

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

080206

「油」「乳」交融，「界面」俱到

-牛奶、油漬大作戰

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者：  小六 廖韋俐  小六 洪允泓  小六 武翰農  小六 陳冠如	指導老師：  盧世晟  林淑慧
---	-----------------------------

關鍵詞：鮮奶、乳化、界面活性劑

## 摘要

本實驗相關的課程為三年級自然課程「溶解」、四年級的「燈泡亮了」與五年級「水溶液的性質」。資料中發現，牛奶本身也是「界面活性劑」，我們從研究製作乳液、沙拉、牛奶和豆漿與油乳化的原理後，找資料並以牛奶為主的「天然乳化劑」進行界面性質研究。結果發現：(一)隨著樣本濃度增加，有表面張力降低、起泡性增加、導電度上升，分散能力、乳化能力也隨之上升。(二)由顯微鏡觀察，我們確實發現牛奶有界面活性劑的微胞現象。(三)為了提升去除油污的能力，我們在鮮奶中混合了果汁、果泥清洗樣本，發現比單獨使用鮮奶或果泥時要來得有效，也發現對皮革製品有相當好的清潔效果。因此若能善用這些天然的乳化劑，取代石化清潔劑並非不可能的事。

## 壹、 研究動機

每天早上，總有訂牛奶的同學沒有喝完，在老師的指示下，不是倒掉就是拿去澆花。在一次的偶然機會中，發現牛奶對於便當殘餘油汙，具有洗淨能力，在好奇心的驅使下，我們查詢科學相關的書籍，意外發現牛奶當中溶解了不溶於水的鈣質、脂肪等營養物質，讓小 baby 也能順利吸收這些營養。它本身就是「界面活性劑」！所以大家就設計一些實驗，來了解以回收牛奶作為清潔劑的可能性，再加上某廠牌鮮奶遭到消費者以「秒買秒退」抵制，到時候可能會出現更多回收的鮮奶。希望在環境受到高度污染的今天，我們能夠使用以牛奶的特性，取代石化清潔劑，降低環境污染。

## 貳、 研究目的

- 一、從乳液的製作，探討油、水的乳化現象。
- 二、以各種實驗探討牛奶的界面性質，如顯微鏡觀察「微胞」、探討乳化效果與表面張力、分散能力、接觸角、導電度的關係。
- 三、探討添加何種物質，能夠促進乳化及去除油污的能力，並探討實用性並研製成品。

## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備

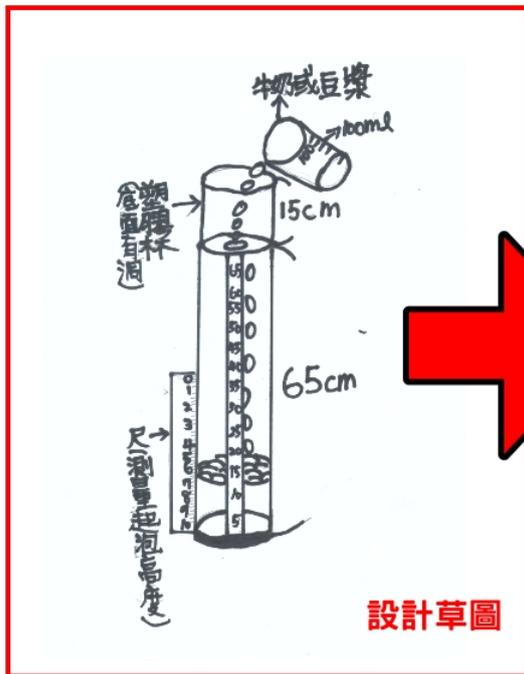
器材名稱	用途
燒杯、量筒等容器	調配濃度或存放樣本
塑膠針筒(附針頭)	乳化能力實驗
電子天平	調配樣本濃度
透明長筒容器	起泡性測試
光學顯微鏡、USB顯微鏡及電腦軟體	觀察微胞顆粒、液體接觸角
電子式pH測試儀	測試溶液酸鹼值
三用電表	測量導電度
照度計	測量分散能力
果汁機或榨汁機	製作果汁、果泥
超音波震盪槽	測試油汙洗淨效果
吸油面紙與同樣大小的金屬片	測試油汙洗淨效果
試管及試管架	油層觀察實驗

### 二、研究樣本及添加物

樣本或添加物名稱	用途
市售鮮奶、市售奶粉	天然乳化劑樣本，低脂、全脂各若干
市售「油切」茶飲料與茶籽粉	實驗促進乳化能力添加劑
檸檬酸、食醋、黑醋、小蘇打、食鹽、味精	實驗促進乳化能力添加劑
簡易乳化劑	調配乳液用
生雞蛋	調配沙拉醬用
油性染料	沙拉油染色用
沙拉油	乳化油滴實驗
水果：柳丁、葡萄柚、橘子、檸檬	與牛奶混合，改善洗淨效果

### 三、研製實驗所需器材：

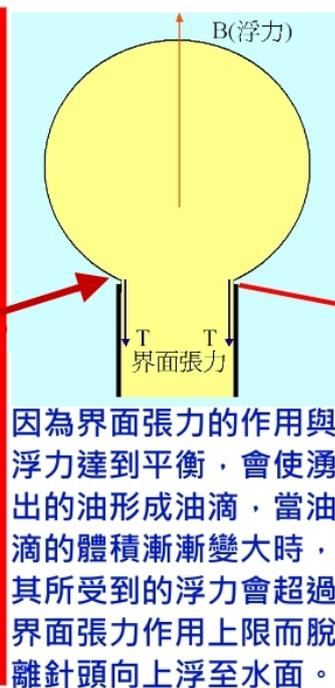
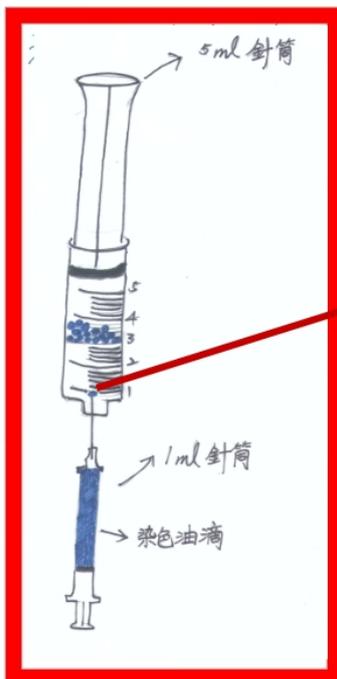
#### (一)起泡高度測試器：



選用裝餅乾的透明長筒塑膠容器，附上尺標，並準備一個容量約 250ml 的透明塑膠杯，並在杯底打洞。測試時，將樣本

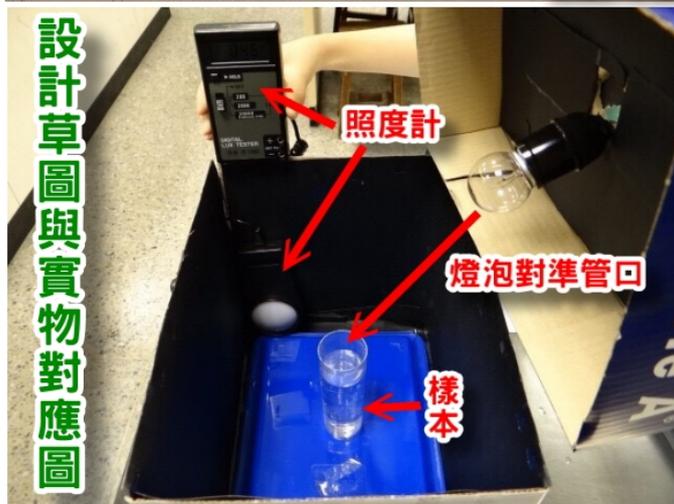
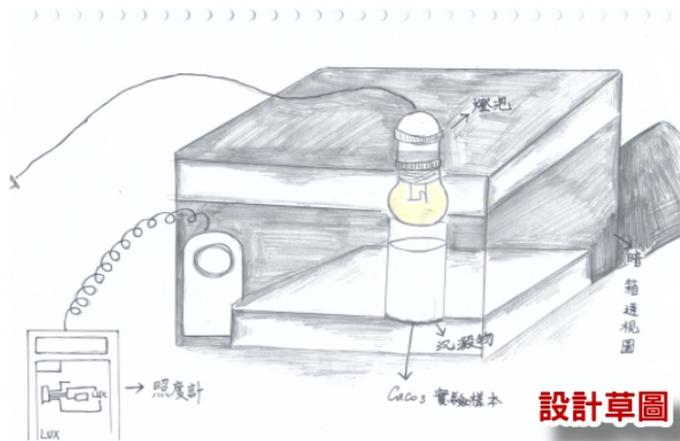
倒入透明塑膠杯，讓液體從杯底漏出，接著測量液體漏出時，撞擊的泡沫高度。

#### (二)乳化油滴檢測器：



製作乳化油滴檢測器，就能夠計算每毫升油滴的數量，當水的表面張力受到破壞時，油滴的體積就會變

小，我們就可以經由每毫升油滴數的計算，推算每個油滴的平均體積。

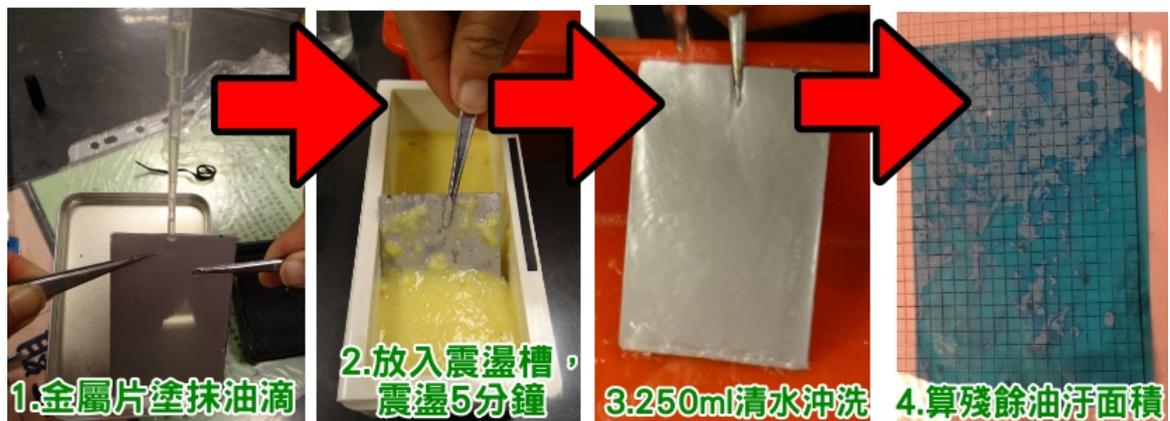


### (三)分散能力光學檢測器

當樣本的分散能力較佳時，水溶液會變成分佈均勻的分散液，如果我們在樣本上方裝設燈泡，在暗箱測試其照度，分散能力不同的樣本會使照度改變。經過初步測試，分散能力較好的樣本，會有白色的碳酸鈣粉末分散其中，透過白色微粒的反射，會得到較高的照度值；相反的，分散能力差的樣本會造成沉澱，則會出現較低的照度值，其中以清水最低。

### (四)洗淨能力測試標準化

對於油汙洗淨能力，我們發現每個人在清洗餐具時力道不同，因此大家討論後，設計一個裝置。首先將自製清潔劑樣本 200ml 倒入震盪槽中，再準備好塗抹 1ml 沙拉油的鐵片放入，經過 5 分鐘的震盪後取出鐵片後用 250ml 清水沖洗，最後用吸油面紙覆蓋吸附，並用方格紙計算殘餘的油汙面積，算出油汙面積的大約百分比。

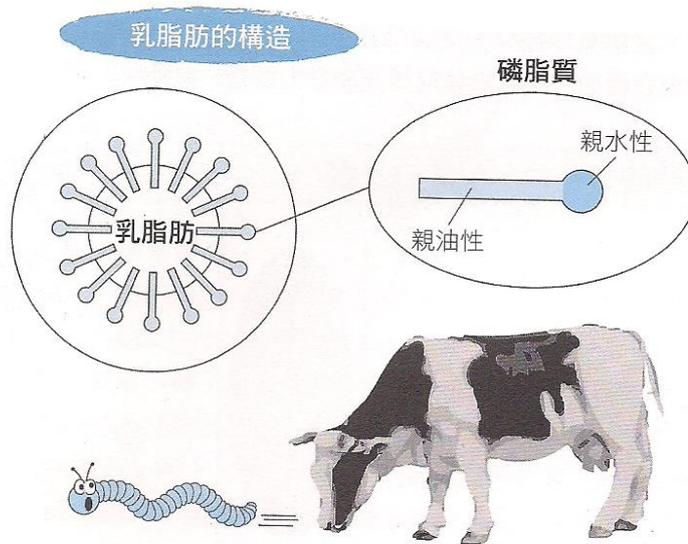


# 肆、研究架構及流程

## 一、研究架構



## 二、理論與文獻探討

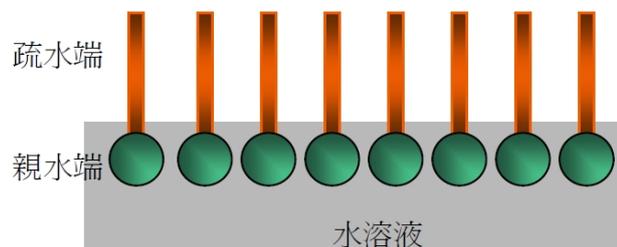


經過大家資料收集與閱讀，如左圖示(摘自圖解化學，P68)，我們發現鮮乳當中含有**磷脂質**，能夠**包覆乳脂肪**，同時也**和清潔劑**一樣，清潔劑就是**界面活性劑**，牛奶也

有「**界面性質**」，什麼是**界面性質**呢？就是**界面活性劑**的微小分子中，會有**親水**、**親油**兩端，而**界面活性劑**分子在水中不同的聚集方式，就會讓水溶液出現一些微妙的變化，我們稱它為**界面性質**。

以下就是我們在實驗中探討的**界面性質**：

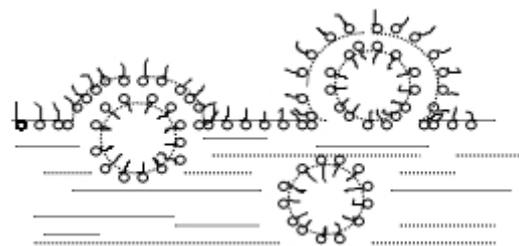
**(一)表面張力**：表面張力是使液體表面像一張薄板的特性，因此昆蟲可以在水面上行走，也使得小物體，甚至金屬如針頭，刀片，或錫箔碎片，可以漂浮於水面



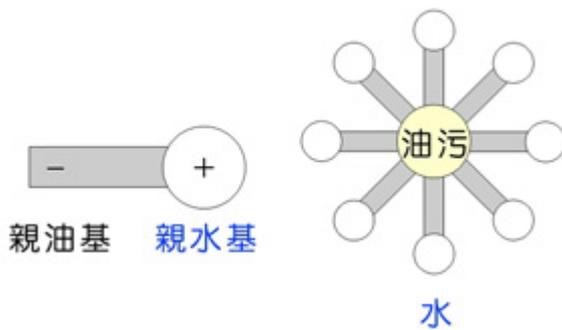
上。它控制小滴液體可以產生的形狀，以及液體與另一物質之間的接觸角。

通常加入**界面活性劑**的水，表面張力都會降低，此乃因水面上形成一**界面活性劑疏水膜**，**界面活性劑**之**親水端**仍向著水面，此種排列之結果降低了表面溶液的結合力。

**(二)起泡能力**：起泡是**界面活性劑**的特性之一，當**界面活性劑**水溶液經攪動時，空氣進入溶液中形成**泡沫**，當**泡沫**形成時，水中的**界面活性劑**分子**疏水基**部份整齊排列朝向**氣泡**內部，**親水基**部份則朝向**水溶液**，形成穩定的**彈性膜**。



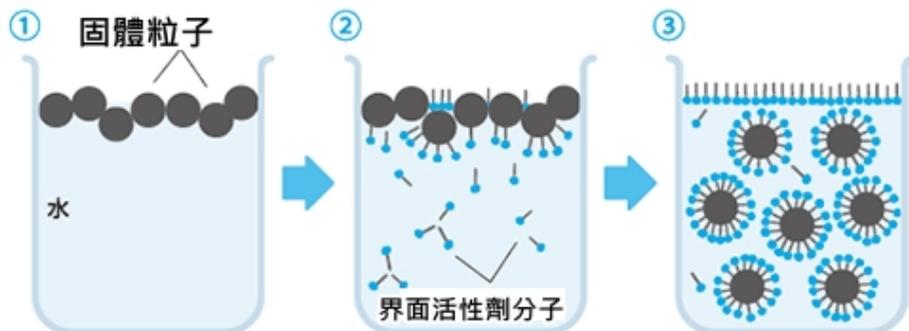
### (三)乳化能力



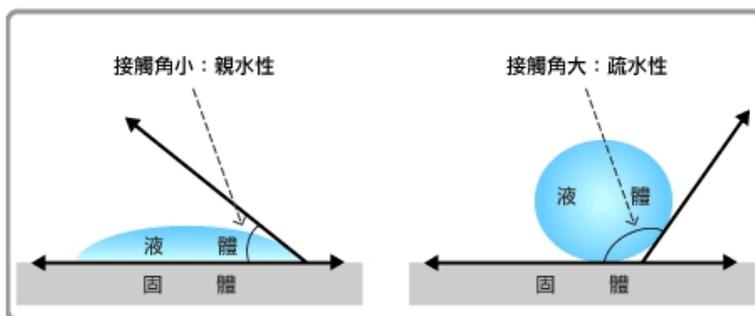
所謂乳化作用，是指兩種原本互不相溶的液體（例如：油和水）在經過大力攪拌或者添加乳化劑等表面活性劑之後，有一方形成微粒狀，分散於另一方中而互相混合成為均勻狀態。而這樣的作用下所產生的液體就稱之為乳化液。而乳化作用對於油污的去除，是很重要的特性。

除，是很重要的特性。

**(四)分散能力：**固體粉末分佈於氣體，液體或固體中之現象均稱為分散，也就是將不溶於水的固體均勻分佈在水中的特性。我們曾想過將牛乳、豆漿製成植物染的染色塗料，因此也想測試看看鮮奶、豆漿的分散能力。



**(五)濕潤能力：**水與物體接觸時，因為物體的表面特性，會讓水產生親水性及疏水性兩種表現，疏水性是我們常常看到的，例如蓮葉效應，水滴上去會形成一顆顆的水珠，水與固體的接觸角很大，就是常看到的



疏水性表現，疏水性是我們常常看到的，例如蓮葉效應，水滴上去會形成一顆顆的水珠，水與固體的接觸角很大，就是常看到的

的疏水性表現，而與固體接觸角很小則是親水性表面。

**(六)導電性：**因為界面活性劑是溶於水的化學物質，屬於電解質溶液，所以導電度會隨著濃度增加而上升，隨著導電性的增加，其乳化、清潔效果是否也會跟著增加？

### 三、實驗操作過程：

#### (一)研究一、預備實驗：

##### 實驗 1-1 乳液製作：探討油、水的乳化現象

目的：將無法相容的油與水，加入乳化劑，使其乳化。

步驟：1.先測量出 135ml 的水和 15ml 的橄欖油，平均放入三個不同的燒杯中。

2.一個燒杯中放置 45ml 的水和 5ml 的油，加入乳化劑攪拌，觀察其變化。

##### 實驗 1-2 天然乳液-沙拉的製作

目的：無法相容的油與水，加入乳化劑,可使其乳化，而沙拉醬的製作，就是將葵花

油與醋攪拌混合後，加入蛋黃做乳化劑,證明並觀察蛋黃也是天然的乳化劑。

步驟：1. 先取出蛋黃,將蛋黃,糖和鹽進行攪拌，使其乳化。

2. 加入一大湯匙葵花油，用攪拌棒繼續快速攪拌，觀察其變化。

##### 實驗 1-3 鮮奶的乳化油層觀察

目的：觀察牛奶是否真的有乳化現象。

步驟：1.分別在試管中倒入 30ml 的全脂牛奶與低脂牛奶。

2.分別加入 10ml 的沙拉油，快速搖晃 100 下，觀察其變化。

##### 實驗 1-4 鮮奶的顯微鏡觀察

目的：嘗試在顯微鏡當中，觀察牛奶是否有會出現類似界面活性劑的「微胞」？

步驟：1.先取一小滴鮮奶，在載玻片中，並用夾子蓋上蓋玻片。

2.將玻片放在顯微鏡載物台上，固定位置。

3.調整顯微鏡的鏡頭，先由低倍鏡觀察，再觀察高倍鏡，並同時調整調節器，直到影像看到為止。

4.將看到的影像拍下來。

##### 實驗 1-5 鮮奶的接觸角觀察

目的：觀察羊毛布與蠟表面的接觸角，並判斷樣本的濕潤性。

步驟：1.將樣本液滴，用 1ml 針筒滴在羊毛布與蠟表面。

2.以 USB 顯微鏡，從側面拍照下來，並在照片上作圖，測量接觸角。

## (二)研究二、天然乳化劑界面性質研究

### 實驗 2-1 表面張力實驗

目的：在固定液體量進行表面張力的測試，觀察乳化效果。

- 步驟：1.準備全脂牛奶與低脂牛奶各一瓶。
- 2.稀釋濃度分別為 100%、80%、60%、40%、20%。
  - 3.以 30ml 量杯裝滿樣本，直到無法加入為止。
  - 4.由側邊放入迴紋針，並計算數量，直到杯子周圍滴出液體為止。

### 實驗 2-2 起泡能力實驗

目的：觀察樣本濃度與起泡高度的關係。

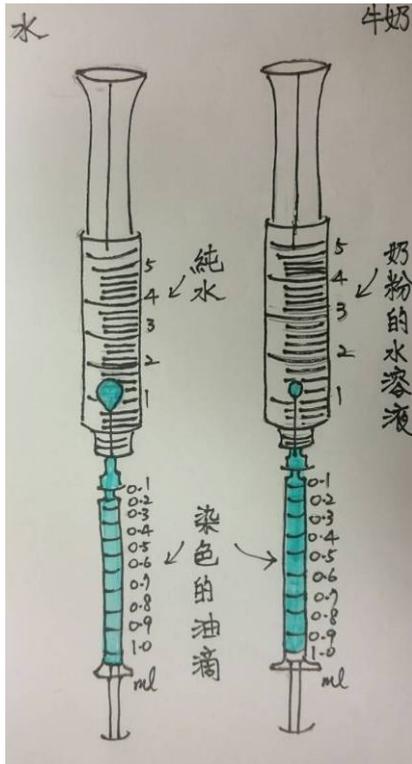
- 步驟：1. 準備全脂牛奶與低脂牛奶各一瓶。
- 2.稀釋濃度分別為 100%、80%、60%、40%、20%。
  - 3.以前面的自製「起泡高度測試器」進行測試，將樣本 200ml 加入長筒容器上方的鑽孔塑膠杯中，觀察起泡的最大高度。

### 實驗 2-3 耐酸鹼性實驗

目的：界面活性劑可能會因為電解質的存在，而影響原本的特性，本實驗加入酸、鹼、鹽，用來觀察天然乳化劑會不會因為這些物質的存在而變質？

- 步驟：1.準備 6 個量杯和 6 個試管。依序分別將鮮奶(90ml)倒入量杯中，與檸檬酸、小蘇打粉、鹽各加入一茶匙，白醋、黑醋則加入(10ml),均勻攪拌混合，將六種混合溶液倒入試管中進行觀察。
- 2.另準備 6 個量杯和 6 個試管。將無糖豆漿(90ml)倒入量杯中進行上一步驟操作。
  3. 將會分層的樣本，再分別緩緩添加使其分層的化學物質，每次添加 1ml 攪拌，並且用滴管抽取，在燒杯底部觀察有無沉澱物。
  - 4.等到沉澱物產生，測試 pH 值。
  - 5.添加小蘇打粉，以同樣的方法再操作一次，測試耐鹼性。

## 實驗 2-4 油滴乳化能力實驗



目的：本實驗主要研究在不同濃度的樣本中，針筒中的油滴是否會隨著樣本的濃度而有所變化？

步驟：

- 1.以奶粉調配濃度約 1.5-3%的樣本，準備 5ml 和 1ml 的注射針筒，並使用油性染料將沙拉油染色，以方便觀察油滴。
- 2.在 5ml 針筒中，抽取所要測試的樣本，1ml 的注射針筒則吸取事先已經染色的沙拉油。
- 3.以 1ml 的注射針筒，將油滴從下方注入 5ml 針筒中的測試樣本，並計算達到 1ml 的油滴數量。以 1 ml 體積÷油滴數量，計算每個油滴的平均大小。

## 實驗 2-5 碳酸鈣分散能力測試

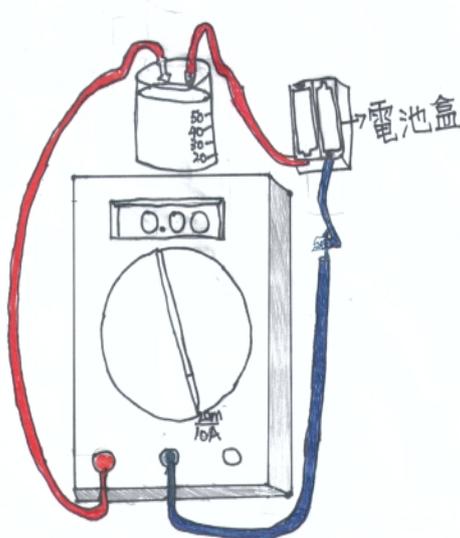
目的：測試樣本對於低水溶性的碳酸鈣，能否有均勻分散在水中的能力？

步驟：1.秤 1 克的  $\text{CaCO}_3$  與不同濃度的樣本，置於量筒中，加水至 100ml。

2.將量筒來回激烈搖盪後，靜置以黑板為背景，觀察粒子沉降情形。

3.經過 30 分鐘後，放入之前自製的暗箱中，測試照度值。

## (三)研究三、天然乳化劑的加成效果



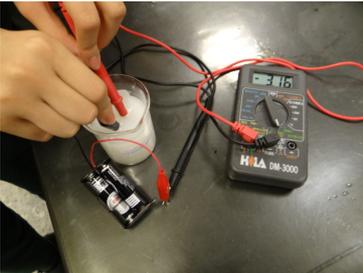
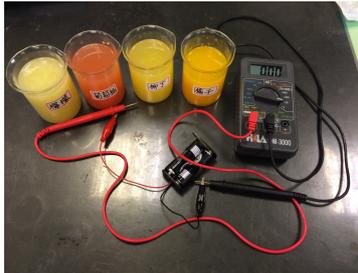
## 實驗 3-1 導電性測試

目的：測試樣本的導電程度。

步驟：1.將 100ml 樣本倒入小燒杯中，並均勻攪拌。

2.如圖所示，將兩枚電池串聯，裝進電池盒中。電池的正負極一端接上三用電表，一方接上水溶液當中。

3.測出電流值，並記錄。

		
電解質樣本	導電測試	果汁樣本

### 實驗 3-2 添加不同酸、鹼、鹽類電解質溶液的導電性測試

目的：測試添加電解質樣本的鮮奶導電程度，是否增加或減少？

步驟：將 100ml 樣本倒入小燒杯中，並均勻攪拌，以實驗 2-5 方法測出電流值。

### 實驗 3-3 添加酸、鹼、鹽類電解質溶液的乳化性測試

目的：本實驗主要研究在不同的樣本中，乳化效果是否會隨添加電解質而有所變化？

步驟：1. 為使奶粉水溶液不要過於混濁而無法觀察，調配以 1% 為限，100ml 的奶粉水溶液，並且混合 1g(1ml)/100ml 的電解質水溶液，以 1ml 的注射針筒，將油滴從下方注入 5ml 針筒中的測試樣本，並計算達到 1ml 的油滴數量。

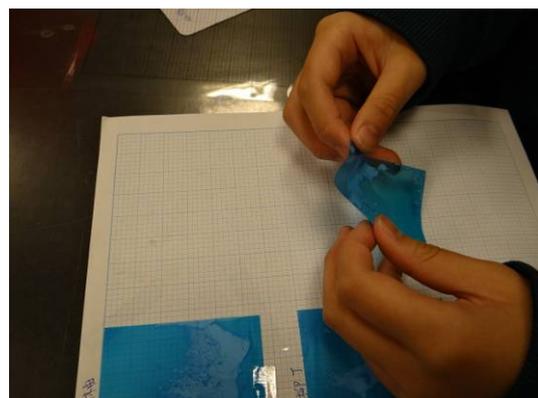
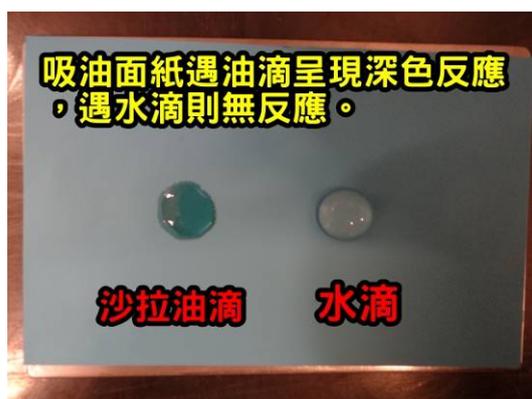
2. 以實驗 2-3 步驟，計算每個油滴的平均大小。

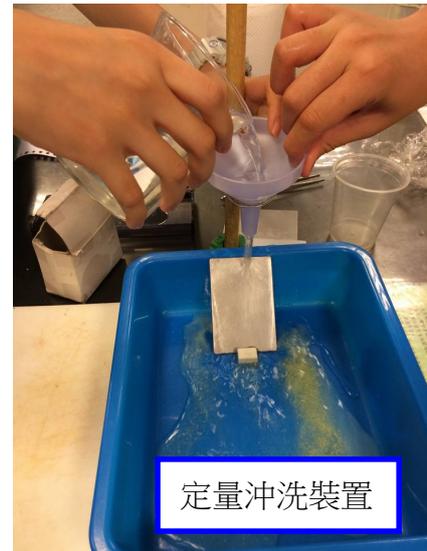
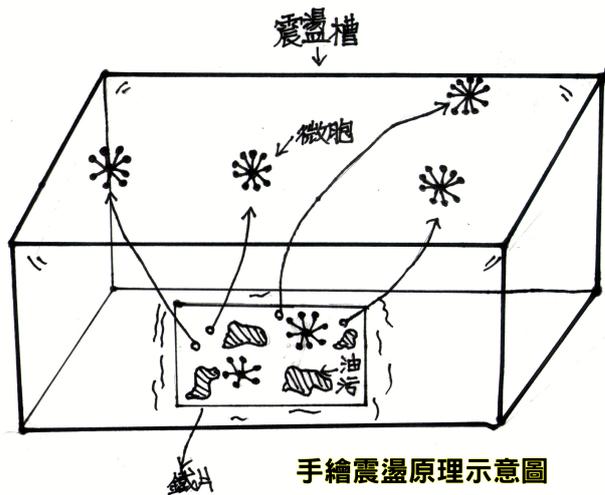
### 實驗 3-4 電解質濃度的效應

目的：本實驗主要研究在不同濃度的電解質中，乳化效果是否會隨電解質濃度升高而有所變化？

步驟：調配不同濃度的 1-5% 的電解質水溶液，分別與 1% 的全脂奶粉與低脂奶粉水溶液混合，如實驗 2--4 方法測試乳化油滴數量，重複實驗求取平均值。

### (四) 研究四、實用性的配方探討





#### 實驗 4-1 配方一、牛奶添加電解質溶液

目的：本實驗主要研究在不同的樣本中，洗淨效果是否會添加電解質而改善？

步驟：1.準備前述的電解質化學品(食鹽、砂糖等)，調配 5%的水溶液 100ml，分別與 100ml 的全脂與低脂鮮奶混合。將前述的樣本分別倒入震盪槽中，並將金屬片塗抹 1ml 的沙拉油後浸入，震盪時間為 5 分鐘，取出金屬片後，用 250ml 的清水沖洗鐵片。  
2.準備和金屬片面積相仿的吸油面紙，貼上鐵片，讓殘餘的油滴吸附，然後以方格紙為背景，計算油汙造成的面積，計算汙染的百分比。計算方式為：

$$\text{油汙染面積} = \text{總面積} \times 100\%$$

#### 實驗 4-2 配方二、添加號稱「油切」的茶類與茶籽粉

步驟：準備各種市售油切茶類飲料 100ml(茶籽粉則調配為 3%)，分別與 100ml 的全脂與低脂鮮奶混合。重複實驗 4-1 操作，計算吸油面紙殘餘油汙面積。

#### 實驗 4-3 配方三、牛奶添加柑橘類果汁、果泥、果皮

步驟：準備柑橘類水果，並榨出果汁、以果汁攪拌機打成果泥，削下果皮分別與 100ml 的全脂與低脂鮮奶混合成 200ml 混合液，計算吸油面紙殘餘油汙面積。

#### (五)研究五、延伸實驗與成品研究

根據前面的實驗結果，提供取代市售洗碗精的方案，並且將研究成果想辦法製成成品，初步想法為製作「水果牛奶皂」及「茶籽牛奶塊」。

## 伍、研究結果

### (一)研究一、預備實驗：

#### 實驗 1-1 乳液製作：探討油、水的乳化現象



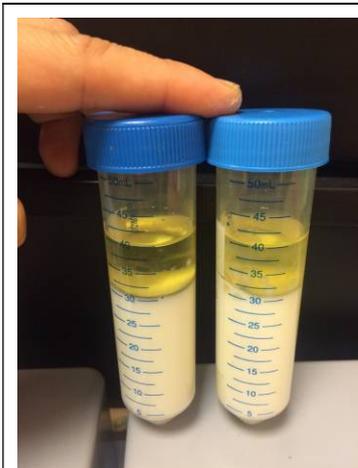
- 1.當天三個燒杯內的液體均呈現白色，濃稠度則隨著乳化劑添加多寡而呈現越濃稠的狀態。
- 2.觀察乳液後續的變化；肉眼觀察下，24 小時後和五天後，乳液外觀和氣味皆無任何改變。

#### 實驗 1-2 天然乳液-沙拉的製作



我們發現蛋黃本身也是天然的乳化劑，所以能夠將沙拉油和水融合成外觀類似乳液的沙拉。經過實驗後，可以證實在動物體內也有產生界面活性劑的機制，像是牛乳、蛋黃其實都是具有將油與水融合的能力。

#### 實驗 1-3 牛奶乳化現象觀察



30ml 全脂牛奶與低脂牛奶，加入 10ml 沙拉油



搖晃 100 下之後，發現已經混合。



經過一小時之後，油層逐漸出現。

我們如果將油層的變化情形局部放大，將會發現：

<p>加入油混合，全脂奶的油層出現少許泡沫</p>	<p>搖晃後，油層與牛奶合而為一</p>
	<p>如左圖，經過兩小時觀察，發現「油乳交融」的現象正逐漸消失，同時發現低脂牛奶的油層較為透明，全脂牛奶的較為混濁。</p>

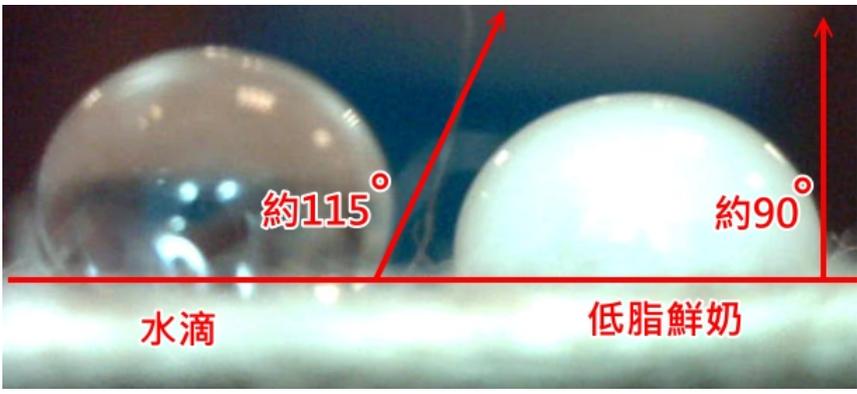
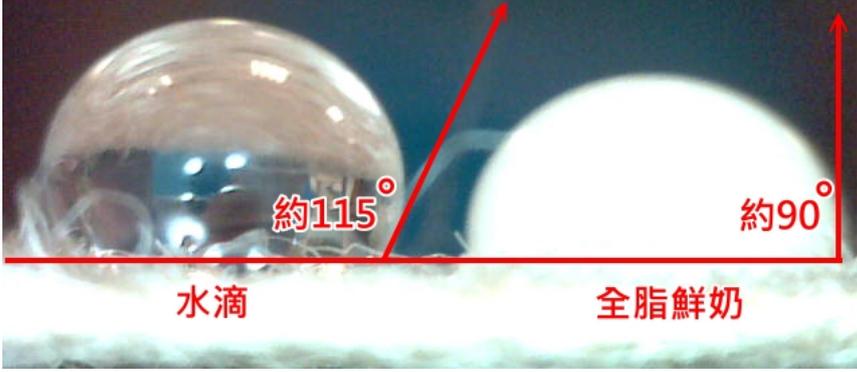
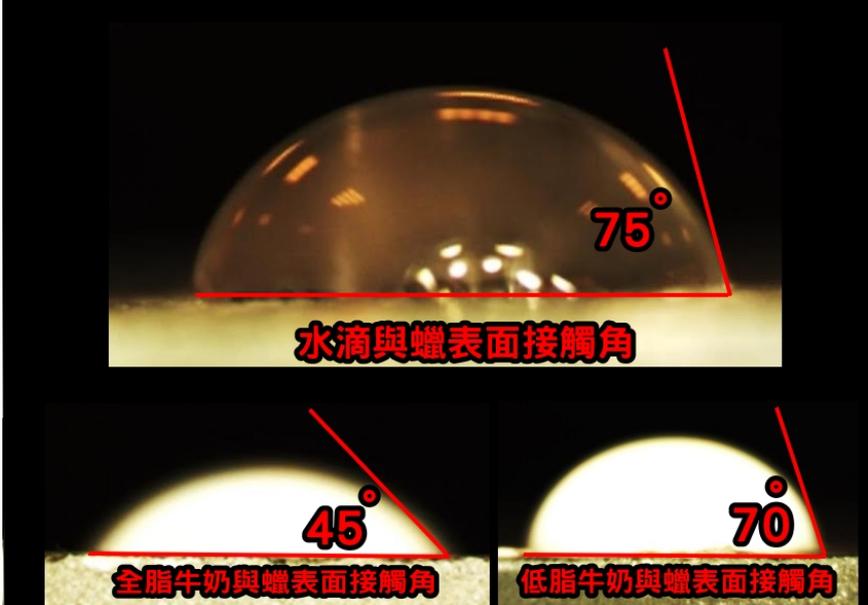
#### 實驗 1-4 鮮奶、豆漿的顯微鏡觀察

將實驗 1-3 的樣本取樣在顯微鏡觀察，兩者出現微胞的情形，可以發現如下影像：

<p>未加沙拉油的低脂鮮奶顯微影像</p>	<p>未加沙拉油的全脂鮮奶顯微影像</p>
<p>低脂鮮奶+10ml 沙拉油的顯微影像</p>	<p>全脂鮮奶+10ml 沙拉油的顯微影像</p>

從影像看出，全脂鮮奶和低脂鮮奶都有出現類似界面活性劑微胞的現象，在沒有加入沙拉油時，差別並不大，但是加入沙拉油攪拌後低脂鮮奶的顆粒較大。

### 實驗 1-5 樣本的接觸角觀察

 <p>水滴 約115° 低脂鮮奶 約90°</p>	<p>我們發現水珠在羊毛布上的接觸角大約是 115 度，兩樣本都是 90 度，沒有明顯差異。可見兩者接觸角都有減少的情形，接觸角較少，代表增加了對材料表面的濕潤效果與親和力增加。</p>
 <p>水滴 約115° 全脂鮮奶 約90°</p> <p>羊毛表面</p>	
 <p>水滴與蠟表面接觸角 75°</p> <p>全脂牛奶與蠟表面接觸角 45°</p> <p>低脂牛奶與蠟表面接觸角 70°</p> <p>塗蠟表面</p>	<p>在塗蠟的玻璃表面，我們發現無論是水與牛奶的接觸角都降低，最低是全脂牛奶，只有 45 度，可見水與牛奶對於蠟表面親和力較佳。</p>

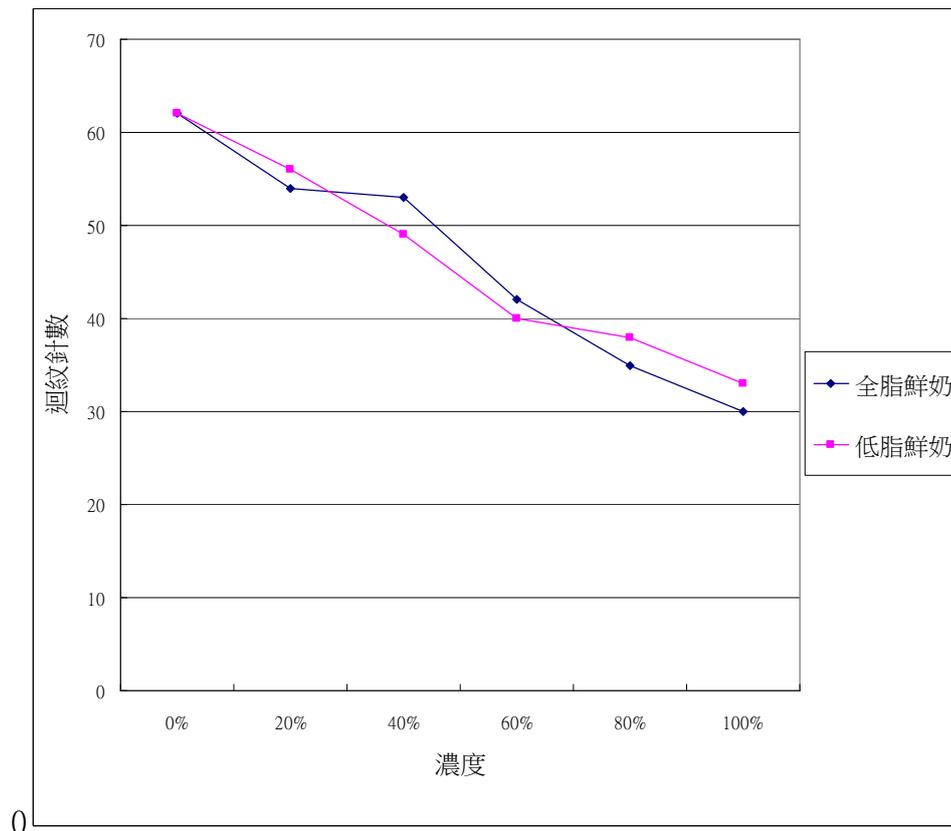
## (二)研究二、天然乳化劑界面性質研究

### 實驗 2-1 表面張力實驗

1. 實驗後發現,6 個迴紋針皆浮在水面上;而換成鮮奶時,僅有 1 個迴紋針浮在鮮奶上,其餘 5 個迴紋針皆沉到底部。可以清楚發現,水的表面張力大於鮮奶。
2. 藉由水平面與水溢出的現象,觀察不同液體所呈現的表面張力差異性。當水的面積極小時,因有表面張力的作用,故水表面呈現圓弧狀。

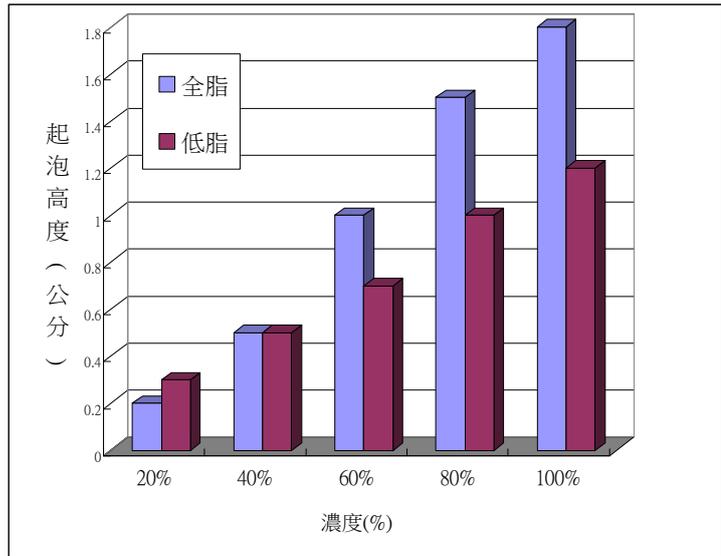
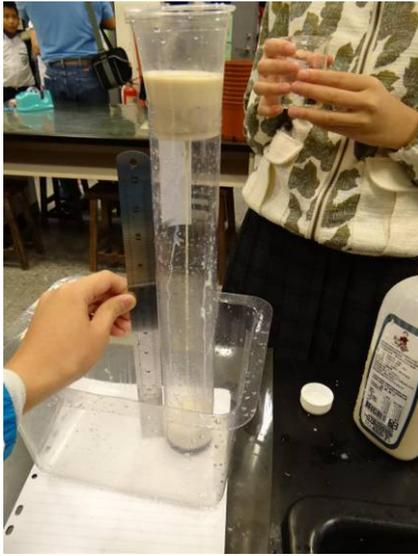


3. 以下是使全脂鮮奶與低脂鮮奶液面溢出的迴紋針數量：

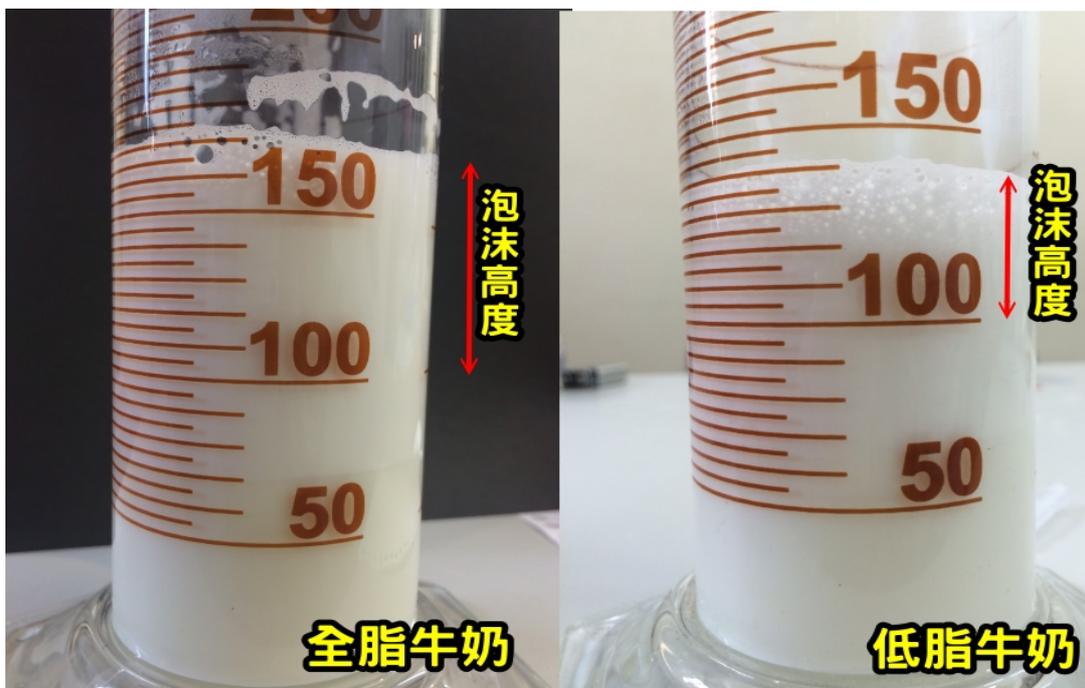


但是，因為每個人做實驗力道上有差異，發現隨濃度增加，實驗平均值有降低的現象。

## 實驗 2-2 起泡能力實驗



將牛奶激烈震盪後，會出現細微泡泡，這就是泡咖啡常用的「奶泡」，我們使用自製的器材，測量起泡高度，我們發現隨著濃度的升高，起泡高度也隨著上升，濃度越低，則越接近零。這表示，兩者都有界面活性劑的起泡特性，平均來看，全脂鮮奶的起泡性較低脂鮮奶高。另外，我們進一步使用奶泡機進行一次實驗，發現全脂奶與低脂奶的經過奶泡器具作用之後，全脂奶奶泡高度高於低脂奶，因此符合實驗結果。



## 實驗 2-3 耐酸鹼性測試

1.我們在早餐店中的鹹豆漿，可以發現豆漿加入了某些調味料之後，就會產生分層，等於是乳化現象的消失。也就是說，加入某些化學物質，也可消除乳化現象。

2.我們做了記錄表，將有分層現象的溶液標註 “ V ” 於下方表格中。

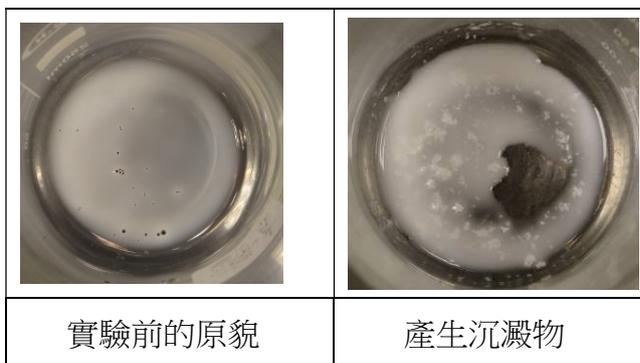
實驗樣本	檸檬酸	白醋	黑醋	小蘇打粉	砂糖	食鹽
全脂牛奶	V	V	V			
低脂牛奶	V	V	V			
豆漿	V	V	V	V		



天然乳化劑的分層現象，添加了酸性物質或部分的鹽類就會產生乳化劑的變質。

3.接著將會分層的樣本進行下一步實驗，結果如下：

樣本 \ 添加物	檸檬酸 5%		白醋		黑醋		小蘇打粉 5%	
	pH	ml 數	pH	ml 數	pH	ml 數	pH	ml 數
全脂牛奶	5.8	2	6.3	3	6.4	2	7.4	10
低脂牛奶	6.5	1	5.5	7	5.4	6	7.3	7
豆漿	6.6	1	6.6	1	6.7	2	7.3	3



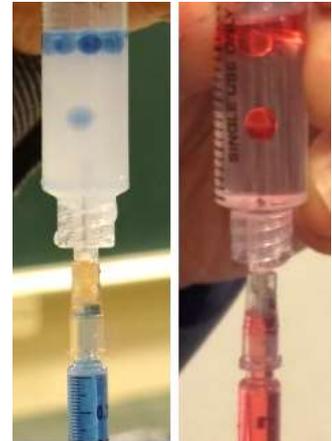
4.加入化學物質 ml 數代表樣本緩衝酸鹼變化的能力，我們發現整體來說低脂牛奶緩衝的能力最佳，豆漿最差。因此未來的實驗以牛奶為主，之後實驗將取消豆漿的使用。因為我們可能會添加其他物質促進乳化效果。另外發現，這些

樣本的耐鹼性都不佳，只要 pH7.3-7.4 就會使其分層，推測可能是因為他們主成分  
是蛋白質，**蛋白質通常有耐酸不耐鹼的特性**。從這些實驗可知，如果要將牛奶當成  
清潔劑，最佳的酸鹼值範圍預估在 pH5.4—7.0 之間。

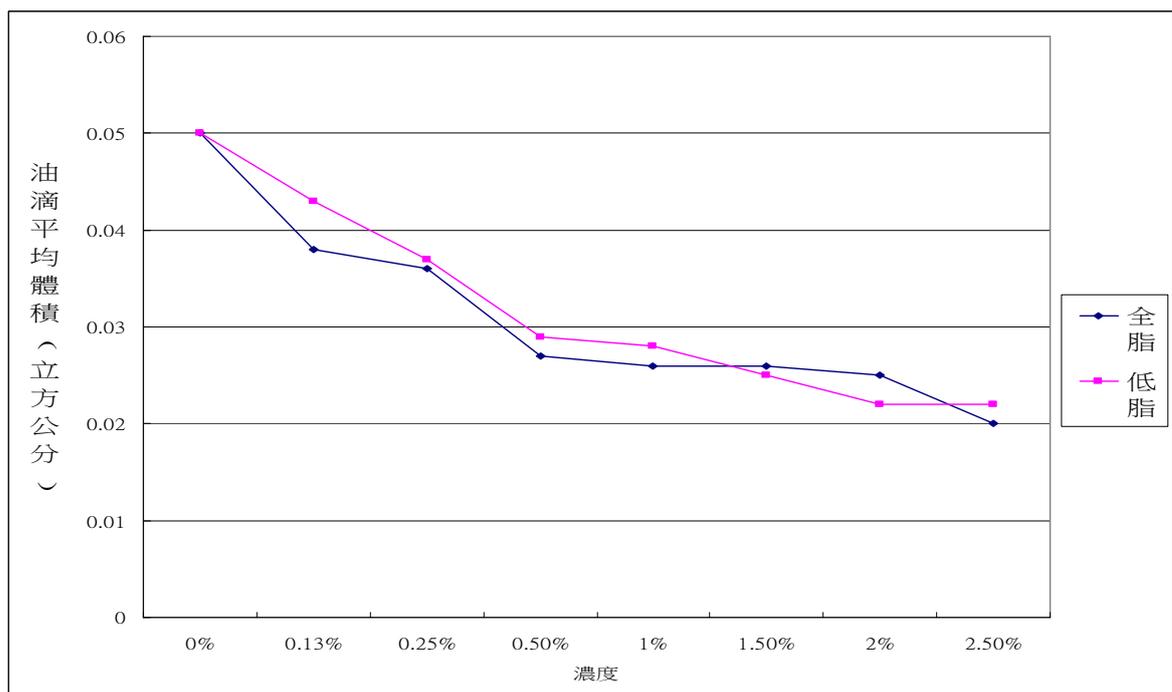
#### 實驗 2-4 油滴乳化能力實驗

油滴乳化實驗是利用針筒注射油滴來進行，因為牛奶是白  
色的膠體溶液，油滴上升時不易觀察，所以就用奶粉進行  
濃度調配，進行低脂與全脂奶粉的比較，結果如下：

濃度 (%)	水	0.13	0.25	0.5	1	1.5	2	2.5
全脂	20	26	28	37	38	39	40	45
低脂		23	27	34	36	40	45	51



這些數據必須換算成平均的油滴體積(1 立方公分/滴數)，如下圖所示：



由實驗結果判斷，全脂奶粉略優。因為水的表面張力降低，油滴的體積變小，因此  
每毫升的滴數增加。

## 實驗 2-5 碳酸鈣分散能力測試



這個實驗主要目的是測試樣本對於低水溶性的碳酸鈣，能否有均勻分散在水中的能力？分散能力可以對於是否能夠清除固體污垢，是重要參考。這實驗的量化裝置必須自行設計，我們用暗箱中的燈泡，照射實驗樣本上層液體，並用照度計測試暗箱中的照度。為了觀察方便，實驗採用低脂與全脂奶粉調配濃度。

奶粉濃度(%)		1	2	3	4	5
自製儀器照度 (Lux)	全脂奶粉	61	67	73	78	95
	低脂奶粉	72	77	86	93	122

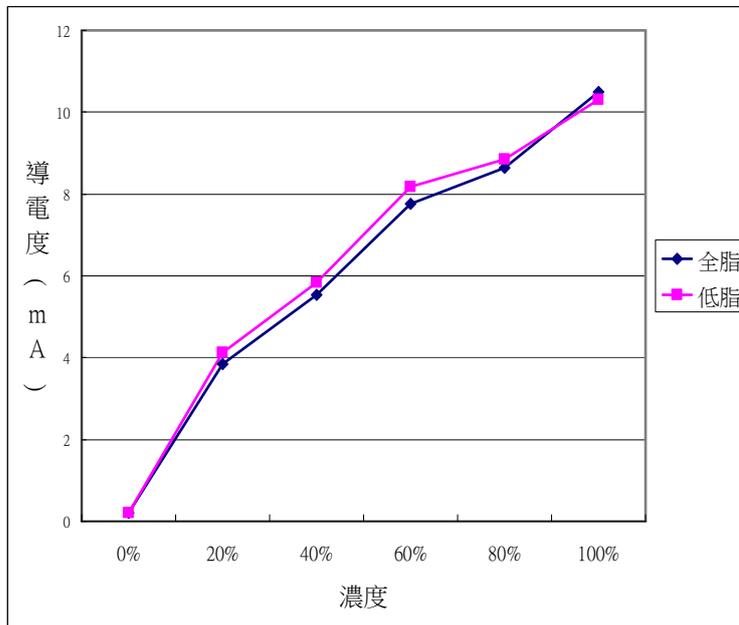
經過初步實驗，白色的混濁分散液在暗箱中的照度較清澈者為佳，也就是照度在較高的樣本，分散能力較好。低脂奶粉分散能力較全脂奶粉佳。當奶粉濃度較高時，為了防止混濁度過高使儀器失準，還必須以碳酸鈣沉澱量來判斷，我們以觀察 24 小時的碳酸鈣沉澱量加以比較，結果如下：

奶粉濃度(%)		1	2	3	4	5
碳酸鈣沉澱高 度(cm)	全脂奶粉	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5
	低脂奶粉	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

從自製儀器的照度值與沉澱量來觀察，我們發現低脂奶粉的分散能力較全脂奶粉佳，但兩者的分散能力卻沒有因為濃度提高而增加，而全脂奶粉濃度提高，分散能力反而下降，我們推測全脂奶粉微胞包覆了許多脂肪，已經沒有餘力再去包覆碳酸鈣微粒加以分散。

### (三)研究三、天然乳化劑能否有加成效果？

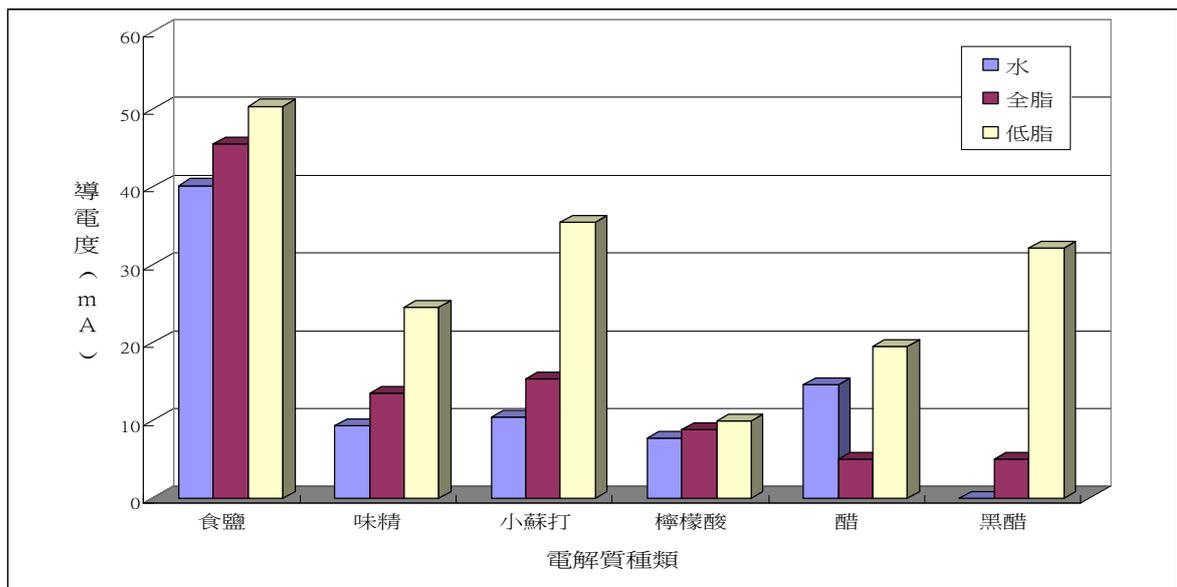
#### 實驗 3-1 導電性測試



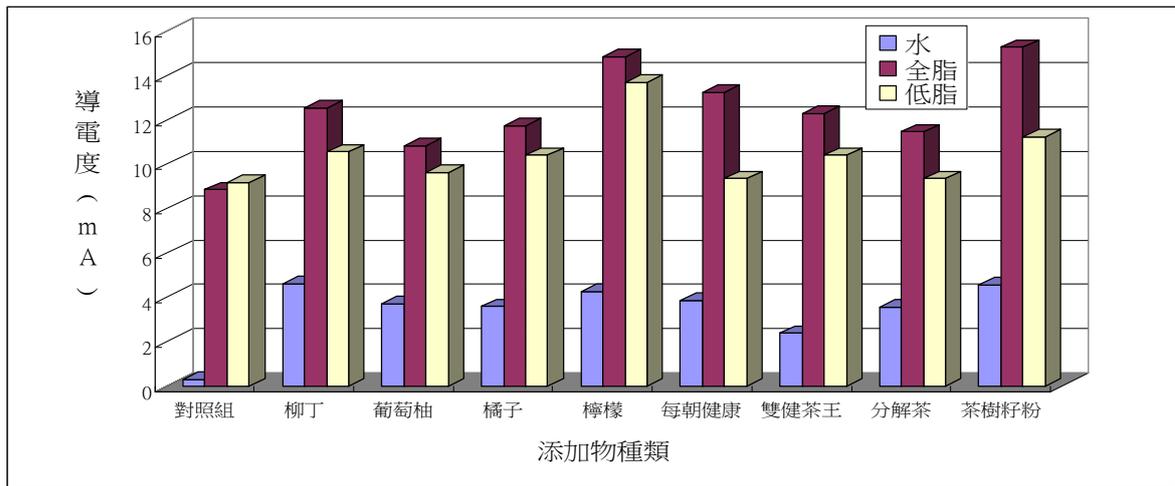
許多的研究報告說，導電度較高的清潔劑，其乳化效果會改善，從實驗中發現，全脂鮮奶與低脂鮮奶都會隨著濃度上升而導電度增加，但是全脂鮮奶略低。推測是乳脂肪的含量降低了導電度，但添加其他物質後呢？

#### 實驗 3-2 添加不同物質的牛奶導電性測試

我們認為，清潔劑溶液內的離子越多，導電度增加，依照前面的實驗及文獻的記載，鮮奶濃度高，導電性變高，而且乳化能力也變好了。本實驗以低脂奶粉、全脂奶粉調配濃度，為了避免溶液過於混濁，以 1%濃度為調配標準，進行導電性測量，並加入 1%的晶體或水溶液，與對照組比較，結果如下：



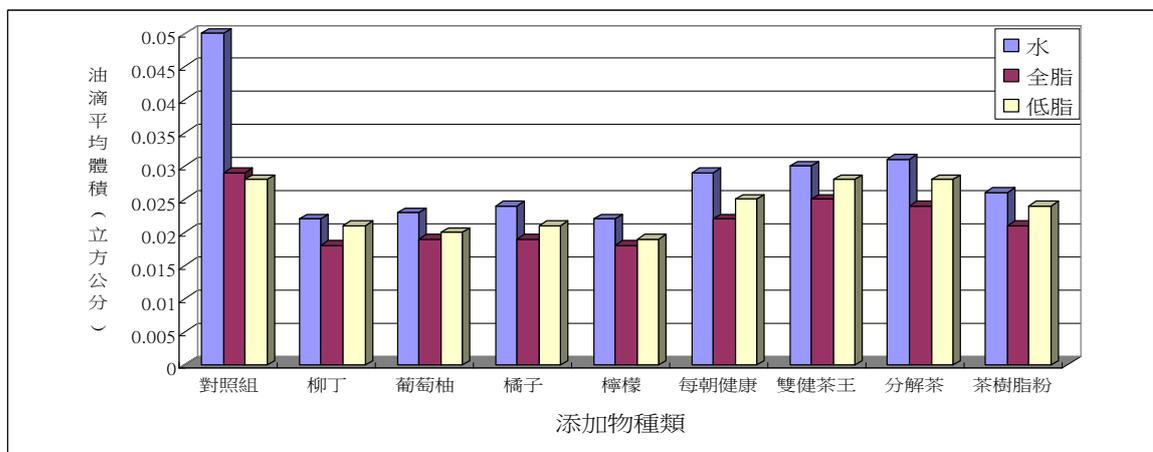
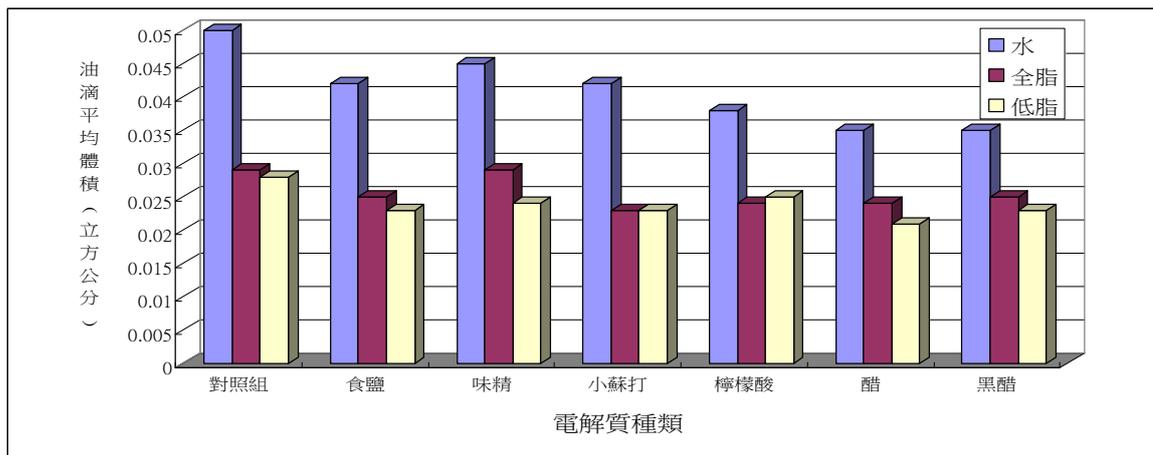
加入電解質後，低脂奶粉的導電性整體而言，較全脂奶粉高。添加這些物質是否會增加乳化效果？如果添加柑橘類果汁、市售茶製品，則出現如下結果：



這一系列的結果發現，反而全脂牛奶的導電度較高，如此是否會左右乳化效果呢？

### 實驗 3-3 添加不同物質的牛奶乳化性測試

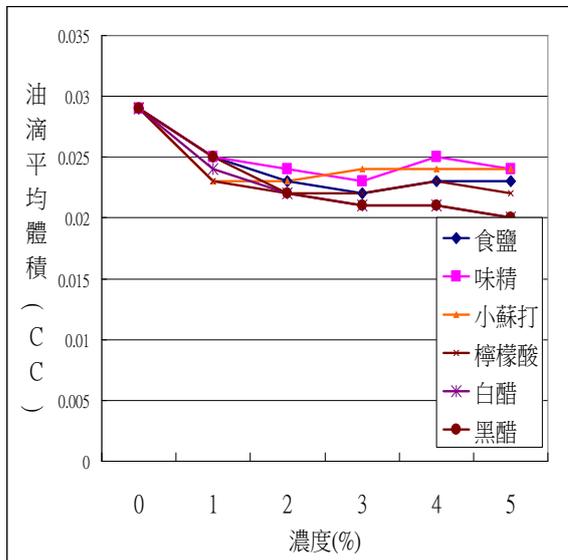
本實驗以低脂奶粉、全脂奶粉調配濃度，為了避免溶液過於混濁，以 1% 濃度奶粉為調配標準，添加電解質、柑橘類果汁、茶類製品進行乳化油滴測量，結果如下：



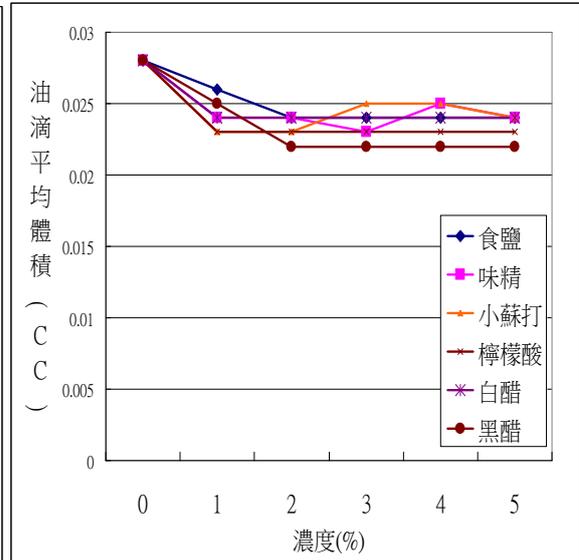
以上實驗多符合導電度的比較結果，但如果交叉比對，則發現導電度較強的電解質，乳化效果並不如柑橘類果汁及茶類製品，針對這個問題，我們又進行下一個實驗。

### 實驗 3-4、電解質濃度的效應

我們原本認為添加電解質濃度越高，乳化效果越好，但是經過實驗後，卻不一定如此。我們將加入濃度控制在 1-5% 電解質，經過實驗後，結果如下圖所示：



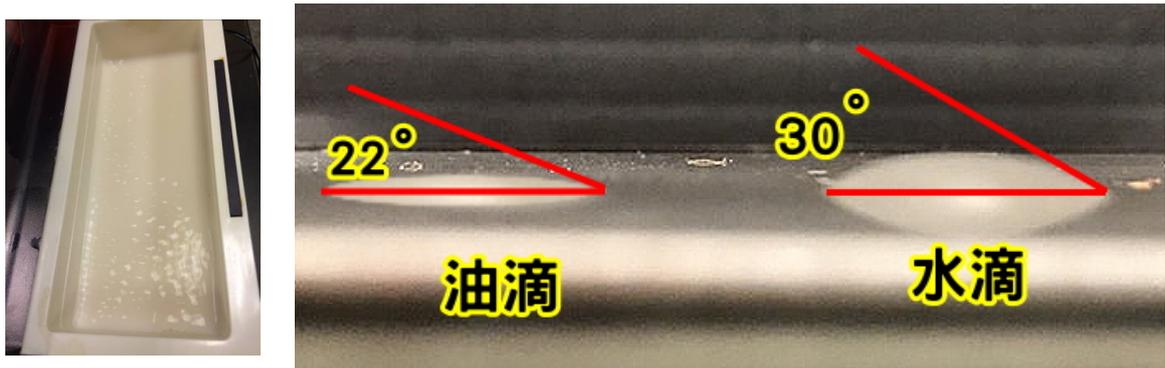
低脂奶粉乳化效果與電解質濃度



全脂奶粉乳化效果與電解質濃度

結果發現，平均來說 1-3% 濃度的電解質導電物，會讓牛奶的乳化效果增強，低脂鮮奶中，酸性物質會延伸到 4-5% 仍在增強，全脂牛奶則在 2% 就停止增強了。也就是說，使用電解質導電物增加牛奶的乳化效果，是有限度的，而且還有凝集沉澱的問題。

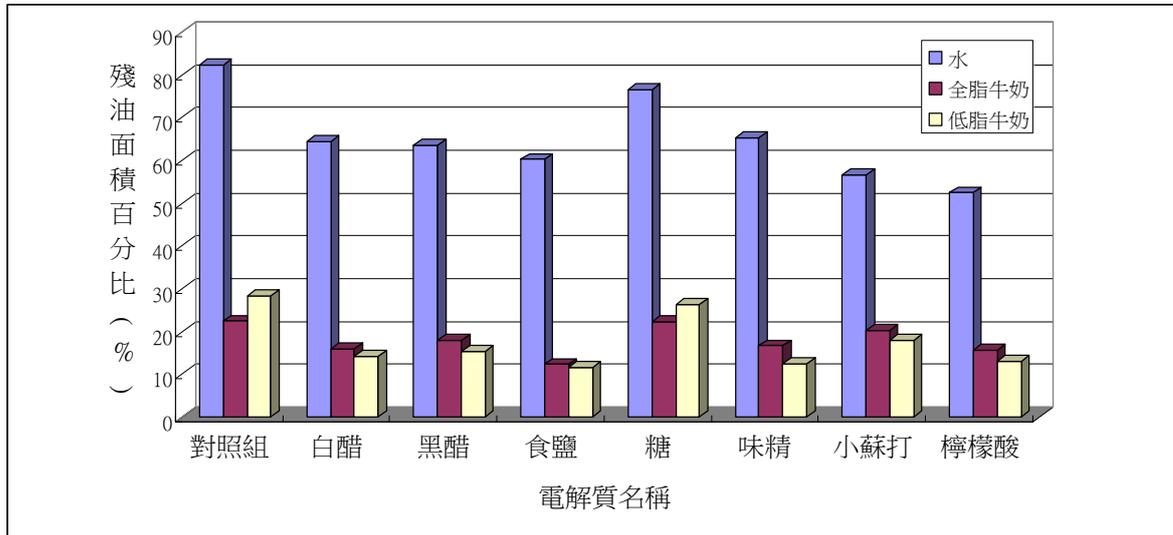
#### (四) 研究四、實用性的配方探討：這些配方洗餐盒，可行嗎？



上圖是洗淨震盪的裝置與鐵片滴上油低與水滴的情形，我們模擬金屬便當盒洗淨，選取的鐵片，從肉眼判斷就看出油滴接觸角很低，沾上油汙就不易用水去除。我們在前面實驗證實，大致上，導電度提升，乳化能力也會提升，但是油滴乳化實驗會受限於樣本的透明度，如果水溶液透明度太低，則會無法觀測。因此我們將洗滌餐具的過程標準化(見實驗步驟)，來測試洗淨效果。

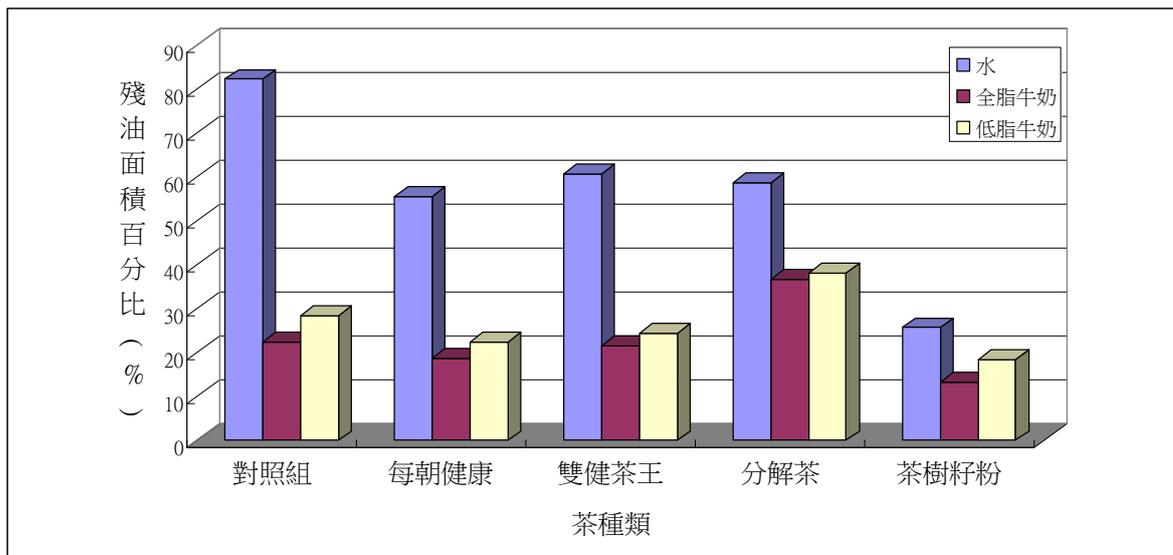
#### 實驗 4-1 配方一、牛奶添加電解質溶液

牛奶添加電解質溶液，必須防止因為 pH 值過低而造成分層沉澱現象，因此在不超過 pH5.4—7.0 的範圍下，採取 1% 水溶液添加 50 毫升，在樣本沒有分層的情況下測試結果如下：



依照實驗結果，電解質加入水中，對除油效果並沒有很大的差異，但加入牛奶就有較顯著的變化。低脂牛奶添加電解質的效果較全脂牛奶佳，非電解質的砂糖則沒有甚麼改變，這點與前面的乳化效果相符。

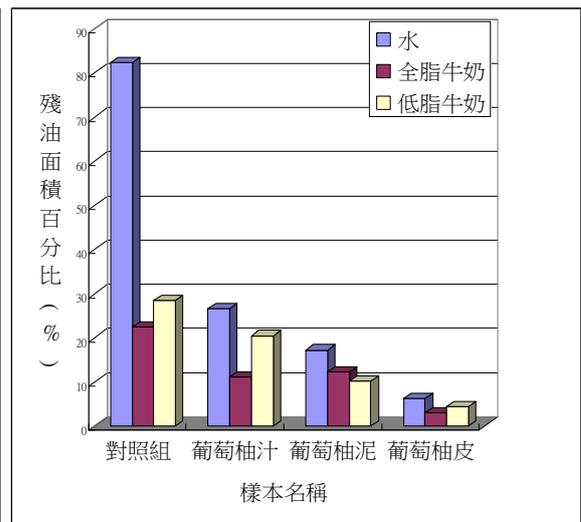
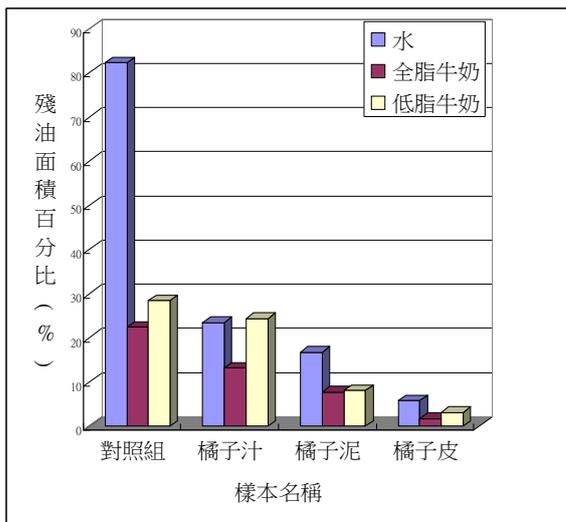
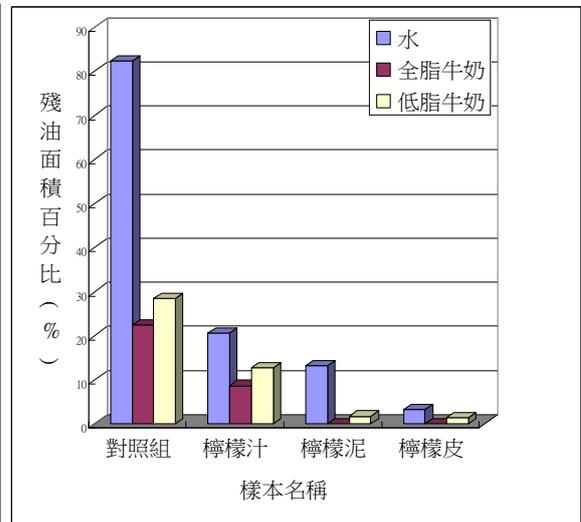
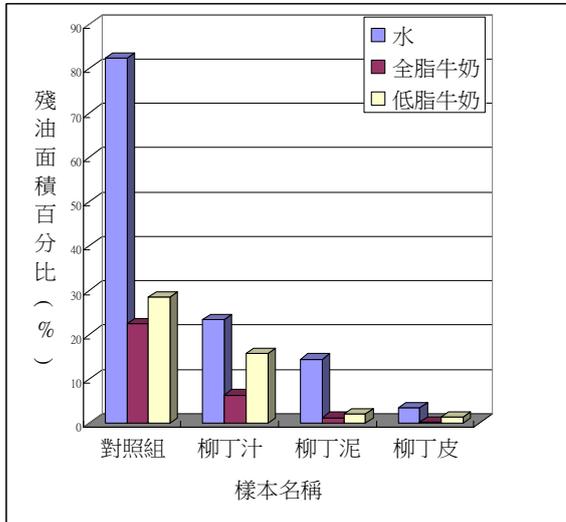
#### 實驗 4-2 配方二、添加號稱「油切」的茶類與茶樹籽粉



參考實驗 3-3，可以發現雖然這些號稱「油切」的茶類能夠有一些去除油污的效果，但是仍然不夠理想，必須借重牛奶這種「天然乳化劑」的添加，效果才能顯現。

### 實驗 4-3 配方三、牛奶添加柑橘類果汁、果肉與果皮

這個實驗選取了檸檬、柳丁、橘子、葡萄柚等容易取得的柑橘類水果，分別取它們的果汁、果肉、果皮添加入牛奶中進行測試，結果如下：



由結果發現添加柳丁、檸檬果皮到牛奶中，對油汙的清潔效果最為佳，牛奶添加了這些柑橘類水果樣本之後，清潔效果都比牛奶或柑橘類水果單獨使用優異。尤其是果皮表現方面。

了這些柑橘類水果樣本之後，清潔效果都比牛奶或柑橘類水果單獨使用優異。尤其是果皮表現方面。

## 研究五、持續不斷的研究--延伸實驗與成品研究

### 實驗 5-1 市售洗碗精的替代性實驗

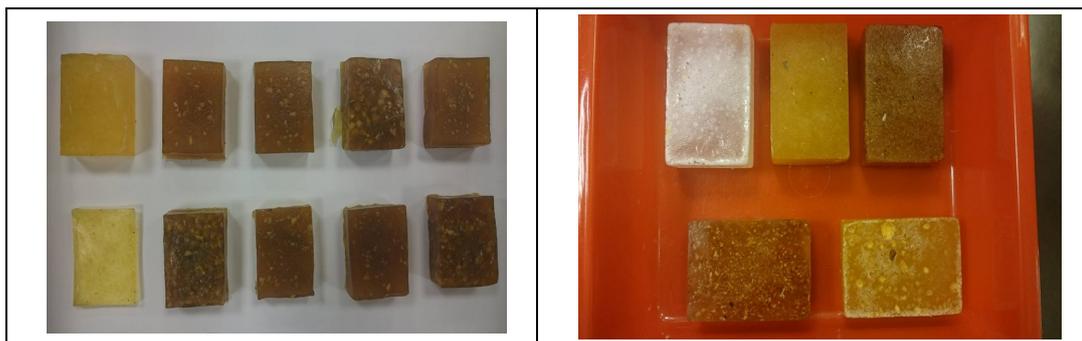
最後，我們使用市售的洗碗精調配以下濃度來進行洗淨實驗。結果發現在震盪槽中震動不搓洗的情況下，我們研究的環保洗滌配方，可以取代如下的濃度的洗潔效果：

洗碗精濃度	2%	4%	6%	8%	10%
殘油面積百分比 (%)	30	22.5	15.2	6.8	1.5
環保替代配方	使用全脂牛奶或低脂牛奶洗滌，即可達成，甚至更佳。	以全脂牛奶或低脂牛奶混合食鹽或檸檬酸洗滌。	以全脂牛奶或低脂牛奶混合橘子或葡萄柚果泥洗滌。	以低脂牛奶或全脂牛奶混合柑橘類果皮洗滌。	

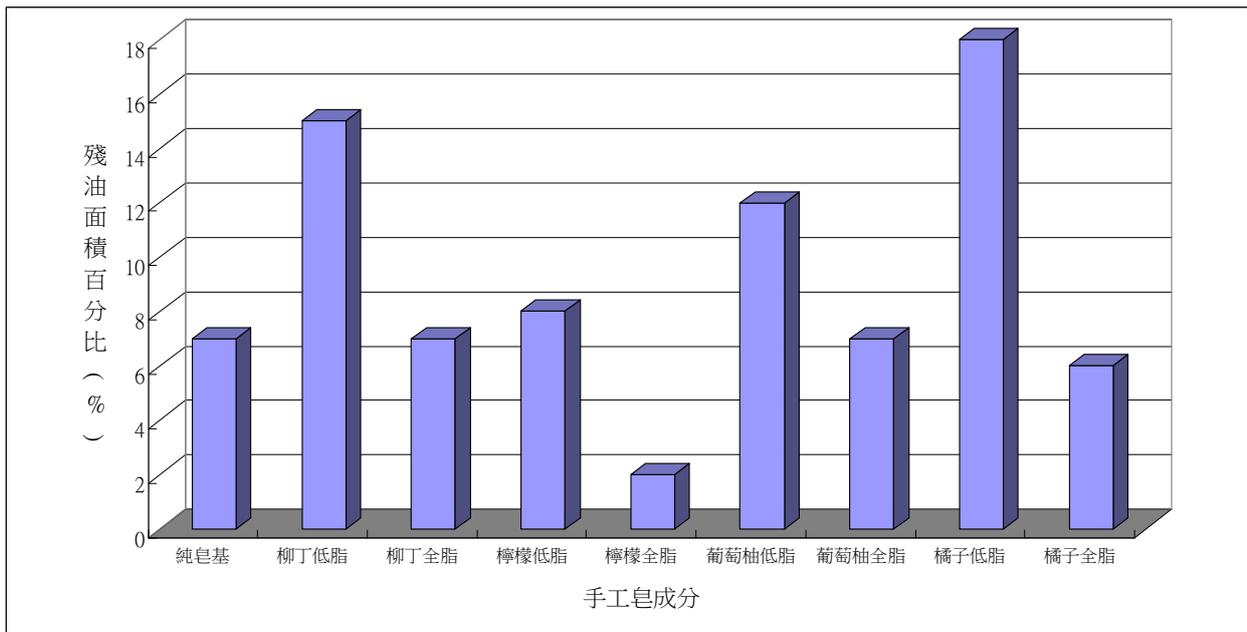
因此，我們以牛奶所研究的配方，不但能夠減少環境汙染，也可以達成洗淨餐具的成效，取代石化清潔劑確實可行。

### 實驗 5-2 牛奶水果皂的製作實驗

我們雖然找出了柑橘類果皮和牛奶的完美結合，但是這樣的結合在生活上的使用仍然不夠方便，在確定已有全國科展參賽資格之後，於是就有結合皂基製成「牛奶水果皂」的想法。皂基加熱融化後，我們經過幾次的測試，將皂基、果皮、牛奶的比例，調成 5:1:1 的比例，成品如下圖所示：

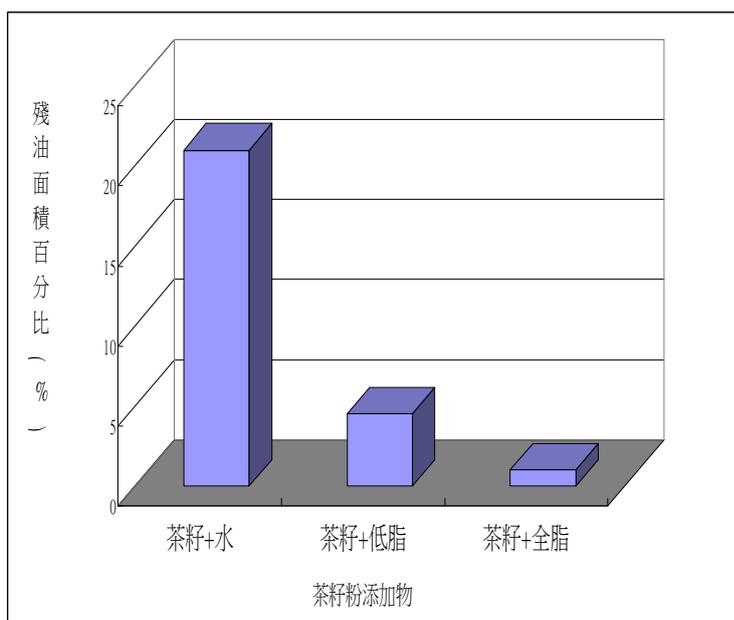


接著，我們用所製作的牛奶水果皂摩擦沾油鐵片(來回摩擦 20 次)，並以 250ml 的水沖洗後，結果發現，全脂牛奶混合檸檬果皮效果最佳，可見即使是將牛奶、果皮碎片這些天然物質融入皂基，也能改善清潔的效果。



### 實驗 5-3 奶茶籽塊的製作

我們在網路上查閱資料，發現使用茶籽粉洗餐具的人不少，但有人討論到清洗過後的茶樹籽殘留物將水管阻塞的問題。於是我們發現茶籽粉與油、水結合會變成硬塊，可能是造成水管阻塞原因。於是我們將它的缺點化為我們改善的契機，分別用水、全脂、低脂牛奶作為茶籽粉的固化劑，結果發現它們都和茶籽粉成功結合，成為「奶茶籽塊」，我們也將以上的樣本做了摩擦(來回摩擦 20 次)沾油鐵片後沖水的實驗，結果發現全脂牛奶製作的茶籽塊清潔效果最佳：

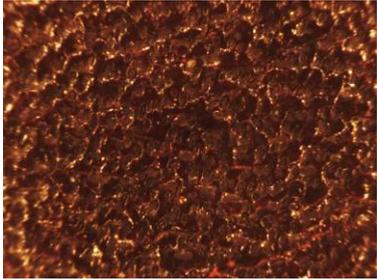
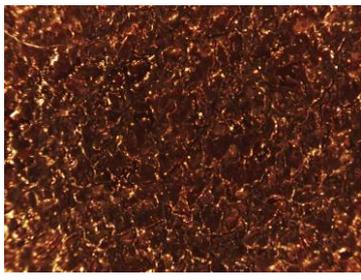


## 陸、討論

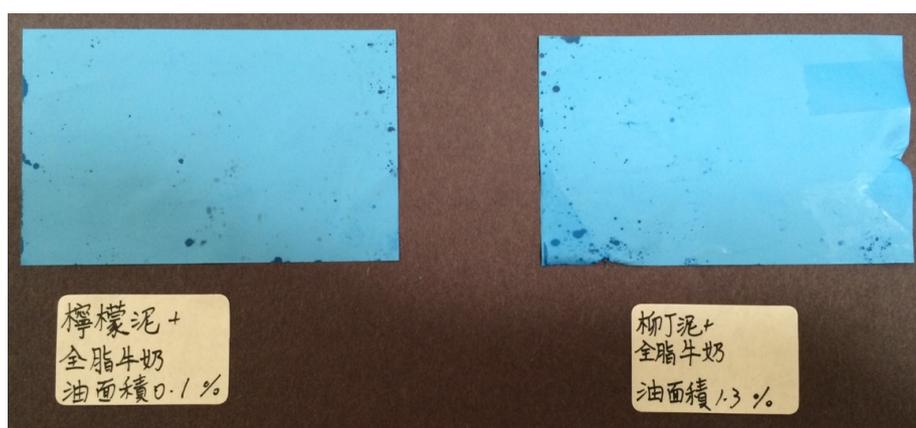
- 一、甚麼是乳化劑？乳化劑可以將水與油融化在一起的特性，而蛋黃、鮮奶、豆漿，都是天然乳化劑，有將油與水融合在一起的能力。
- 二、如何證實鮮奶具有界面活性劑的特性？根據文獻記載，牛乳本身就是具有界面活性劑的功能，而且乳化作用更是基本的功能。經過我們實驗，牛奶能夠降低表面張力、降低與羊毛布的接觸角、對碳酸鈣具有分散能力，提高濃度起泡性增加，對於油滴也具有乳化能力。而且實驗證實，對於餐具上的油汙也有清潔效果，在顯微鏡的觀察之下，可以發現鮮奶有界面活性劑的微胞構造，因此有不少證據證明，牛奶本身就是天然的界面活性劑。
- 三、鮮奶或豆漿在甚麼狀況下會有分層現象？這在日常生活中有甚麼意義？鮮奶、豆漿遇到較高濃度的酸或是特定的鹽類，會產生分層現象，界面性質遭到破壞，也會失去原來的清潔、乳化能力。如果放太久，過期的也會產生這種現象。這種分層現象，我們可以拿來製作優格、豆花、豆腐等食品。
- 四、為什麼牛奶能夠降低表面張力？降低表面張力有甚麼用途？因為牛奶本身是一種界面活性劑，本身的分子構造有親水端和親油端，如果排列在水面上，將會降低水的表面張力，這樣的分子能夠產生泡沫，也能夠包覆油汙，使被油汙染的物品容易洗淨。也造成與羊毛布接觸後的鮮奶，其接觸角較水珠低，因此具有濕潤布料的能力。
- 五、牛奶添加電解質化學品或果泥、果汁的效果如何？雖然牛奶本身有去污能力，但是要取代市售的洗潔精還有段距離，經過實驗證實，增加導電度能夠提升乳化效果，而且根據文獻，柑橘類的水果都有共通的成分為單萜類和檸檬烯，是由異戊二烯為單體(isoprene)構成，可以把油脂溶解，達到洗淨的效果，如果能夠加上牛奶的乳化能力，效果提高，經實驗證明確實如此。
- 六、全脂牛奶和低脂牛奶的洗淨效果哪個較佳？在前面的實驗中，全脂牛奶的乳化能力略優於低脂牛奶，推測是因為低脂牛奶的親油分子的含量較低，但是分散能力方面，卻是低脂牛奶優於全脂牛奶。若是添加電解質化學品，低脂牛奶優於全脂牛奶。但是在添加果泥之後，全脂牛奶的洗淨效果反而大幅提升，是可以採用的配方。

七、 **影響洗淨效果的因素是什麼？** 影響乳化效果的同時也會影響洗淨油污的效果。影響的因素有導電度的高低、牛奶的濃度、當中油脂的含量、加入電解質的種類、果汁和果泥的種類...等。

八、 **對於其他的物品，牛奶是否有清潔能力？** 牛奶是界面活性劑，對於餐具的油汙，具有清潔能力，我們在整個研究告一段落之後，還用全脂牛奶針對皮革進行擦拭清潔實驗，結果發現牛奶確實對皮革有清潔能力，對真皮製品的效果顯著，以下是經過處理後的USB 顯微照相：

		
真皮製品未清潔，表面紋路有一層污垢。	真皮製品用水清潔，沒有多大差異。	真皮製品用牛奶清潔。表面紋路清晰，污垢去除。

九、 **洗淨效果的「完美配方」如何？** 經過實驗證實**柳丁果泥、檸檬果泥混合全脂牛奶**效果最佳(如下圖所示)。我們看到許多篇報告，都是將果皮浸漬在酒精中一個月以上來製作「果皮清潔劑」，但是新鮮的水果配合牛奶來使用，也能夠有良好的清潔效果，在不搓洗，只靠震盪及定量沖水的情形下，出現幾乎媲美洗碗精的效果。



十、 **這些配方是否能夠取代石化清潔劑？** 雖然市售的石化清潔劑有很強的潔淨效果，但是卻會對環境造成傷害，尤其是水污染的元兇。我們用回收的牛奶混合生產過剩的水果果渣，經過實驗證實，不論製成水果牛奶皂或茶籽牛奶塊，都足以媲美市售洗碗精。因此

若能以此為基礎做成清潔用的商品，用可分解的天然素材作原料，將能降低環境的傷害，取代石化清潔劑確實可行。

## 柒、結論

- 一、經過實驗證實牛奶確實是界面活性劑，具有降低表面張力、降低接觸角、具有起泡性、具有些許碳酸鈣的分散能力、對油滴也有乳化效果，其濃度增加，效果提升。
- 二、增加導電度也能有效提高乳化能力，但要在不讓牛奶分層的前提下實施。若加入過多的酸、鹼或特定的鹽類，產生分層會失去界面活性劑應有的特性。
- 三、全脂奶粉加入柳丁、檸檬果泥的去污能力最好，因此，不論製成水果牛奶皂或茶籽牛奶塊，都能提高洗淨效果。此外，牛奶有可以去除真皮製品上的污垢，使其恢復光澤。

## 捌、未來展望

我們目前還是小學階段，化學實驗的能力還不成熟，如果能夠用特別的方法萃取出牛奶產生界面活性劑的成分或是水果中促進油脂溶解的化學成分，檢測更多的乳品或水果樣本、茶葉渣及其他的環保素材，研究更多的環保替代方案，將會是我們下一個目標。

## 玖、參考資料

- 一、維基百科，界面活性劑

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E6%B4%BB%E6%80%A7%E5%89%82>

- 二、乳化作用| 科學 Online – 科技部高瞻自然科學教學資源平台

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4730>

- 三、食品乳化劑 <http://crffhn.pccu.edu.tw/ezfiles/122/1122/img/111/174794464.pdf>

- 四、施建輝，謝承源，2002 年，從導電度看乳化，臺灣國際科展作品，化學科，科展群傑廳。<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=2584>

- 五、山本喜一、藤田勳著，顏誠廷譯，圖解化學，牛奶、血液等膠體溶液的用途，頁 68。

- 六、水果皮清潔劑，全國高職學生 103 年度專題暨創意製作競賽作品

<http://www.tcavs.tc.edu.tw/newsfile/1031103113824.pdf>

## 【評語】 080206

本作品從日常生活中發現問題，實驗過程能自製起泡高度器及乳化油滴檢測器等量測工具，符合科學探究精神；實驗項目使用材料，鮮奶和奶粉交替使用，沒有一致性，容易有實驗誤差。