

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 化學科

(鄉土)教材獎

050205

香胰子 - 咖啡因製作肥皂的可能性

學校名稱：國立鳳新高級中學

作者： 高二 邱凱祺 高二 孫承偉 高二 洪緬芸	指導老師： 鄭伊真
-----------------------------------------------	------------------

關鍵詞：咖啡因、中性皂、肥皂性質

摘要

本實驗使用了有機鹼、無機鹼和生物鹼以及月桂醯谷氨酸來行皂化反應，藉此製作出三種不同的肥皂。這三種肥皂皆以五種比例來製作，分別為酸鹼莫耳數比 1:0.9、1:1.2、1:1.6、1:1.85、1:2.1，並進行肥皂性質的測試，分別為 pH 值、乳化穩定性、起泡性以及表面張力。由於咖啡因皂性質表現不佳，因此由酸鹼莫耳比 1:1.85 改良了鹼的反應物，製成由三乙醇胺與咖啡因做為鹼的混合皂，再進行肥皂各項性質的測試，並與市售肥皂進行比較。

壹、研究動機

肥皂是日常生活中不可或缺的物品，去除衣物髒污、維持身體整潔、防疫衛生更少不了它。肥皂是由脂肪酸與鹼進行皂化反應後生成的脂肪酸鈉鹽，但是這個看似簡單的化學反應若是選擇了不同的反應物、不同的酸鹼比例或是不同的反應條件則可以製作出許多種不同的肥皂。我們想知道肥皂性質的好壞是否會受到反應物鹼的種類或是不同比例用量的影響？使用生物鹼作為皂化反應中的鹼是否能做出更優質的肥皂？因此我們設計了與一般常見配方不同的肥皂，並用較客觀、量化的方式比較肥皂的各項性質。

貳、研究目的

- 一、製作無添加物的肥皂：避免甘油與丁二醇等可溶水也可溶油的添加物干擾量測。
- 二、以月桂醯谷氨酸搭配生物鹼、有機鹼、無機鹼製作肥皂，觀察其性質差異。
- 三、比較不同的酸鹼莫耳數比做出來的肥皂性質是否有差異。
- 四、根據分析結果改良自製肥皂，並與市售肥皂進行比較。

參、研究設備與器材

一、藥品

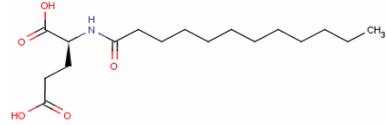
月桂醯谷氨酸、三乙醇胺、咖啡因、氫氧化鈉、乙醇、乙酸乙酯

(一)月桂醯谷氨酸(Lauroyl glutamic acid)

分子式： $C_{17}H_{31}NO_5$

分子量：329.43 g/mol

外觀：白色粉末



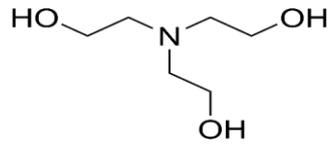
圖一：月桂醯谷氨酸結構式

(二)三乙醇胺(triethanolamine)

分子式： $C_6H_{15}NO_3$

分子量：149.19 g/mol

外觀：淡黃色液體。



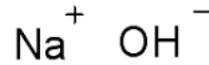
圖二：三乙醇胺結構式

(三)氫氧化鈉(Sodium hydroxide)

分子式： $NaOH$

分子量：40.00 g/mol

外觀：白色不透明固體



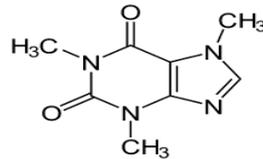
圖三：氫氧化鈉結構式

(四)咖啡因(caffeine)

分子式： $C_8H_{10}N_4O_2$

分子量：194.19 g/mol

外觀：白色針狀或粉狀固體



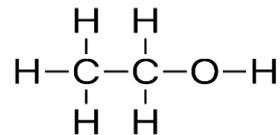
圖四：咖啡因結構式

(五)乙醇(Ethanol)

分子式： C_2H_5OH

分子量：46.07 g/mol

外觀：無色清澈液體



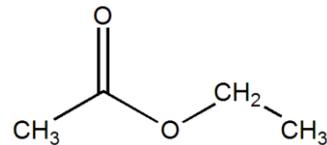
圖五：乙醇結構式

(六)乙酸乙酯(Ethyl acetate)

分子式： $C_4H_8O_2$

分子量：88.11 g/mol

外觀：無色液體



圖六：乙酸乙酯結構式

二、器材

量筒、燒杯、滴管、玻璃棒、刮勺、鐵鍋、電磁爐、鋁箔紙、燒杯、pH 計、sample 瓶、試管架、尺、表面張力計、接觸角量測儀

			
試管	sample 瓶	表面張力儀	pH 儀

表一：實驗器材

肆、研究過程與方法

一、背景簡介

參考常見的自製肥皂比例，調整配方製作樣品肥皂，檢測自製肥皂的性質，並與市售肥皂進行比較。

(一) 一般製作肥皂的酸鹼莫耳比是 1:1.6，本實驗以酸過量與鹼過量為概念，因此有了酸鹼莫耳比 1:0.9 及 1:2.1，再取上述三種比例的中間值，得到酸鹼莫耳比 1:1.2 與 1:1.85，比較這五種比例的肥皂各項性質的差異。

(二) 本實驗溶劑使用乙醇跟水，而無使用其他添加物如甘油、丁二醇，主因是希望能避免添加物干擾各項性質的量測。反應物月桂醯谷氨酸對水的溶解度不佳，因此選用乙醇作為溶劑，而乙醇具有揮發性，追蹤重量變化待其揮發完全後，可以避免影響實驗結果。

(三) 氫氧化鈉屬於無機強鹼，因此本實驗希望探討其他鹼，如有機鹼（三乙醇胺）與生物鹼（咖啡因）做成肥皂後各項性質的差異。

二、實驗方法(兩種)

	三乙醇胺肥皂	氫氧化鈉肥皂	咖啡因肥皂
所有比例	20.00g 月桂醯谷氨酸 +50%乙醇 30.00g	20.00g 月桂醯谷氨酸 +50%乙醇 100.00g	20.00g 月桂醯谷氨酸 +50%乙醇 80.00g

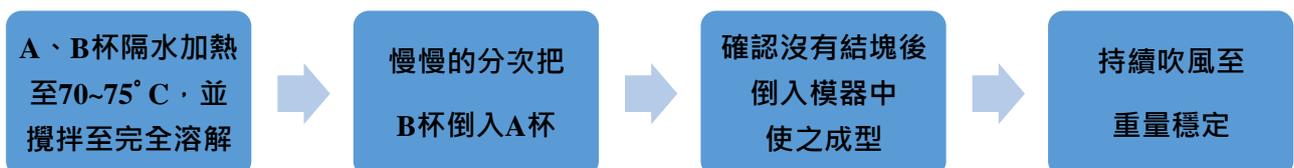
表二：第一種肥皂 A 杯比例

酸鹼 莫耳比	三乙醇胺肥皂	氫氧化鈉肥皂	咖啡因肥皂
1:0.9	8.15g 三乙醇胺 +水 10.13g	2.19g 氫氧化鈉 +水 10.13g	10.61 咖啡因 +水 56.25g
1:1.2	10.88g 三乙醇胺 +水 13.50g	2.92g 氫氧化鈉 +水 13.50g	14.15g 咖啡因 +水 75.00g
1:1.6	14.66g 三乙醇胺 +水 18.00g	4g 氫氧化鈉 +水 18.00g	21g 咖啡因 +水 100.00g
1:1.85	16.78g 三乙醇胺 +水 20.81g	4.5g 氫氧化鈉 +水 20.81g	21.82g 咖啡因 +水 115.63g
1:2.1	19.02g 三乙醇胺 +水 23.63g	5.1g 氫氧化鈉 +水 23.63g	24.76g 咖啡因 +水 131.25g

表三：第一種肥皂 B 杯比例

酸鹼莫耳數比 1 : 1.85					
		80%咖啡因+ 20%三乙醇胺	60%咖啡因+ 40%三乙醇胺	40%咖啡因+ 60%三乙醇胺	20%咖啡因+ 80%三乙醇胺
A 杯	月桂醯 谷氨酸 用量	20.00g 月桂醯谷 氨酸+50%乙醇 70.00g	20.00g 月桂醯谷 氨酸+50%乙醇 60.00g	20.00g 月桂醯谷 氨酸+50%乙醇 50.00g	20.00g 月桂醯谷 氨酸+50%乙醇 40.00g
	咖啡因 用量	17.45g 咖啡因 +92.50g 水	13.09g 咖啡因 +69.38g 水	8.73g 咖啡因 +46.25g 水	4.36g 咖啡因 +23.13g 水
B 杯	三乙醇胺 用量	3.35g 三乙醇胺 +4.16g 水	6.7g 三乙醇胺 +8.32g 水	10.05g 三乙醇胺 +12.49g 水	13.4g 三乙醇胺 +16.05g 水

表四：第二種混合皂 A、B 杯比例



表五:製作肥皂操作步驟

三、注意事項

- (一) 在步驟二混和的過程中，如果有固體出現，需等待至完全溶化才可以繼續加，B 杯的氫氧化鈉肥皂不用隔水加熱，直接混和即可。
- (二) 上述實驗的月桂醯谷氨酸，分為 10g 和 10g 加入，完全溶解才可繼續加。
- (三) 實驗所含的咖啡因不好溶，因此需耐心等待溶解。
- (四) 溫度盡量控管在 70~75 °C 之間，避免失敗。
- (五) 燒杯混和好的溶液倒入模具時，應迅速倒入，避免溶液殘留造成誤差。
- (六) 上述實驗都是由 B 杯倒入 A 杯，要分 4-5 次緩慢倒入，避免析出。
- (七) 實驗所使用的乙醇皆為 50%。

四、肥皂的性質分析方法

本研究使用了三種不同的化合物作為皂化反應中所使用的鹼，並改變酸鹼莫耳數比分別為 1:0.9、1:1.2、1:1.6、1:1.85、1:2.1，一共製作了 15 種肥皂。

鹼種類	月桂醯谷氨酸對鹼的莫耳數比				
	1:0.9	1:1.2	1:1.6	1:1.85	1:2.1
三乙醇胺	鹼用量為 0.9 莫耳數比的三乙醇胺皂	鹼用量為 1.2 莫耳數比的三乙醇胺皂	鹼用量為 1.6 莫耳數比的三乙醇胺皂	鹼用量為 1.85 莫耳數比的三乙醇胺皂	鹼用量為 2.1 莫耳數比的三乙醇胺皂
氫氧化鈉	鹼用量為 0.9 莫耳數比的氫氧化鈉皂	鹼用量為 1.2 莫耳數比的氫氧化鈉皂	鹼用量為 1.6 莫耳數比的氫氧化鈉皂	鹼用量為 1.85 莫耳數比的氫氧化鈉皂	鹼用量為 2.1 莫耳數比的氫氧化鈉皂
咖啡因	鹼用量為 0.9 莫耳數比的咖啡因皂	鹼用量為 1.2 莫耳數比的咖啡因皂	鹼用量為 1.6 莫耳數比的咖啡因皂	鹼用量為 1.85 莫耳數比的咖啡因皂	鹼用量為 2.1 莫耳數比的咖啡因皂

表六：月桂醯谷氨酸對鹼的莫耳數比

鹼種類	月桂醯谷氨酸對鹼的莫耳數比 1 : 1.85			
	80%咖啡因皂	60%咖啡因皂	40%咖啡因皂	20%咖啡因皂
三乙醇胺	鹼中三乙醇胺 占 20%	鹼中三乙醇胺 占 40%	鹼中三乙醇胺 占 60%	鹼中三乙醇胺 占 80%
咖啡因	鹼中咖啡因 占 80%	鹼中咖啡因 占 60%	鹼中咖啡因 占 40%	鹼中咖啡因 占 20%

表七：咖啡因混合皂中鹼的含量

肥皂為界面活性劑的一種，具有兩種不同的基團，一種是與水不互溶的長碳烷鏈基，稱為疏水基，另一種是與水互溶的基團，稱親水基，因此能吸附在油與水的界面上，降低兩相之間表面張力。

(一)重量變化

肥皂製作過程需使用溶劑，一般肥皂製作以水為主要溶劑並添加甘油及乙二醇等可溶於水的有機溶劑輔助，但本研究中為了避免干擾量測分析，去除了甘油及乙二醇的使用，以較易揮發的乙醇代替，同時也解決了月桂醯谷氨酸在純水中溶解性不佳的問題。由於本研究使用水及乙醇作為溶劑，因此我們進行了重量變化的追蹤記錄，確認自製肥皂中的溶劑已大部分揮發，重量損失變得穩定之後，才進行肥皂的性質分析，以避免樣品濃度配製誤差干擾性質量測。

(二) pH 值變化

查詢資料後，發現市售肥皂 pH 值大部分為 9~11，而如何製作出接近中性的肥皂則一直是標榜天然原料手工皂的賣點。本研究中除了使用常見的有機鹼、無機鹼來製作肥皂，也使用了可由植物提煉的生物鹼—咖啡因，來製作肥皂，以了解各種鹼、不同的酸鹼莫耳比對 pH 值的影響。

(三)化學性質分析

1. 乳化^[7]

乳化液是一種膠體溶液，其組成為互相混和之兩液體，其中以小粒子狀態存在的為分散相，也稱不連續相，一般來說，分散相的粒子直徑大約介於 0.1~10 微米，而另一項存於乳化液中的為分散介質，即為連續相。

乳化作用分成兩步驟：

- (1) 乳化液表面積的增加以及液滴的破壞及變形
- (2) 由介面活性劑形成新界面的穩定性

而當乳化液形成時，液滴穩定的分散於介質中並非自發性行為，會極欲想分成兩相，即分層，因此需加入乳化劑也就是介面活性劑使其穩定。

2. 起泡性^[8]

當介面活性劑加入水溶液中以攪拌方式，讓空氣進入溶液中，形成氣泡，此時親水基向溶液吸附，而疏水基朝向氣泡內部，氣泡藉由溶液浮力上升，與吸附在溶液表面的介面活性劑形成二分子膜。泡沫本身為不安定狀態，最終會返回穩定狀態，即無泡沫狀態。

泡沫穩定度影響之因素：

- (1) 溶液為適當濃度
- (2) 溶液有適當的表面吸附
- (3) 溶液擁有較低的表面張力
- (4) 氣泡膜具有較高的穩定濃度

3. 表面張力^[5]

任何物質中分子間都具有引力，液體表面分子受左右均等的引力，但對上方空氣分子的引力幾乎為零，而剩下液體內部之引力即為表面張力，而加入介面活性劑表面張力降低是因為，介面活性劑的疏水基在表面形成一層疏水膜，而親水基往內部移動，此方式降低溶液表面分子間的能量。

五、實驗操作方法

(一) 配置樣品：將 0.5g 各種比例的肥皂加入 20ml 的水中，配成肥皂水。

(二) 操作方法^{[2][3]}

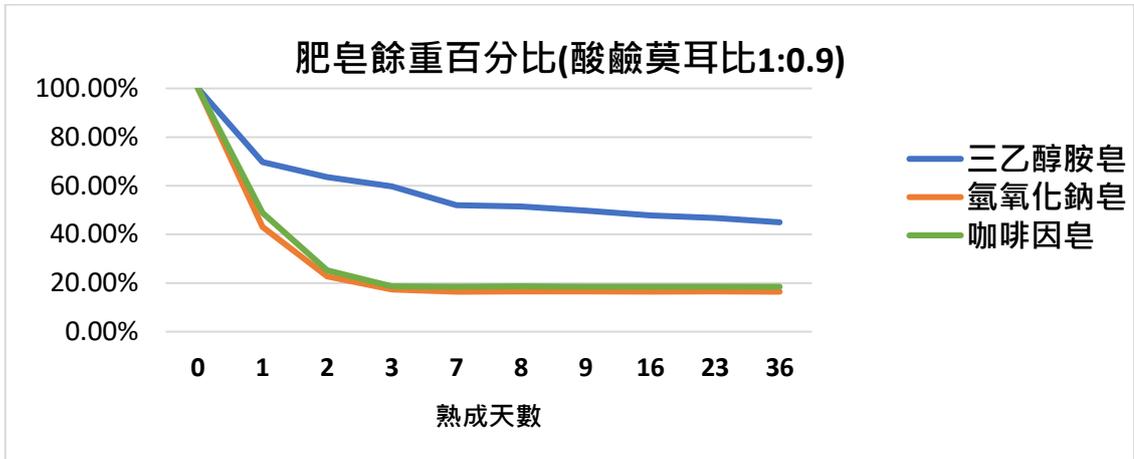
重量變化	pH 值	乳化	起泡性	表面張力
1、將做好的肥皂放上電子天秤秤量。 2、每天記錄，直至一週後改為每週紀錄。	1、配置溶液 2、使用 pH 計測量五次取均值。	1、將肥皂水倒入 sample 中。 2、搖晃 50 秒迅速倒入試管中。 3、量測水層高度。	1、將 5ml 肥皂水倒入大試管中。 2、搖晃 25 秒。 3、量測泡泡的高度。 4、測量五次取平均值。	1、使用表面張力儀測出肥皂水的角度。 2、帶入公式。 $T_{\text{肥皂水}} = T_{\text{水}} \cdot \frac{\theta_{\text{肥皂水}}}{\theta_{\text{水}}}$ 3、算出表面張力數值。 4、測量五次取平均值。

表八:各項性質檢測方法操作步驟

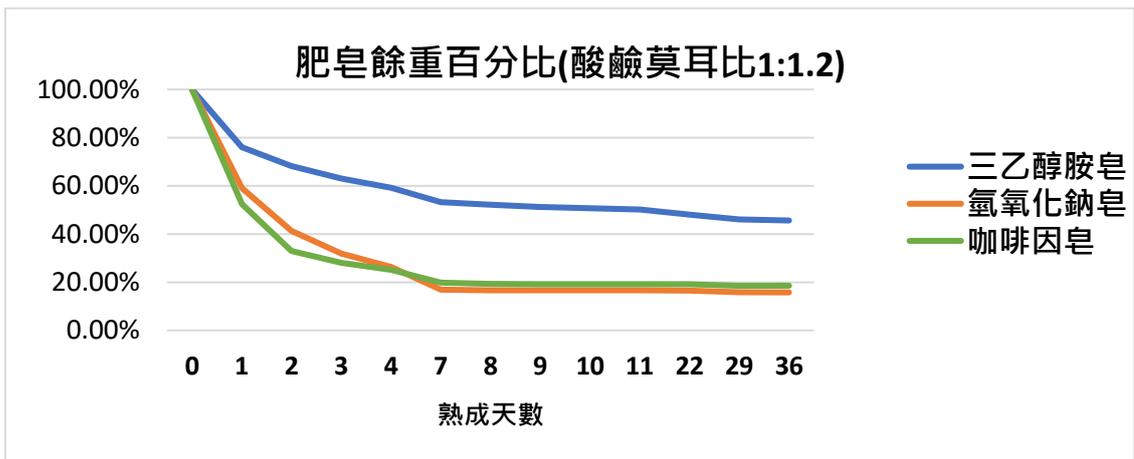
伍、研究結果與討論

一、三乙醇胺皂、氫氧化鈉皂、咖啡因皂的性質比較

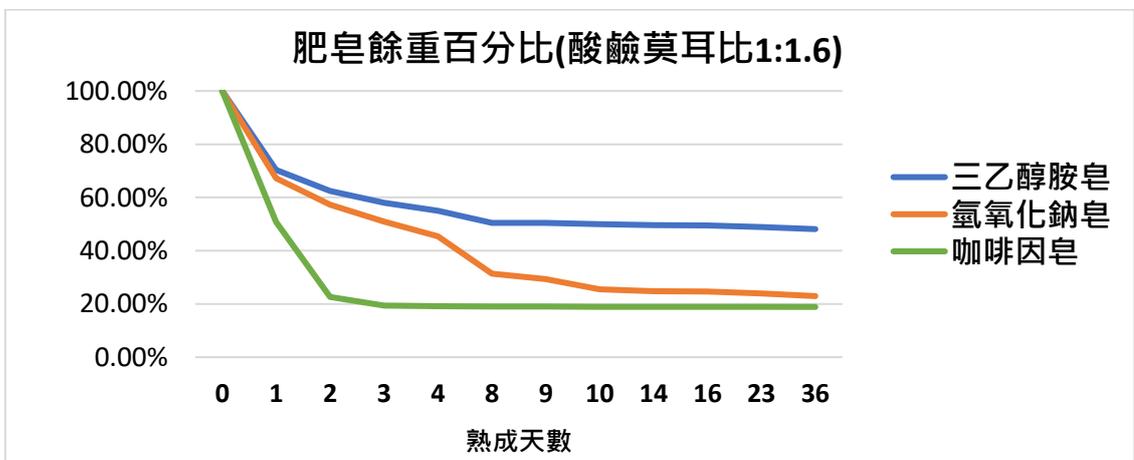
1. 肥皂熟成所需時間



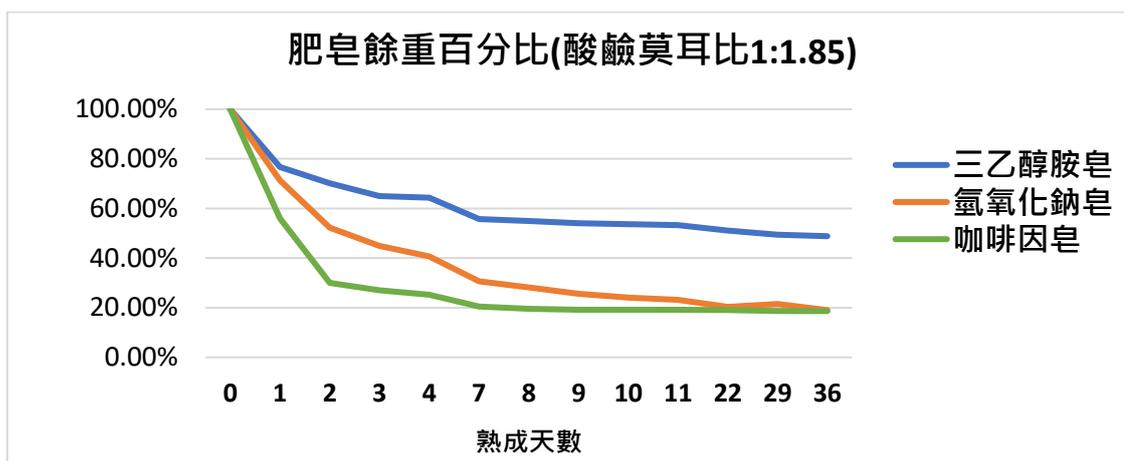
圖七：肥皂餘重百分比(酸鹼莫耳比 1:0.9)



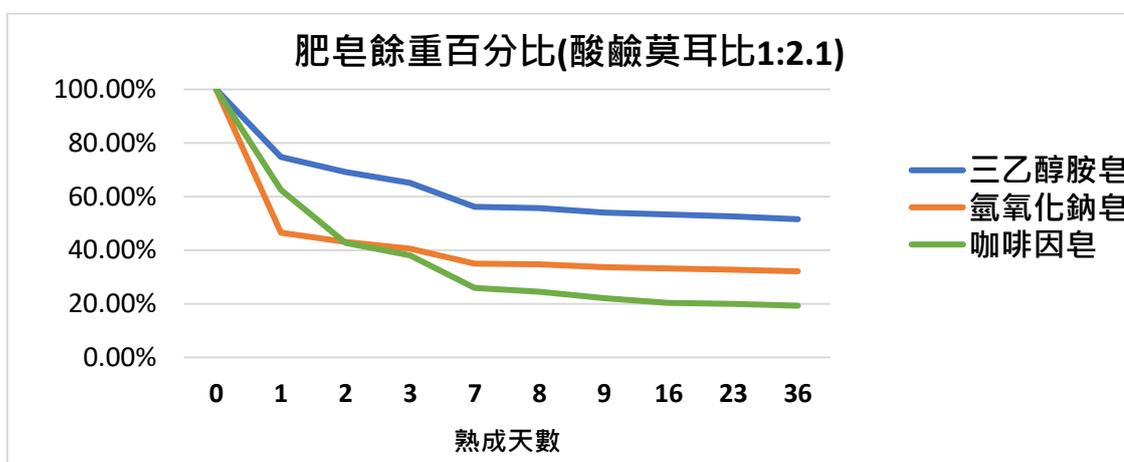
圖八：肥皂餘重百分比(酸鹼莫耳比 1:1.2)



圖九：肥皂餘重百分比(酸鹼莫耳比 1:1.6)



圖十：肥皂餘重百分比(酸鹼莫耳比 1:1.85)



圖十一：肥皂餘重百分比(酸鹼莫耳比 1:2.1)

實驗記錄了各個酸鹼莫耳數比的肥皂在製作後的重量損失，大約一週後重量開始趨於穩定。首先，由於製備過程中使用了乙醇作為溶劑，可能是因為乙醇揮發的速度快，因此在第一天到第三天時的重量損失比較明顯、快速，之後重量損失變慢則可能是因為水的揮發。其次，咖啡因皂使用了較多的乙醇作為溶劑，所以重量損失的速度較快且較多，而三乙醇胺皂則使用了最少的溶劑，所以最快達到目標餘重。

2. 肥皂的 pH 值變化

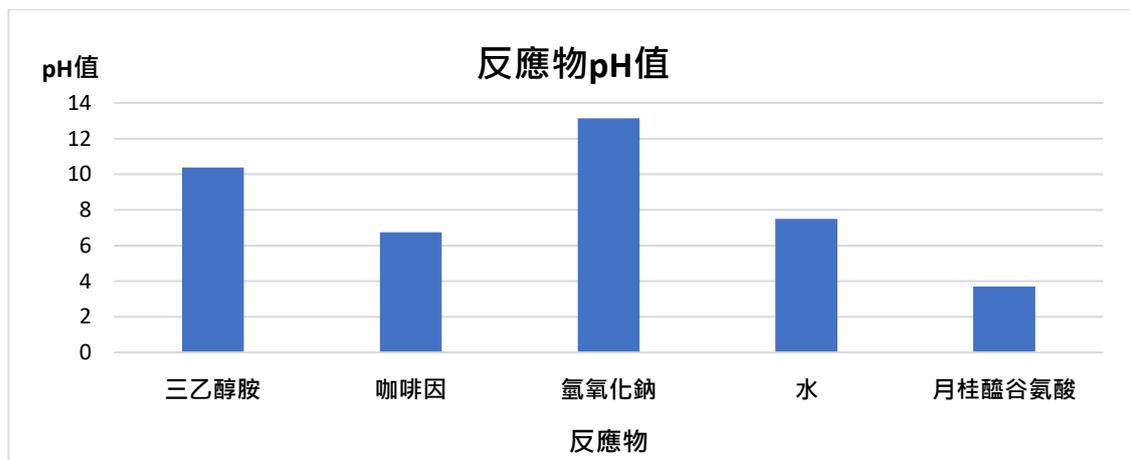
樣品	三乙醇胺*	咖啡因*	氫氧化鈉*	水	月桂醯 谷氨酸*
pH 值	10.38	6.75	13.14	7.51	3.70

*2.5%溶液

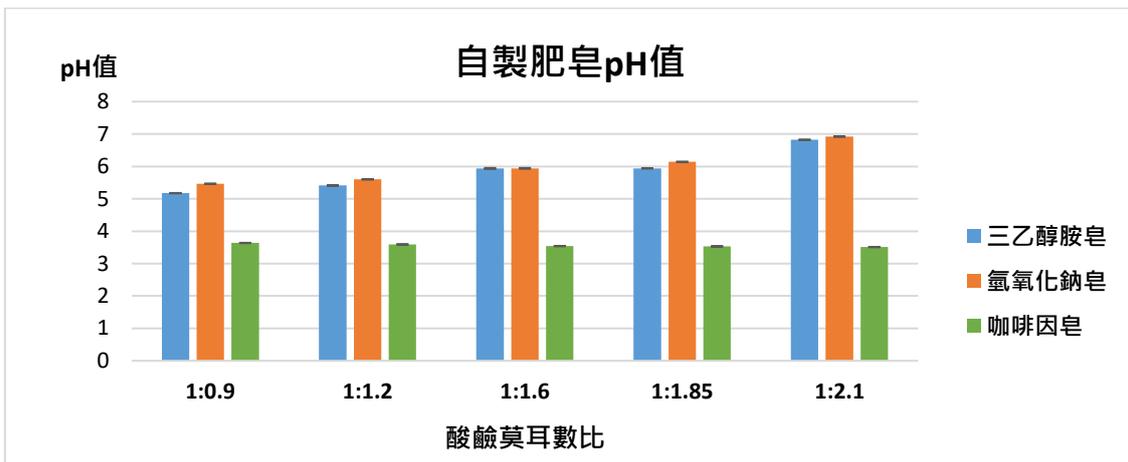
表九：反應物的 pH 值

酸鹼 莫耳數比	pH 值		
	三乙醇胺皂	氫氧化鈉皂	咖啡因皂
1:0.9	5.17	5.46	3.64
1:1.2	5.41	5.60	3.59
1:1.6	5.94	5.94	3.54
1:1.85	5.94	6.14	3.53
1:2.1	6.82	6.92	3.51

表十：自製肥皂的 pH 值



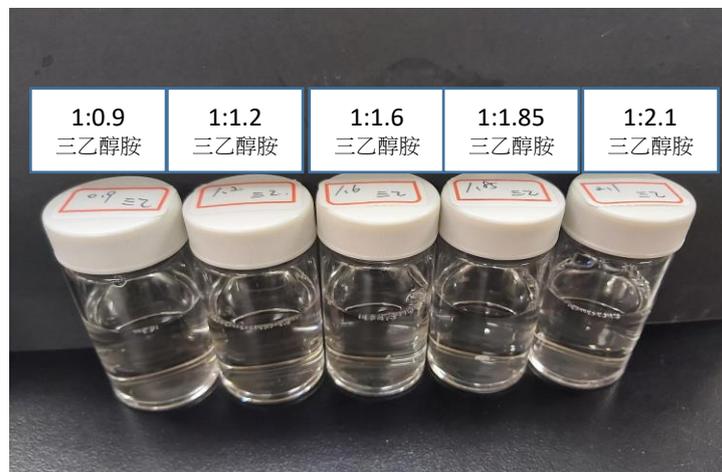
圖十二：反應物的 pH 值



圖十三：自製肥皂的 pH 值

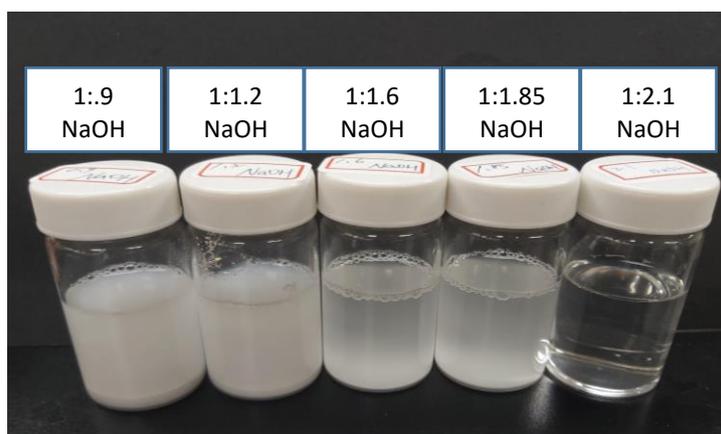
以鹼性來看，氫氧化鈉 > 三乙醇胺 > 咖啡因，其中，咖啡因 pH 值接近中性、月桂醯谷氨酸則是弱酸性。由圖十三中來看，自製的肥皂大致上都有同樣的趨勢，隨著酸鹼莫耳數比的增加，pH 值越來越高。酸鹼莫耳數比 1:0.9、1:1.2、1:1.6、1:1.85 的肥皂都是以鹼為限量試劑，所以肥皂 pH 值呈弱酸性，其中 1:2.1 的肥皂是以月桂醯谷氨酸為限量試劑，所以 pH 值呈弱鹼性。

3. 肥皂的溶解度



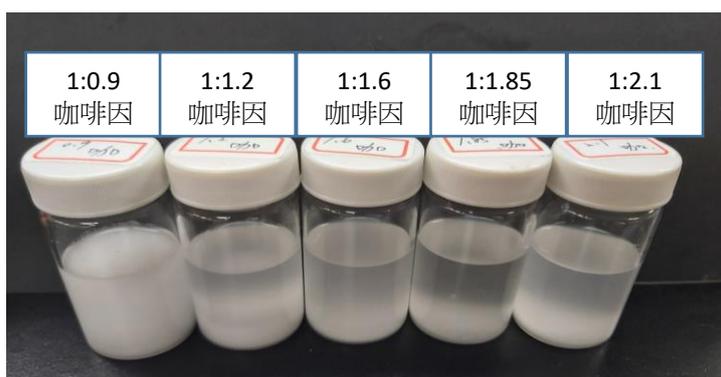
圖十四：三乙醇胺肥皂水溶液

由圖十四可以看出五種酸鹼莫耳數比的三乙醇胺皂溶液都是透明的，可推知三乙醇胺皂的溶解度很好，可以完全溶於水中。



圖十五：氫氧化鈉皂水溶液

由圖十五可以明顯看出只有酸鹼莫耳比 1:2.1 的氫氧化鈉皂溶液是透明的，其他比例的溶液都是呈白色混濁狀，推測是因為氫氧化鈉皂溶解度較差。且可以看出隨著酸鹼莫耳數比越高，氫氧化鈉皂的溶解度越好。



圖十六：咖啡因皂水溶液

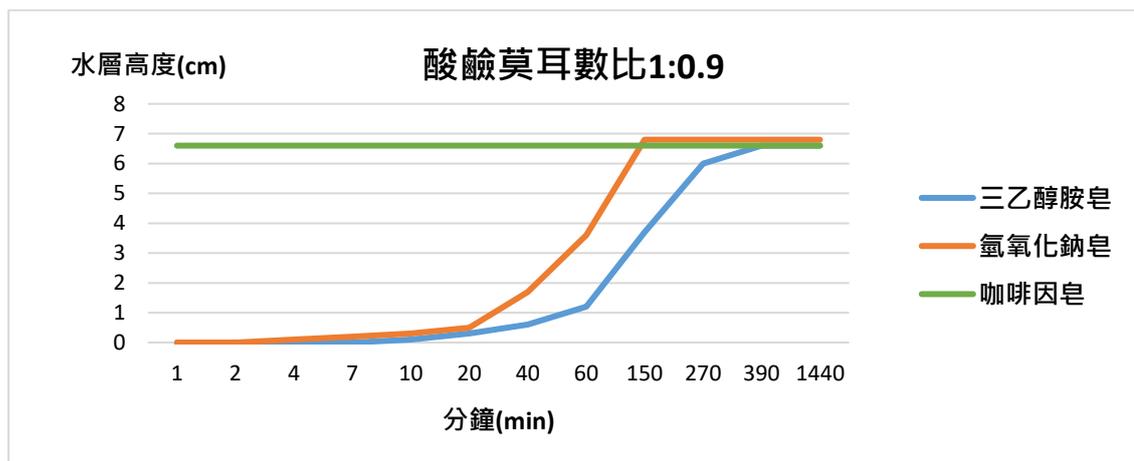
由圖十六可以看出咖啡因皂不管是在哪一種酸鹼莫耳數比下，溶液都呈現白色混濁，推測咖啡因皂的溶解度較差。

4. 肥皂的乳化穩定性

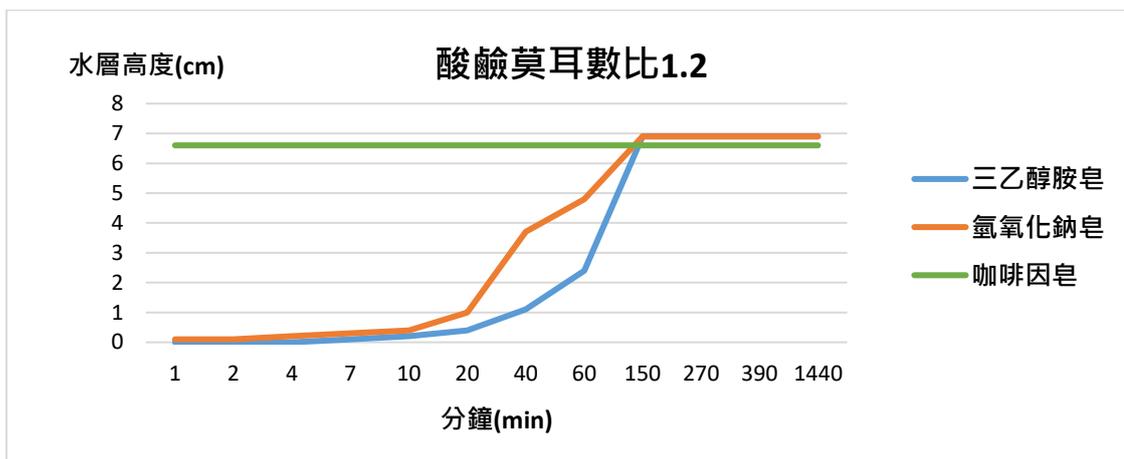
原本乳化穩定性分析應該是將油加入肥皂水中混合，觀察乳化層的穩定性以區分肥皂性能的優劣，但是我們嘗試後發現乳化層會因為沙拉油太過黏稠而形成局部分離的現象，而難以判斷斷乳化層是否消失，因此改用低黏度且不溶於水的有機溶劑「乙酸乙酯」代替市售油進行乳化實驗。

示意圖	
成功：氫氧化鈉皂酸鹼莫耳數比 1 : 0.9 與全乙酸乙酯的乳化反應	失敗：氫氧化鈉皂酸鹼莫耳數比 1 : 0.9 與市售油的乳化反應
 <p>圖十七：使用乙酸乙酯的乳化</p>	 <p>圖十八：使用市售油的乳化</p>

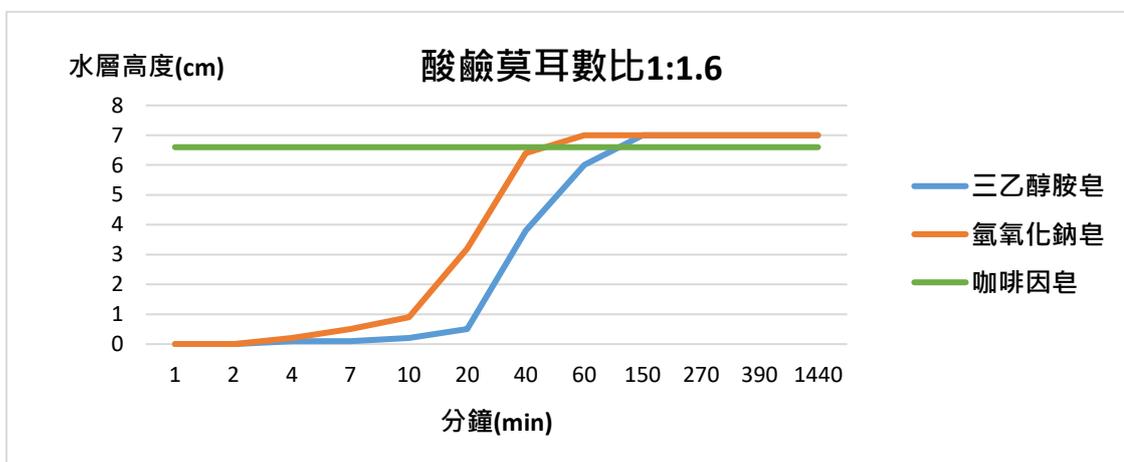
表十一：乳化示意圖



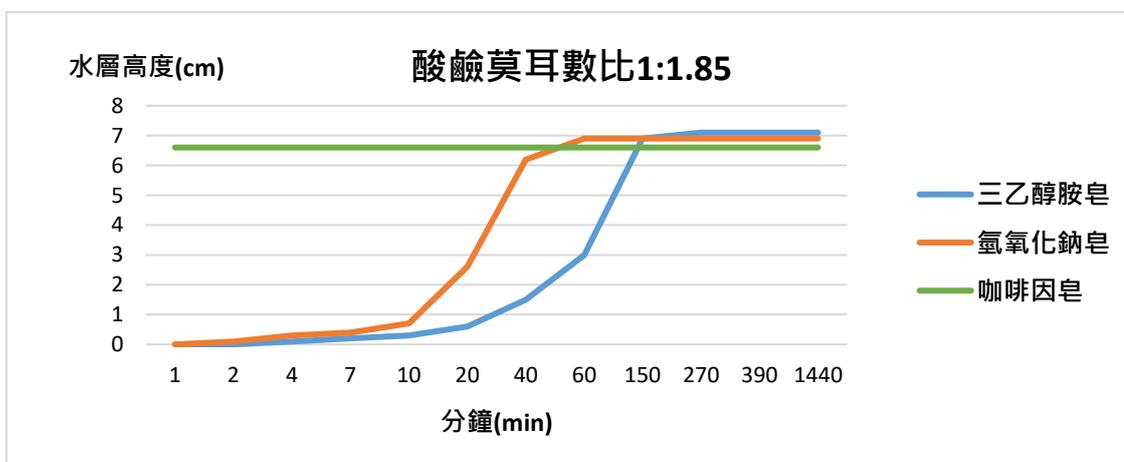
圖十九：酸鹼莫耳數比:1:0.9 三種肥皂水層高度



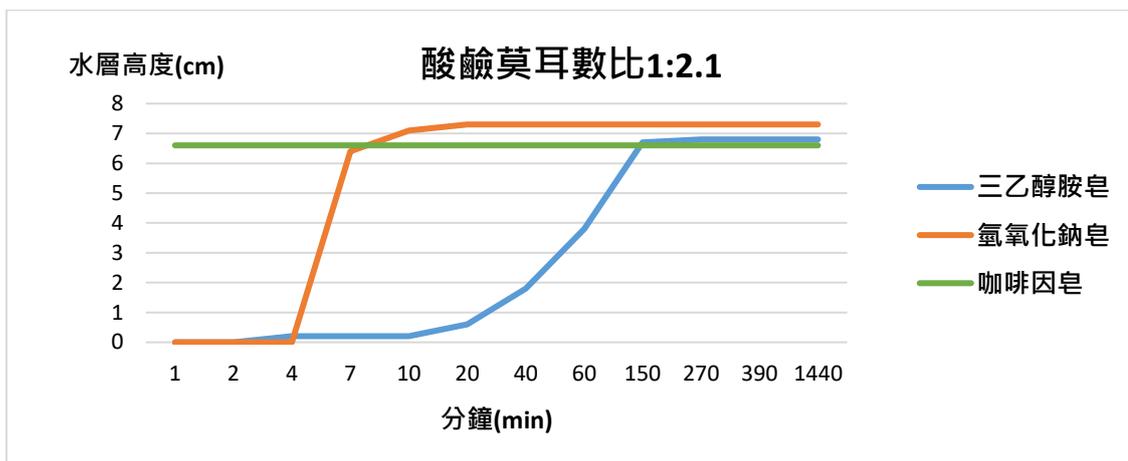
圖二十：酸鹼莫耳數比:1:1.2 三種肥皂水層高度



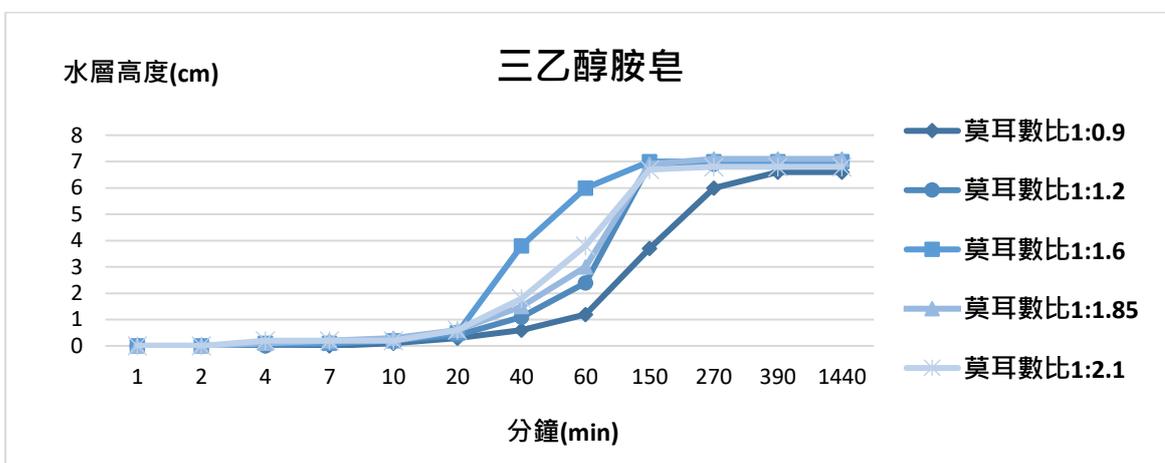
圖二十一：酸鹼莫耳數比:1:1.6 三種肥皂水層高度



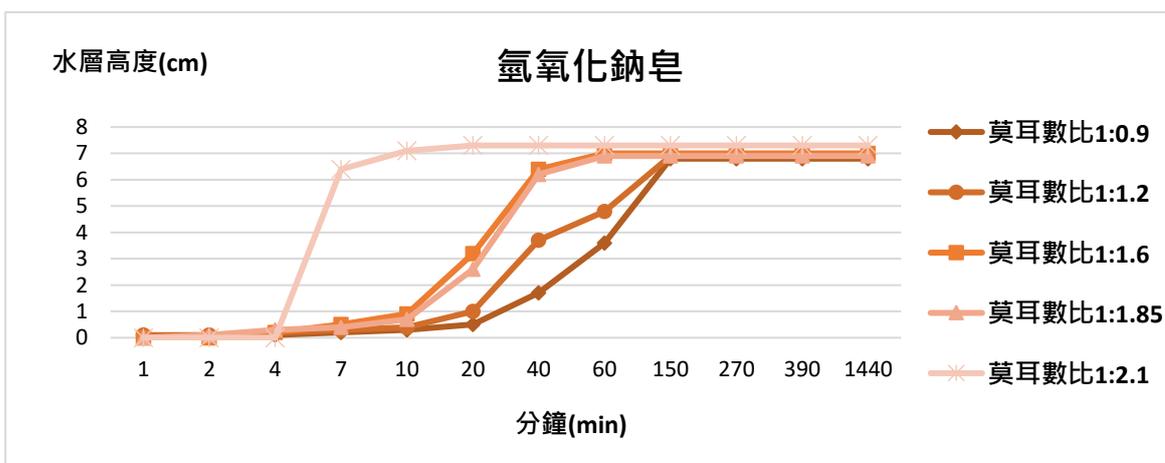
圖二十二:酸鹼莫耳數比:1:1.85 三種肥皂水層高度



圖二十三：酸鹼莫耳數比:1:2.1 三種肥皂水層高度



圖二十四：三乙醇胺皂所有酸鹼莫耳數比的水層高度



圖二十五：氫氧化鈉皂所有酸鹼莫耳數比的水層高度

由於去除了原配方中的干擾物（甘油），並使用了改良的實驗方法，因此乳化實驗可以得到具有鑑別度的結果。

比較不同酸鹼莫耳數比的三乙醇胺皂，可以發現酸鹼莫耳數比 1:0.9 的乳化穩定性最好，隨著酸鹼莫耳數比增加乳化穩定性越差，到 1:1.6 時乳化穩定性最差，之後隨著酸鹼莫耳數比增加乳化穩定性又開始變好。而在不同酸鹼莫耳數比的氫氧化鈉皂中則是隨著酸鹼莫耳數比增加乳化穩定性越差。咖啡因皂則是都沒有良好的乳化穩定性。

5. 起泡性

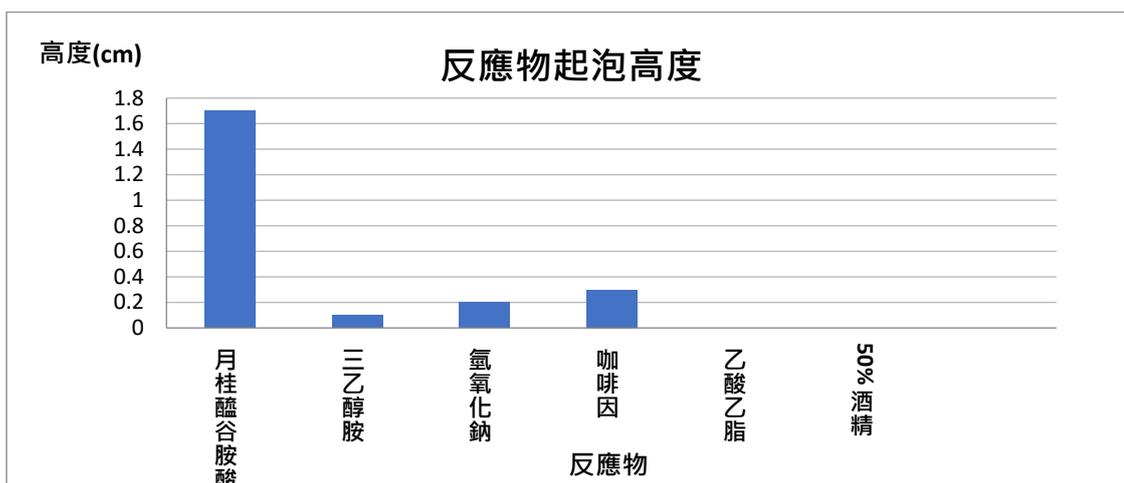
樣品	月桂鹽 谷氨酸*	三乙 醇胺*	氫氧 化鈉*	咖啡因*	乙酸乙酯	50%酒精
起泡高度 (cm)	1.70	0.10	0.20	0.30	0	0

*2.5%溶液

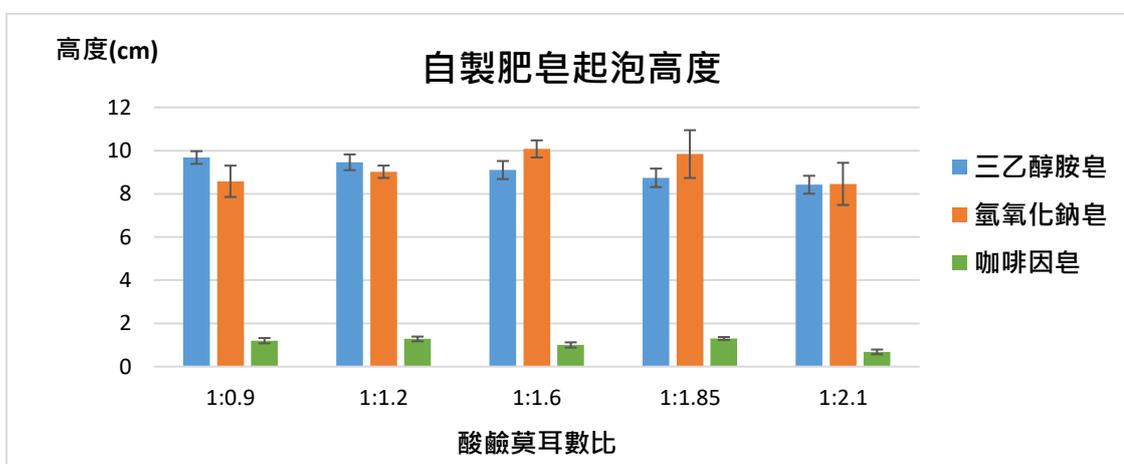
表十二：所有反應物的起泡高度

酸鹼 莫耳數比	起泡高度(高度 cm)		
	三乙醇胺皂	氫氧化鈉皂	咖啡因皂
1:0.9	9.68	8.58	1.20
1:1.2	9.46	9.02	1.28
1:1.6	9.10	10.10	1.00
1:1.85	8.74	9.84	1.30
1:2.1	8.42	8.46	0.68

表十三：自製肥皂的起泡高度



圖二十六：所有反應物的起泡高度



圖二十七：自製肥皂的起泡高度

由圖二十六可知製作肥皂的反應物起泡性都不佳，其中月桂醯谷胺酸有較高的起泡性。圖二十七將所有自製皂放在一起比較可以發現，咖啡因皂的起泡性均沒有良好的表現，三乙醇胺皂則是隨著鹼的莫耳數增加，起泡高度也跟著下降，而氫氧化鈉皂則是在鹼的莫耳數 1.6 時有最佳的表現。

6. 表面張力

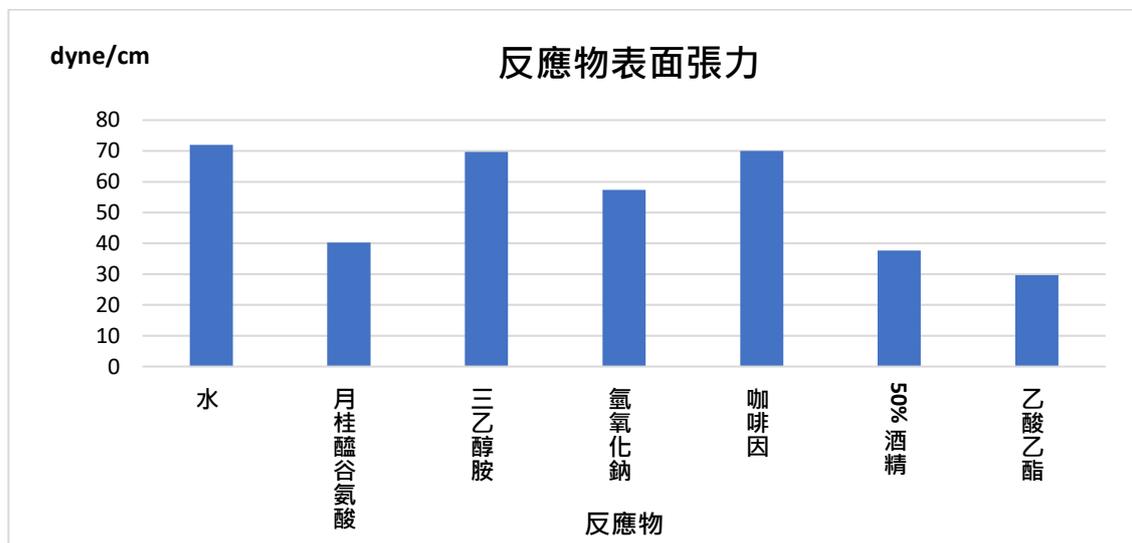
樣品	水	月桂醯谷氨酸*	三乙醇胺*	氫氧化鈉*	咖啡因*	乙酸乙酯	50%酒精
表面張力 (dyne/cm)	72.00	40.27	69.69	57.40	69.67	29.70	37.70

*為 2.5%水溶液

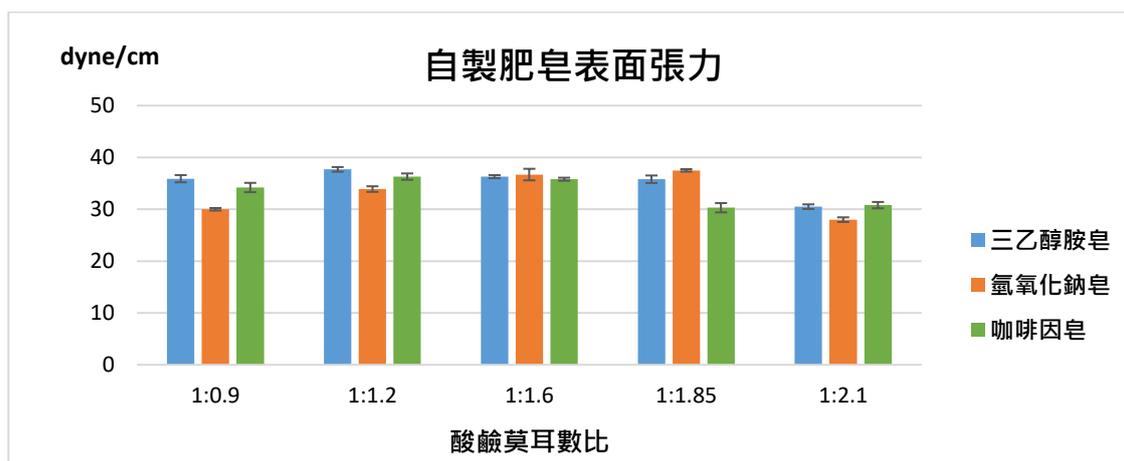
表十四：所有反應物的表面張力

酸鹼 莫耳數比	表面張力(dyne/cm)		
	三乙醇胺皂	氫氧化鈉皂	咖啡因皂
1:0.9	35.90	30.00	34.20
1:1.2	37.70	33.90	36.30
1:1.6	36.30	36.70	35.80
1:1.85	35.80	37.50	30.30
1:2.1	30.50	28.00	30.80

表十五：自製肥皂的表面張力



圖二十八：所有反應物的表面張力



圖二十九：自製肥皂的表面張力

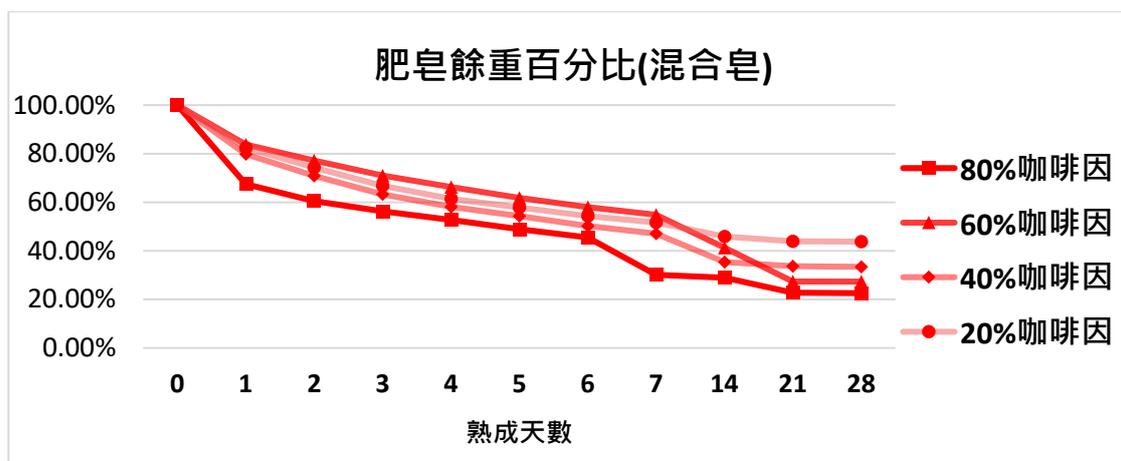
從圖二十八可以發現，起始物中只有月桂醯谷氨酸可以有效降低水的表面張力，表面張力值約為 40。由圖二十九可知自製肥皂在酸鹼莫耳數比 1:2.1 時，表面張力數值最低，約為 28~30。

由上述實驗可知，自製肥皂不論使用有機鹼、無機鹼或是生物鹼均可以製成肥皂，但是咖啡因皂的性質明顯不佳，因此後續對咖啡因皂進行改良。

二、咖啡因混合皂

根據前一部分的實驗發現咖啡因皂在各項性質的表現皆比三乙醇胺皂與氫氧化鈉皂差，於是嘗試將咖啡因轉換成添加物，將咖啡因與三乙醇胺混合，以酸鹼莫耳數比 1:1.85 的化學劑量進行實驗，將鹼的反應物配製成咖啡因與三乙醇胺重量分別為 4:1（80% 咖啡因皂）、3:2（60% 咖啡因皂）、2:3（40% 咖啡因皂）、1:4（20% 咖啡因皂），並分析混合皂的各項性質。

1. 肥皂熟成所需時間



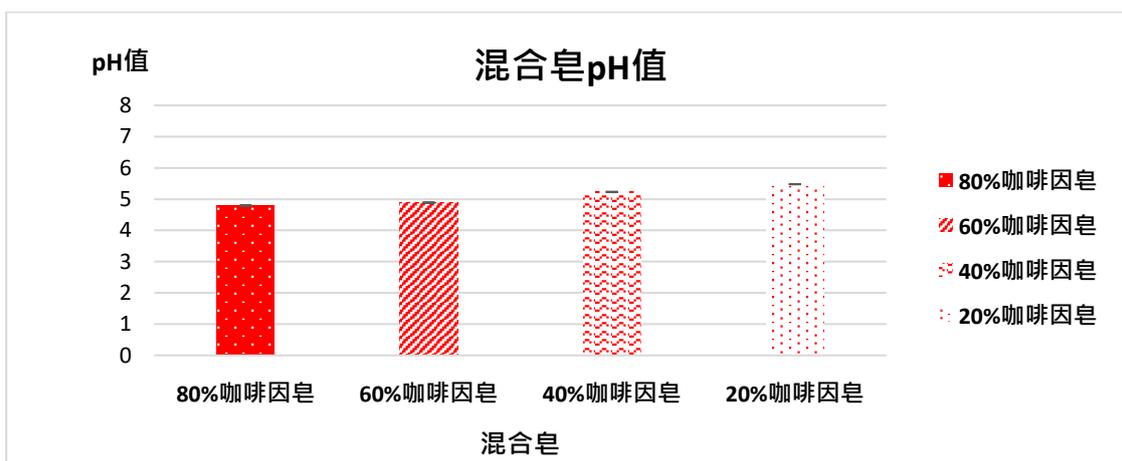
圖三十：肥皂餘重百分比(混合皂 20% 咖啡因)

由上圖可得一開始的重量變化較明顯，是因為乙醇的揮發，而後續重量則為水的揮發，肥皂餘重大多在 21 天後趨於穩定。由於咖啡因溶解度較差，製成肥皂時需要較多的乙醇，因此混合皂中咖啡因含量越多，乙醇溶劑的用量越多，最終混合皂的餘重百分比也可以看見為 80% 的最低，再來依序是 60%、40%、20%。

2. 混合皂 pH 值

混合皂	80% 咖啡因皂	60% 咖啡因皂	40% 咖啡因皂	20% 咖啡因皂
pH 值	4.80	4.90	5.20	5.50

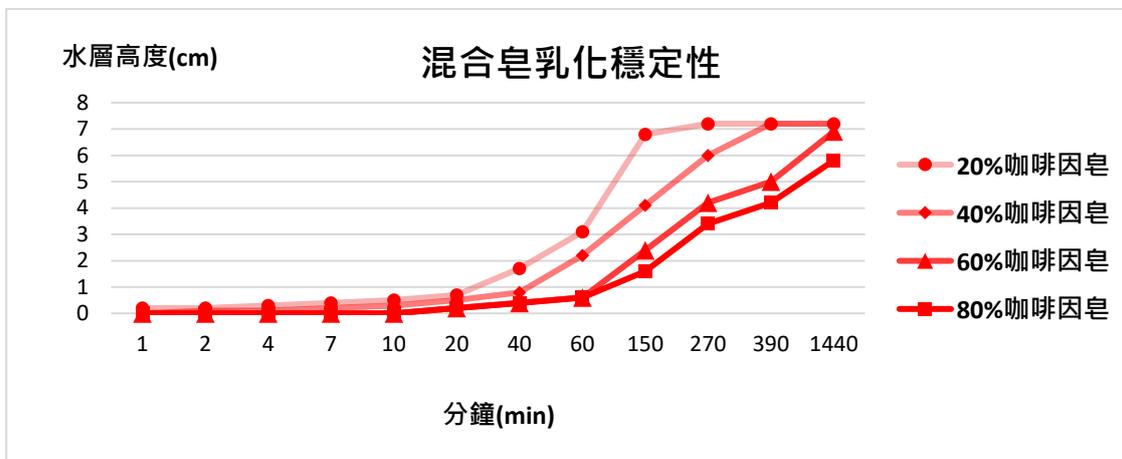
表十六：混合皂 pH 值



圖三十一：混合皂 pH 值

由圖三十一可得知混合皂中的咖啡因比例越少，pH 值越接近中性，原因是混合皂中的鹼是由偏酸性的咖啡因與鹼性的三乙醇胺混合，因此當混合皂中三乙醇胺比例越高時，pH 值則越接近中性。相對於咖啡因皂而言，咖啡因皂的 pH 值為 3~4，由此可知改良後的咖啡因混合皂會更接近中性，對肌膚的刺激較低。

3. 乳化穩定性



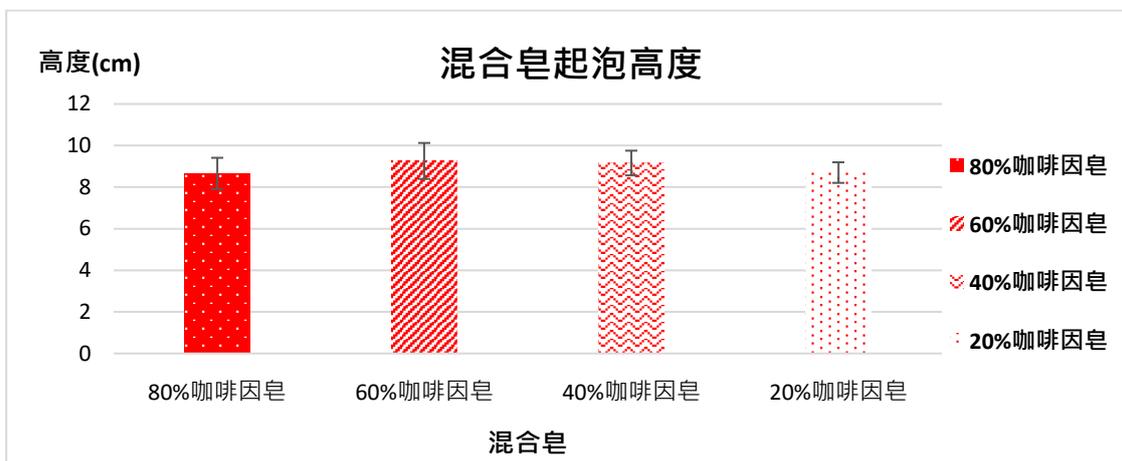
圖三十二：四種混合皂的水層高度

由圖三十二可知當咖啡因含量越高時乳化穩定性越好。比起原本的咖啡因皂而言，咖啡因皂不論在何種酸鹼莫耳數比之下，皆沒有良好的有乳化穩定性，但改良後的咖啡因混合皂，乳化穩定性皆大幅提升，其中 80% 的咖啡因混合皂甚至與具有良好的乳化穩定性的三乙醇胺皂不相上下。

4. 起泡性

混合皂	80%咖啡因	60%咖啡因	40%咖啡因	20%咖啡因
起泡高度 (cm)	8.66	9.26	9.16	8.70

表十七：混合皂的起泡高度



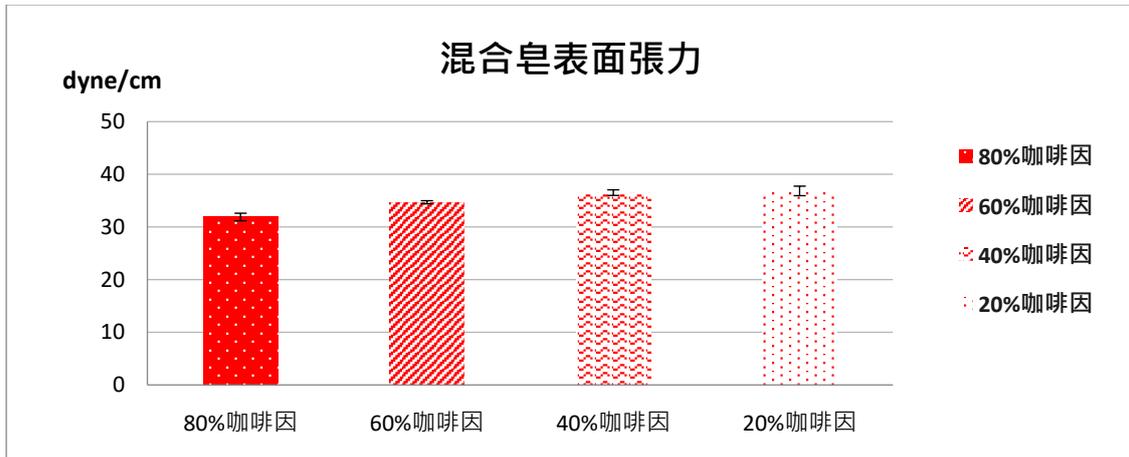
圖三十三：混合皂的起泡高度

從圖三十三可知混和皂在咖啡因含量比例為 60%、40%時有較佳的起泡性，而咖啡因比例 80%、20%時起泡性則是稍微低一點，但整體而言與先前的咖啡因皂相比，咖啡因皂幾乎沒有起泡性，改良後的咖啡因混合皂起泡性則有大幅提升，甚至與三乙醇胺皂、氫氧化鈉皂的起泡性差不多。

5. 表面張力

混合皂	80%咖啡因	60%咖啡因	40%咖啡因	20%咖啡因
表面張力 (dyne/cm)	31.90	34.69	36.52	36.84

表十八：混合皂的表面張力



圖三十四：混和皂的表面張力

由圖三十四可知混和皂的表面張力會隨著咖啡因含量增加，表面張力的表現變好，有較低的表面張力值。

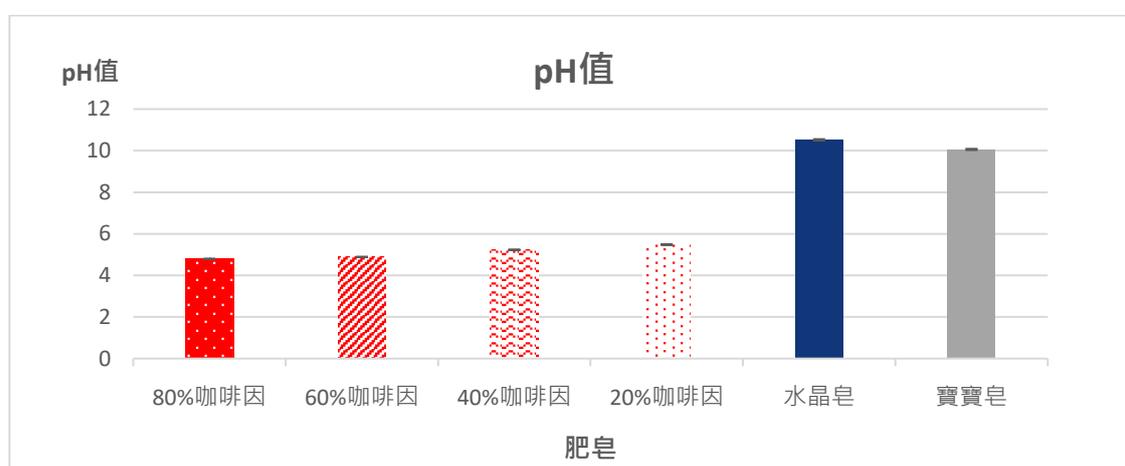
三、咖啡因混合皂與市售肥皂性質分析

由實驗可以發現改良後的咖啡因混合皂各項性質皆明顯變好，相較於咖啡因皂有更突出的表現。接下來的實驗試著將咖啡因混合皂與市售肥皂進行比較，我們將水晶皂與寶寶皂作為市售肥皂代表，與自製肥皂比較，進一步確認各項性質的差異。

1. pH 值

樣品	80%咖啡因	60%咖啡因	40%咖啡因	20%咖啡因	寶寶皂	水晶皂
pH 值	4.79	4.89	5.23	5.48	10.52	10.06

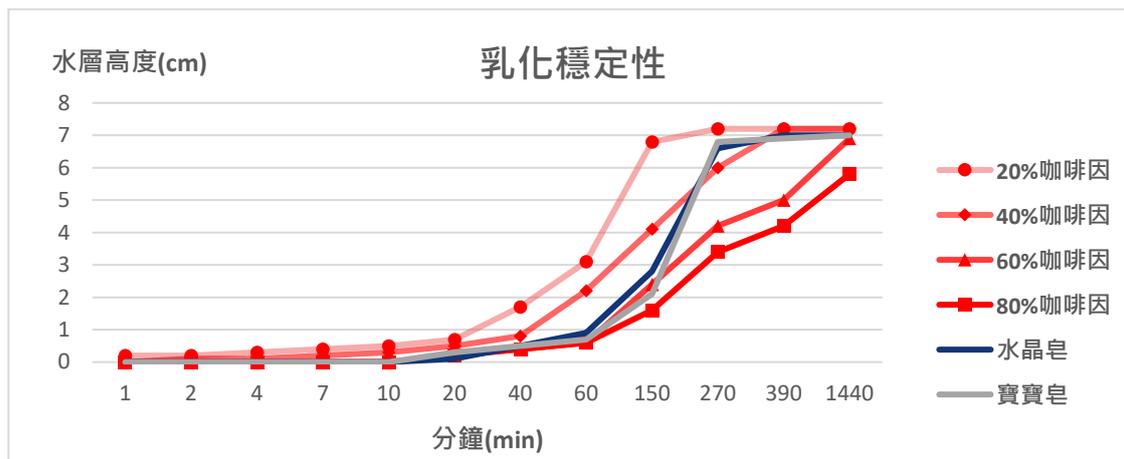
表十九：混合皂與市售肥皂的 pH 值



圖三十五：混合皂與市售肥皂的 pH 值

由圖三十五比較咖啡因混合皂與市售肥皂的 pH 值可以發現，混合皂的 pH 值在 4~6 之間，市售肥皂 pH 值則約為 10，相比之下咖啡因混合皂 pH 值較為中性。

2. 乳化穩定性



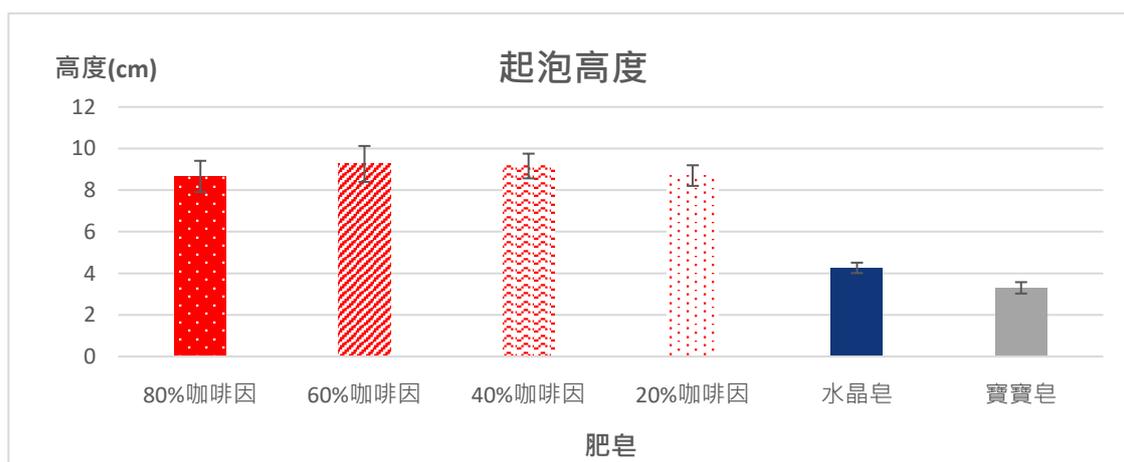
圖三十六：混合皂與市售肥皂的乳化比較圖

由圖三十六可知，咖啡因混合皂的乳化穩定性在 80%、60%的比例時，乳化穩定性較市售肥皂來得更好，而 20%的乳化穩定性則是比市售肥皂差，但整體而言，改良後的咖啡因混合皂乳化穩定性與市售肥皂不相上下。

3. 起泡性

樣品	80% 咖啡因	60% 咖啡因	40% 咖啡因	20% 咖啡因	寶寶皂	水晶皂
起泡高度 (cm)	8.66	9.26	9.16	8.70	4.26	3.30

表二十：混合皂與市售肥皂的起泡高度



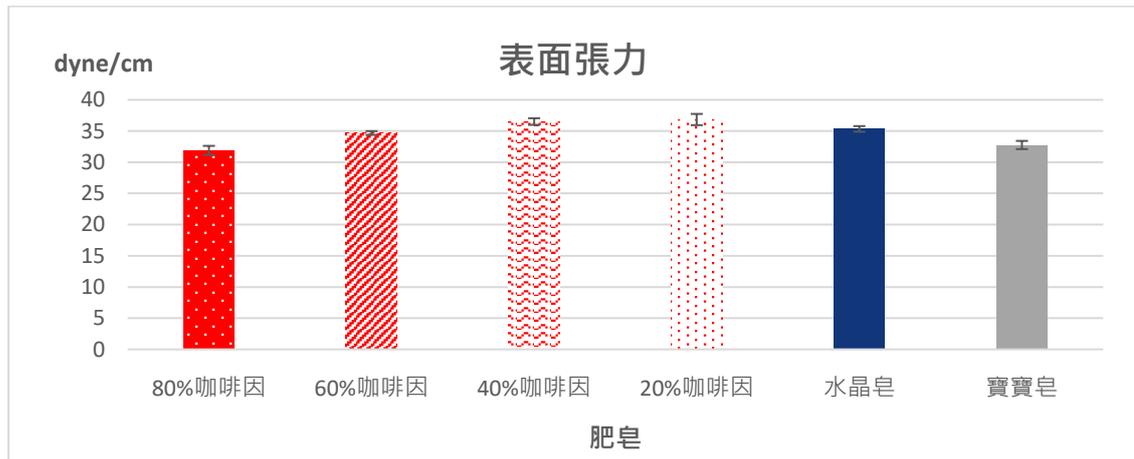
圖三十七：混合皂與市售肥皂的起泡高度

由圖三十七可知，改良後的咖啡因混合皂，不論在何種比例下，起泡性都比市售肥皂來得更好，而咖啡因混合皂的起泡高度幾乎為市售肥皂的兩倍。

4. 表面張力

樣品	80%咖啡因	60%咖啡因	40%咖啡因	20%咖啡因	寶寶皂	水晶皂
表面張力 (dyne/cm)	31.90	34.69	36.52	36.85	35.34	32.76

表二十一：混合皂與市售肥皂的表面張力



圖三十八：混合皂與市售肥皂的表面張力

由圖三十八可知，咖啡因混合皂與市售肥皂的表面張力相比，數值差異不大，且在比例為 80% 時，表面張力值甚至比市售肥皂還低，顯示咖啡因混合皂與市售肥皂相比，更能有效降低水的表面張力。

四、成本比較

樣品	三乙醇胺	咖啡因	月桂醯 谷氨酸	氫氧化鈉	75%乙醇
(元/克)	0.47	2.52	1.03	0.13	0.14

表二十二:反應物成本

成本(元/克)					
酸鹼莫耳比	1:0.9	1:1.2	1:1.6	1:1.85	1:2.1
咖啡因皂	2.02	1.95	2.26	2.01	2.14
三乙醇胺皂	0.92	0.84	0.87	0.73	0.71
氫氧化鈉皂	1.71	1.55	1.24	1.20	1.09

表二十三:自製肥皂成本

樣品	80% 咖啡因	60% 咖啡因	40% 咖啡因	20% 咖啡因	寶寶皂	水晶皂
(元/克)	1.80	1.51	1.27	1.02	0.23	0.13

表二十四:混合皂以及市售肥皂成本

根據表二十二、二十三、二十四可知，因為反應物咖啡因的成本較高，所以自製肥皂的成本高，但改良後的咖啡因混合皂，因為調整了咖啡因的含量，使得成本降低。

陸、結論

- 一、由本次實驗可以發現，調整肥皂的配方，減少添加物，可使量測更準確。
- 二、自製肥皂使用了自製的配方，調整了不同酸鹼莫耳數比進行皂化，可以發現量測出來的性質良好，皂化成功。
- 三、為了改善咖啡因皂的性質，進行了咖啡因混合皂的製作，發現可以有效提升各項肥皂的性質，並降低成本。
- 四、自製肥皂在各項性質的表現上不會輸給市售肥皂，以咖啡因混合皂為例，其乳化穩定性大部分皆比市售肥皂來得更好；起泡性良好，數值更為市售肥皂的兩倍；表面張力的表現也與市售肥皂不相上下，而 80%的咖啡因混合皂甚至比市售肥皂具有更低的表面張力數值。

由本次實驗可以發現，使用有機鹼與生物鹼來合成自製肥皂時，除了咖啡因皂之外，各項性質都能有不錯的表現。在改良後的咖啡因混合皂中，有效地提升了肥皂的各項性質，甚至與市售肥皂不相上下。未來或許可以朝向降低成本且量產的方向進行，研發出具有良好性質的咖啡因皂。

柒、參考資料

1. 張珈豪(2014)。胺基酸型界面活性劑與直接染料之相互作用及染色性能。萬能科技大學碩博士論文系統
2. 楊沅蓁、黃歆芸、周筠芯(第 58 屆中小學科展)·乾坤再造~不一樣的皂化
3. 吳誌偉、吳俞霖(台灣二〇〇五年國際科學展覽會)·油脂皂化反應的實驗設計與探討
4. 肥皂的綿密泡沫從哪裡來? : <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sB0u.htm>
5. 表面張力的應用: <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s9O4.htm>
6. 皂化反應:
<https://zh.m.wikipedia.org/wiki/%E7%9A%82%E5%8C%96%E5%8F%8D%E5%BA%94>
7. 乳化原理以及影響乳化的因素 <https://m.xuite.net/blog/wang077404556/twblog/152588235>
8. 泡沫性能的測試: <http://www.surfactant.com.cn/file/pdf/wenxian/泡沫性能的测试和评价方法进展.pdf>

【評語】 050205

本科展作品想知道肥皂性質的好壞是否會受到反應物鹼的種類或是不同比例用量的影響，本實驗使用了有機鹼、無機鹼和生物鹼以及月桂醯谷氨酸來行皂化反應，藉此製作出三種不同的肥皂。這三種肥皂皆以五種比例來製作，分別為酸鹼莫耳數比 1：0.9、1：1.2、1：1.6、1：1.85、1：2.1，並進行肥皂性質的測試，分別為 pH 值、乳化穩定性、起泡性以及表面張力。優點為檢測的項目很多元，但缺點為

1. 肥皂是由脂肪酸與鹼進行皂化反應後生成的脂肪酸鈉鹽，使用脂肪酸的原因是因為其有疏水性部位，可包裹污穢，改用較親水性的酸鹼可能除污的效果變差。
2. 雖是簡單的化學反應，但成本較高。

另外有些問題可繼續探討

1. 月桂醯谷氨酸有二個 COOH，二個的反應程度如何？
2. 三乙醇胺有三個 OH，反應程度如何？
3. 所謂酸鹼的莫爾比是不考慮多個 COOH and OH 吧？
4. 咖啡因是很弱的鹼吧？
5. 由於製備過程中使用了乙醇作為溶劑，可能是因為乙醇揮發的速度快，因此在第一天到第三天時的重量損失比較明

顯、快速，之後重量損失變慢則可能是因為水的揮發。所以圖十一的目的何在？

6. 由圖十四可以看出五種酸鹼莫耳數比的三乙醇胺皂溶液都是透明的，可推知三乙醇胺皂的溶解度很好，可以完全溶於水中。使用多少濃度的皂？若逐漸加量，何種皂的溶解度較低？
7. 圖十七、十八何謂成功或失敗的乳化反應？
8. 改良後的咖啡因皂的咖啡因有參與在皂化反應嗎？

作品簡報

香胰子 - 咖啡因製作肥皂的可能性

科 別：化學科
組 別：高級中等學校組

研究目的

- 一、製作無**添加物**的肥皂：避免甘油與丁二醇等可溶於水也可溶於油的添加物干擾量測。
- 二、以月桂醯谷氨酸搭配**生物鹼**、**有機鹼**、**無機鹼**製作肥皂。
- 三、比較不同的**酸鹼莫耳數比**做出來的肥皂性質。
- 四、根據分析結果**改良自製肥皂**，並與市售肥皂進行比較。

研究方法

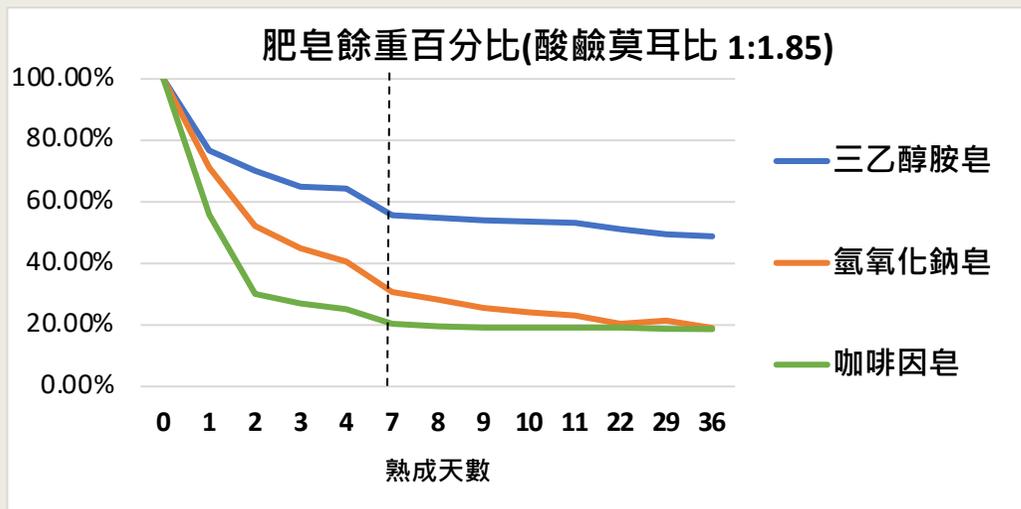
參考常見的自製肥皂比例，調整配方製作樣品肥皂，檢測自製肥皂的性質，並與市售肥皂進行比較。

- (一)重量變化
- (二)溶解度
- (三)pH值變化
- (四)乳化穩定性
- (五)起泡性
- (六)表面張力

研究結果與討論

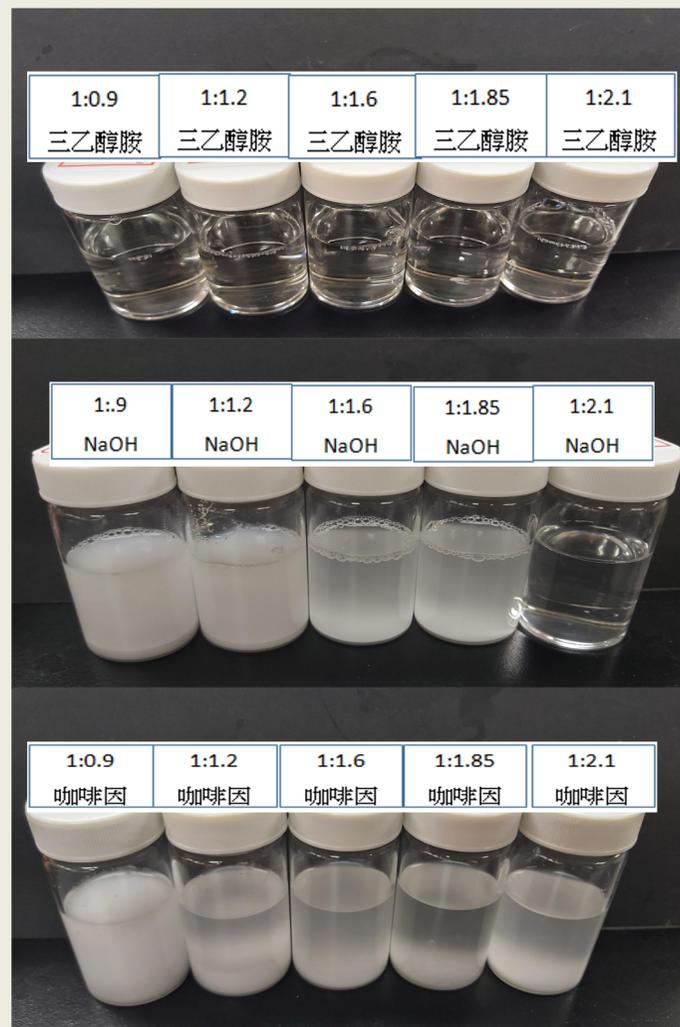
三乙醇胺皂、氫氧化鈉皂及咖啡因皂

一、重量變化



1. 以其中一組為例，自製肥皂的重量損失大約一週後開始趨於穩定。
2. 利用一週後的熟成肥皂測量性質，避免誤差。

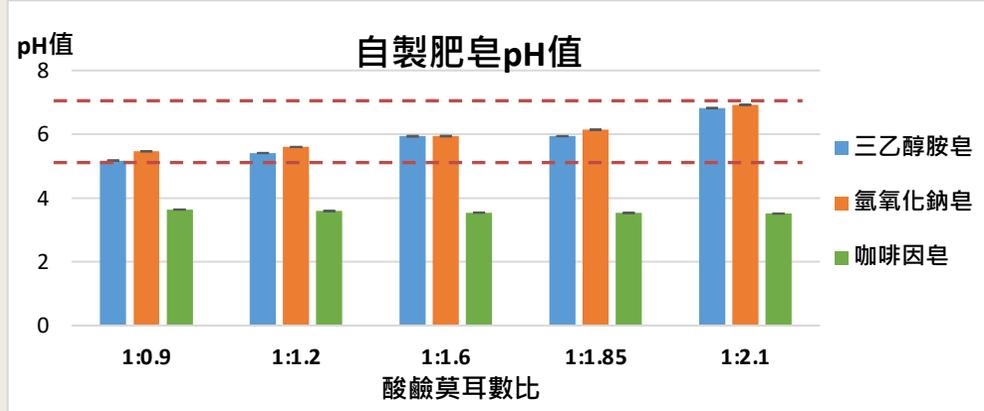
二、溶解度



1. 三乙醇胺皂溶解度都很好，咖啡因皂則是都很差。
2. 氫氧化鈉皂隨著酸鹼莫耳數比增加越澄清，可能代表皂化程度越高水溶性越好。

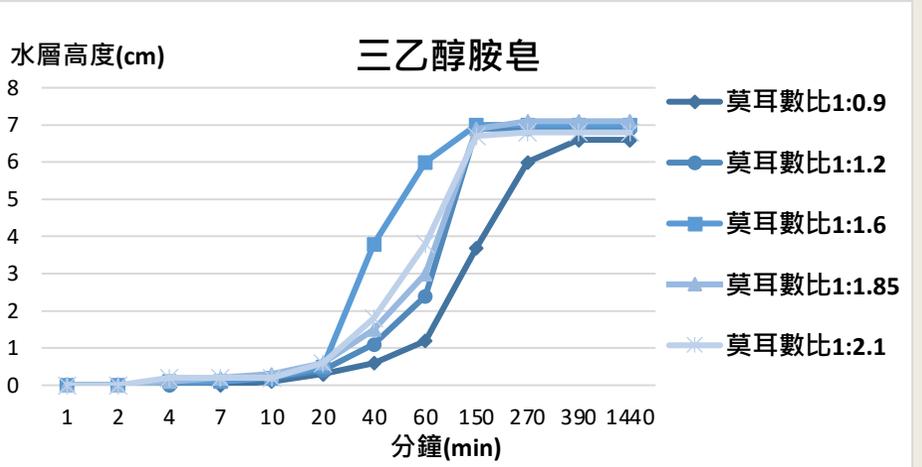
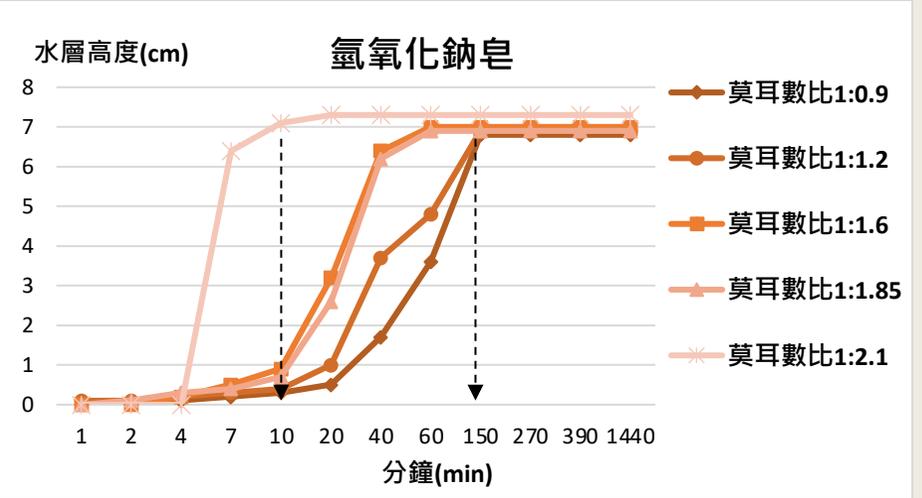
三乙醇胺皂、氫氧化鈉皂及咖啡因皂

三、pH值



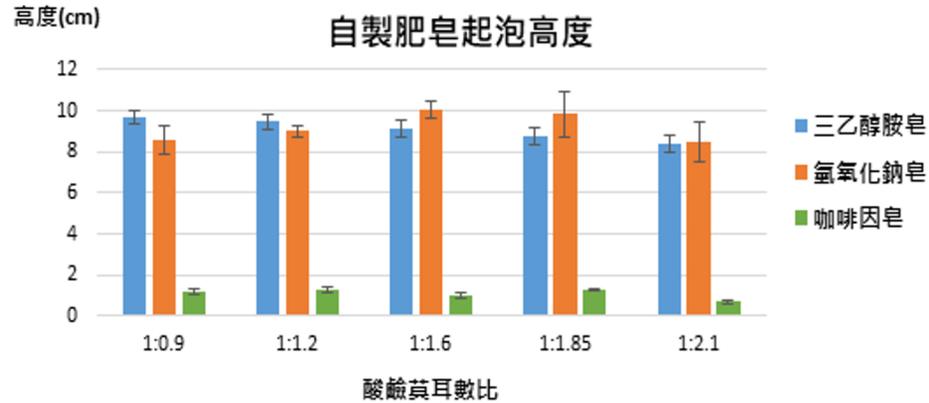
- 1. 氫氧化鈉皂及三乙醇胺皂pH值都介於5~7。
- 2. 肥皂中鹼含量越多，pH值就越高。

四、乳化穩定性



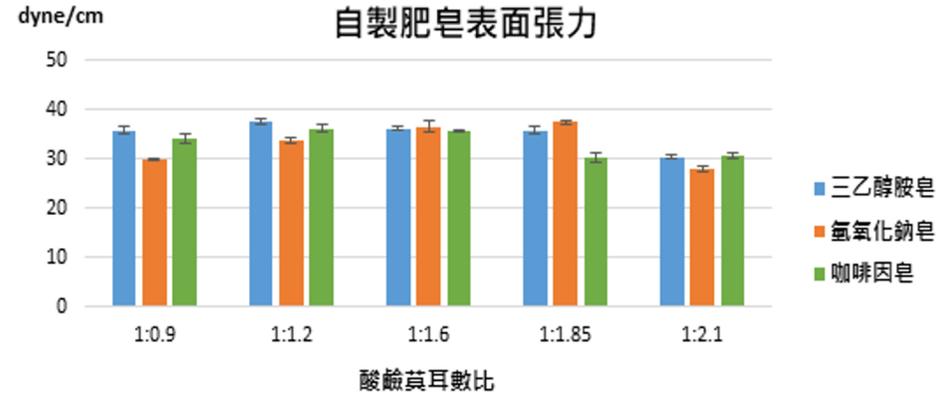
- 1. 氫氧化鈉皂最快回到原本水層高度的是酸鹼莫耳比1:2.1，最慢的是1:0.9。
- 2. 三乙醇胺皂落差不大，最慢的是酸鹼莫耳比1:0.9，而最快的是1:1.6。

五、起泡性



1. 咖啡因皂的起泡性都很差。
2. 三乙醇胺皂與氫氧化鈉皂起泡性都很好。

六、表面張力

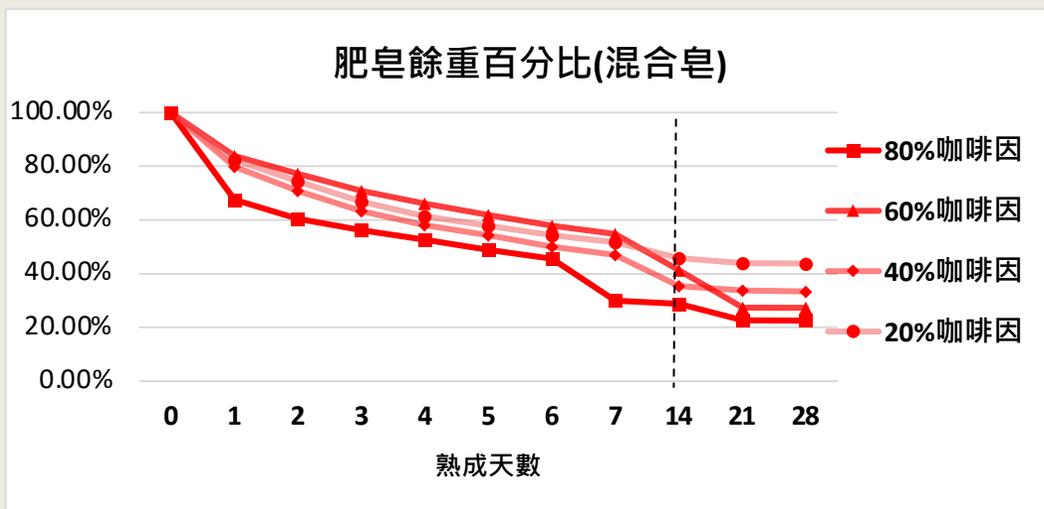


三種肥皂皆在酸鹼莫耳數比1:2.1時表面張力降得最低。

由上述實驗結果可知，自製肥皂不論使用有機鹼、無機鹼或是生物鹼均可以製成肥皂，而為了改善咖啡因皂的性質，繼續製作了咖啡因加三乙醇胺的混合皂。

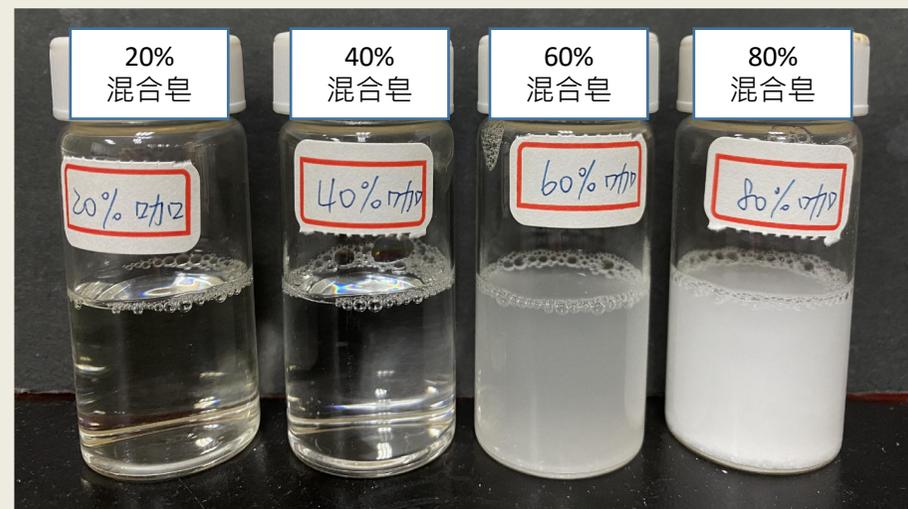
咖啡因混合皂

一、重量變化與時間關係



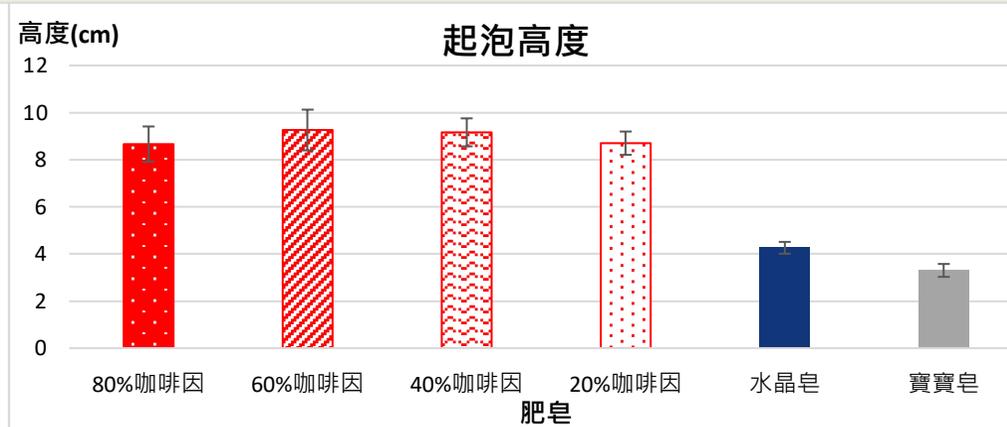
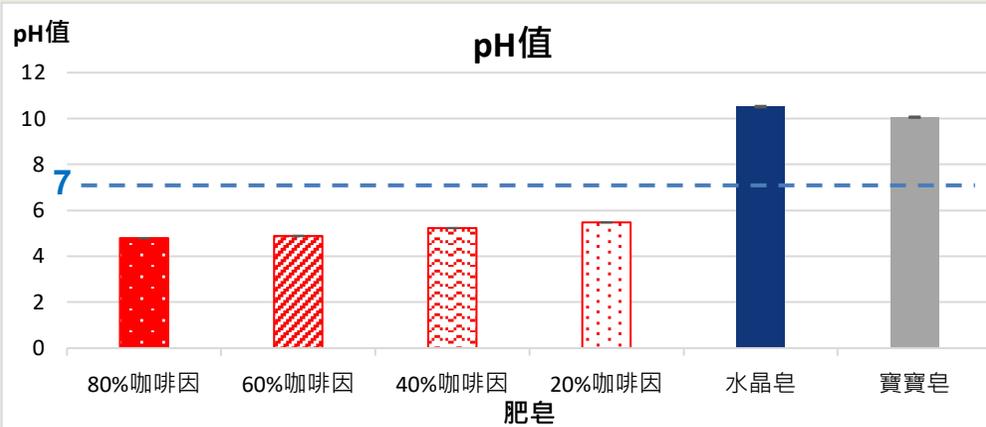
1. 重量損失約在兩週後趨於穩定。
2. 咖啡因用量越多的肥皂，熟成後剩餘的重量百分比就會越少。

二、溶解度



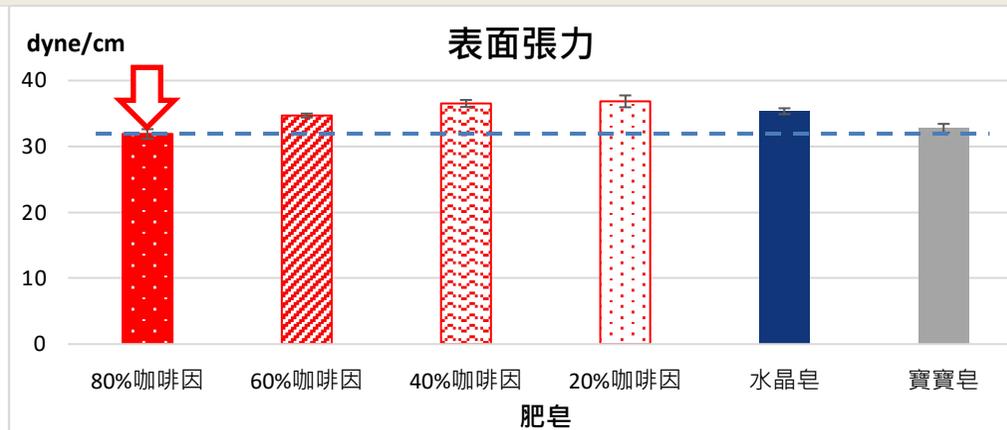
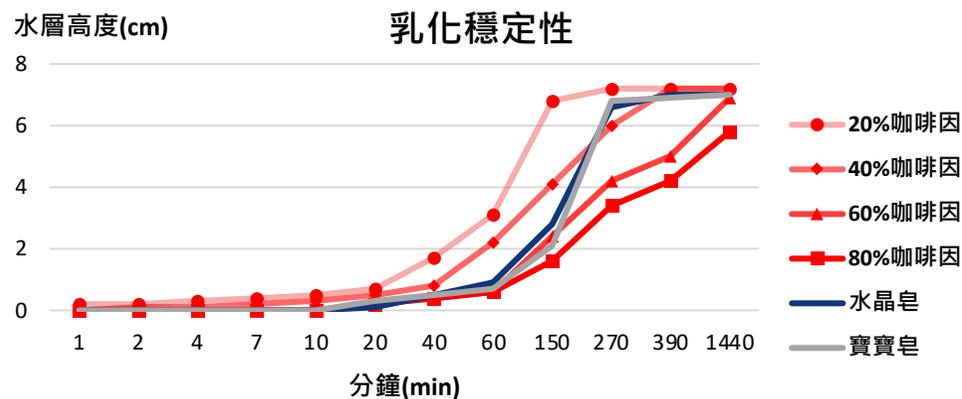
咖啡因用量越少的混合皂溶解度越好，推測是添加的三乙醇胺會使溶解度提升。

咖啡因混合皂與市售肥皂性質探討



1. 市售的肥皂pH值離中性較遠。
2. 混合皂中三乙醇胺比例越多pH值略增。

咖啡因混合皂的起泡性比原本的咖啡因皂好很多，也明顯比市售肥皂好。



1. 咖啡因混合皂在乳化的表現都比原本的咖啡因皂好很多。
2. 80%咖啡因混合皂乳化表現則比市售肥皂好。

80%咖啡因混合皂與市售肥皂相比較具有競爭力。

結論

- 一、由本次實驗可以發現，**減少配方中的添加物**可使量測更準確。
- 二、自製的配方皂使用了**多種不同的鹼**，**並調整了酸鹼莫耳數比**進行皂化，實驗結果均可以呈現出良好的界面活性劑性質，顯示皂化成功。
- 三、為了**改善咖啡因皂**的性質，進行了咖啡因混合皂的製作，發現混合三乙醇胺與咖啡因二種鹼製作肥皂，可以有效提升各項肥皂的性質並降低成本。
- 四、自製肥皂在各項性質的表現上不會輸給市售肥皂，起泡性與pH值都較市售肥皂表現好，表面張力及乳化穩定性都與市售肥皂相當，因此我們認為**咖啡因混合皂**作為以生物鹼為皂化原料的產品很有繼續研究開發的潛力。

參考資料

1. 張珈豪(2014)。胺基酸型界面活性劑與直接染料之相互作用及染色性能。萬能科技大學碩博士論文系統
2. 楊沅蓁、黃歆芸、周筠芯(第58屆中小學科展) 乾坤再造~不一樣的皂化
3. 吳誌偉、吳俞霖(台灣二〇〇五年國際科學展覽會) 油脂皂化反應的實驗設計與探討
4. 肥皂的綿密泡沫從哪裡來? : <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sB0u.htm>
5. 表面張力的應用: <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s9O4.htm>
6. 皂化反應:
<https://zh.m.wikipedia.org/wiki/%E7%9A%82%E5%8C%96%E5%8F%8D%E5%BA%94>
7. 乳化原理以及影響乳化的因素 <https://m.xuite.net/blog/wang077404556/twblog/152588235>
8. 泡沫性能的測試: <http://www.surfactant.com.cn/file/pdf/wenxian/泡沫性能的测试和评价方法进展.pdf>