同一天入模保溫，且同一天開箱晾皂，卻發現只有本組不成皂體，故只好在翻模時倒入不銹鋼鍋內)
	

貳、研究目的

一、從冷製法馬賽皂的製皂歷程各變因，去探討「不成皂體」的成因，進而解開重現當時不成皂體的謎。

參、研究設備及器材

一、主要工具：不鏽鋼鍋、鋼杯、電子秤、溫度計、電磁爐、洗米起泡器、矽膠刮刀

二、防護用具：護目鏡、手套、口罩、實驗衣、報紙

三、冷製法手工馬賽皂的材料：1.氫氧化鈉（微粒鹼）、2.純水冰塊、3.椰子油、4.棕櫚油、5.橄欖油、6.準備與三下製皂時相同的製造商的「芬多精精油」

四、保溫材料：1. 厚矽膠材質的皂模與塑膠上蓋、2 保鮮膜、3.毛巾、4.報紙、5.暖暖包（24 小時以上保溫效果）、6.保麗龍箱

五、檢測工具： 1.環境用的溫濕度計、2.酒精溫度計（0°C ~ 100°C）、3.探針式不鏽鋼溫度計（以便測量皂體溫度）、4.廣用試紙（日製）pH 值 0~11，用來檢測 pH 值是否降到 9 以下，以便判斷肥皂是否熟成。5.廣用試紙（日製）pH 值 0~14，因可檢測到 pH 值 11 以上的強鹼，故用來輔助先前用第 2 項廣用試紙測量工具實測發現可能 pH 值是超過 11 以上而無法再精準測量的強鹼溶液之量測。

肆、研究過程與方法

一、相關研究主題的搜尋與分析：

全國中小學科展歷屆優勝作品資料庫	研究題目	目的與研究焦點	我們這次研究的立足點，以及與前人作品的區別
中華民國第 50 屆作品 國小組化學 編號 080211	<肥皂熟了，水知道>	主要研究目的是「判斷肥皂熟成條件」，以晾皂水分含量的多寡，來判斷肥皂「熟成」的狀態（平均 60 天，肥皂體重量減輕自身的 10%）	我們主要的研究目的並不是去討論肥皂熟成的條件，而是參考他們對於熟成條件的判斷，並在他們所提出能縮短晾皂方法之基礎上，研發了能進行整體環境控制的晾皂環境，藉此想更有效縮短晾皂時間，並探討為何會產生「不成皂體」，思考如果成皂失敗了該如何去補救。
中華民國第 46 屆作品 國小組生活應用 作品編號 080826	<驅蟑達人「皂」得住~天然環保驅蟑皂>	主要的研究焦點是蟑螂的味覺趨避性，探討蟑螂厭惡的味道，應用在「研發可驅逐蟑螂的添加物」進入肥皂中	他們研究的重點是放在尋找會讓蟑螂敬而遠之的材料並製成可在製作香皂過程中加入的添加物，故與我們的研究較無直接的關連性。

二、名詞界定和實驗標準流程建立

(一) **不成皂體**：入模後，用毛巾和報紙包裹在厚矽膠皂模外，再放入保麗龍盒保溫至少 24 小時以上才開箱晾皂，卻發現皂模內是濃稠濕黏的軟爛皂液，不成皂體。

(二) **馬賽手工皂**：我們研究中所提到的標準馬賽手工皂配方，都和我們在三年級下學期期末用冷製法手工製作的配方相同，這樣才能還原過去我們到底是哪個關鍵環節出錯導致只有我們這組產生「不成皂體」。當時的配方是參考 2015 年 3 月出版《女巫阿娥的超萬能手工皂》的經典馬賽皂，如下：

鹼水溶液	水 242 克	鹼：氫氧化鈉（微粒鹼）101 克	
油脂： 屬於脂質 (三酸甘油脂)	椰子油 115 克 皂化價 0.19	棕櫚油 80 克 皂化價 0.141	橄欖油 505 克 皂化價 0.134
上述兩種油品屬於硬油，需隔水加熱			屬於軟油
精油	芬多精精油 14 克：1. 精油的量不可超過總油重的 2%；2. 在製皂過程中的 light trace 加入精油，是讓肥皂透過洗澡熱氣來釋放出其中所含的微小天然精油分子，才能「增添香氣」。		

依據上表配方和查詢的參考資料發現，這是依循法國傳統以「占總油重 72% 使用橄欖油」製皂便符合 1688 年法王路易十四將製作「馬賽皂」獨占權交給馬賽地區 (Marseille) 時所欽定的馬賽皂製造標準法令，故當時肥皂商會把符合規定的皂體表面打上 72% 的鋼印，成為純正馬賽皂的證明；後來為了增強肥皂的硬度與洗淨力，才加入椰子油與棕櫚油，而橄欖油的比例流傳至今仍維持至少 72%。因此，現代皂業常將含有「72% 橄欖油」肥皂稱為「馬賽皂」。正因「馬賽皂」含有大量橄欖油，保濕力極佳，常被歸類為比一般是受肥皂偏軟的皂，故採用「冷製法」手工製皂過程要使含有 72% 橄欖油這種軟油比例特高的油鹼混合液產生「皂化」是有難度的。

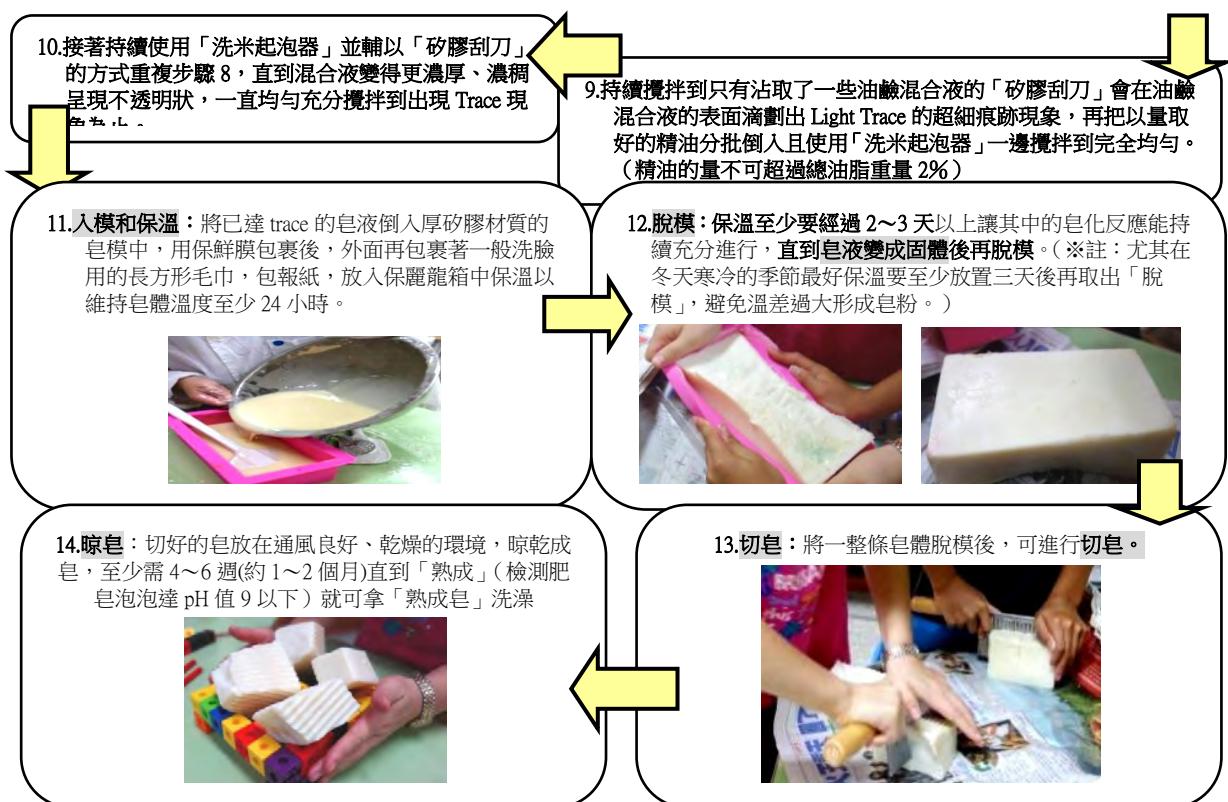
(三) **皂化價**：每一公克油脂要能完全參與皂化反應時所需的強鹼量(一般是指氫氧化鈉、或氫氧化鉀，兩種選一種，但我們研究中所加的強鹼，都是使用氫氧化鈉)。此外，每一種油脂的皂化價都不一樣，例如：每 1 克的椰子油需要 0.19 克的氫氧化鈉，才能完全參與皂化反應；每 1 公克的棕櫚油需要 0.141 克的氫氧化鈉才能完全參與皂化反應；每 1 公克的橄欖油需 0.134 克的氫氧化鈉才能完全參與皂化反應。

(四) **溶鹼**：是指調配能將製皂配方油脂所需的氫氧化鈉含量完全溶解的氫氧化鈉水溶液之過程。研究中，我們改良了「溶鹼」的標準程序是在調配過程中「分次倒入」所需的氫氧化鈉至 0°C 純水中並充分攪拌均勻，以降低「溶鹼」時的危險。查閱梁

碧峯在 2010 年出版的《無機化學實驗》附錄發現在每 100 公克 0°C 的水可完全溶解氫氧化鈉 42 公克，可知每 1 公克的氫氧化鈉要完全溶解需要 $100 \div 42 \approx 2.380952 \approx 2.4$ 公克 0°C 的水(四捨五入到小數點第一位)，以便應用在我們研究的各項實驗。以製造標準馬賽皂為例，依其配方所含三種油量的比例和重量去計算所需的強鹼量（氫氧化鈉）共 101 公克，再去計算要能使 101 公克氫氧化鈉完全溶解所需的 0 °C 純水重量，如右列式： $2.4 \times 101 = 242.4$ ，可得 242.4 公克的 0°C 純水。

(五) **冷製法**：為了保留天然油脂，尤其是植物性油脂的天然營養素，而不採取像「熱製法」在油鹼混合攪拌過程加熱熬煮，以加速皂化時間卻破壞了天然油脂所含營養素，故只透過氫氧化鈉的反應熱來慢慢皂化，並搭配物理方式的持續攪拌來增加分子間碰撞次數促進油鹼充分混合，確保皂化反應進行，稱為「冷製法」。雖然用這種方式製作使皂化反應完全的時間大約至少需四週以上，不過卻不會讓配方中的植物性油脂劣化，也留住其他不會參與皂化反應的營養素。為還原三下期末的**不成皂體**，故研究中一律採用當時三下冷製法的製作步驟去製皂，後續實驗設計中變因的操弄與控制皆是在下列流程去進行，如下圖【圖一】流程所示：





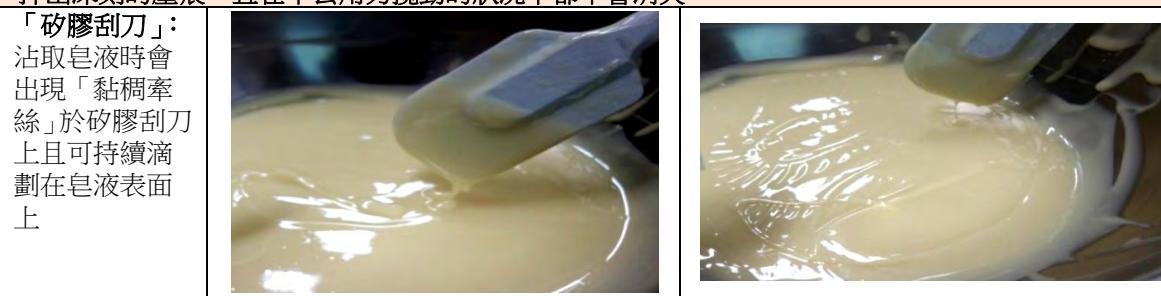
(六) Light Trace 和完全 Trace 的界定：

【Light Trace】：在攪拌過程中出現「第一次」只能用「矽膠刮刀」沾取些許油鹼混合液在混合液表面輕輕刻畫數字 8 的超細痕跡「不會消失」，但用「洗米起泡器」卻無法在混合液表面壓出印痕。



「起米起泡器」 無法在油鹼混合液表面深壓出印痕，壓痕會很快又合起來消失了。

【完全 Trace】：油鹼混合液變得更加濃厚、濃稠呈現不透明狀，拿「洗米起泡器」在皂液表面上押出深刻的壓痕，且在不去用力攪動的狀況下都不會消失。



承上表，是我們依據前導研究所觀察各類 Trace 現象，強化了完全 Trace 一定會在 Light Trace 之後才出現，且運用「2 種在打皂攪拌時隨手可得的工具重量和材質不同的特性」來共同界定 Light Trace 和完全 Trace 的差異，可降低不同人打皂時的人為判斷誤差。因為綜合市面上手工皂製作專書都表示加入精油或其他添加物的好時機是 Light Trace，且最好的入模保溫時機是在完全 Trace，可見這兩種現象的重要性，但卻缺乏共同明確的客觀定義以便區分 Light Trace 和完全 Trace 差異，故在此建立判斷標準。

(七) pH 值的檢測方式：在我們的研究中一律使用日製的「廣用試紙」來檢測進行水溶液的酸鹼，而不採取使用 pH 酸鹼度計，因為我們的研究是以還原當初三下期末在課堂上製作手工馬賽皂實作與檢測的基礎上進行，又考量實際市面上以冷製法製作手工馬賽皂販賣的皂師達人在開箱晾皂後去檢驗肥皂是否熟成總不能每次都因檢測 pH 值一次就要減損每個正在晾皂皂體的賣相去產出一杯肥皂水溶液再用 pH 酸鹼度計檢測、或將整塊肥皂泡在定量的水不停攪拌直到有肥皂溶解在水中再用 pH 酸鹼度計測 pH 值，故很有經驗的老皂師師傅會選擇每隔固定一段時間會用舌頭去舔舔看來判斷澀澀的程度是否改變到熟成狀態，所以我們希望的檢測方式是「即使在每隔固定時間就去測量肥皂的 PH 值直到確認熟成的過程，可提供給任何想 DIY 製皂的人都能方便取得且檢測成本相對經濟實惠的方式」，所以透過前導研究的實作試驗，我們選擇用「廣用試紙」來檢測 pH 值，並界定了在我們研究中所需測量的一套固定檢測的標準流程，做為控制變因的一環，以降低不同人測量的人為變異，如下：

※ 「熟成」判別方法：

步驟 1.固定用同一枝滴管吸水到固定劃線做記號的位置以確保相同水量，對準皂體表面正中央一次滴完剛量測的水量以便將皂體沾濕。

步驟 2.用食指隔著薄塑膠紙在皂體表面上來回畫圈 10 次抹出泡泡。

步驟 3.將薄塑膠紙打開 30 度角，趕緊把廣用試紙平放皂體表面泡沫處再把薄塑膠紙合起來，用食指隔著薄塑膠紙輕輕順著長條形的廣用試紙按壓，確保試紙有沾取到皂體表面的泡泡水溶液。

步驟 4.再比對廣用試紙盒上所附的色卡，此時，請在白光底下比對 pH 試紙和色卡以判斷數值是否降到 pH 值 9 以下，即為「熟成」。

(八) **晾皂環境**：綜合手工皂 DIY 專書都強調晾皂環境要通風良好且乾燥、陰涼，避免陽光直射，因濕度過高易造成肥皂中尚未皂化完全的游離脂肪酸水解、酸敗，高溫和陽光直射會造成肥皂變質；尤其，約瑟芬在 2015 年出版的手工皂 DIY 書上還特別提出臺灣氣候潮濕一年之中只有秋天才適合自然晾皂，其餘季節最好要有除濕機。。。此外，在上學期期末休業式後，老師帶我們去參觀位於臺北市迪化街的冷製法手工皂工坊-Uni Jun 俊清/心，那裡有一排像超大透明櫃子的手工皂熟成室，提供手工皂師傅皂用的熟成室，由於當時陸續有寒流來襲，天氣濕冷，所以我們很好奇詢問管理晾皂熟成室的店員，這熟成室是提供了什麼樣的環境控制呢？她回答我們說因有寒流來襲，熟成室內部所提供的晾皂環境溫度控制在 24~25°C，溼度的設定是控制在 65% 以下，所以熟成室內部有提供暖氣和除溼的功能；我們接著詢問那夏天呢？店員回答：到時候熟成室會依據設定的溫度去提供涼爽且除溼功能的乾燥通風環境。因此，我們利用指導老師的家是小坪數空間，故用「暖氣機」和「除溼機」去營造晾皂的環境，並將暖氣機的溫度設定在 25°C 維持自動恆溫並除溼。此外，考量每次製作一回合的皂在實務上不可能只有如 <肥皂熟了，水知道> 每次晾皂為了配合除溼機出風口大小因此晾皂時一次只晾兩個，所以我們參考 Uni Jun 俊清/心手工皂工作坊店內的熟成室內部用來晾皂的架子皆有簍空，好讓晾皂時接觸到架子的皂體底部也能通風透氣，故我們使用有均勻簍空洞洞的鞋架、籃子如下：



三、文獻探討與相關知識建立

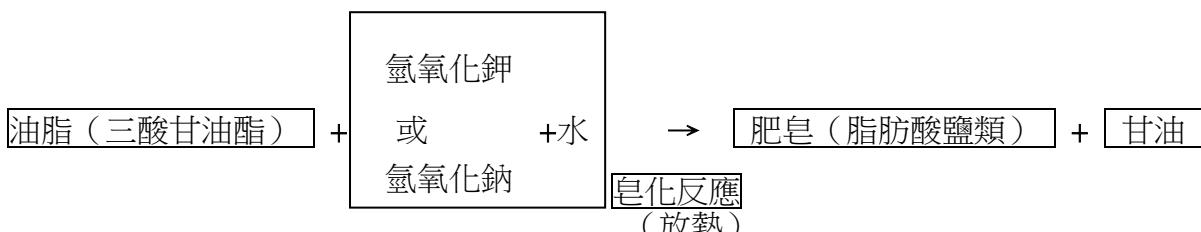
(一) 列表比較，中華民國第 50 屆全國科展國小組化學科第三名<肥皂熟了，水知道

>對我們研究的啟示、及有待釐清的地方：

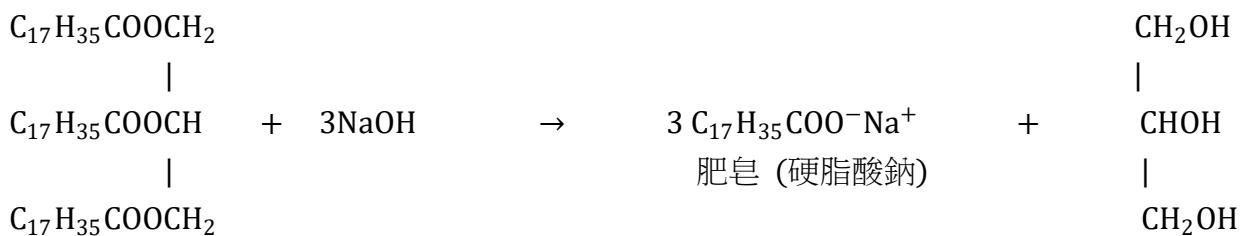
	<肥皂熟了，水知道>	對本研究的啟示和待釐清的地方
馬賽皂 配方	<p>宣稱是馬賽皂配方 硬油：棕櫚油椰子油占 65% 軟油：橄欖油占 35% 氫氧化鈉：140 克~150 克 常溫水：350 克 →非正統馬賽皂配方</p> <p>*注意：因<肥皂熟了，水知道>的配中方並非含有 72% 大量具備軟油特性的橄欖油為主要成分，反而是以硬油比例高達 65% 的相對硬皂，所以在做後續研究結果與這份文獻研究結果的比對和解釋時，須注意這部分的差異</p>	<p>正統馬賽皂 硬油：棕櫚油椰子油占 28% 軟油：橄欖油 72% 氫氧化鈉：101g 0°C 純水：242.4g</p>
研究樣 本與晾 皂方法	<p>1.研究樣本太少。 2.沒有測量切皂時的起始 pH 值，且從實驗數據中可知並未測量開箱切皂時的起始 pH 值而是分別從晾皂 20 天以內的某一天當作起點使用 pH 酸鹼計分別測量三塊皂所得 pH 值 10.6、10.45、10.4，然後在第一塊皂經過 60 天測得 pH 值 10.4、第二塊皂經過 45 天測得 pH 值 10.3、第三塊皂經過 60 天測得 pH10.28 即終止測量。 3.把切好的單一皂體拿 2 塊取間隔，並排在除濕機的出風口上連續 8 小時可使肥皂的熟成速度加快，使原本需要晾皂 38 天才能「抵達熟成終點」的皂體只要實際晾皂 7 天就好。</p>	<p>1.每一組實驗全部都至少入模保溫 2~3 天後開模（視天氣寒冷程度決定），開箱後取相同間隔所切的肥皂皆可放入本研究的晾皂環境。 2.我們研究中會特別注意測量開箱切皂的 pH 值做為起點，故設計自開箱切皂測量 pH 值，連續晾皂 10 天內皆間隔固定天數測試 pH 值和重量測量。 3.我們設定用除濕機和暖氣機來模擬並營造適當的晾皂環境，並讓每一塊晾皂的皂體每一面都能通風、有接觸到空氣的機會，故選擇用簍空鞋架來晾皂，須記得實測和比較使用此種模擬環境方法的晾皂期是否縮短。</p>
待釐清或 值得參考 的研究結 果	<p>1.肥皂在熟成期的重量變化是有意義，但結果卻發現鹼性並不會在熟成期下降。 2.肥皂在熟成過程中重量會逐漸下降，平均 60 天中大約減輕自身皂體重量的 10%，但 pH 值並未降低。 3.作者以很難判定什麼時候才算「熟成終點」才能使用「熟成皂」來洗澡做一結論。</p>	<p>1.對 pH 值無法下降持懷疑態度，因綜合市面上可見的手工皂 DIY 教學專書都提出從開箱切皂到晾皂、熟成為止這段期間 pH 值會逐漸下降，只要降到 9 以下，就能使用。 2.獲得「肥皂熟成可能和皂體重量減少有關」的靈感及「為何肥皂熟成和皂體重量減少有關」的好奇</p>

(二) 製皂的原理-皂化反應：肥皂的製成，是運用油脂與強鹼（氫氧化鈉、或氫氧化鉀）

充分混合後所產生的甘油和脂肪酸鹽類（脂肪酸鈉、脂肪酸鉀），而產物之一的脂肪酸鹽類就是肥皂的狹義定義。在製造肥皂的過程中，油脂和強鹼所產生的化學反應，是一種「放熱反應」，如下所示：



*以取自羊脂肪的油脂，加上由氫氧化鈉所配置的水溶液，經油鹼充分混合後所形成的皂化反應為例，其反應式如下：



※註：上面所列化學反應式查閱自黃經良 2015 年所譯的《圖解化學辭典》，方框裡的描述是我們閱讀完那一本書的整理。

(三) 油脂：從化學的結構來看，油(oil)與脂(fat)都是由甘油與長鏈的碳酸(脂肪酸)所組成的酯類化合物，稱為三酸甘油酯，就是油脂。三酸甘油酯屬於酯類化合物，可在鹼性的水中水解得到甘油與脂肪酸的鹽，而後者脂肪酸的鹽就是肥皂。換句話說，油脂就是由一個甘油分子和三個脂肪酸分子所組成的高分子量的酯類有機化合物，而酯類是有機酸（也稱為羧酸）中的氫氧化基被醇類中的羥基取代而成的化合物，所以油脂是由直鏈的有機酸（羧酸）和醇類反應所組成的。而直鏈的有機酸當中，如果 R 是烷基的，我們會稱為「飽和脂肪酸」；如果是不飽和烷基，則我們通稱為「不飽和脂肪酸」。由此可見，能和強鹼形成皂化反應的「油脂」（三酸甘油酯）主要的基本結構單位是脂肪酸，因脂肪酸結構又可分為兩大類，一類是在碳鏈結構中碳原子之間全部都以單鍵（C—C）結合的是「飽和脂肪酸」，另一類則是在碳鏈結構上的碳原子之間如果都不是以單鍵（C—C）結合的都叫作「不飽和脂肪酸」。因為「飽和脂肪酸」在結構上不具有可以與外界反應的不飽和雙鍵，所以不容易和空氣中的氧氣起氧化作用，也不容易受到光或熱的影響而裂解，性質比較安定，常被手工製皂者歸類為「硬油」。這兩大類脂肪酸最明顯的差別就是在室溫下不飽和脂肪酸的油品呈現「液狀」，飽和脂肪酸則呈現「固體狀」。尤其，植物性油脂通常富含「不飽和脂肪酸」所以多呈現「液狀」，例如：橄欖油；然而，椰子油和棕櫚油雖是植物性油脂，但因為它們的主成分都是「飽和脂肪酸」所以在常溫下多為「固體狀」。相對地，動物性油脂則是因多為「飽和脂肪酸」所以呈現固體狀態，例如：豬油在常溫下呈現「固體狀」；不過，魚油的脂肪酸結構是以「不飽和脂肪酸」為主，所以魚油一般多呈現「液態」。

此外，「不飽和脂肪酸」又可再區分為「單元不飽和脂肪酸」和「多元不飽和脂肪酸」：1.在脂肪酸結構中之碳鏈結構的碳原子之間具有 1 個雙鍵 (C=C) 的結構，就是「單元不飽和脂肪酸」，例如：**油酸**；而油脂中如果含有「單元不飽和脂肪酸」表示它具有可和外界起反應的不飽和雙鍵位置，所以這類油脂比起以飽和脂肪酸為主要成分的油脂較不安定，容易氧化。2. 在脂肪酸結構中之碳鏈結構的碳原子之間具有 2 個、或 3 個以上雙鍵 (C=C) 的結構，就是「多元不飽和脂肪酸」，例如：**亞油酸**、**亞麻酸**；通常不飽和雙鍵愈多，就愈不安定，愈容易氧化變質。

進一步分析製作「馬賽皂」所需的油脂配方總量主要有 72.14% 的橄欖油，11.43% 的棕櫚油，16.43% 的椰子油，而脂肪酸的特性會決定油脂的特性，所以我們進一步從相關書籍中綜合整理這三種植物油脂所含的脂肪酸種類組成，如下：

植物性油脂的名稱	油脂主要成分是由下列脂肪酸類別所構成	分子式	碳的數量	屬於飽和、或不飽和脂肪酸	不飽和雙鍵數
橄欖油	含 63-81% 的 油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	18	單元不飽和脂肪酸	1
	含 5-15% 的 亞油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	18	多元不飽和脂肪酸	2
	含 7-14% 的 棕櫚酸	$C_{16}H_{32}O_2$	16	飽和脂肪酸	0
	含 3-5% 的 硬脂酸	$C_{18}H_{36}O_2$	18	飽和脂肪酸	0
棕櫚油	含 43-45% 棕櫚酸	$C_{16}H_{32}O_2$	16	飽和脂肪酸	0
	含 4-5% 硬脂酸	$C_{18}H_{36}O_2$	18	飽和脂肪酸	0
	含 38-40% 油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	18	單元不飽和脂肪酸	1
	含 9-11% 亞油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	18	多元不飽和脂肪酸	2
椰子油	含 39-54% 月桂酸	$C_{12}H_{24}O_2$	12	飽和脂肪酸	0
	含 15-25% 肉荳蔻酸	$C_{14}H_{28}O_2$	14	飽和脂肪酸	0
	含 6-11% 棕櫚酸	$C_{16}H_{32}O_2$	16	飽和脂肪酸	0
	含 1-4% 硬脂酸	$C_{18}H_{36}O_2$	18	飽和脂肪酸	0
	含 4-11% 油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	18	單元不飽和脂肪酸	1
	含 1-2% 亞油酸	$C_{18}H_{32}O_2$	18	多元不飽和脂肪酸	2

四、試探性研究-分析之前製作失敗的原因：

針對三年級下學期的期末以「冷製法」製作手工馬賽皂的產出，放到現在已經歷 1 年多的時間，依舊是軟爛的油鹼混合液狀態，無法形成皂體，簡稱為「不成皂體」。檢討三年級下學期我們這一組「不成皂體」的原因可能是：

(一) 測量馬賽皂所需的三種油品和氫氧化鈉的量在配置時，想求快而沒有確實測量各項油品和氫氧化鈉的量，可能因此影響油鹼比例，進而影響皂化反應的完成。而製作馬賽

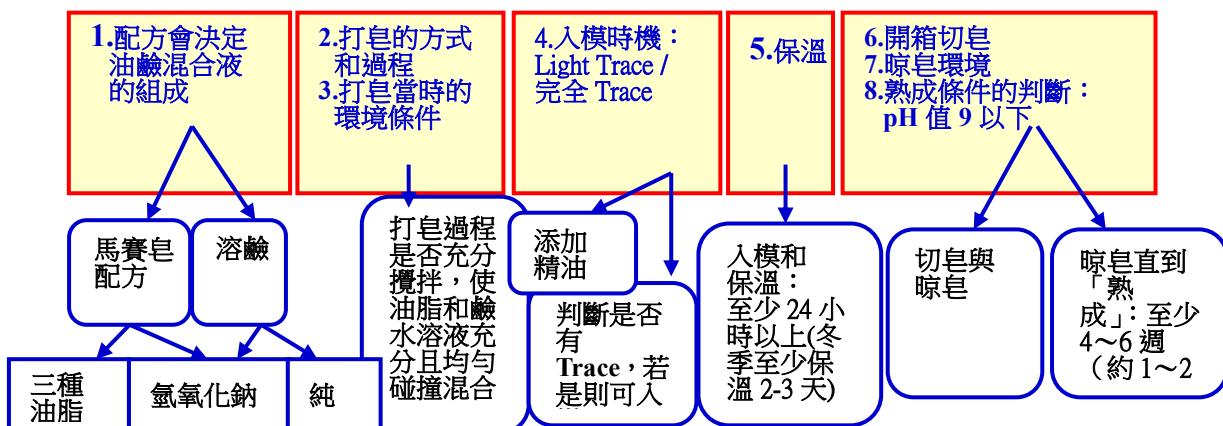
皂所需的油品共有三種，每一種油品都有其所需的皂化價，且每種油品特性也不同。

(二)「冷製法」是利用皂化反應時產生的熱能提供皂化所需的起始溫度，以完成皂化反應製程，得以保有油脂中不耐高溫的有益成份，故等待其完成皂化反應的時間較長，又著重以物理方式持續攪拌來增加分子間碰撞次數，促進油鹼能充分混合，確保皂化反應進行，故合理懷疑當時可能攪拌不均勻。

(三)綜合上述，推測造成「不成皂體-軟爛液」的原因：首先，鎖定「油鹼比例」的不同，例如：「油過多」其實就是相對的「鹼不足」，可讓我們看看對於馬賽皂是否成皂體的影響？但是製作馬賽皂的配方中具備三種油脂，究竟是倒入哪一種油脂時失手加太多了呢？因此，須先分別了解每一種油脂對於形成皂體的貢獻是什麼狀況？然後，再以可能性最高油脂當作操弄變因，去做一系列「油過多」的小實驗。之後看情況和實驗結果，再考慮要往哪裡去做後續其他面向的實驗和討論。此外，可能原因也包括當時的我們因不想費太多力氣而沒有持續均勻進行物理性攪拌，未能適時地透過攪拌造成混合液的碰撞以加速皂化反應的進行。不過，回顧三年級下學期，我們的確是一等到出現「疑似」攪拌皂液的動作會讓皂液表面留下輕微痕跡（Light Trace）就迫不及待想將皂液入膜，在被老師提醒後又努力的在攪拌了幾下直到自覺有 Trace。

四、自製解謎和實驗設計所需的參考藍圖：

從實際製皂經驗中，和先前許多相關文獻探討和知識背景建立都發現：用冷製法製作馬賽手工皂的過程有許多重要環節可能都會影響最後成皂體的狀況，換句話，就是影響是否能成功順利成皂體的變因太多了，所以我們為了解開不成皂體的謎題，在進行任何實驗設計所要選擇的操弄變因之外，其他需控制好的變因也非常多，所以先把解謎時所需的參考藍圖自製好，以便做為解謎方向和實驗設計的參考工具，如下：



針對上述的自製解謎藍圖，我們也依照此藍圖去建立下方的細部表格去一一條列各種可能的變因，以便我們後續進行實驗設計從中確立「操弄變因」、「控制變因」和「應變變因」。

流程	油鹼混合之前			油鹼混合的初始狀態	打皂			入模	保溫		開箱切皂	晾皂		開箱到熟成						
	油脂比較	馬賽皂配方的油鹼比例	溶鹼		整體環境條件	打皂方式	加精油的時機 A		入模前溫度、pH 值	保溫方式	整體環境溫度	皂體重量	箱內溫度、皂體溫度	整體環境溫度溼度						
實驗規劃	單油脂成皂 vs 馬賽皂三油品成皂	油過多	鹼過多	純水與氫氧化鈉的量	如何溶鹼	溶鹼時的升溫	自然等待鹼液降溫	油脂的溫度	油鹼混合的溫度	暖風機 21 °C 以上和濕度 62 度	A.手動 1 持續攪拌 2 間歇攪拌 B.電動	Light Trace	完全 Trace	入模鹼混合液的溫度和 pH 值	A.毛巾報紙 B.暖暖包	二到三天	皂體總重和樣品皂重量	箱內溫度、皂體溫體	暖氣機溫度 25 °C 和除濕機	皂體重量 皂體 pH 值
測量的應變變因	A.是否成皂體 B.皂體的相對軟硬程度 C.皂體顏色 D.pH 值 E.是否熟成	F.溫度 G.pH 值			H.觀察顏色變化 I.變色幾次 J.變色時間 K. Light Trace 時間 L.完全 Trace 時間 (打皂時間:攪拌到完全 Trace 入模時間) M.pH 值				N.溫度 O. pH 值	P.天數	Q.保溫箱溫度 R.皂體溫度 S.重量	T.重量減少百分比 U.pH 值								

伍、研究結果

一、從冷製法馬賽皂的製皂歷程各變因，去探討「不成皂體」的可能成因。

研究問題一. 馬賽皂配方的三種油品主要是哪種油品影響馬賽皂成皂體偏軟?

假設一. 橄欖油皂會比椰子油皂和棕櫚油皂的皂體軟，馬賽皂皂體會比橄欖油皂體硬一點。

實驗一.單油品的皂體（橄、椰、棕）vs.三油品成分的皂體（馬賽皂）

控制變因	油鹼比例、溶鹼的程序、1/25 當天有寒流來襲故開啟除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62°C」、打皂的方式皆為「電動攪拌」避免因手動攪拌而出現人為變因的干擾、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第四天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。												
操弄變因	椰子油 115 克		棕櫚油 80 克		橄欖油 505 克		對照組-馬賽皂 (椰子油 115 克+棕櫚油 80 克+橄欖油 505 克)						

應變 變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度： 1 軟塌(沒有支撐時會變形) 2 軟(壓下有痕跡) 3 硬(用力壓也沒有痕跡) 4 脆硬	C.皂體的顏色 1 淡黃 2 偏黃 3 偏白 4 白
----------	---------	---	--

實驗一的發現：

A.都成功形成皂體，如下表。

1. 椰子油皂 115 克	2. 棕櫚油皂 80 克	3. 橄欖油皂 505 克	4. 馬賽皂 (椰子油 115 克+棕櫚油 80 克+橄欖油 505 克)
			
			
			

B. 皂體的相對軟硬程度：橄欖油皂體比椰子油皂和棕櫚油皂的皂體軟，馬賽皂皂體會比橄欖油皂體硬一點。這個實驗只有橄欖油皂的份量和馬賽皂的份量需要切皂，兩者皆自同一大小的後矽膠皂模取出並且拿尺輕靠在邊長上，以每 5 公分為單位去切皂；尤其，切皂時，可明顯感受到橄欖油皂皂體是黏黏的、硬度介於軟到偏軟塌之間，屬於在皂體表面按壓會有輕微凹下痕跡，而馬賽皂皂體即使用力按壓也不會有痕跡，但馬賽皂整個皂體比起椰子油皂和棕櫚油皂仍是偏軟；依皂體硬度排序，椰子油皂 > 棕櫚油皂 > 馬賽皂 > 橄欖油皂。

C.皂體的顏色：椰子油皂明顯偏白，棕櫚油皂則是偏白色又帶點淡黃色、橄欖油皂體則是偏帶有淡土黃色的茶色，而馬賽皂皂體整體偏白卻均勻混合了淡淡的微黃色。

*小結：綜合上述，可知當橄欖油單獨成皂時所的皂體是偏軟且濕黏的，又馬賽皂配方中橄欖油就佔了 72%，可見橄欖油是主要帶給了馬賽皂整體皂體偏軟特性的油脂。因此，後續若要針對「不成皂體的軟爛液」還原當時現場失敗的原因，那我們會在馬賽皂成分中的針對具軟油特性的橄欖油進行「橄欖油過多」的操弄變因。→形成研究問題二。

研究問題二. 馬賽皂配方中的橄欖油究竟要失手加多少才能因為「油過多」而出現「不成皂

體的軟爛液」？

假設二.馬賽皂配方的油鹼比例中軟油的油脂過量到某種程度會影響皂體的軟硬度，甚至是直接影響油鹼混合液無法成為固體皂。

實驗二-1.在馬賽皂的配方中改變橄欖油油量，以每 10g 為單位加量，藉此操弄油鹼比例中的油量過多，進行一系列的冷製法馬賽皂製作的觀察與檢驗。

控制變因	油鹼比例、溶鹼的程序、1/26 和 2/2 期間有寒流來襲故開啟除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21 °C 濕度 62°C」、打皂的方式皆為「 電動攪拌 」避免因手動攪拌而出現人為變因的干擾、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第四天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。					
操弄變因	標準馬賽皂 橄欖油 505g 油鹼比例 700:343 $\approx 2.04:1$	橄欖油 515g (油鹼比例 700:343 \approx 2.06:1)	橄欖油 525g (油鹼比例 700:343 \approx 2.10:1)	橄欖油 535g (油鹼比例 700:343 \approx 2.13:1)	橄欖油 545g (油鹼比例 700: 343 \approx 2.16:1)(2/2)	橄欖油 555g (油鹼比例 700:343 \approx 2.19: 1)(2/2)
	橄欖油 565g (油鹼比例 700: 343 \approx 2.22:1)	橄欖油 575 (油鹼比例 700:343 \approx 2.24:1)	橄欖油 585g (油鹼比例 700:343 \approx 2.27:1)(2/2)	橄欖油 595g (油鹼比例 700:343 \approx 2.30:1)	橄欖油 605g (油鹼比例 700: 343 \approx 2.33:1)	
應變 變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度： 1 軟塌(沒有支撐時會變形) 2 軟(壓下有痕跡) 3 硬(用力壓也沒有痕跡) 4 脆硬		C.皂體的相對顏色： 1 淡黃 2 偏黃 3 偏白 4 白		

實驗二-1 的發現：

A.都成功形成皂體。B.皂體的相對軟硬程度：橄欖油在馬賽皂中過量的比例愈高，皂體愈偏軟，甚至到軟塌的程度，偏油偏黏。C.皂體顏色：也會因馬賽皂中橄欖油的比例過高而偏黃、淡黃。前述三種角度的發現，皆可從下方表格中觀察到此現象的證據：

操弄變因:標準皂 Vs. 配方中軟油過量	B 皂體的相對軟硬程度	C 皂體相對顏色	皆為「 電動攪拌 」+保溫「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」 *下圖照片為 1/30 切皂時候觀察和拍攝	
標準馬賽皂 (1/26 製作) 橄欖油 505g 油鹼比例 700:343 $\approx 2.04:1$	3 硬	4 白		
橄欖油 515g (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.06:1$	3 硬	4 白		
橄欖油 525g (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.10:1$	2 軟 壓下有痕跡 切皂時會自動 附著在不銹鋼 刀上	2 偏淡黃		
橄欖油 535g (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.13:1$	2 軟 壓下有痕跡 切皂時會自動 附著在不銹鋼 刀上，也會黏 在皂模上	1.淡黃		

橄欖油 565g (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.22 : 1$	1-2 軟 邊緣易受外力而塌下；按壓下有痕跡切皂時會自動附著在不銹鋼刀上，會黏在皂模上	1.淡黃		
橄欖油 575 (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.24 : 1$	1-2 軟 邊緣易受外力而塌下；按壓下有痕跡切皂時會自動附著在不銹鋼刀上，也會黏在皂模上	1.淡黃		
橄欖油 595g (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.30 : 1$	1-2 皂體表面軟 爛且黏稠邊緣易受外力而塌下按壓下有痕跡；切皂時會自動附著在不銹鋼刀上，也會黏在皂模上	1.淡黃		
橄欖油 605g (1/26 製作) 油鹼比例 700:343 $\approx 2.33 : 1$	1 皂體表面軟爛且黏稠，皂體較軟弱 邊緣易受外力而塌下；按壓下有痕跡切皂時會自動附著在不銹鋼刀上，也會黏在皂模上	1.淡黃		

D.此外，對照下方表格是 1/30 切皂時和晾皂後經過 43 天所觀察記錄的皂體軟硬程度和相對顏色彙整，與上方開箱切皂時的表格互相比較發現：晾皂經過一段長時間會讓皂體變得比剛從保溫箱開箱、脫模、切皂當天的皂體的硬度提高，而且顏色會漸漸向白色靠近，愈來愈不會顯現出橄欖油原色的色彩。

操弄變因:改變橄欖油過量系列 vs. 對照組:標準馬賽皂	軟硬程度	相對顏色	「電動攪拌」+ 保溫 暖包+厚瓦楞紙+保麗龍
橄欖油 605g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.33 : 1$	2 軟	1 淡黃	晾皂後第 43 天照片
橄欖油 595g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.30 : 1$	2 軟	1 淡黃	
橄欖油 585g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.27 : 1$	2 軟	2 偏淡黃	
橄欖油 575 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.24 : 1$	2 軟	1 淡黃	
橄欖油 565g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.22 : 1$	2 軟	2 偏淡黃	
橄欖油 555g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.19 : 1$	2 軟	2 偏淡黃	
橄欖油 545g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.16 : 1$	2 軟	2 偏淡黃	
橄欖油 535g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.13 : 1$	2 軟	2 偏淡黃	
橄欖油 525g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.10 : 1$	2 軟	2 偏淡黃	
橄欖油 515g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.06 : 1$	3 硬	4 白	
標準馬賽皂橄欖油 505g 油鹼比例 700 : 343 $\approx 2.04 : 1$	3 硬	4 白	

*小結：綜合實驗二-1結果可知在企圖全面控制其他變因的情況下，只改變「油鹼比例」

中橄欖油油量增加，仍然可形成皂體，但是油量愈多時皂體已開始出現第二級的偏軟程度，甚至開始出現軟塌的現象，顏色則是愈顯得偏向茶黃色，也開始比較接近我們三年級下學期做失敗的不成皂體-軟爛皂液茶褐黃色，所以在本實驗已排除了其他變因的干擾下可知，橄欖油即使超量加到比原本的量多出 100g（即操弄變因馬賽皂中配方的橄欖油為 605g）仍距離要讓馬賽皂不成皂體還有一大段路要嘗試，可見在電動攪拌和暖暖包保溫的嚴格控制變因下，要形成不成皂體的軟爛皂液這種以 10g 為級距油量添加方法，不容易找到油量過多對於不成皂體形成的臨界點，這也讓我們馬虎小組非常汗顏，想不到我們粗心到即使把橄欖油多倒 10g~100g 之間，也無法形成「不成皂體的軟爛液」，所以我們改用直接放大油鹼比例去找到較極端的橄欖油過量數值來設計實驗看看。→形成實驗二-2 的設計。

此外，我們思考如果當初真的是橄欖油加過多而失手，那當初是全程手動打皂，不像現在為了做實驗要控制好操弄變因以外的變因，所以打皂方式全都一律使用電動攪拌器攪拌，搭配手動攪拌把氣泡壓出，並且保溫方法是用最嚴格的 24 小時以上暖暖包結合厚瓦楞紙版保溫，所以我們也可在實驗二-2的基礎上改成加入「手動攪拌」，其餘保持不變，看看是否在配方中的油鹼比例讓油脂超量且手動攪拌的情況下，較容易出現「不成皂體」？→形成實驗二-3 的設計。

實驗二-2. 在馬賽皂的配方中直接改變「油鹼比例」朝著「橄欖油過多」可能的極端失手量前進，進行一系列的冷製法馬賽皂製作的觀察。

控制 變因	油鹼比例、溶鹼的程序、2/4 冬季大年初五，故開啟除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62%」、打皂的方式皆為「 電動攪拌 」避免因手動攪拌而出現人為變因的干擾、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第三天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。		
操弄 變因	油:鹼=4：1=1372：343 橄欖油的重量+672 g		油:鹼=5：1=1715：343 橄欖油的重量+1015 g
應變 變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度： 1 軟塌(沒有支撐時會變形) 2 軟(壓下有痕跡) 3 硬(用力壓也沒有痕跡) 4 脆硬	C.皂體的相對顏色： 1 淡黃 2 偏黃 3 偏白 4 白

實驗二-2 的發現：

油:鹼=4：1=1372：343，即 橄欖油多倒了 672 g	油:鹼=5：1=1715：343，即 橄欖油多倒了 1015g
B.皂體的相對軟硬程度：1 軟塌 C.皂體的相對顏色：1 淡黃	B.皂體的相對軟硬程度：1 軟塌 C.皂體的相對顏色：1 淡黃

從上表可知 A.在電動攪拌且用暖暖包保溫的情況下,不論是失手多倒了 672g 橄欖油、672g 橄欖油、或是整個多倒了 1015g 的橄欖油,全部都能形成皂體。然而,在 B.皂體相對的軟硬程度上,相較於同樣是電動攪拌且用暖暖包保溫條件下的**實驗二-1**,這個以擴大橄欖油詩手量往極端值跑得油鹼比例**實驗二-2**的結果皂體全都呈現 1「軟塌」程度,受到外力作用便會使得整個皂體變形、或從皂體最軟爛的地方以油油黏黏膏狀體掉落,這表示雖然已比標準馬賽皂中所需的橄欖油多倒了 1015g 的橄欖油仍形成固態的皂體,但此時的皂體是非常不堪一擊的軟弱膏狀體,有稍微比較接近我們三年級下學期期末製皂失敗的不成皂軟爛液的觸感,但卻尚未變成非固體。

實驗二-3：在**實驗二-2**基礎上將攪拌方式改為「手動攪拌」,看改變配方總油脂重與總鹼液量的比值一路拉大成 5 倍差距,兩者雙重影響下是否重現不成皂體軟爛液。

控制變因	油鹼比例、溶鹼的程序、2/2、2/3 和 2/4 冬季大年初六和初八故開除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62°C」、打皂的方式皆為「 手動攪拌 」以還原我們馬虎小組三年級下學期期末手動打皂的情況、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上,所以都在第三天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。		
操弄變因	油:鹼=1029 : 343 ≈ 3 : 1 橄欖油的重量+329 g	油:鹼=4 : 1=1372 : 343 橄欖油的重量+672 g	油:鹼=1715 : 343 ≈ 5 : 1 橄欖油的重量+1015 g
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度： 1 軟塌(沒有支撐時會變形) 2 軟(壓下有痕跡) 3 硬(用力壓也沒有痕跡) 4 脆硬	C.皂體的相對顏色： 1 淡黃 2 偏黃 3 偏白 4 白

實驗二-3 的發現：

A.都成功形成皂體：在手動攪拌情況下,不論是失手多倒了 329g 橄欖油、672g 橄欖油、或是整個多倒了 1015g 的橄欖油,全部都能形成皂體。

B.皂體的相對軟硬程度：只是**實驗二-3**這一系列的皂體比起**實驗二-1**的皂體在開箱翻模時,都更軟,軟到非常不容易翻模,一翻模皂體就會變形,摸起來有明顯的油膏感,如下表：

橄欖油多倒 329g ：皂體很軟,拿出來的過程,手指壓出凹洞 (2/4 打皂)	橄欖油多倒 672g ：拿不出來,只好壓外殼倒出 (2/4 打皂)	橄欖油多倒 1015g ：盒子內都是油,壓外殼一翻模皂體就從中央掉落在兩半。(2/4 打皂)
		
用翻模取皂,皂體變形	改善方法,倒出來報紙吸油	油量最多,換三次位置吸油
		

取出來嚴重變形的皂體 	從中間裂開皂體黏不回去 	手動打皂已攪拌了5時18分都還一直攪拌不到完全 Trace, 所以提前在 Light Trace 入模, 竟然成皂! 
B.皂體的相對軟硬程度：2 軟 C.皂體的相對顏色：1 淡黃	B.皂體的相對軟硬程度：1 軟塌 C.皂體的相對顏色：1 淡黃	B.皂體的相對軟硬程度：1 軟塌 C.皂體的相對顏色：1 淡黃

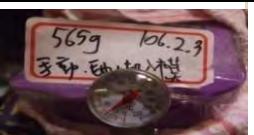
C.皂體顏色：請見上表，不論是總油鹼比 3：1、4：1、5：1，皆為「淡黃色」。

D.若把**實驗二-2**和**實驗二-3**的皂體結果互相比較，可發現：在同樣失手多倒了 672g 的橄欖油來製作冷製法馬賽皂的情況下，手動攪拌（**實驗二-3**）比電動攪拌（**實驗二-2**）在開箱脫模的時候皂體更加不堪一擊，只要不小心去撞到皂體便會軟塌、成膏狀的剝落，雖然摸起來油油黏黏的，卻無法將剝落的皂膏塊再合二為一的黏回去；此外，同樣失手多倒了 1015g 的橄欖油來製作冷製法馬賽皂的情況下，手動攪拌（**實驗二-3**）比電動攪拌（**實驗二-2**）在開箱脫模後的矽膠模皂盒內有非常明顯且更多的油脂殘留在盒中，即使換了三次位置吸油仍有油脂存在。然而，即使在**實驗二-3**的試驗中，我們把馬賽皂「**配方中油鹼比例的油脂含量盡可能的提高**」，並改成「**手動攪拌**」的方式來進行打皂，提高了人為因素**干擾**（因就算同一個人手動攪拌打皂可能會出現從頭到尾用心且穩定維持相當的力量和速度的「**持續均勻攪拌**」、或攪拌幾圈後就失去耐心的停下來休息、或分心去玩別的事情再回來繼續攪拌的「**隨性攪拌**」，且過程中可能攪拌得忽快忽慢、力道可能忽大忽小、或者讓自己固定攪拌幾圈就停下來休息幾秒或幾分鐘.....等等的「**間歇攪拌**」），**但實驗結果仍是能成皂體**；不過，其中只有**模擬在馬賽皂的標準配方中又把橄欖油失手多倒 1015g**的 A 同學因為已經持續手動攪拌花費了 5 小時 18 分打皂都還沒有出現完全 Trace 的現象，可是我們查閱娜娜媽 2015 年 12 月所出版的《娜娜媽的天然皂研究室》有讀過「基本上愈多碳數的脂肪酸需要的皂化時間就愈長，例如：純粹橄欖油皂的打皂攪拌過程需打 4 小時，馬賽皂的打皂攪拌過程需打 2-3 小時」，所以我們認為 A 同學所花費的 5 小時 18 分尚未出現完全 Trace 是合理的，可是 A 同學已手癢想放棄了，故我們就讓 A 同學按照人之常情實驗看看在 Light Trace 就入模，想不到結果竟然是「**成皂體**」，只不過比**橄欖油失手多倒 672g**和**橄欖油失手多倒 329g**的軟硬程度更加「軟塌」且「油光滿面」，一碰就凹陷或成油膏狀剝落塌下，但仍不是「**不成皂體**」的濃稠漿糊狀，反而卻出現和「**不成皂體**」相同的顏色。

*小結：這讓我們在解開冷製法手工馬賽皂關鍵之謎上新誕生兩條解謎路線，說不定是在馬賽皂配方中「失手讓橄欖油過量」和「手動攪拌」所伴隨的人為因素外，還有「保溫方式」和「入模時機」也許也會影響；然而，為了釐清這兩者哪個因素才是關鍵角色，所以在操弄「保溫方式」時回歸模擬三年級下學期期末是用「毛巾加報紙的保溫方式」去和對照組「24小時以上型號的暖暖包保溫方式」做實驗比較時，「入模時機」就是控制在許多手工皂製作專書都提到要在出現「完全 Trace」才可入模的時機，而在失手使橄欖油倒過量的部分就回歸站在**實驗二-1**的基礎上，從橄欖油失手至少多倒 10g 最多多倒 100g 的配方範圍中以每次多 10g 的組別層級去做對應的實驗結果測量記錄。**→形成**實驗二-4**的設計。**

此外，操弄「入模時機」時，配方就控制用標準馬賽皂配方的油鹼比例（油脂並未過量，強鹼也沒有不足），打皂過程就控制在「手動攪拌」以還原過去三下期末製皂失敗現場，並根據**實驗二-3**的結果：即使橄欖油失手過量到造成總油重與總強鹼重的油鹼比例為 5:1 的情況，且手動攪拌打皂攪拌不到完全 Trace 現象，只是 Light Trace 就入模，竟然也能足以成固體皂體，更何況現在新設計的**實驗三-1**是在配方上的油鹼比例是標準馬賽皂配方，故「手動攪拌」所帶來的人為因素對於**實驗三-1**其中應變變因「成皂體與否」的影響是可合理忽略的；不過在尚未做實驗釐清「保溫方式」對皂體真正的影響為何時，我們都控制使用「24小時以上型號的暖暖包」的保溫方式。**→形成**實驗三-1**的設計**

實驗二-4 保溫方式不同對於失手從 10 公克增加到 100 公克的軟油量所形成的皂體之影響。

控制變因	油鹼比例、溶鹼的程序、2/2、2/3 和 2/4 冬季大年初六和初八故開除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62°C」、配方上：從橄欖油失手至少多倒 10g 最多多倒 100g 的配方範圍中以每次多 10g 的組別層級、打皂的方式皆為 「手動攪拌」 以還原我們馬虎小組三年級下學期期末手動打皂的情況、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫時間因冬季寒流來襲故依參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第三天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。					
操弄變因	「毛巾+報紙+保麗龍箱」的保溫方式    					
	「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」的保溫方式     					
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度：1 軟塌(沒有支撐時會變形) 2 軟(壓下有痕跡) 3 硬(用力壓也沒有痕跡) 4 脆硬	C.皂體的相對顏色： 1 淡黃 2 偏黃 3 偏白 4 白			

實驗二-4 的發現：A.都會形成皂體，如下方表格內的照片所示。此外，對於手動攪拌的馬賽皂標準配方來說，不管是「毛巾+報紙+保麗龍箱」還是「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」

的保溫方式對於其晾皂後第 44 天的皂體軟硬程度以及顏色都沒有影響，兩者皆為白色；然而，在馬賽皂標準配方中一系列以每 10g 再逐步增加的「油過量」冷製法手工皂來說，保溫方式的不同對於晾皂後第 44 天的皂體軟硬程度以及顏色，整體而言有不同的影響：在 B. 皂體的相對軟硬程度方面，在開始晾皂後的 44 天觀察並比較發現整體來說「毛巾+報紙+保麗龍箱」保溫方式的皂體是比「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」保溫方式的皂體偏軟，如下表所示。在 C. 皂體的相對顏色方面，整體而言，則是「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」保溫方式比「毛巾+報紙+保麗龍箱」保溫方式的皂體顏色要更偏白色，如下表所示。

操弄變因：保溫方式的不同	保溫「毛巾+報紙+保麗龍箱」		保溫「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」	
標準皂 Vs. 配方中軟油過量	B 皂體相對軟硬度	C 皂體的相對顏色	B 皂體相對軟硬度	C 皂體相對顏色
橄欖油 605g (2/2 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.33 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 595g (2/2 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.30 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 585g (2/3 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.27 : 1	3 硬	3 偏白 (異常)	3 硬	3 偏白
橄欖油 575g (2/2 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.24 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 565g (2/3 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.22 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 555g (2/3 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.19 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 545g (2/2 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.16 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	2 偏淡黃
橄欖油 535g (2/3 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.13 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 525g (2/3 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.10 : 1	2 軟	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
橄欖油 515g (2/3 打皂) 油鹹比例 700 : 343 = 2.06 : 1	3 硬	2 偏淡黃	3 硬	3 偏白
標準馬賽皂橄欖油 505g 油鹹比例 700 : 343 = 2.04 : 1 (1/25)	3 硬	3 偏白	3 硬	3 偏白

* 依據 **實驗二-1** 比較同一批剛開箱切皂的皂體和已經過晾皂期 43 天的皂體顏色和軟硬程度變化所的結果晾皂經過一段長時間後皂體顏色會變得偏向白色靠近，並且皂體本身得硬度提高，再比對本實驗 **實驗二-4** 的發現，我們似乎可以合理推論在同一時間地點與氣候環境條件下製皂打皂出來的一系列冷製法「過油」皂會受到保溫方式的不同而影響到即使在同時開始晾皂且經過相同一段長時間天數的晾皂，「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」保溫方式的皂體在硬度方面進步比較快速，且在皂體顏色方面比較快進入偏白色，

研究問題三. 打皂過程中「攪拌的方式」不同對於馬賽皂標準配方的成皂結果有何影響？

假設三. 打皂過程中「攪拌方式」不同會影響馬賽皂標準配方的成皂結果。

實驗三-1 攪拌方式對馬賽皂標準配方成皂體與否、外觀、晾皂期間重量百分比的影響

控制變因	油鹹比例、溶鹹的程序、冬季開除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62%」、配方皆為冷製法標準馬賽皂、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「24 小時以上型號的暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第三天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。			
操弄變因	手動攪拌	電動攪拌		
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度：1 軟塌(沒有支撑時會變形) 2 軟(壓下有痕跡) 3 硬(用力壓也沒有痕跡) 4 脆硬	C.皂體的相對顏色：1 淡黃 2 偏黃 3 偏白 4 白	T.重量減少百分比、U.pH 值

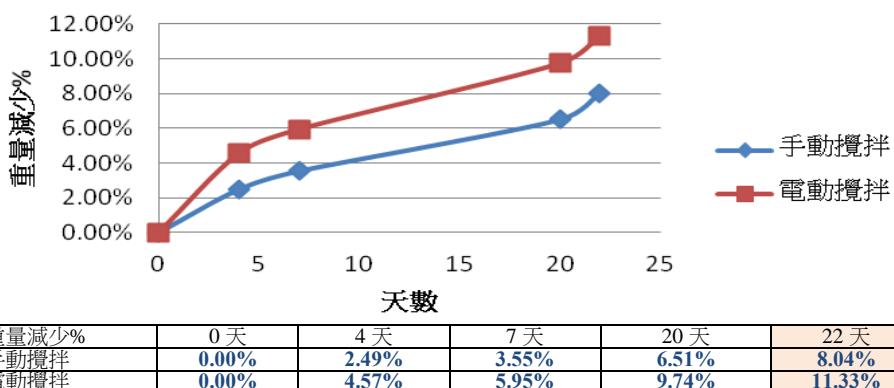
實驗三-1 的發現：A.都會形成皂體。B.皂體硬度：在晾皂第 44 天後觀察兩者都是硬的，幾

乎都是用力按壓皂體表面也沒有痕跡，只有皂體顏色有別。C.皂體顏色：在經過 44 天的晾皂後，手動攪拌的馬賽標準皂體顏色是比電動攪拌的皂體顏色還要深而且還是偏向茶黃色，而電動攪拌的皂體偏白，如下表所示。

操弄變因：打皂過程的攪拌方式不同	手動攪拌		電動攪拌		
	B 皂體相對軟硬程度	C 皂體的相對顏色	* 保溫方式皆為「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」*此觀察和照片為晾皂後第 44 天所拍攝。	B 皂體相對軟硬程度	C 皂體相對顏色
標準馬賽皂：橄欖油 505g 油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.04 : 1	3 硬	比 1 淡黃色還深的偏向較深的茶黃色		3 硬	3 偏白

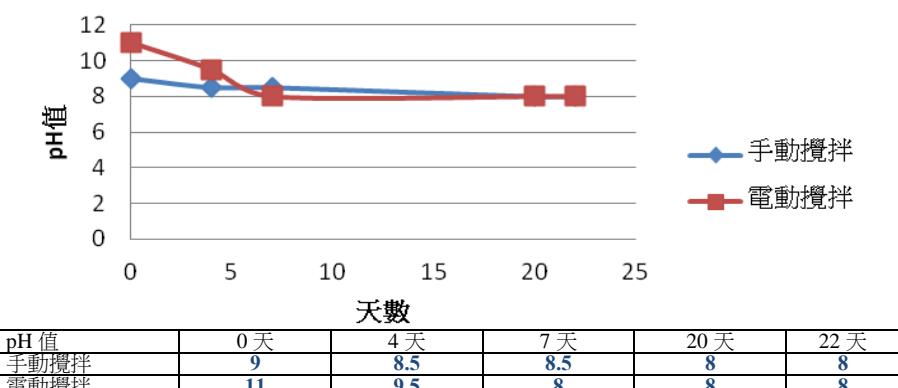
D.以「皂體重量減少百分比」和「皂體 pH 值」的測量以了解晾皂期的變化和效果：晾皂期每隔一段時間測量皂體重量時，當天也須檢測皂體的 pH 值，以便觀察皂體重量下降的百分比以及皂體 pH 值的變化，再判斷肥皂的熟成條件：「pH 值降到 9 以下何時發生？」

馬賽皂配方(椰1.4375 : 棕1 : 橄6.3125)



從上表統計圖，可了解攪拌方式不同於標準配方的馬賽皂的對於晾皂期間皂體重量減少百分比的趨勢是一致的。然而，就一開始從開箱切皂到晾皂第四天，電動攪拌所製成的標準馬賽皂皂體重量減少的幅度是比手動攪拌大的。

馬賽皂配方(椰1.4375 : 棕1 : 橄6.3125)



如果以晾皂期間 pH 值的變化來觀察，電動攪拌製皂的馬賽皂開箱切皂所測量的 pH 值是 11，第 4 天 pH 值是 9.5，到第 7 天 pH 值下降為 8，之後晾皂到第 20 天和第 22 天 pH 值仍繼續

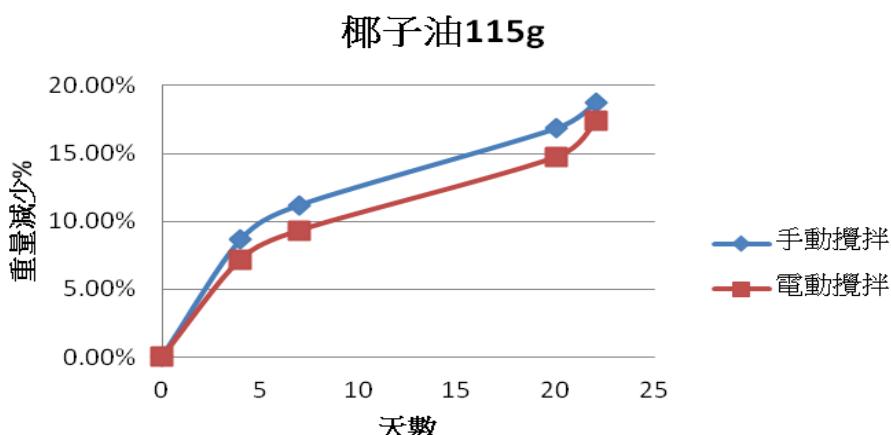
維持在 8。然而，用手動攪拌的馬賽皂標準配方開箱切皂測量 pH 值一開始就達 9，這與我們原先所想像的不太相同，只能猜測可能是手動攪拌均勻度不夠，局部的 pH 值較低。

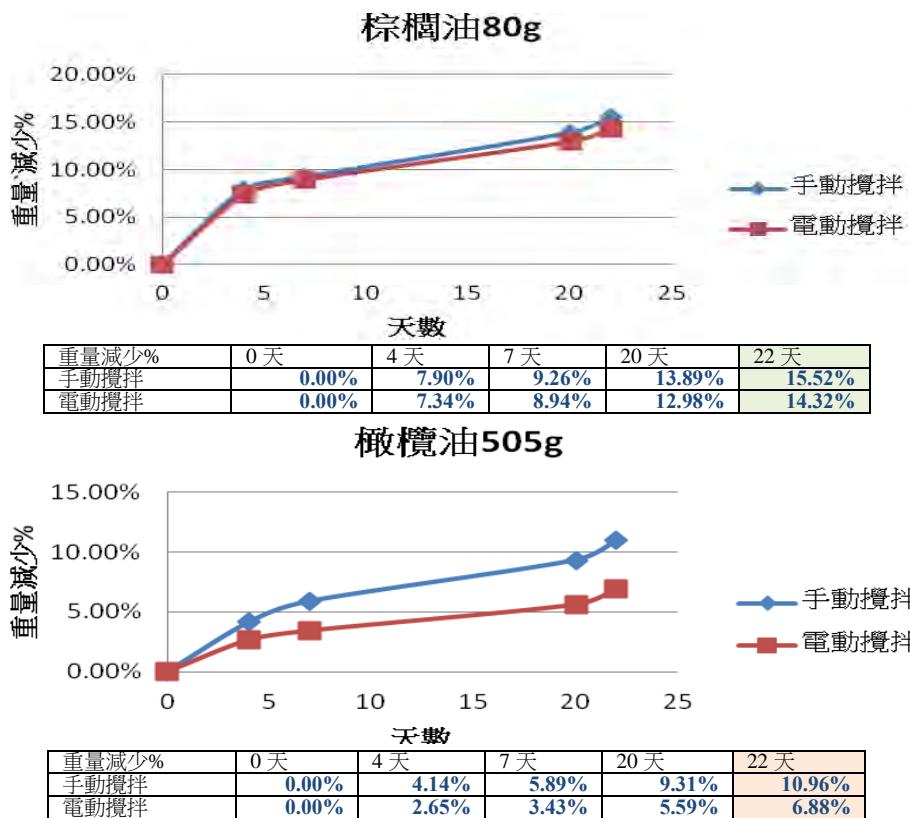
***小結：**綜合上述，用攪拌方式的不同去製作標準配方的馬賽皂對於成皂體其自身重量減少的百分比具有相同的減重趨勢，只有在前四天晾皂期皂體減重速度有差別：電動 > 手動，我們推測可能是電動攪拌比起手動攪拌在打皂的過程中平均每一分鐘攪拌的次數必定大於手動攪拌的影響，這樣電動攪拌會讓油脂和強鹼水溶液完全參與皂化反應之前，彼此間充分帶來混合液體內部的快速碰撞，也包括強鹼水溶液內部的快速碰撞，而如此高速的攪拌碰撞會使油脂和強鹼水的混合液內部升溫，一旦升溫，則油脂和鹼水皆升溫，而鹼水溫度提高後，會使原本可完全溶解原訂量的氫氧化鈉純水所形成的飽和水溶液，隨著整鍋混合液的溫度上升，也逐漸變成不飽和水溶液，但此時已沒有額外可再加入溶解的氫氧化鈉量，故出現了相對多餘的水分，故從開箱切皂測重到晾皂初期，以電動攪拌所製成的馬賽皂皂體之重量減少百分比的速度較快，可能來自於一開箱時原先以電動攪拌打皂的馬賽皂皂體內部仍保留較多尚未完全參與皂化反應的強鹼水溶液之水份蒸散。此外，不論是手動打皂或電動打皂的皂體 pH 值最後皆會達 9 以下熟成。不過，我們也好奇因馬賽皂是屬三種油品所構成的皂，想深入瞭解手動攪拌和電動攪拌對於馬賽皂各成分單一油品皂的成皂影響，故**形成實驗三-2。**

實驗三-2攪拌方式不同對晾皂期馬賽皂各成分單一皂體重量減少百分比和 pH 值變化

控制變因	油鹼比例、溶鹼的程序、冬季開除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62%」、配方皆為構成馬賽皂配方的單油品皂、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「24 小時以上型號的暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第三天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。	
操弄變因	手動攪拌	電動攪拌
應變變因	晾皂期間的 T.皂體重量減少百分比、U.pH 值	

實驗三-2 的發現：

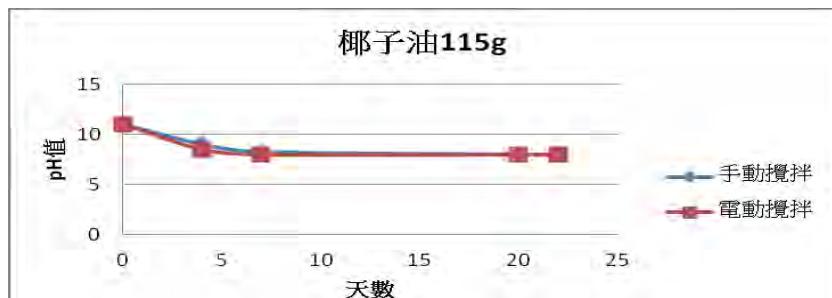




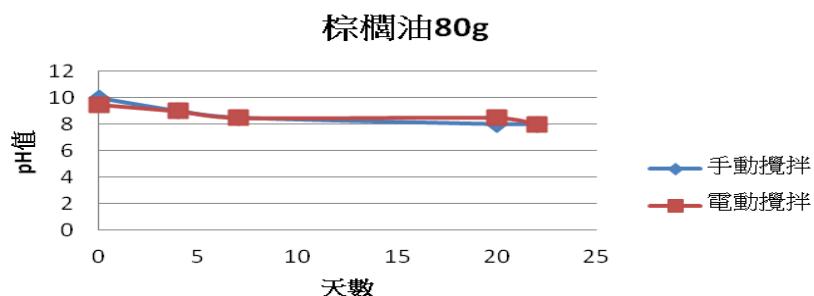
首先，從上方由實驗結果記錄所繪製的統計圖表可發現在晾皂期間不管先前的打皂過程是採取手動還是電動攪拌的方式去製作椰子油 115g、棕櫚油 80g、以及橄欖油 505g 等單油品皂，兩種方式所做出來的皂體重量減少百分比趨勢是一致，和**實驗三-1**馬賽皂的打皂過程不論是採取手動攪拌還是電動攪拌對於晾皂期間自身皂體重量百分比的減少趨勢也是一致的；只有打皂過程採取手動攪拌的橄欖油 505g 製皂其晾皂過程中自身重量減少百分比的速度比採取電動攪拌橄欖油 505g 製皂還快，綜合上述可見攪拌方式的不同，只對含軟油比例成分高皂體在晾皂初期的重量散失有影響，都是**手動攪拌**的皂體重量減少速度 > **電動攪拌**的皂體重量減少速度。→形成**實驗四**。

其次，從下方晾皂期所做 pH 值紀錄中繪製的統計圖表可發現椰子油的單油品皂、棕櫚油的單油品皂，不論在打皂過程中是用手動攪拌或電動攪拌都不會影響晾皂期間皂體的 pH 值有下降的趨勢，且在我們特別透過控制溫度和濕度所營造的通風良好且避免陽光直射的晾皂環境中，約在晾皂第 4 天的 pH 值變已經下降到 9 以下，表示肥皂熟成。

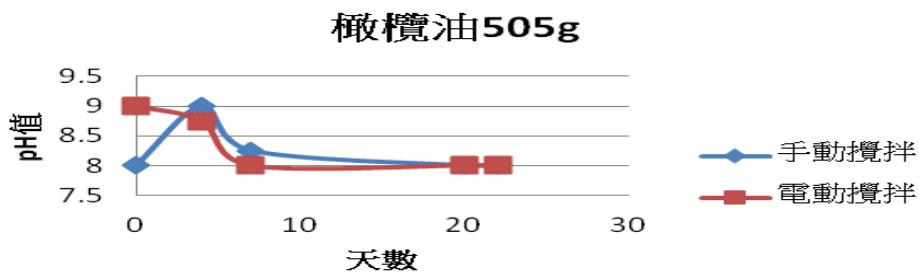
最後，對照著本實驗所得的前三項統計圖表以及後三項的統計圖表，皆發現在晾皂期「皂體重量減少百分比」和「pH 之間」有**雙向判斷熟成的關係存在**：在所營造的晾皂環境下晾皂期間，皂體本身減少的重量百分比趨勢提高時，其皂體 pH 值也正開始緩慢下降。



pH 值	0 天	4 天	7 天	20 天	22 天
手動攪拌	11	9	8.25	8	8
電動攪拌	11	8.5	8	8	8



pH 值	0 天	4 天	7 天	20 天	22 天
手動攪拌	10	9	8.5	8	8
電動攪拌	9.5	9	8.5	8.5	8



pH 值	0 天	4 天	7 天	20 天	22 天
手動攪拌	8	9	8.25	8	8
電動攪拌	9	8.75	8	8	8

從上表單油品皂-橄欖油 505g 的統計圖來看，電動攪拌所打的橄欖油皂在晾皂期的 pH 值下降趨勢符合**實驗三-2**，也符合本實驗棕櫚油皂和椰子油皂的晾皂期 pH 值下降趨勢。只有手動攪拌所打的純橄欖油皂之 pH 值在晾皂前四天反而先從 pH 值 8 上升到 pH 值 9 再開始下降，但因差距在 pH 值 1 以內，可能是未能在白光下依廣用試紙色卡判別色彩所造成的誤差。

研究問題四. 對照標準配方的馬賽皂，「逐步提高軟油所占比例」的馬賽皂在晾皂期間的皂體重量減少百分比和 pH 值變化的趨勢、達到熟成的效能為何？

假設四. 軟油所占比例愈高的馬賽皂在晾皂期皂體重量減少百分比提高的趨勢比標準馬賽皂差，pH 值則是隨著晾皂時間愈長而下降到 pH 值 9 以下和大於 pH 值 7 之間。

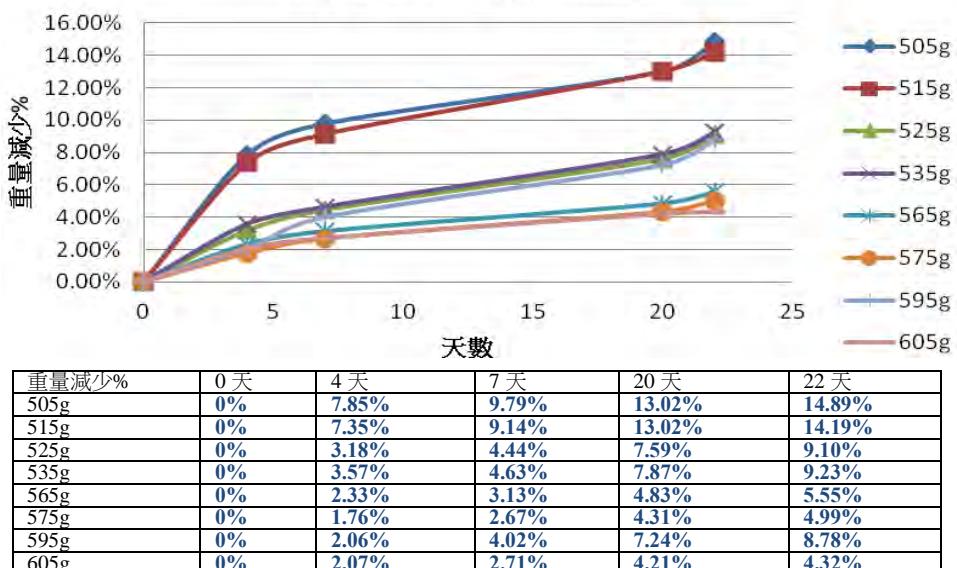
實驗四：

控制變因	油鹼比例、溶鹼的程序、1/26 寒流來襲故開啟除溼機和暖氣機所營造的室內打皂環境皆為「溫度 21°C 濕度 62 °C」、打皂的方式皆為「 電動攪拌 」避免因手動攪拌而出現人為變因的干擾、打皂攪拌到出現 Trace 現象才入模、保溫方式皆為「暖暖包+厚瓦楞紙板+保麗龍箱」、保溫時間因冬季寒流來襲故依據參考文獻建議延長保溫時間至少 3 天以上，所以都在第四天才開箱晾皂、晾皂環境的開啟暖氣機設定 25°C 並搭配除溼機使用。*
------	--

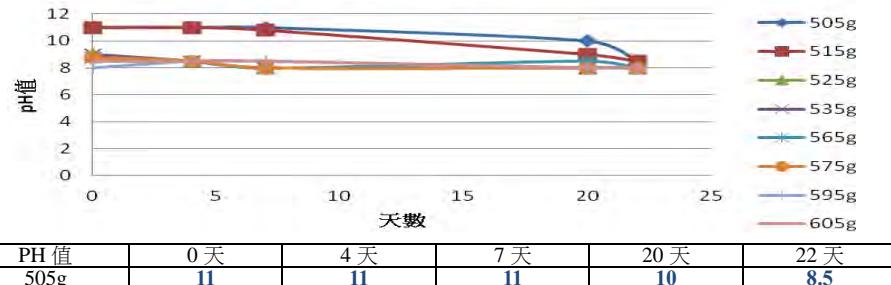
事先排除不在同一天製作的實驗數值					
操 弄 變 因	標準馬賽皂：橄欖油 505g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.04 : 1)	橄欖油 515g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.06 : 1)	橄欖油 525g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.10 : 1)	橄欖油 535g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.13 : 1)	橄欖油 545g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.16 : 1) (2/2 製作)
	橄欖油 555g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.19 : 1) (2/2 製作)	橄欖油 565g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.22 : 1)	橄欖油 575g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.24 : 1)	橄欖油 585g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.27 : 1) (2/2 製作)	橄欖油 595g (油鹼比例 700 : 343 ≈ 2.30 : 1)
應變 變因	晾皂期間的 T. 重量減少百分比、U. pH 值				

實驗四的發現：從下列圖表中可看出如果我們將馬賽皂中橄欖油（軟油）所占比例提高，對於晾皂期間皂體重量減少百分比變化的影響。從圖中的資料我們可以明顯的看出來橄欖油（軟油）所占的馬賽皂配方比例愈高，則晾皂期間皂體本身的重量減少百分比提高的趨勢是明顯緩慢的；如果去觀察圖表中對照組-標準配方的馬賽皂、橄欖油（軟油）只失手多倒 10g 進入馬賽皂配方中的橄欖油 515g 皂，會發現這兩種皂體在晾皂過程中重量減少百分比的趨勢提高得較快，**推測**可能是水分蒸散的速度相對較快。這可能代表的意義是隨著橄欖油（軟油）所占比例的提升，皂體內部的油脂仍無法完全被氫氧化鈉水溶液皂化，所以無法充分參與皂化反應的多餘油脂就會留在皂體中不會被消耗光，甚至還可能因為油水分離的特性而隔絕空氣、影響水分蒸散。

馬賽皂操弄橄欖油加量



馬賽皂操弄橄欖油加量



515g	11	11	10.8	9	8.5
525g	9	8.5	8	8	8
535g	9	8.5	8	8	8
565g	8.75	8.5	8	8.5	8
575g	8.75	8.5	8	8	8
595g	8	8.5	8.5	8	8
605g	8.5	8.5	8.5	8	8

從上顯示在晾皂期間 pH 值變化的圖表中，可看出橄欖油（軟油）所占的馬賽皂配方比例愈高的組別它們皂體的 pH 值起始點往往已經在 pH 值 9 以下最後隨著時間拉長漸漸停在 pH 值 8，可能代表橄欖油（軟油）所占的馬賽皂配方比例愈高的組別它們皂體中所含的氫氧化鈉水溶液在一開始的攪拌打皂過程中、或入模保溫的保溫階段皆已經因為熱烈參與皂化反應而消耗得差不多了，且大都在晾皂第四天後 pH 值就開始趨向平衡穩定。然而，對照標準馬賽皂和橄欖油（軟油）只失手多倒入 10g 的肥皂組別在晾皂初期 pH 值維持在 11 左右，一直到 20 天左右 pH 值才有明顯的下降趨勢，即使暫時排除人為肉眼在判讀廣用試紙上的色卡與 pH 試紙之間的比對可能造成誤差，也可以在圖表中明顯看到直到第 22 天所測得的 pH 值已經達到了 8.5，顯示標準馬賽皂（油鹼比例是最適當的）的皂體，經一定時間的晾皂後，除重量可能會因為水分的蒸發而降低外，其 pH 值經過足夠的時間也會降到 9 以下且大於 7 之間，表示晾皂期間皂體本身除了「重量減輕」之外也包含「pH 值會下降到熟成標準」。

陸、討論

一、pH 值下降趨勢與皂體減少重量百分比是否相關？

在全國科展作品「肥皂熟了，水知道」之中提出他們做出的皂體在晾皂期間只有從 pH 值 10.6~10.4 的下降幅度，故想把界定肥皂熟成的條件轉移到探討肥皂內部水分含量減少的狀況來訂定出達到熟成皂體重量減輕的百分比，卻因很難判定如何算熟成終點而暫時歸納出平均自然晾皂 90 天皂體重量減輕百分比會抵達 10%，並在報告的結論中認為肥皂的熟成應該只和水分散失有關而等待鹼性下降是人云亦云的結果，然而依據我們的實驗三-1.和實驗三-2.和實驗四的結果可知從開箱切皂當天所檢測皂體的 pH 值當作肥皂在晾皂期間要邁向熟成的起點，一直到鹼性下降到 pH 值 9 以下為熟成的終點，而且 pH 值開始急轉直下的關鍵晾皂天數往往也和皂體重量減少百分比提高速度快的晾皂初期的關鍵天數是重疊的，這邊推測水份減少關鍵期鹼的濃度上升也加快了皂化反應而形成正相關，但這兩者趨勢之間的關鍵轉折天數的關係在「油過量」的馬賽皂晾皂期間並不明顯，因為在晾皂期「油過量」的馬賽皂的 pH 值下降的起點往往已經從 pH 值 9 開始在慢慢下降到 8 左右。

二、回想究竟三下我們到底是在哪個環節犯了哪個最致命的馬虎行為導致我們會失手把橄欖油倒超過 1015 公克卻渾然不覺？

根據[實驗二-3]的結果，即使失手將具軟油特性的橄欖油加了 1015 公克，使原本馬賽皂配方的總油鹼比例放大到 5：1 仍然成固態皂體，但已朝向非常軟塌的方向發展，可見當初我們師手的橄欖油量遠超過 1015 克，要找到真正的使固態皂體邁向非固態皂的臨界點，必須要用力回想我們究竟是在製皂環節中哪一環可讓我們馬虎到渾然不覺，在與同組研究夥伴討論的過程中，我們一一檢查了所有製皂的流程和所使用的工具，突然 B 同學「啊哈！」大叫一聲，而他手上正在把玩著用來秤量打皂配方的電子秤，發現如果把單位鍵按成「oz 盎司」螢幕上只是從原本顯示「g」（公克）的角落換成顯示「oz」（盎司）而已，因螢幕顯示單位的字樣非常小，若把一股腦地拿來來量的確會渾然不覺，於是我們趕緊查閱「oz」（盎司）和「oz」（盎司）的單位換算發現「1 盎司 = 28.35 公克」，如果以原本測量正常標準馬賽皂配方中橄欖油量的數值應為「505」g（公克），若此時單位沒注意到單位切換是在「oz」（盎司）的話，我們當初測量的橄欖油量有分兩次秤，一次是在電子秤待機模式自動關機之前測了 405 g（公克），另一次則是按、按、按設法重新開機之後測量 100g（公克），如果是在此時誤觸了單位切換鍵，則須將是「100 oz（盎司）」，換算回公克，那就是 $28.35 \times 100 = 2835$ 公克，如果在其他油品棕櫚油、椰子油、和氫氧化鈉當初一開始因量少都順利以公克單位秤重量測正確的情況下，只有輪到因測量橄欖油油量較多想說重新開機再測避免測到一半沒電，卻也因此不小心多觸碰到單位轉換鍵而不自知，形成當時的橄欖油油量： $405g + 100oz = 405g + 2835g = 3240g$ ，遠遠超過標準馬賽皂橄欖油配方的 505g，變成是失手倒了標準馬賽皂配方橄欖油量的 6 倍，換句話說，三下當時打皂配方的總油鹼比例為：〔椰子油 115g + 棕櫚油 80g +（橄欖油 405g + 橄欖油 100oz）〕 ÷ 氢氧化鈉水溶液 343g = 10：1。

→ 實證試驗：

控制變因	馬賽皂配方中橄欖油量的 6 倍其餘配方油品和鹼水的量皆維持標準量不變，故總油鹼比例為 10：1、溶鹼的程序、打皂環境皆在 2017/5/10 同一室內的氣溫和濕度，且同時開始打皂、模擬三下打皂攪拌到依出現 Light Trace 現象就入模、保溫方式皆模擬三下「毛巾+報紙+保麗龍箱」、保溫時間至少 3 天以上，都在第四天才開箱晾皂			
操弄變因	A 皂師	B 皂師	C 皂師	D 皂師
應變變因	A.是否成固態的皂體			

承上，在 2017/05/10 打皂入模，到 2017/5/14 開箱驗皂，結果發現，如下表：

	開箱開模的狀態	翻模倒出後的狀態	A.是否成固態皂體
A 皂師 打皂			非固體的 不成皂
B 皂師 打皂			非固體的 不成皂
C 皂師 打皂			非固體的 不成皂
D 皂師 打皂			非固體的 不成皂

針對橄欖油量為原本標準馬賽皂配方 6 倍所形成的總油鹼比例為 10:1 的非固體不成皂，出自同一位打皂人的同一盒非固體的不成皂先分兩半，再分別進行後續不同補救措施處理，再重新入模同樣保溫 3 天後開模，結果皆不成皂體，觀察描述其特性，如下表：

打皂人 不同的措施	A 皂師	B 皂師	C 皂師	D 皂師
對照組： 不做處理 直接再入模	一	外面有像濕黏土的 模，裡面有車輪餅奶 油	一	外面是濕的黏土，裡 面是布丁
電動攪拌	外面是乾黏土，裡 面是車輪餅奶油	一	濕黏土狀態，表面 Q 彈	一
手動攪拌	非常軟、黏，為車輪 餅奶油等級，帶淡黃 色	與 B 的直接入模狀態 十分相似，但更黏、 稠、軟	為布丁豆花等級， 不黏，軟中帶 Q	外面結了一層膜，膜 的觸感像果凍，裡 面是車輪餅奶油

柒、結論

一、在馬賽皂中的橄欖油失手加過量，並非是形成「不成皂體」的單一原因，而是在整個製皂環節各項複合原因中的主因：

1. 橄欖油是馬賽皂油脂成分裡面的軟油，也是貢獻皂體軟度的主因。即使故意失手多倒入 100g 甚至是 1015g 的橄欖油，即使氫氧化鈉的量不變，只要持之以恆的努力用「手動攪拌」，就算打皂超過 5 小時 18 分，且持續停在 Light Trace 現象就入模保溫也會成固態皂體；當然，如用「電動攪拌」打皂只要油鹼混合液攪拌充分，使第一階段的油脂和鹼水能完全參與皂化反應，那麼後續的保溫方式不管是哪一種方式都能夠形成固態皂體。
2. 當橄欖油的失手量大到達原標準馬賽皂配方橄欖油量的 6 倍時，即使花再多時間進行手動攪拌或電動打皂後，再重新入模保溫數天，開箱後仍是「非固體的不成皂體」。此配方即使交給不同組員進行打皂，仍獲得相同不成皂體的結果，終於揭開了三下時因我們做事態度馬虎所意外形成非固體的不成皂體之關鍵配方謎底。
3. 無論是手動攪拌或電動攪拌哪一種方式，去製作標準配方的冷製法馬賽皂對於成皂體後自身重量減少的百分比其實都具有相同的皂體重量減重百分比的趨勢，只有在前四天的晾皂期間的減重速度有差別：電動 > 手動。由此可見，如果油鹼比例的配方量取正確且在混合形成油鹼混合液以進行打皂的攪拌歷程之前的量都是對的，那麼使用哪一種方式攪拌打皂，對於肥皂熟成的整體趨勢是沒有差別的，只有在開始晾皂的前四天有差。

二、要能夠再次還原「不成皂體-軟爛皂液」實在是非常不容易的，要所有會影響皂化反應的各項關鍵因素剛好都往會使皂體偏軟爛、或完全不會引起皂化反應的方向去設計才有可能重現非固體的「不成皂體」，可見冷製法製作馬賽皂流程中的油鹼比例配方的量取(軟油過多，鹼量不足、溶鹼過程的方法有誤)、促使油鹼充分混合的攪拌過程(間接性攪拌、失溫狀態的攪拌)、判斷入模的時機(依本實驗結果，除非是打皂攪拌連 Light Trace 不到就入模)、製作能確實保溫的空間等環節只要每個都有一點馬虎就易失之千里了。

三、在解謎的過程中，分析不同實驗設計的數據圖表時，也發現無法忽略的事實：「晾皂期皂體重量減少百分比和 pH 的趨勢關係可做為肥皂熟成雙向判斷」：當皂體本身在晾皂期間所減少的重量百分比趨勢提高的同時，皂體的 pH 值也正開始緩慢下降，並按各自

皂體所含配方種類有各自所需的晾皂時間，且最終會下降到 pH 值 9 以下和大於 7 之間。

四、在我們研發的暖氣訂溫 25°C 且除溼的晾皂環境，搭配底盤皆簍空的鞋架上晾皂，可有效縮短晾皂時間，視本研究的實驗配方不同若成固態皂體則最短晾皂期為為 4 天熟成，最長為 22 天熟成。

五、未來我們針對「不成皂體」現象中意外發現的多元樣貌，為後續研究的展望，例如：不同狀態的非固體皂，究竟是不是也具備了一般常見的固態皂體般的清潔力？此外，我們馬虎小組在冷製法手工皂探討自己的失敗為出發點，也能夠提供像冷製法做馬賽手工皂的新手一套「如何避免不成皂體發生」的武功秘笈，以更新我們馬虎小組的美名。

捌、參考資料與其他

紀致中 (2014)。化學 (初版)。新北市：新文京開發。

程亦妮、穆俊龍 (2009)。進入液體皂世界 (初版)。新北市：儻活綠色生活館。

楊永華、蘇金豆、林振興、黃文彰(2005)。普通化學：進階版(初版)。臺北市：三民。

梁碧峰(2010)。無機化學實驗。新北市：Airiti Press Inc.

齊藤勝裕(2011)。3 小時讀通有機化學(初版)。新北市：世茂。

陳大為、王昊、許威、王翰(2016)。化學反應 (初版)。臺北市：五南。

艾力克斯·弗斯、麗莎·葛拉斯彼(2012)。觀念化學小學堂 (初版)。臺北市：天下遠見。

奧斯朋出版編輯群作(2004)。圖解化學辭典 (初版)。臺北市：天下遠見。

鄭智淑、黃新榮、申愛景(2009)。科學知識八達通 (初版)。新北市：和平國際。

娜娜媽(2015)。娜娜媽天然皂研究室(初版)。臺北市：貝果文化。

娜娜媽(2013)。30 款手工最想學會的天然手工皂(初版)。臺北市：貝果文化。

約瑟芬(2015)。不玩花樣約瑟芬的手工皂達人養成書 (初版)。新北市：雅書堂。

阿娥(2014)。女巫阿娥的超萬能手工皂 (初版)。臺北市：原點。

全國中小學科展-科展群傑廳-臺灣網路科教館。肥皂熟了！水知道。2016 年 9 月 1 日，取自：
<http://science.ntsec.edu.tw/Query.aspx?fld=1000000&key=%E8%82%A5%E7%9A%82%E7%86%9F%E4%BA%86&qt=02>。

全國中小學科展-科展群傑廳-臺灣網路科教館。驅蟑達人「皂」的住~天然環保驅蟑皂 2016 年 9 月 1 日，取自：<http://science.ntsec.edu.tw/Query.aspx?fld=1000000&key=%E9%A9%85%E8%9F%91%E9%81%94%E4%BA%BA&qt=02>。

植物油和精油差別。2017 年 1 月 15 日，取自：<http://cchirstain.pixnet.net/blog/post/69810263>。

鹽析法-台灣 Word。2016 年 10 月 8 日，取自：<http://www.twword.com/wiki/鹽析>。

Uni Jun 俊 清/心 手工皂：店家地址：臺北市大同區迪化街一段 358 之 1 號

【評語】080216

利用冷製法製皂馬賽皂，探討製皂過程油脂比例、攪拌、pH值等變因的變化，了解「不成皂體」的原因，從資料蒐集、程序確認、標準認定進行操作環境的定義，確立謎題再據以進行實驗設計藍圖，從實驗中的困頓或發現，皆納入下一次實驗的修正考量，實驗設計很有系統，內容探討詳實，具有科學探究的精神，值得嘉許。

摘要

全班用冷製法做馬賽皂，只有我們不成皂體。逐一改變變因解謎：橄欖油過量造成馬賽配方總油鹼比例達5:1即鹼量只佔原馬賽皂所需總鹼量的9.80%，開箱時皂體軟塌但仍是固體皂；一旦橄欖油超量為原馬賽配方橄欖油量6倍使總油鹼比達10:1，任何人用此配方手動製皂皆重現不成皂體，甚至再電動攪拌到Trace（此濃稠度為文獻上確保後續成固體皂的停止攪拌判斷標準）入模保溫後再開箱仍是非固體凝膠狀，再拿它與馬賽固體皂做清潔力實驗皆能洗淨污漬，屬新型態清潔肌膚的保濕凝膠皂。有別於全國科展第三名研究結果出現無法忽略的事實：晾皂期pH值下降和皂體重量減少百分比上升趨勢視為肥皂熟成雙向判斷；研發暖氣定溫25°C並除溼的適當環境成功縮短冬季晾皂時間。

壹、研究動機

三下期末全班共分四組，同時依同樣步驟用「冷製法」製作馬賽手工皂，用毛巾報紙保溫放入保溫盒中，保溫相同天數後再開箱翻模，卻只有我們這組是「不成皂體」，其他組都可成功翻模、切皂、晾皂，甚至同樣晾皂2個月後pH值都下降到9以下，可拿製皂成功的馬賽皂回家洗澡。因此，我們想用科學方法像偵探一樣解開當下我們這組到底是在冷製法的製皂過程中哪些環節的馬虎造成非固體的「不成皂體」？如果能成功重現當時的非固體的「不成皂體」就表示我們解開了影響冷製法馬賽手工皂的關鍵之謎。搞清楚我們是哪裡馬虎之後，就可針對和我們一樣做事總是容易馬虎的小朋友提出用冷製法製作馬賽皂的忠告：注意哪些關鍵才能成功製作固體的馬賽皂？我們也好奇這種非固體的「不成皂體」究竟是不是像一般常見的固體皂具清潔力？解謎過程中應用在自然課所學的「攪拌對溶解的功用」、「溫度對溶解量的影響」、「液體和固體的特性」、「水溶液酸鹼性的檢測」等概念，也主動閱讀相關讀物（見參考資料），幫助我們推測各實驗中所觀察各種現象背後可能發生什麼事。

貳、研究目的

一、從冷製法馬賽皂的製皂歷程各變因去探討「不成皂體」的成因，進而解開重現當時不成皂體的謎。

參、研究設備及器材

肆、研究過程與方法

一、相關研究主題的搜尋與分析

二、文獻探討與相關知識建立

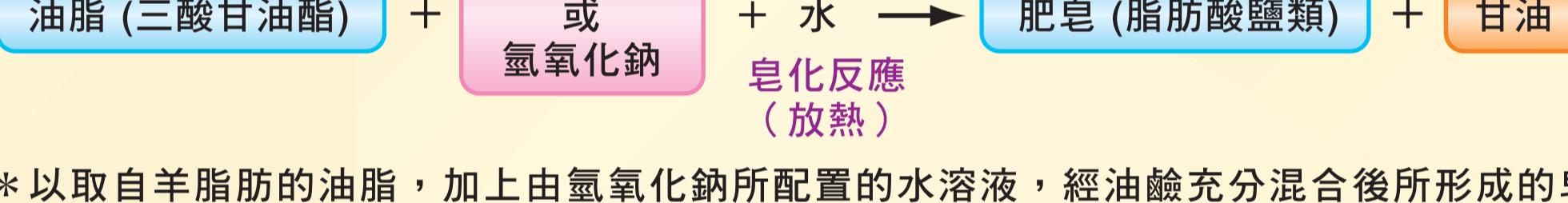
(一)列表比較，中華民國第50屆全國科展國小組化學科第三名<肥皂熟了，水知道>對我們研究的啟示、及有待釐清的地方：

項目	<肥皂熟了，水知道>	對本研究的啟示和待釐清的地方
馬賽皂配方	宣稱是馬賽皂配方 硬油：棕櫚油椰子油占65% 軟油：橄欖油占35% 氫氧化鈉：140克~150克 常溫水：350克 →非正統馬賽皂配方	正統馬賽皂 硬油：棕櫚油椰子油占28% 軟油：橄欖油72% 氫氧化鈉：101g 0°C純水：242.4g

*注意：因<肥皂熟了，水知道>的配方中並非含有72%大眾具備軟油特性的橄欖油為主要成分，反而是以硬油比例高達65%的相對硬皂，所以在做後續研究結果與這份文獻研究結果的比對和解釋時，須注意這部分的差異

研究樣本 / 測量方法 / 晾皂環境的比較，以及本研究的改良與精進	1.研究樣本太少，把切好的單一皂體拿2塊取間隔，並排列在除濕機的出風口上連續8小時可使肥皂的熟成速度加快，使原本需要晾皂38天才能「抵達熟成終點」的皂體只要實際晾皂7天就好。然而，這樣一次晾皂只能晾2塊皂。	1.每一組實驗全部都至少入模保溫2~3天後開模（視天氣寒冷程度決定），開箱後取相同距離切皂，確保從同一條皂體所切下的肥皂大小一致，接觸空氣的面積相當，並且所有切下的皂體全部都可放入本研究的晾皂環境。 1-2.根據前人的研究和參訪冷製法手工皂電所得的靈感，我們改良整個晾皂環境：設定用除濕機和暖氣機來模擬並營造適當的晾皂環境，並讓每一塊晾皂的皂體每一面都能通風、有接觸到空氣的機會，故選擇用簍空鞋架來晾皂，須記得實測和比較使用此種模擬環境方法的晾皂期是否縮短。
	2.以皂體重量減少做為肥皂熟成的判斷，故會在晾皂期檢測皂體重量。	2.有增加測量了入模前的皂液重量和開箱開模的皂體重量，以確保保溫時間為封閉環境，且期待能驗證實驗量守恆定律；再者，也可以此數據去比較在晾皂期間針對同一系列的實驗去間隔相同天數去測量皂體重量，以便計算皂體重量減少百分比。（例如：同一系列的實驗，都固定開箱後第2天、第4天、第7天、第20天、第22天測量；都固定開箱後第2天測得pH值10.4、第4天測得pH值10.3、第7天測得pH值10.2、第20天測得pH值10.28即止測量。
	3.沒有測量切皂時的起始pH值，且從實驗數據中可知並未測量開箱切皂時的起始pH值而是分別從晾皂20天以內的某一天當作起點使用pH酸鹼計分別測量三塊皂所得pH值10.1、10.45、10.4，然後在第一塊皂經過60天測得pH值10.4、第二塊皂經過45天測得pH值10.3、第三塊皂經過60天測得pH值10.28即止測量。	3.我們會特別注意測量開箱切皂的pH值做為起點，故設計自開箱切皂測量pH值，連續晾皂10天內皆間隔固定天數測試pH值和重量測量，且每次都要求先測重量測量，再測pH值，且固定用相同方式與水量測量，避免測量pH值時皂體重量耗損而不準確。

(二)製皂原理 - 皂化反應



*以取自羊脂肪的油脂，加上由氫氧化鈉所配置的水溶液，經油鹼充分混合後所形成的皂化反應為例，反應式如下：



※註：上面所列化學反應式查閱自黃經良2015年所譯的《圖解化學辭典》，方框裡的描述是我們閱讀完那一本書的整理。

(三)油脂

植物性油脂的名稱	油脂主要成分是由下列脂肪酸類別所構成	分子式	碳的數量	屬於飽和、或不飽和脂肪酸	不飽和雙鍵數
橄欖油	含63-81%的油酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	單元不飽和脂肪酸	1
	含5-15%的亞油酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	18	多元不飽和脂肪酸	2
	含7-14%的棕櫚酸	$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2$	16	飽和脂肪酸	0
棕櫚油	含3-5%的硬脂酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	飽和脂肪酸	0
	含43-45%棕櫚酸	$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2$	16	飽和脂肪酸	0
	含4-5%硬脂酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	飽和脂肪酸	0
椰子油	含38-40%油酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	單元不飽和脂肪酸	1
	含9-11%亞油酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	多元不飽和脂肪酸	2
	含39-54%月桂酸	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	12	飽和脂肪酸	0
椰子油	含15-25%肉桂酸	$\text{C}_{14}\text{H}_{26}\text{O}_2$	14	飽和脂肪酸	0
	含6-11%棕櫚酸	$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2$	16	飽和脂肪酸	0
	含1-4%硬脂酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	飽和脂肪酸	0
椰子油	含4-11%油酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	單元不飽和脂肪酸	1
	含1-2%亞油酸	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18	多元不飽和脂肪酸	2

三、名詞界定

(一)不成皂體

(二)馬賽手工皂

鹼水溶液	水 242克	鹼：氫氧化鈉(微粒鹼)101克	* 總鹼水量 = 343克
油脂：屬於脂質 (三酸甘油脂)	椰子油 115 克	棕櫚油80克	* 總油脂量 = 700克
精油	芬多精精油 14克	精油量不可超過總油脂量的2%	* 總油鹼比例 = 2.04 : 1

(三)皂化價

四、實驗中的標準流程與環境建立

(一)溶鹼：改良溶鹼標準程序，更適合小學生製皂。

(二)冷製法：我們的研究都用冷製法製皂以保留植物性油脂的營養素，而不採取「熱製法」或國中理化課本中的製皂程序，即使要研發補救方法也不採用現有常見的熱製法去浪費珍貴的天然植物油脂所含的營養素。冷製法流程，請參見展示手板。

(三)改良市面上書籍對於油鹼混合液需攪拌到何種程度入模以確保後續成功成皂體的判斷 - Light Trace和Trace的現象區別：

1.用兩種重量和材質不同的打皂工具 - A.矽膠刮刀 和 B.洗米起泡器 去強化對油鹼混合液濃稠程度不同等級的區分，用客觀的工具去明確地強化界定兩者指標的不同定義，如下表所示：

(1)判斷油鹼混合液濃稠度第一個出現的初級指標 - [Light Trace]	
★對製皂者的意義：加入添加物的時機	
A.矽膠刮刀	
a-1.可留下超細痕跡，不消失	
(2)判斷油鹼混合液濃稠度第二個出現的進階指標 - [Trace]	
★對製皂者的意義：打皂階段一旦攪拌到使油鹼混合液的濃稠度達到進階指標-完全Trace，則此時便可停止攪拌，馬上入模保溫，且至少保溫兩天以上再開箱，確保成功形成固體皂	
A.矽膠刮刀	
a-1.可留下超粗痕跡，不消失	
B.洗米起泡器	
b-1.油鹼混合液表面深壓印痕，不消失	

★對製皂者的意義：打皂階段一旦攪拌到使油鹼混合液的濃稠度達到進階指標-完全Trace，則此時便可停止攪拌，馬上入模保溫，且至少保溫兩天以上再開箱，確保成功形成固體皂

Trace是用來判斷皂液濃稠度的進階指標，屬明顯的痕跡，此時油鹼混合液變得更加濃厚、濃稠呈現不透明狀，拿「洗米起泡器」在皂液表面上押出深刻的壓痕，且在不去攪動的情況下都不會消失。

A.矽膠刮刀沾取皂液時會明顯出現濃稠的牽絲，且可持續滴割在皂液表面上

a-1.可留下超粗痕跡，不消失

B.洗米起泡器拿「洗米起泡器」在皂液表面上押出深刻的壓痕，且在不去攪動的情況下都不會消失

b-1.油鹼混合液表面深壓印痕，不消失

* 其他成功組別 - 固體皂	* 我們這組-非固體-不成皂體 (與其他成功組別同時製皂，同一天入模保溫，且同一時間晾皂，卻發現只有本組不成皂體，故只好在翻模時倒入不鏽鋼鍋內)
----------------	---

箱翻模，卻只有我們這組是「不成皂體」，其他組都可成功翻模、切皂、晾皂，甚至同樣晾皂2個月後pH值都下降到9以下，可拿製皂成功的馬賽皂回家洗澡。因此，我們想用科學方法像偵探一樣解開當下我們這組到底是在冷製法的製皂過程中哪些環節的馬虎造成非固體的「不成皂體」？如果能成功重現當時的非固體的「不成皂體」就表示我們解開了影響冷製法馬賽手工皂的關鍵之謎。搞清楚我們是哪裡馬虎之後，就可針對和我們一樣做事總是容易馬虎的小朋友提出用冷製法製作馬賽皂

五、研究結果

一、從冷製法馬賽皂的製皂歷程各變因，去探討「不成皂體」的可能成因。
研究問題一. 馬賽配方中的三種油品是哪一種超量加到占總油重的100%會比成功形成固體的標準馬賽皂還要軟，甚至有可能軟到會無法成形變成不成皂體？

假設一. 橄欖油皂會比椰子油皂和棕櫚油皂的皂體軟，馬賽皂皂體會比橄欖油皂體硬一點。

實驗一. 單油品的皂體（橄、椰、棕）vs.三油品成分的皂體（馬賽皂）

控制變因	【冷製法製皂】【打皂環境溫度控制】【鹼水量依據不同油脂的皂化價配置】【電動攪拌】 【暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】		
操弄變因	椰子油 115 克	棕櫚油 80 克	橄欖油 505 克
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度	C.皂體的顏色

實驗一結果：

1. 椰子油皂	2.棕櫚油皂	3.橄欖油皂	4.馬賽皂
椰子油 115 克	棕櫚油 80 克	橄欖油 505 克	對照組 - 馬賽皂 (椰子油 115 克+棕櫚油 80 克+橄欖油 505 克)

*小結與討論：當橄欖油單獨成皂時所的皂體是最軟且濕黏的，又馬賽皂配方中橄欖油就佔了72%以上，較易失手過量，因此後續若要尋找、重現當時主要造成「非固體的軟爛不成皂體」因素，宜先從具軟油特性的「橄欖油占總油重的比例提高」，就會相對形成鹼不足」的操弄變因著手。[→形成研究問題二](#)

研究問題二. 馬賽皂配方中的橄欖油究竟要超量多少才能改變總油鹼比例形成「油過多導致鹼不足」而出現非固體的「不成皂體」？

假設二. 在馬賽皂配方中只讓橄欖油過量多加15克~100克的範圍中，使總油鹼比例比起原本標準馬賽皂的總油鹼比例2.04:1改變為2.06:1~2.33:1就會影響油鹼混合液無法成為固體皂。

實驗二-1. 在馬賽皂的配方中改變橄欖油油量，以每10g為單位加量，藉此操弄油鹼比例中的油量過多，進行一系列的冷製法馬賽皂製作的觀察與檢驗。

控制變因	【打皂環境溫度控制】【馬賽配方的鹼水量】【馬賽配方中的椰子油量和棕櫚油量】 【B電動攪拌】【暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】				
操弄變因	標準馬賽皂 橄欖油 505g 總油鹼比例 ≈ 2.04 : 1	橄欖油超量 10g 總油鹼比例 ≈ 2.06 : 1	橄欖油超量 20g 總油鹼比例 ≈ 2.10 : 1	橄欖油超量 30g 總油鹼比例 ≈ 2.13 : 1	橄欖油超量 40g 總油鹼比例 ≈ 2.16 : 1 (2/2)
	橄欖油超量 60g 總油鹼比例 ≈ 2.22 : 1	橄欖油超量 70g 總油鹼比例 ≈ 2.24 : 1	橄欖油超量 80g 總油鹼比例 ≈ 2.27 : 1 (2/2)	橄欖油超量 90g 總油鹼比例 ≈ 2.30 : 1	橄欖油超量 100g 總油鹼比例 ≈ 2.33 : 1
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度	C.皂體的相對顏色		

實驗二-1的發現

*意外發現與討論：對照下方表格中【1/30開箱切皂時】以及【晾皂後經過43天】所觀察記錄的皂體軟硬程度和相對顏色彙整比較發現：晾皂經過一段長時間會讓皂體變得比剛從保溫箱開箱、脫模、切皂當天的皂體的硬度提高，而且顏色會漸漸向白色靠近，愈來愈不會顯現出橄欖油原色的色彩。

操弄變因： 標準皂 vs. 配方中 軟油過量	* 下圖照片為1/30切皂時的觀察和拍攝		* 下圖晾皂後 第43天	
橄欖油超量 100g， 總油鹼比例 ≈ 2.33 : 1				
橄欖油超量 90g， 總油鹼比例 ≈ 2.30 : 1				
橄欖油超量 80g， 總油鹼比例 ≈ 2.27 : 1				
橄欖油超量 70g， 總油鹼比例 ≈ 2.24 : 1				
橄欖油超量 60g， 總油鹼比例 ≈ 2.22 : 1				
橄欖油超量 50g， 總油鹼比例 ≈ 2.19 : 1				
橄欖油超量 40g， 總油鹼比例 ≈ 2.16 : 1				
橄欖油超量 30g， 總油鹼比例 ≈ 2.13 : 1				
橄欖油超量 20g， 總油鹼比例 ≈ 2.10 : 1				
橄欖油超量 10g， 總油鹼比例 ≈ 2.06 : 1				
原標準馬賽皂配方 的橄欖油 505g， 總油鹼比例 ≈ 2.04 : 1				

*小結與討論：在本實驗已盡力排除其他變因的干擾下，可知即使橄欖油超量加到比原本馬賽皂配方橄欖油量多出100g仍距離要讓馬賽皂不成皂體還有一大段路要嘗試，可見在電動攪拌和暖暖包保溫的嚴格控制變因下，這種以10g為級距多加橄欖油超量的添加方法，不容易找到不成皂體形成的臨界點，這也讓我們馬虎小姐非常汗顏：想不到當初我們的粗心程度竟是把橄欖油多倒超過100g以上，所以我們改用直接放大油鹼比例去找到較極端的橄欖油過量數值來設計實驗看看。[→形成實驗二-2的設計](#)

此外，就算當初真的是橄欖油失手加過多，但當時全程用手動攪拌，不像現在為了要控制好操弄變因以外的變因，故打皂方式一律都用電動攪拌器攪拌，搭配手動押氣泡壓出，並且保溫方法是用最嚴格的24小時以上暖暖包結合厚瓦楞紙板保溫，所以我們也可在實驗二-2的基礎上改成加入「手動攪拌」，其餘保持不變，看看是否在配方中的油鹼比例讓油脂超量且手動攪拌的情況下，較容易出現「不成皂體」？[→形成實驗二-3的設計](#)

實驗二-2. 在馬賽皂的配方中直接改變「拉大總油鹼比例差距」朝著「橄欖油可能極端超量」的方向操作，進行一系列的冷製法製皂實驗的觀察。

控制變因	【打皂環境溫度控制】【馬賽配方的鹼水量】【馬賽配方中的椰子油量和棕櫚油量】【B電動攪拌】 【暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】		
操弄變因	總油量：總鹼水量 = 4 : 1 橄欖油超量 +672 g	總油量：總鹼水量 = 5 : 1 橄欖油超量 +1015 g	
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度	C.皂體的相對顏色

實驗二-2的發現：

*小結與討論：相較於同樣是電動攪拌且用暖暖包保溫條件下的實驗二-1，這個以擴大橄欖油失手超量往極端值跑的總油鹼比例實驗二-2的皂體全都呈現「軟塌」程度，受到外力作用便會使得整個皂體變形，或從皂體最軟爛的地方以油油黏糊膏狀體掉落；然而，雖然已比標準馬賽皂中所需橄欖油多倒了1015g仍形成固態皂體，但此時的皂體是非常不堪一擊的軟弱膏狀體，顏色非常接近我們三年級下學期期末製皂失敗的不成皂體的顏色，且表面軟爛的觸感很相近但卻尚未變成非固體。

油:鹼=4:1=1372 : 343, 即橄欖油多倒了672 g	油:鹼=5:1=1715 : 343, 即橄欖油多倒了1015g

實驗二-3：在實驗二-2基礎上將攪拌方式改為「手動攪拌」，看改變配方總油脂重與總鹼液量的比值一路拉大成5倍差距，兩者雙重影響下是否重現不成皂體軟爛液。

控制變因	【打皂環境溫度控制】【馬賽配方的鹼水量】【馬賽配方中的椰子油量和棕櫚油量】【A手動攪拌】 【B暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】		
操弄變因	總油量：總鹼水量 = 3 : 1 橄欖油超量 +329 g	總油量：總鹼水量 = 4 : 1 橄欖油超量 +672 g	總油量：總鹼水量 = 5 : 1 橄欖油超量 +1015 g
應變變因	A.是否成皂體	B.皂體的相對軟硬程度	C.皂體的相對顏色

實驗二-3的發現：

*實驗二-3：這一系列的皂體比起實驗二-1的皂體在開箱翻模時，都更軟，軟到非常不容易翻模，一翻模皂體就會變形，摸起來有明顯的油膏感，如下表。

總油量:總鹼水量 = 3 : 1 橄欖油多倒329g (2/4打皂)	總油量:總鹼水量 = 4 : 1 橄欖油多倒672g (2/4打皂)	總油量:總鹼水量 = 5 : 1 橄欖油多倒1015g (2/4打皂)
皂體很軟，拿出來的過程，手指壓出凹洞	拿不出來，只好壓外殼剷出	盒子內都是油，壓外殼翻模皂體就從中央掉落兩半。
用翻模取皂，皂體變形	改善方法，倒出來報紙吸油	油量最多，換三次位置吸油
取出來嚴重變形的皂體	從中間裂開皂體黏不回去	手動打皂已攪拌了5時18分都還一直攪拌不到完全Trace，所以提前在Light Trace入模，竟然成皂！

研究問題三.打皂過程中「攪拌的方式」不同對於馬賽皂標準配方的成皂結果有何影響?

假設三.打皂過程中「攪拌方式」不同會影響馬賽皂標準配方的成皂結果。

實驗三-1攪拌方式對馬賽皂標準配方成皂體與否、外觀、晾皂期間重量百分比的影響

控制變因	【冷製法製皂】【馬賽皂配方】【打皂環境溫度控制】【鹼水量依據不同油脂的皂化價配置】【B暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】			
操弄變因	A.手動攪拌 B.電動攪拌			
應變變因	A.是否成皂體 B.皂體的相對軟硬程度 C.皂體的相對顏色/晾皂期間:U.皂體重量減少百分比 V.pH值變化			

實驗三-1的發現：A.都會形成皂體。B.皂體硬度：在晾皂第44天後觀察兩者都是硬的，幾乎都是用力按壓皂體表面也沒有痕跡，只有皂體顏色有別，如下表。

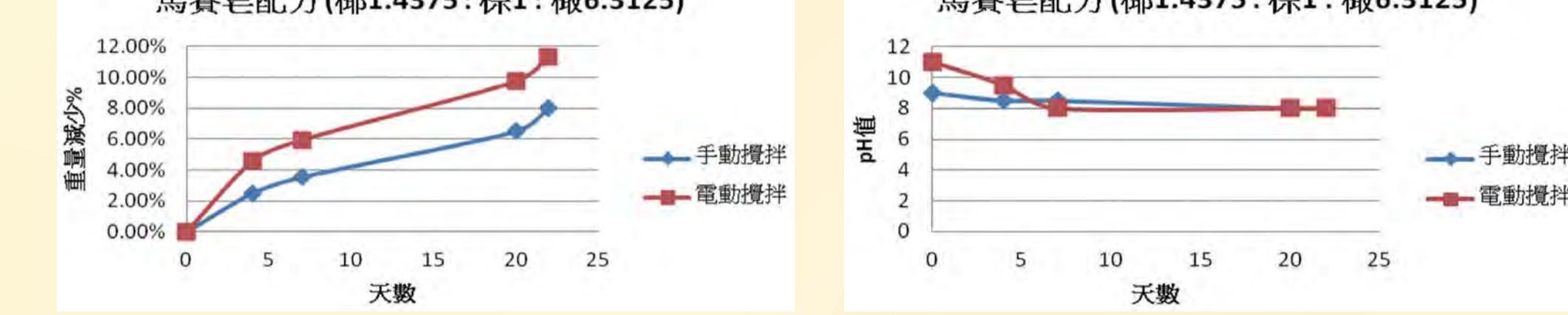
	固體皂			
	軟硬度		顏色	
	脆硬	硬	軟	軟塌
	白	偏白	偏黃	偏淡黃向茶色靠近

實驗3-1操作變因(毛巾報紙保溫●)(暖暖包保溫●) 實驗3-1操作變因(毛巾報紙保溫●)(暖暖包保溫●)

標準馬賽皂總油鹼比例 ≈ 2.04:1	●	●	●晾皂第44天	●開箱	●晾皂第44天	●開箱
------------------------	---	---	---------	-----	---------	-----

C.皂體顏色：在經過44天的晾皂後，手動攪拌的馬賽標準皂體顏色是比電動攪拌的皂體顏色還要深而且還是偏向茶黃色，而電動攪拌的皂體偏白，如上表和右表所示。	實驗3-1操作變因	手動攪拌●	電動攪拌●
標準馬賽皂總油鹼比例 ≈ 2.04:1	標準馬賽皂總油鹼比例 ≈ 2.04:1	晾皂期經過44天以後的皂體顏色與照片紀錄	晾皂期經過44天以後的皂體顏色與照片紀錄

D.以「皂體重量減少百分比」和「皂體pH值」的測量以了解晾皂期的變化和效果：



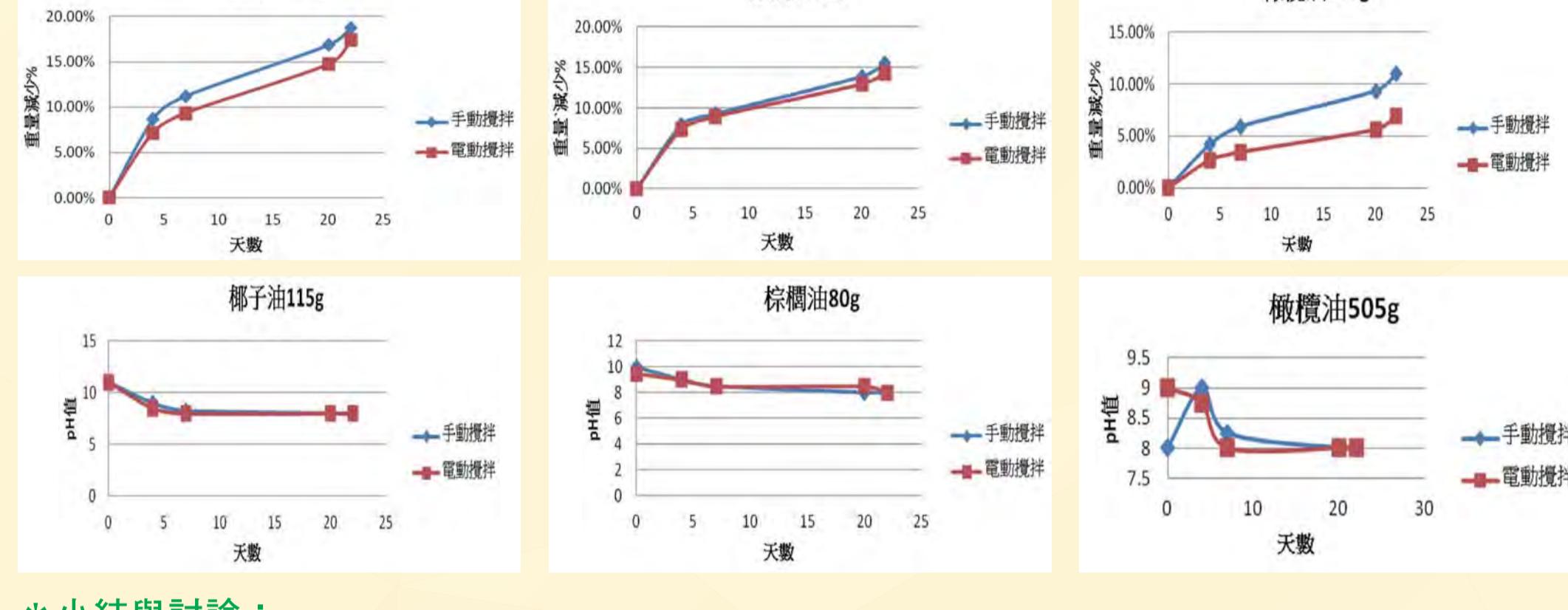
*小結與討論：

- 用攪拌方式的不同去製作標準配方的馬賽皂對於成皂體其自身重量減少的百分比具有相同的減重趨勢，只有在前四天皂體減重速度有差別：電動>手動。
- 不論是手動打皂或電動打皂的皂體pH值最後皆會達9以下熟成。不過，我們也好奇因馬賽皂是屬三種油品所構成的皂，想深入瞭解手動攪拌和電動攪拌對於馬賽皂各成分單一油品皂的成皂影響，故形成實驗三-2。

實驗三-2攪拌方式不同對晾皂期馬賽皂各成分單一皂體重量減少百分比和pH值變化

控制變因	【冷製法製皂】【馬賽皂各成分單一成皂配方】【打皂環境溫度控制】【鹼水量依據不同油脂的皂化價配置】【暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】			
操弄變因	手動攪拌 電動攪拌			
應變變因	晾皂期間: U.皂體重量減少百分比、V.pH值變化			

實驗三-2的發現：



*小結與討論：

- 可見攪拌方式的不同，只對配方含橄欖油比例高皂體在晾皂初期的重量散失有影響，都是手動攪拌的皂體重量減少速度>電動攪拌的皂體重量減少速度。→形成實驗四。
- 椰子油的單油品皂和棕櫚油的單油品皂，不論在打皂過程中是用手動攪拌或電動攪拌都不會影響皂體pH值有下降的趨勢，且在我們特別透過控制溫度和濕度所營造的通風良好且避免陽光直射的晾皂環境中，約在晾皂第4天的pH值變已經下降到9以下，表示肥皂熟成。
- 電動攪拌所打的橄欖油皂在晾皂期pH值下降趨勢符合實驗三-2，也符合本實驗棕櫚油皂和椰子油皂的晾皂期pH值下降趨勢。
- 在晾皂期「皂體重量減少百分比」和「pH之間」有雙向判斷熟成的關係存在：在所營造的晾皂環境下晾皂期間，皂體本身減少的重量百分比趨勢提高時，其皂體pH值也正開始緩慢下降。

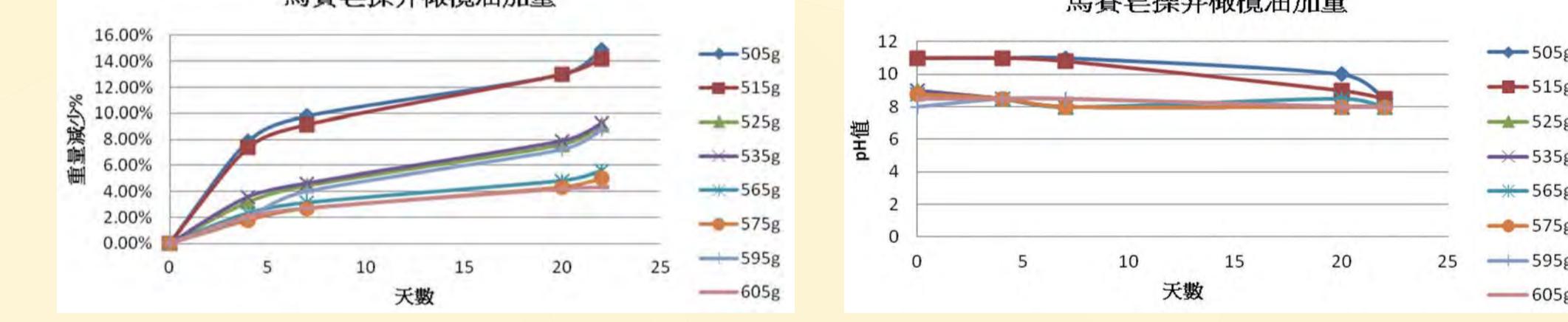
研究問題四.對照標準配方的馬賽皂，「逐步提高軟油所占比例」的馬賽皂在晾皂期間的皂體重量減少百分比和pH值變化的趨勢、達到熟成的效能為何？

假設四.軟油所占比例愈高的馬賽皂在晾皂期皂體重量減少百分比提高的趨勢比標準馬賽皂差，pH值則是隨著晾皂時間愈長而下降到pH值9以下和大於pH值7之間。

實驗四：

控制變因	【打皂環境溫度控制】【馬賽配方的鹼水量】【馬賽配方中的椰子油量和棕櫚油量】【B電動攪拌】【B暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】					
操弄變因	標準馬賽皂總油鹼比例 ≈ 2.04:1 總油鹼比例 ≈ 2.06:1 總油鹼比例 ≈ 2.10:1 總油鹼比例 ≈ 2.13:1 總油鹼比例 ≈ 2.16:1 (2/2) 總油鹼比例 ≈ 2.19:1 (2/2)					
應變變因	晾皂期間: U.皂體重量減少百分比、V.pH值變化					

實驗四的發現：



*小結與討論：

- 橄欖油(軟油)所占的馬賽皂配方比例愈高，則晾皂期間皂體本身的重量減少百分比提高的趨勢是明顯緩慢的。
- 觀察圖表中對照組-標準配方的馬賽皂、橄欖油(軟油)只失手多倒入10g進入馬賽皂配方中的橄欖油515g皂體會發現這兩種皂體在晾皂過程中重量減少百分比的趨勢提高得較快。
- 橄欖油所占的馬賽皂配方比例愈高的組別它們皂體的pH值起始點往往已經在pH值9以下最後隨著時間拉長漸漸停在pH值8。
- 標準馬賽皂和橄欖油(軟油)只失手多倒入10g在晾皂初期pH值維持在11左右，一直到20天左右pH值才有明顯的下降趨勢，直到第22天所測得的pH值已經達到了8.5，顯示標準馬賽皂(油鹼比例是最適當的)的皂體，經一定時間的晾皂後，除重量可能會因為水分的蒸發而降低外，其pH值經過足夠的時間也會降到9以下且大於7之間。
- 晾皂期間皂體本身除了「重量減輕」之外也包含「pH值會下降到熟成標準」。

研究問題五.是否能將目前所有找到當初可能馬虎的環節重現三下當時的非固體-不成皂體？

假設五.目前所有找到當初可能馬虎的環節：【橄欖油超量為原標準馬賽皂橄欖油量的6倍使總油鹼比例高達10:1】+【手動攪拌打皂】+【不到完全Trace入模】+【毛巾報紙保溫】能重現三下當時的非固體-不成皂體。

→實作驗證-實驗五：

控制變因	馬賽皂配方中橄欖油量的6倍其餘配方油品和鹼水的量皆維持標準量不變，故總油鹼比例為10:1、【打皂環境溫度控制】【馬賽配方的鹼水量】【馬賽配方中的椰子油量和棕櫚油量】【A手動攪拌】【B暖暖包保溫3天】【晾皂環境保溫除濕】	A皂師	B皂師	C皂師	D皂師
操弄變因	A.是否成固態的皂體				

實驗五結果：在2017/05/10打皂入模，到2017/5/14開箱驗皂，結果發現，如下表：

	開箱開模的狀態		翻模倒出後的狀態		A.是否成固態皂體
	A皂師打皂	B皂師打皂	C皂師打皂	D皂師打皂	
					非固體的不成皂

針對橄欖油量為原本標準馬賽皂配方6倍所形成的總油鹼比例為10:1的非固體不成皂，出自同一位打皂人的同一盒非固體的不成皂先分兩半，再分別進行後續不同補救措施處理，再重新入模同樣保溫3天後開模，結果皆不成皂體，觀察描述其特性，如下表：

打皂人不同的措施	A皂師	B皂師	C皂師	D皂師
對照組：不處理直接再入模	—	外面有像濕黏土的一層膜裡面有車輪餅奶油	—	外面是濕的黏土，裡面是布丁
電動攪拌	外面是乾黏土，裡面是車輪餅奶油	—	濕黏土狀態，表面Q彈	—
手動攪拌	非常軟、黏，為車輪餅奶油等級，帶淡黃色	與B直接入模狀態十分相似，但更黏、稠、軟	為布丁豆花等級，不黏，軟中帶Q	外面結了一層膜，膜的觸感像果凍，裡面是車輪餅奶油

*小結與討論：

- 成功重現當時三下以冷製法製作馬賽手工皂的失敗狀態 - 非固體的不成皂體。
- 好奇：是否與固體皂相同，都稱得上是具有清潔力肥皂，只是型態不同呢？→形成實驗六
- 好奇：到底在馬賽皂配方中，橄欖油超量究竟要超過何種域值範圍才會使固體皂發展成不成皂體的非固體凝膠狀態？→形成實驗七

研究問題六.皂師ABCD分別所做出重現的不成皂體-非固體凝膠狀物是否也和固體標準馬賽皂具相當的清潔力呢？

假設六.皂師ABCD所做出重現的不成皂體-非固體凝膠狀物皆像固體標準馬賽皂具相當的清潔力可清洗墨汁和醬油的污漬。

→實作驗證-實驗六-1.：(一)洗淨手上墨汁的清潔力實驗

控制變因	1.用量筒量取1毫升將墨汁塗在b皂師左手一指節乾掉之後，形成污漬，再做洗淨實驗、2.不成皂體的非固體凝膠
------	--