

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

探究精神獎

030114

油比較就有熱趣

學校名稱：基隆市立銘傳國民中學

作者： 國二 林怡蓁 國二 陳俊霖 國二 黃筠紘	指導老師： 鄭志龍 林怡瑩
---	-----------------------------

關鍵詞：食用油、比熱、熱功率

摘要

本實驗量測食用油與混合食用油在不同溫度下的比熱變化，利用恆溫加熱板與自製卡計，搭配 Arduino 開發板與熱電偶溫度感測器來進行實驗，我們根據牛頓冷卻定律修正加熱板功率，得到自製的卡計相較於化學實驗用卡計有較高的精確度，再利用自製卡計量測0~60°C食用油的比熱。我們發現混合食用油的比熱皆高於原本的純油，食用油在高溫時比熱些微下降，比熱(S-T)呈下彎曲線；混合食用油在高溫時比熱明顯上升，比熱(S-T)呈上彎曲線，這兩個比熱特性或許是除了光譜儀，另外一個可以用來區分純油和混合油的方法。

壹、 研究動機

八年級下學期自然課「有機化合物」單元，介紹了許多油的知識，我們認識到油的比熱不高容易升溫和降溫。但從日常經驗麻油雞湯表面的浮油，卻有幫麻油雞湯保溫的效果，一般的解釋是表面的浮油可以隔絕空氣避免熱量散失，但如果油的比熱小，為什麼湯的熱量沒有因為接觸油，讓油溫度升高而將熱傳出去呢？讓我們好奇是否還有其他原因造成雞湯的保溫效果。因為麻油雞湯是至少是麻油和雞油構成的混合油，我們也好奇混合之後油的比熱是否會有不同？油是一個容易被加熱卻又不容易蒸發的物質，那麼比熱應該很好量測（因為蒸發熱的影響比較小），我們探討橄欖油、葵花油…等食用油的比熱，量測不同油品的混合比熱，以及油在不同溫度下的比熱，試著去更了解比熱的性質。

貳、 研究目的

- 一、用自製卡計量測酒精比熱，與標準值比較（精確度）透過 Arduino 開發板與電偶式感測器，自製能準確量測比熱的卡計。
- 二、比較自製量測比熱的卡計和化學實驗用卡計的準確性。
- 三、量測與比較不同食用油品(如葵花油、橄欖油、芥花油)不同溫度下的比熱。(S - T)

四、量測與比較不同混合比例的油品，不同溫度下的比熱。(R - S - T)

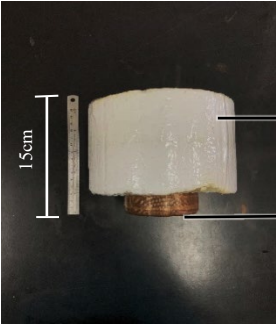
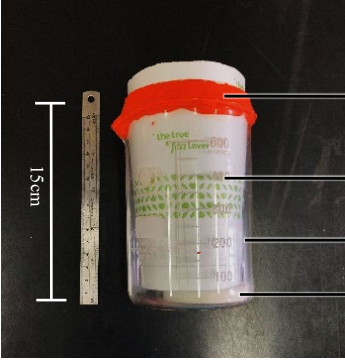
五、比較混合油和純油在不同溫度的比熱是否具有不同的特徵。

六、驗證混合比熱公式是否可以運用在計算不同比例的混合油比熱，比較計算理論值和實際量測值的差異。

參、研究設備與器材

一、設備

器材	說明欄
<p>Arduino 開發板</p>  <p>USB 接線</p> <p>Arduino 開發板</p>	<p>開發板可以接上電偶式感測器</p> <p>USB 接頭插入電腦後用程式開啟，可設定取樣率(我們使用 30 秒為間格)。</p>
<p>電偶式感測器與卡計蓋子</p>  <p>卡計蓋子</p> <p>感測器</p>	<p>(溫度感測器)</p> <p>感測器的感測範圍:-55~+125°C</p> <p>感測器靈敏度:0.06°C</p> <p>卡計蓋子用膠帶封住空隙</p>
<p>恆溫加熱板</p> 	<p>指示紅燈亮後等待預熱</p> <p>加熱板加熱範圍約 40~300°C，每次實驗轉到刻度100°C</p>

<p>自製卡計</p>  <p>保麗龍壁 (鋼杯在內)</p> <p>鋼杯底部</p>	<p>電偶式感測器與卡計蓋從上方伸入並且蓋實</p> <p>鋼杯底部以絕熱膠帶包裹側邊 (側邊靠近加熱板若用保麗龍會融化)</p>
<p>化學實驗用卡計</p>  <p>黏土</p> <p>保麗龍</p> <p>空氣層</p> <p>燒杯</p>	<p>電偶式感測器與卡計蓋從上方伸入並且蓋實</p> <p>內部有一小鋼杯盛裝待測液體，與保麗龍杯內的熱水進行熱平衡</p>
<p>其他: 電腦、電子秤、冰箱</p>	

二、器材

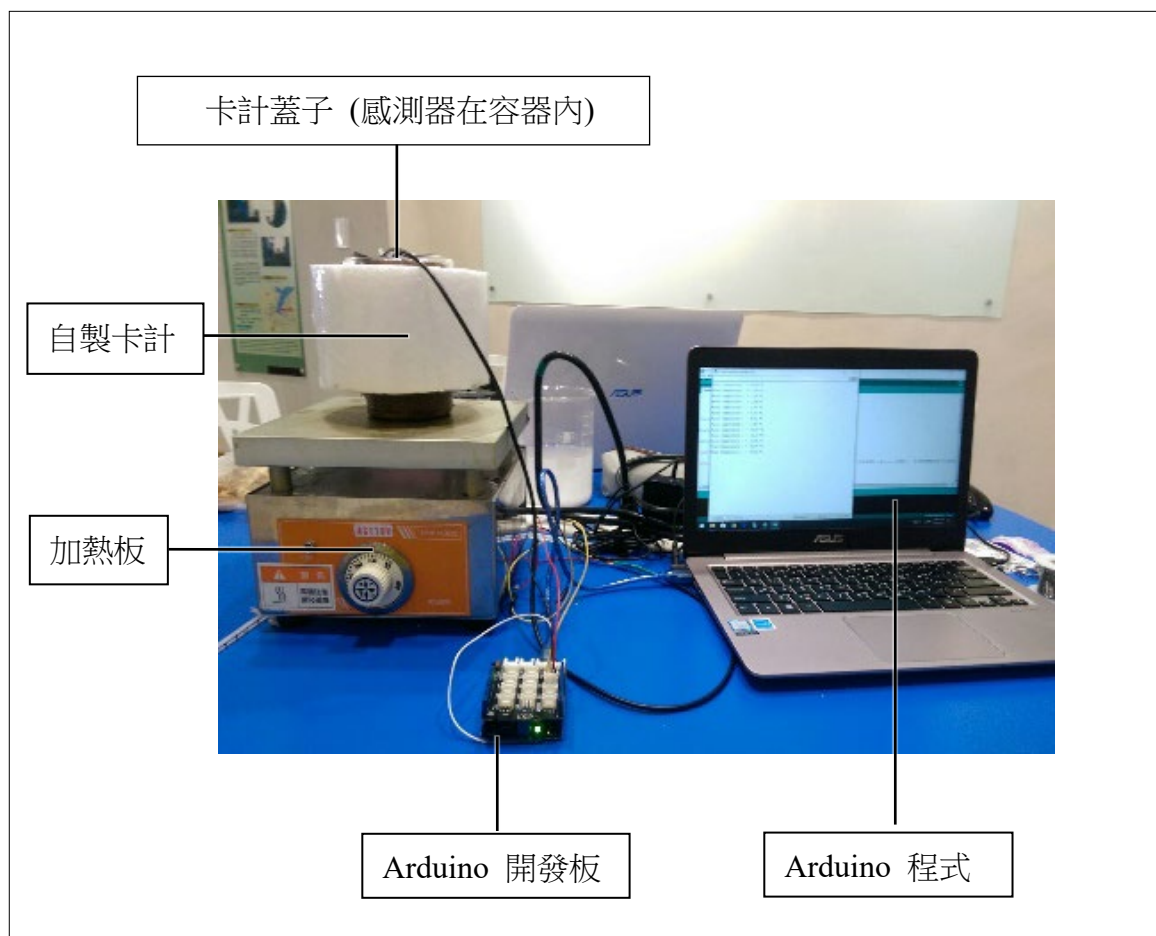
滴管	酒精溫度計	燒杯	玻璃棒
----	-------	----	-----

三、藥品及耗材

95%酒精	純水	酒精	葵花油
橄欖油	芥花調和油	葡萄籽油	

肆、 研究過程與方法

一、 裝置架設與液體處理



液體放在冰箱維持低溫不結凍的狀態，實驗前從冰箱移至室溫用電子秤測量重量，隨後將液體移入自製卡計的鋼杯內，並且放入溫度感測器蓋上蓋子。等到溫度感測器的溫度變化不明顯時，代表溫度感測器和液體達到熱平衡，此時可以開始實驗，將自製卡計放到已經預熱的加熱板上，就可以開始比熱量測了。

二、 測定加熱板熱功率

(一) 我們以水為標準去推算恆溫加熱板每分鐘的供熱，水的比熱是 $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ，每次測試時將加熱板設定恆溫 100 度，待加熱板溫度到達 100 度時開始進行實驗，用 200g 、 10°C 以下的水加熱 10 分鐘，測量三次，帶入 $H=M \times S \times \Delta T$ 算出加熱板每分鐘的供熱。

$$\text{每分鐘供熱} = H / 10\text{min} = M \times S \times \Delta T \div 10 = 200 \times 1 \times \Delta T \div 10$$

在處理數據時，發現每次算出的供熱會有近 100cal 的誤差。仔細觀察加熱器發現，加熱至 100°C 時，會自動停止加熱，如果溫度低於 100°C 時會再加熱升溫到 100°C，機器以這個方式維持恆溫，但溫度降低和加熱的過程造成供熱上的差異。

(二) 為了修正這個誤差，我們將測試時間拉長，測量時間涵蓋了加熱器升溫和降溫的過程，再 3 重複取平均值來降低誤差。以水升溫至 60°C 的溫差來計算供熱，結果三次數值相差在 10cal 以內，證明測量時間延長再取平均值就可以修正供熱差異，最後算出機器每分鐘供熱是 276cal。

(三) 之後測量液體比熱時也以每 10 度為一個間距取平均來得到較準確的比熱。

三、驗證比熱測量器的準確度

(一) 用 200g、0°C 的酒精加熱至 60°C， $H/\text{min}=276\text{cal}$ ，代入 $H=M \times S \times \Delta T$ 算出酒精的比熱，藉此驗證比熱測量器準確度。結果如表 4-3-1 和圖 4-3-1。

溫度區間	比熱 $\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$			平均
	第一次	第二次	第三次	
0~10°C	0.42	0.41	0.33	0.38
10~20°C	0.48	0.42	0.30	0.40
20~30°C	0.60	0.63	0.51	0.58
30~40°C	0.63	0.57	0.68	0.63
40~50°C	1.41	0.87	0.69	0.99
50~60°C	1.35	2.05	0.94	1.45

1. 我們發現酒精比熱室溫標準值 $0.59 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ，我們的實驗數據 20~30°C 平均比熱為 $0.58 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ，因此推論水算出的供熱可以當作實驗基準，也驗證自製的比熱測量裝置是可信的。
2. 原本認為比熱是物質的一種穩定的特性，實驗結果卻發現酒精的比熱隨著溫度升高而升高，低溫比熱和高溫時比熱相差超過兩倍，查詢相關文獻後發現，雖然酒精的比熱的確會隨著溫度變化，但是從 5°C 到 55°C，酒精

比熱只是從 $0.55 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ 到 $0.65 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ 的變化而已。我們將結果繪製成比熱 - 溫度關係圖：

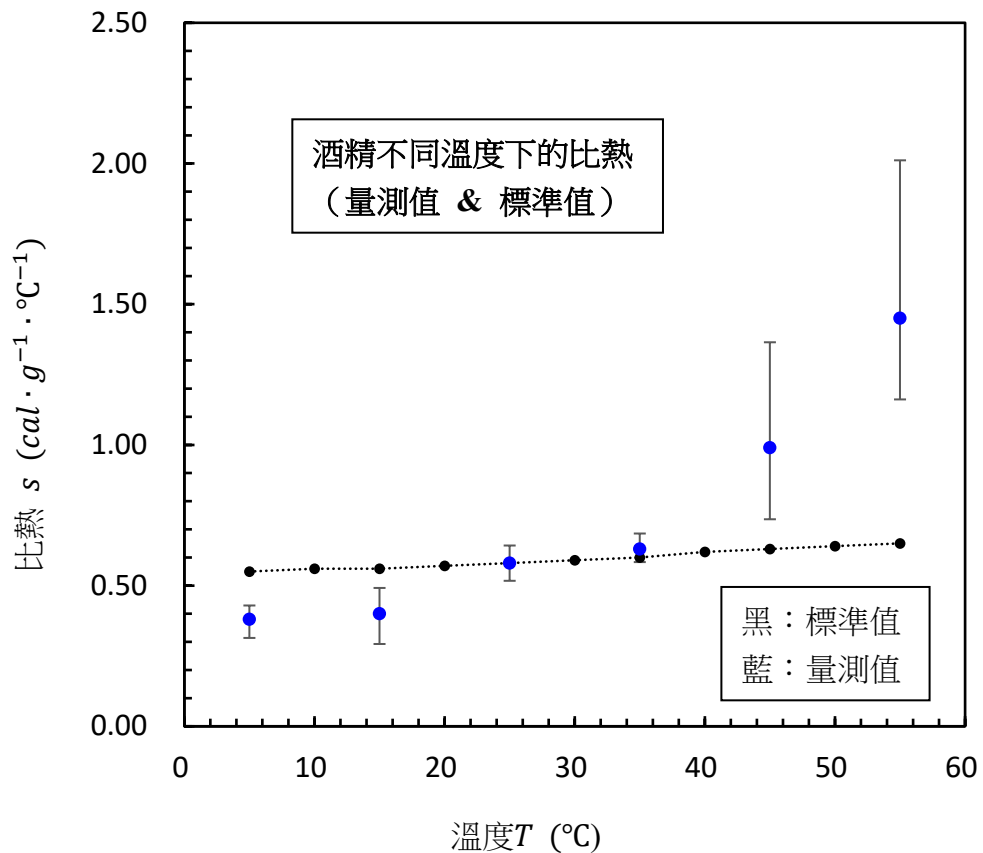


圖 4-3-1 酒精不同溫度下的比熱

3. 結果顯示我們測量的酒精比熱在低溫時被低估了，而在高溫時被高估了，經過資料尋找與文獻探討後，我們認為造成的原因應該是，不同溫度下的加熱板的熱功率不同，我們卻以固定的 276 cal/min 計算，造成熱功率在低溫時被低估，在高溫時被高估的結果，加熱板加熱不同溫度液體時所提供的熱功率不同，可以用牛頓冷卻定律來解釋並計算出正確的熱功率。



加熱板維持 100°C ，根據牛頓冷卻定律，隨著加熱板和保溫裝置的溫差變小，加熱板供熱效率會降低。

四、牛頓冷卻定律

(1) 牛頓冷卻定律描述物體冷卻（升溫）速率與物體和環境溫度差成正比。可以寫成下列式子

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -k(T-B)$$

其中 $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ ：升溫或降溫速率，k 是比例常數(隨物體不同)，T: 物體的溫度，B: 環境溫度 (這裡是指加熱板的固定 100°C 溫度)

我們利用上式反推出物體在不同時間的溫度函數 T(t)，利用水的升溫曲線去驗證函數，發現吻合程度很高，說明牛頓冷卻定律可以準確描述水的升溫情形

接著我們利用 $Q=msT(t)$ 的關係，將 T(t)帶入，可以將加熱板加熱功率表示成下列式子:

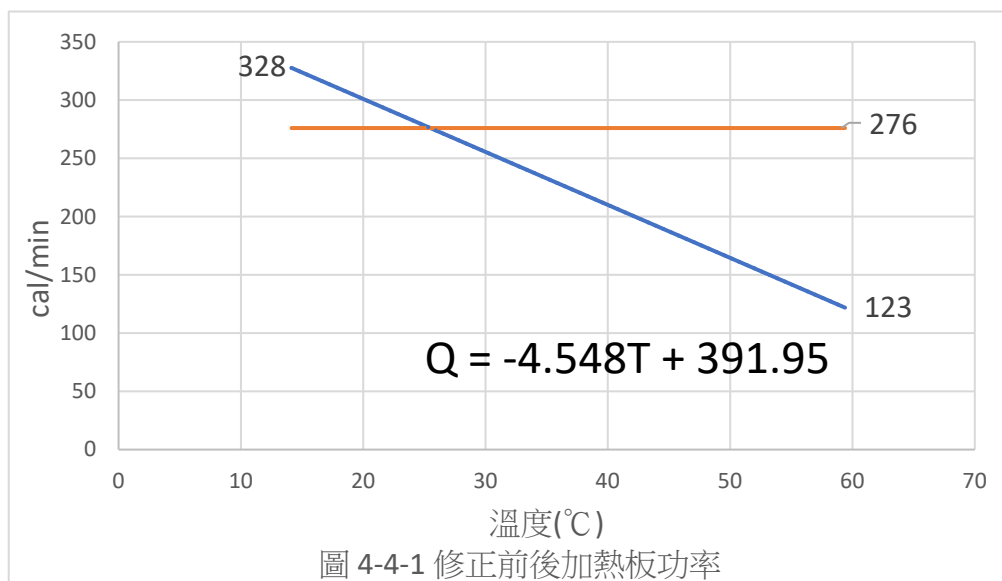
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\alpha T(t) + \beta$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \text{加熱板加熱功率} \quad T: \text{物體當前的溫度} \quad \beta, \alpha: \text{常數}$$

(2) 利用加熱板加熱 200 克的水求出上述公式常數，自製比熱測量裝置的供熱效率可以用下列式子表示:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \text{ (cal/min)} = -4.548T + 391.95 \text{ cal}$$

修正前後加熱板的功率圖如下



確認了低溫時的加熱板的供熱被低估，高溫時供熱被高估，造成了計算比熱低溫時會低估，高溫時會高估。

接著我們回去修正在計算酒精比熱時所使用的熱功率，再重新計算酒精的比熱，將結果繪製成比熱 - 溫度關係圖如下：

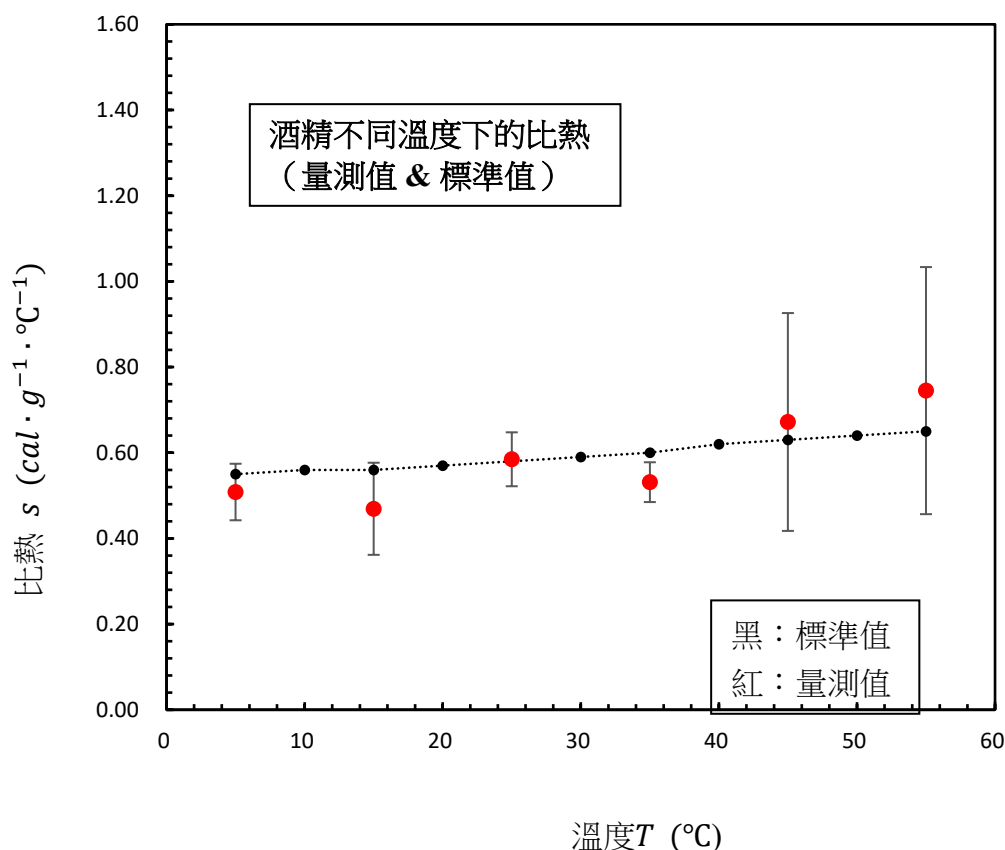


圖 4-4-2 修正後酒精不同溫度下的比熱

可以看到量測值和文獻的標準值相當接近了，我們便可將牛頓冷卻定律推導出來的熱功率公式，應用在計算油的比熱上。

五、比起用10°C溫度區間計算平均比熱，我們更希望用函數的運算，直接求得特定時間的溫度 T 。所以我們會先用多項式擬合出平滑化函數 $T(t)$ ，微分求出 $\dot{T}(t)$ ，我們就會有某個時間點 t 的平滑化溫度 T 和 $\dot{T}(T)$ ，就可以計算 $s(T)$ 。

除了自製卡計以外，我們想要尋找是否有更好的方法來測量比熱，高中或大學化學實驗時常用簡易卡計來測量化學反應的反應熱，這個裝置在測量中和熱與溶解熱等反應熱，誤差很小大約在 4%~6% 左右，所以接下來我們嘗試利用化學實驗用卡計來測量比熱，並和我們自製的卡計做比較。

六、自製化學實驗用卡計

(一) 自製化學實驗用卡計構造：將兩個乾淨的保麗龍杯重疊，外面再套上 500ml 的燒杯，杯緣以黏土密封。再裝上水溫感測器進行測量。

(二) 實驗步驟

1. 先以冷熱水平衡，求出卡計本身在反應過程中，溫度升高或降低 1°C 時，吸收或放出的熱量。以下式可以計算出卡計的吸熱和放熱

熱水釋放的熱量=冷水吸收的熱量+卡計吸收的熱量

2. 將酒精放入卡計紙杯內，熱水放入量筒中，等待三分鐘測量水和酒精和容器平衡後溫度，作為兩種溶液的起始溫度。

3. 將熱水倒入卡計的紙杯內，迅速放入溫度並蓋上卡計上蓋，不斷輕搖卡計，使水和酒精均勻混合。紀錄卡計內溶液的最高溫度。

熱水釋放的熱量=酒精吸收的熱量($m S_{\text{酒精}} \Delta t$)+卡計吸收的熱量

以上式可以求出酒精的比熱。

4. 如果是測量食用油，由於食用油和水無法均勻混合，會熱水倒入紙杯中，食用油先放入一個小容器，小容器再放入紙杯和熱水熱平衡，其餘步驟和上述實驗相同。

(三) 化學實驗用卡計測量的酒精比熱與先前的自製卡計所測得的數值做比較

我們量測兩次，一次得到 0.99，一次得到 0.97，和理論值 0.58 有相當大的差距，這是因為熱平衡過程中，酒精每揮發 1g 就會損失 200 cal，對於，實驗時 200g 水降低 5°C ，水提供的熱量也不過 1000 cal 左右，因此揮發掉的熱量影響相當大，造成化學實

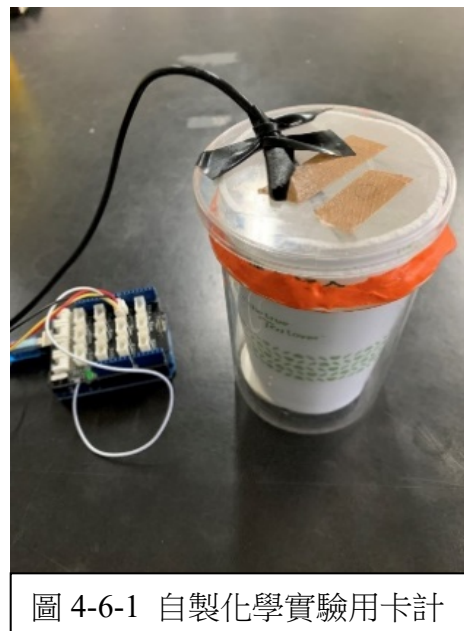


圖 4-6-1 自製化學實驗用卡計

驗用卡計量測結果相當不準。因此化學實驗用卡計，只適合用在測量短時間內的中和熱與溶解熱等反應。

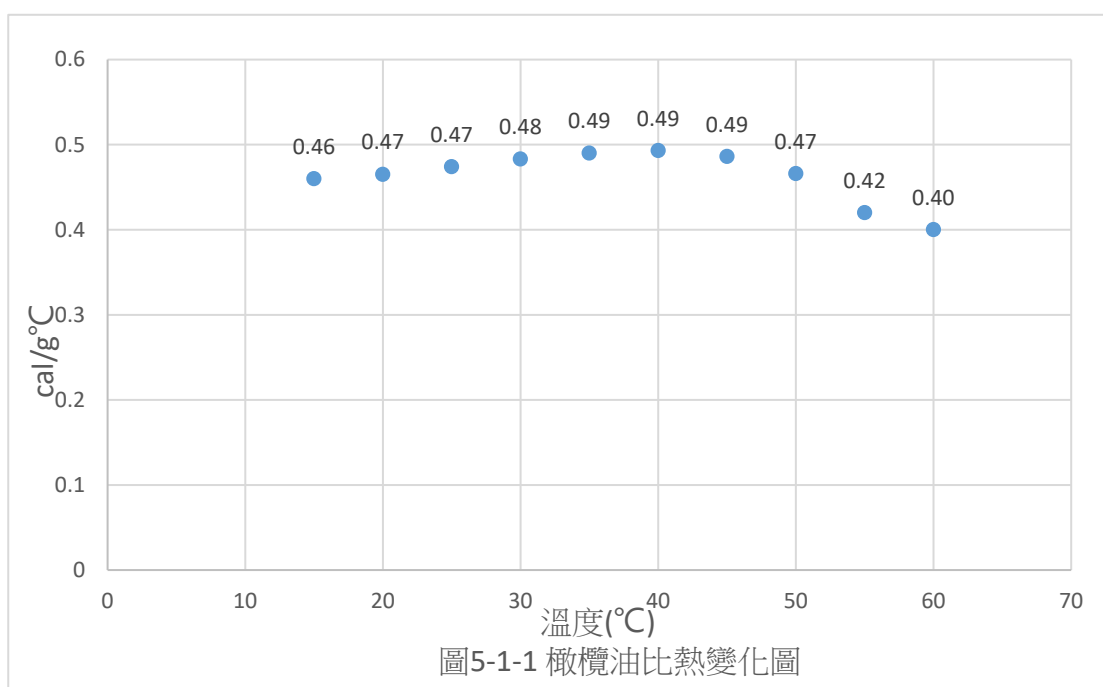
另外，化學實驗用卡計一次實驗計只能測量當下熱平衡溫度的比熱，我們實驗需要每隔 5°C 或 10°C，甚至更小區間溫度的物質比熱，以化學實驗用卡計要得到這些數值，步驟過於繁瑣困難，與我們的實驗需求不符。

經過實際測試比較後，本次探究過程將採用自製比熱測定裝置，並利用牛頓冷卻定律計算出的加熱板功率，來測量研究各種食用油不同溫度的比熱。

伍、 研究結果

一、市售食用油的比熱變化圖

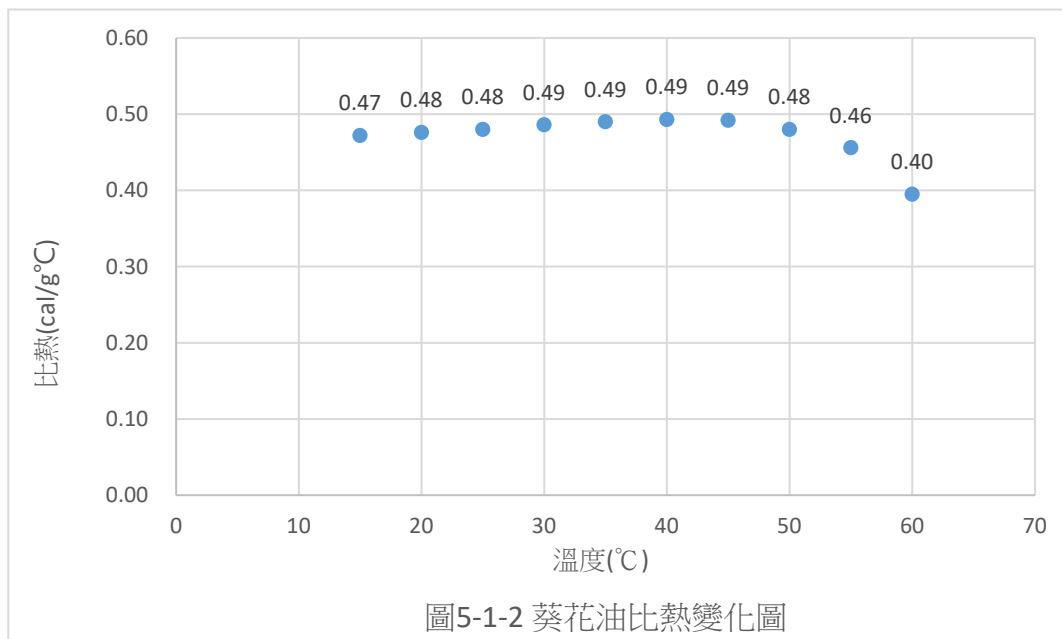
(一) 橄欖油比熱變化圖



1. 由實驗結果中我們可以發現，橄欖油的比熱隨溫度升高，呈現一個下彎的曲線。
2. 比熱在 10°C ~ 40°C 之間的比熱呈現上升的趨勢，在 40°C 時比熱達到最高點，40°C ~ 60°C 比熱下降，到 60°C 時比熱則是最低點。
3. 高溫比熱小於低溫的比熱，55°C 和 60°C 的比熱低於 15°C 時的比熱。

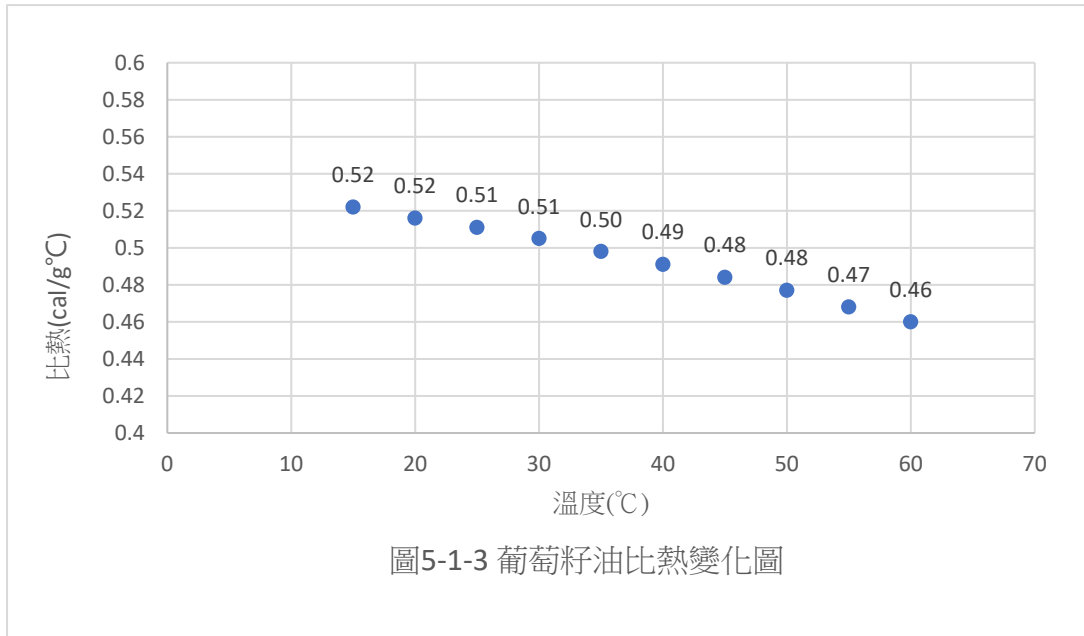
4. 高溫時的比熱變化比低溫時劇烈，40°C ~60°C的比熱變化是 10°C ~40°C的 3 倍。

(二) 葵花油的比熱變化圖



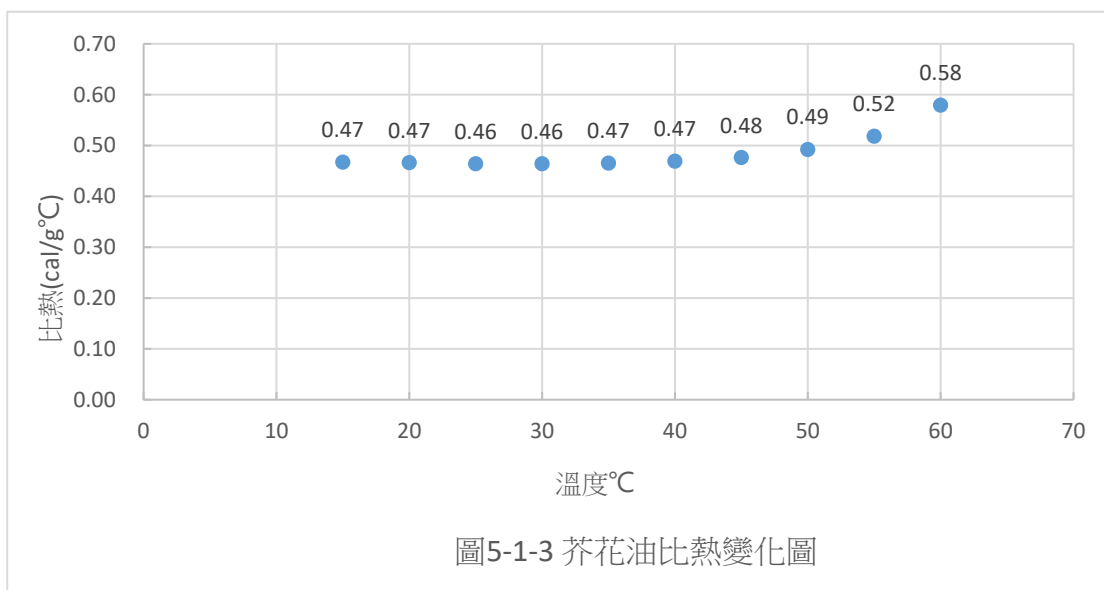
1. 由實驗結果可以看出，葵花油的比熱和橄欖油一樣呈現下彎的曲線。
2. 葵花油的比熱在 10°C ~40°C之間上升，在 40°C時比熱達到最高點，40°C ~60°C比熱下降，60°C時比熱則是最低點。
3. 高溫比熱小於低溫的比熱，55°C和 60°C的比熱低於 15°C時的比熱。
4. 高溫時的比熱變化比低溫時劇烈，10°C ~40°C比熱增加了 0.02cal/g°C，但 40°C ~60°C的比熱卻下降了 0.09cal/g°C，變化幅度相差超過 4 倍。
5. 葵花油和橄欖油都是純油，沒有混雜其他油品，可以發現兩者的比熱圖相當的類似，有許多共同的特徵。

(三)葡萄籽油的比熱變化圖



1. 由實驗結果可以看出，葡萄籽油的比熱曲線呈現下降趨勢，我們猜測葡萄籽油的比熱曲線應該和葵花油及橄欖油有一樣的下彎趨勢，只是葡萄籽油三次測量數據差距較大，所以趨勢在分析的時候被平滑掉了。
2. 低溫比熱大於高溫的比熱，15°C時的比熱大於 55°C 和 60°C 的比熱。
3. 高溫時的比熱變化程度和低溫時差不多。

(四)芥花油調和油的比熱變化圖



1. 由實驗結果可以看出，芥花油調和油的比熱呈現上彎的曲線，芥花調和油是芥花油、葵花油以及橄欖油三種油的混合油，可以發現其比熱曲線和兩種純油不同。
2. 芥花油比熱在 10°C ~40°C 之間下降，比熱最低點在 25°C，比熱在 40°C ~60°C 時上升，最高點在 60°C。
3. 低溫比熱高於高溫比熱，55°C 和 60°C 的比熱高於 15°C 時的比熱。
4. 高溫時的比熱變化比低溫時劇烈，10°C ~40°C 比熱幾乎沒有什麼改變，但 40°C ~60°C 時比熱卻上升了 0.11cal/g°C，高低溫的比熱變化差異明顯，這個特徵不論是混合油或純油都相同。

二、純油和混合油比熱之比較

(一) 橄欖油、葵花油、葡萄籽油和芥花油比熱比較

表 5-2-1 橄欖油、葵花油、葡萄籽油和芥花油比熱比較表				
比熱 cal/g.°C	橄欖油	葵花油	葡萄籽油	芥花油
15°C	0.46	0.47	0.522	0.47
20°C	0.47	0.48	0.516	0.47
25°C	0.47	0.48	0.511	0.46
30°C	0.48	0.49	0.505	0.46
35°C	0.49	0.49	0.498	0.47
40°C	0.49	0.49	0.491	0.47
45°C	0.49	0.49	0.484	0.48

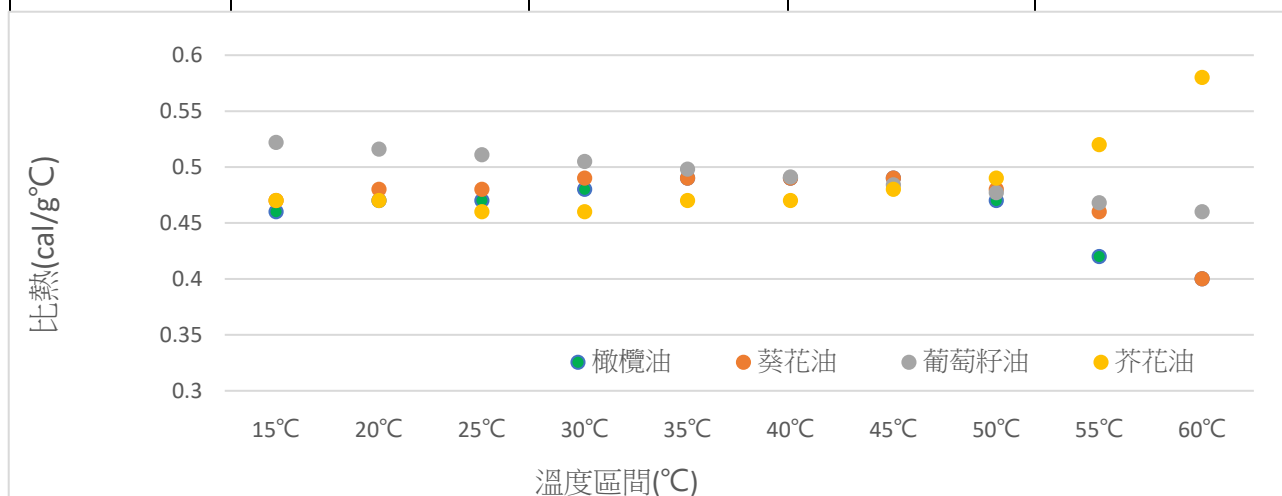
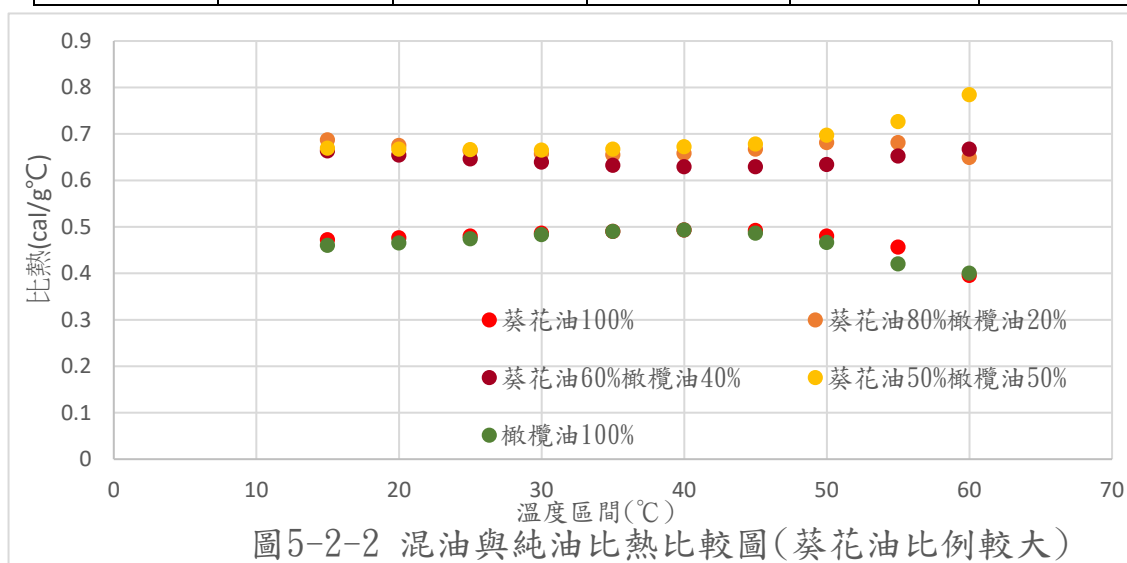


圖5-2-1 橄欖油、葵花油、葡萄籽油和芥花油比熱比較

1. 橄欖油、葵花油和葡萄籽油是純油，芥花油是混合油，可以發現純油的比熱圖為一個下彎的曲線，混合油則為一個上彎的曲線。
2. 4種油的比熱 15°C~50°C時相差都不大，但超過 50°C後，芥花油的比熱(混合油)就明顯的高於其他兩種純油。
3. 我們想了解純油和混油的比熱是不是有更多不同的特徵，所以我們自行混合不同比例的食用油，來觀察混合油和純油比熱的差異。使用自製比熱卡計測量三種純食用油時，葡萄籽油數據變動較大，葵花油和橄欖油的數值則相對穩定，因此我們接下來的混合油實驗會利用葵花油和橄欖油來進行。

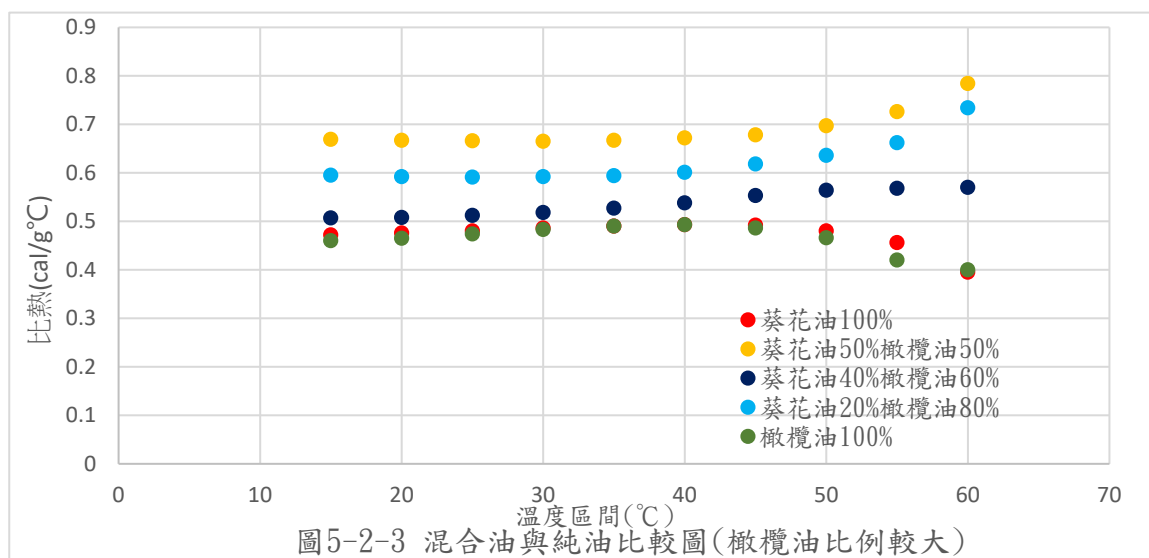
(二)葵花油比例較大的混合油和純油的比熱比較

比熱 cal/g. °C	葵花油 100%	葵花油 80% 橄欖油 20%	葵花油 60% 橄欖油 40%	葵花油 50% 橄欖油 50%	橄欖油 100%
15°C	0.472	0.687	0.663	0.669	0.460
20°C	0.476	0.675	0.654	0.667	0.465
25°C	0.480	0.663	0.646	0.666	0.474
30°C	0.486	0.657	0.639	0.665	0.483
35°C	0.490	0.655	0.632	0.667	0.490
40°C	0.493	0.658	0.629	0.672	0.493
45°C	0.492	0.667	0.629	0.678	0.486
50°C	0.480	0.681	0.634	0.697	0.466
55°C	0.456	0.681	0.652	0.726	0.420
60°C	0.395	0.649	0.667	0.784	0.400
平均比熱	0.47	0.67	0.64	0.69	0.46



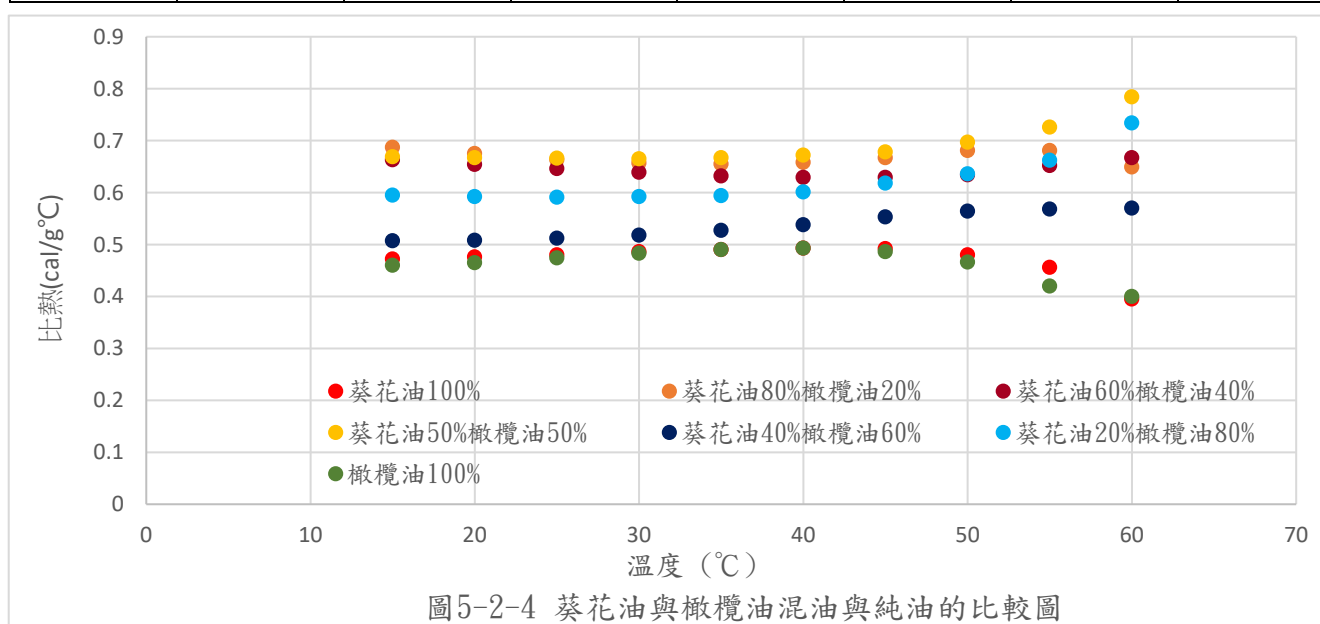
1. 由實驗結果我們可以發現，**食用油混合後的比熱會大於原本的純油**，葵花油比例較大的混合油比熱在各溫度皆大於純葵花油和純橄欖油。
2. **葵花油比例大的混合油比熱隨溫度升高呈現一個上彎的曲線**。混合油的比熱先下降再上升，葵花油 60%和葵花油 50%的最大比熱都出現在最高溫 60°C 時，只有葵花油 80% 的最大比熱出現在 15°C，而且在 60°C 比熱略為下降。
3. **純葵花油的比熱隨溫度升高呈現一個下彎的曲線**。純油比熱先上升再下降，最低比熱都出現在最高溫 60°C 時。
4. 葵花油混合油平均比熱大小:葵花油 50% > 葵花油 80% > 葵花油 60%。當溫度超過 20 °C 後，葵花油 50% 的比熱皆大於其他比例的混合油，平均比熱也是最大的。

比熱 cal/g. °C	葵花油 100%	葵花油 50% 橄欖油 50%	葵花油 40%橄 欖油 60%	葵花油 20% 橄欖油 80%	橄欖油 100%
15°C	0.472	0.669	0.507	0.595	0.460
20°C	0.476	0.667	0.508	0.592	0.465
25°C	0.480	0.666	0.512	0.591	0.474
30°C	0.486	0.665	0.518	0.592	0.483
35°C	0.490	0.667	0.527	0.594	0.490
40°C	0.493	0.672	0.538	0.601	0.493
45°C	0.492	0.678	0.553	0.618	0.486
50°C	0.480	0.697	0.564	0.636	0.466
55°C	0.456	0.726	0.568	0.662	0.420
60°C	0.395	0.784	0.57	0.734	0.400
平均比熱	0.47	0.69	0.54	0.62	0.46



1. 由實驗結果我們可以發現，**食用油混合後的比熱會大於原本的純油**，橄欖油比例較大的混合油比熱在各溫度皆大於純葵花油和純橄欖油。
2. **橄欖油比例大的混合油比熱隨溫度升高大致呈現一個上彎的曲線**。橄欖油 50%和橄欖油 80%混合油的比熱先下降再上升，但橄欖油 60%的比熱是呈現持續上升的現象。
3. **純橄欖油的比熱隨溫度升高呈現一個下彎的曲線**。比熱隨溫度先上升再下降
4. 橄欖混合油平均比熱大小:橄欖油 50% > 橄欖油 80% > 橄欖油 60%。和葵花油比例較大時的結果相同，當橄欖油和葵花油的比例皆為 50%時，和其他橄欖油比例大混油比較，不管在哪一個溫度橄欖油 50%的比熱都是較大。

比熱 cal/g. °C	葵花油 100%	葵花油 80% 橄欖油 20%	葵花油 60% 橄欖油 40%	葵花油 50% 橄欖油 50%	葵花油 40% 橄欖油 60%	葵花油 20% 橄欖油 80%	橄欖油 100%
15°C	0.472	0.687	0.663	0.669	0.507	0.595	0.460
20°C	0.476	0.675	0.654	0.667	0.508	0.592	0.465
25°C	0.480	0.663	0.646	0.666	0.512	0.591	0.474
30°C	0.486	0.657	0.639	0.665	0.518	0.592	0.483
35°C	0.490	0.655	0.632	0.667	0.527	0.594	0.490
40°C	0.493	0.658	0.629	0.672	0.538	0.601	0.493
45°C	0.492	0.667	0.629	0.678	0.553	0.618	0.486
50°C	0.480	0.681	0.634	0.697	0.564	0.636	0.466
55°C	0.456	0.681	0.652	0.726	0.568	0.662	0.420
60°C	0.395	0.649	0.667	0.784	0.570	0.734	0.400
平均比熱	0.47	0.67	0.64	0.69	0.54	0.62	0.46



1. 由實驗結果可以發現，不論哪一種混合比例，葵花油還是橄欖油的比例較高，混合油的比熱大於純的橄欖油和葵花油。
2. 葵花油比例大的混油比熱大於橄欖油比例大的混油。
3. 葵花油 50% 橄欖油 50%混合油的平均比熱最大。混合油比熱沒有隨著葵花油或橄欖油的比例增加而增加或減少，而是在兩種油有相同比例的時候比熱最大。
4. 混合油平均比熱:
葵花油 50% 橄欖油 50% > 葵花油 80% > 葵花油 60% > 橄欖油 80% > 橄欖油 60%
不論是葵花油或橄欖油混合油比熱都是 50% > 80% > 60%的順序，有相同的趨勢。
5. 純油和混合油的比熱差距在低溫和高溫兩端時較大，中間溫度 30°C~45°C 的區間差距較小，比熱圖類似喇叭型加油棒的形狀，圖形高溫端的開口大於低溫端的開口，代表純油和混合油比熱差距在高溫時比低溫還要大。

三、混合油比熱理論值和測量值比較

(一)混合比熱公式

1. 兩種物體混合後的比熱，課本中有提到一個混合比熱的公式，我們想要驗證一下，是否真的可以利用食用油的質量和比熱，直接計算出不同比例混合油的比熱。

$$\text{混合比熱公式： } S_{\text{混合物}} = \frac{\sum m_i \times s_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 s_1 + m_2 s_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$$

m_1 與 m_2 為物體的質量， s_1 與 s_2 代表物體的比熱

利用公式計算不同比例的混合油比熱後，和實際測量值進行比較，看兩者結果是否相似。

(二) 橄欖油比例較大的混合油比熱理論值和測量值比較

表 5-3-1 橄欖 80% 葵花 20% 比熱理論值和測量值的比較		
比熱 cal/g.°C	比熱測量值	比熱理論值
15°C	0.595	0.462
25°C	0.591	0.475
35°C	0.594	0.490
45°C	0.618	0.487
55°C	0.662	0.427

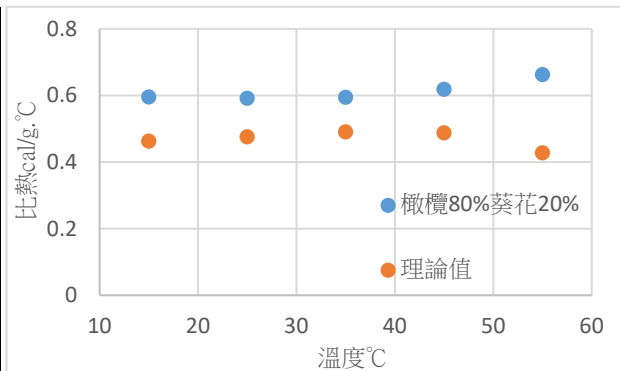


圖 5-3-1 橄欖80%葵花20%比熱理論值和測量值的比較

表 5-3-2 橄欖 60% 葵花 40% 比熱理論值和測量值的比較		
比熱 cal/g.°C	比熱測量值	比熱理論值
15°C	0.507	0.465
25°C	0.512	0.476
35°C	0.527	0.490
45°C	0.553	0.488
55°C	0.568	0.434

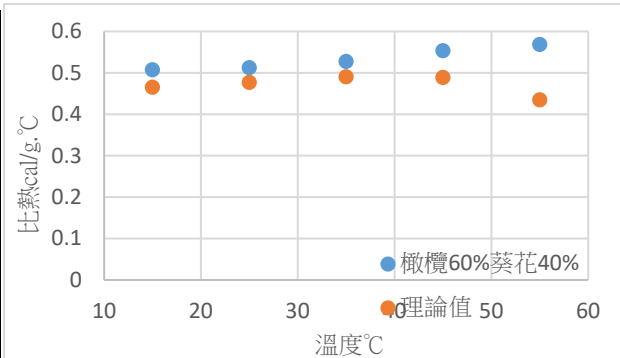


圖 5-3-2 橄欖60%葵花40%比熱理論值和測量值的比較

表 5-3-3 橄欖 50% 葵花 50% 比熱理論值和測量值的比較		
比熱 cal/g.°C	比熱測量值	比熱理論值
15°C	0.669	0.466
25°C	0.666	0.477
35°C	0.667	0.490
45°C	0.678	0.489
55°C	0.726	0.438

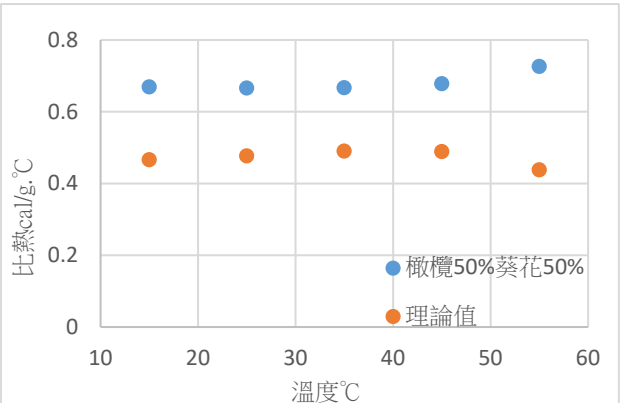


圖 5-3-3 橄欖50%葵花50%比熱理論值和測量值的比較

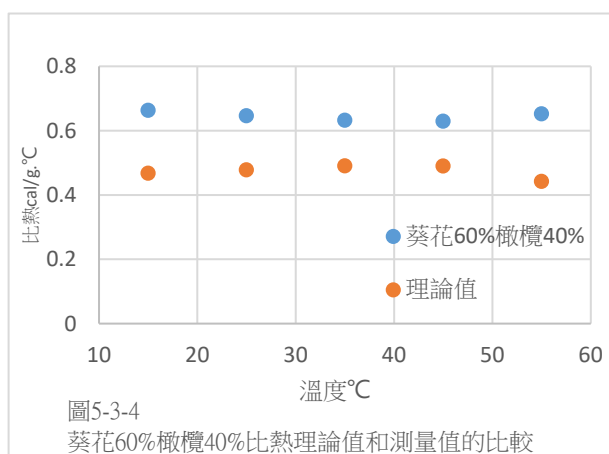
1. 由實驗結果可以發現橄欖油比例大的混合油，比熱的測量值皆高於公式計算的理論值。
2. 公式計算的比熱理論值呈現一個下彎的曲線，這個特徵和純油類似，但混合油的

比熱是一個上彎的曲線。

3. 比熱理論值的高溫比熱較低，高溫時的比熱變動較劇烈，這些特徵也和純油類似。
4. 比熱理論值和測量值的差距，溫度兩端比熱差相較中間比熱差大，而且高溫的差距大於低溫。
5. 比熱理論值和測量值的差距: 橄欖 50% > 橄欖 80% > 橄欖 60%。橄欖 60%的理論值和測量值在低溫時差距很小，高溫時差距才逐漸擴大。
6. 葵花油比例大和橄欖油比例大的混合油的比熱，在高溫與低溫時比較結果不同。橄欖油在 10°C ~ 20°C 時的比熱低於在 50°C ~ 60°C 時的比熱

(三) 葵花油比例較大的混合油比熱理論值和測量值比較

比熱 cal/g.°C	比熱測量值	比熱理論值
15°C	0.663	0.467
25°C	0.646	0.478
35°C	0.632	0.490
45°C	0.629	0.490
55°C	0.652	0.441



比熱 cal/g.°C	比熱測量值	比熱理論值
15°C	0.669	0.466
25°C	0.666	0.477
35°C	0.667	0.490
45°C	0.678	0.489
55°C	0.726	0.438

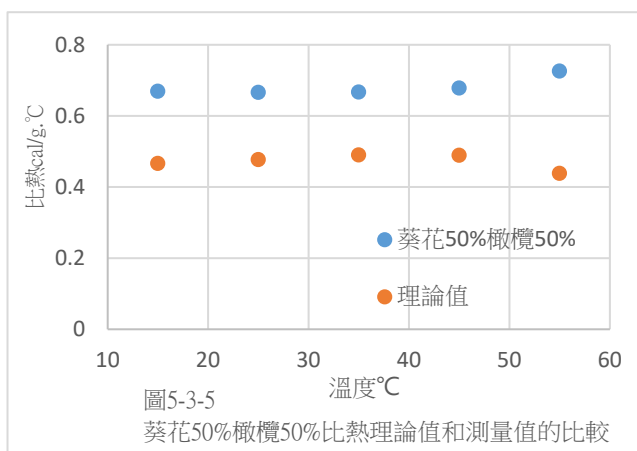
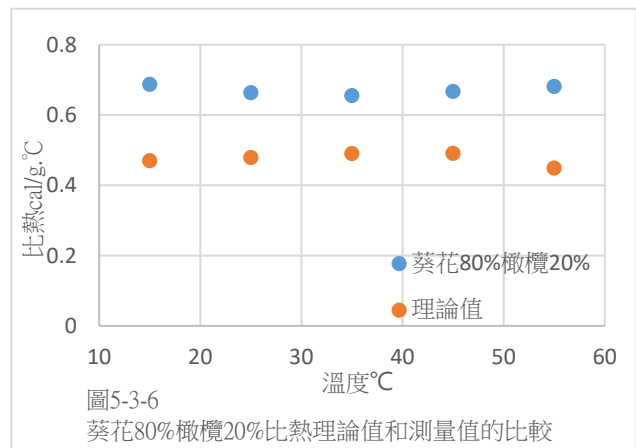


表 5-3-6 葵花 80%橄欖 20% 比熱理論值和測量值的比較		
比熱 cal/g.°C	比熱測量值	比熱理論值
15°C	0.687	0.470
25°C	0.663	0.479
35°C	0.655	0.490
45°C	0.667	0.490
55°C	0.681	0.449



1. 由實驗結果可以發現葵花油比例大的混合油，比熱的測量值皆高於公式計算的理論值。
2. 公式計算的比熱理論值呈現一個下彎的曲線，這個特徵和純油類似，但混合油的比熱是一個上彎的曲線。
3. 比熱理論值的高溫比熱較低，高溫時的比熱變動較劇烈，這些特徵也和純油類似。
4. 比熱理論值和測量值的差距，溫度兩端比熱差相較中間比熱差大，而且高溫的差距大於低溫。
5. 比熱理論值和測量值平均比熱的差距: 葵花 50% > 葵花 80% > 葵花 60%。但在 15°C 時葵花 80% 與理論值差距 > 葵花 50%，在 25°C 葵花 50% 與理論值差距 > 葵花 80%，顯示葵花比例較大的混油，理論值與測量值的在個別溫度沒有一定規律
6. 葵花油比例大和橄欖油比例大的混合油的比熱，在高溫與低溫時比較結果不同。葵花油在低溫比熱較高，葵花油比例較高的混和油比熱在 10°C ~ 20°C 時的比熱，高於在 50°C ~ 60°C 時的比熱，但橄欖油則相反。

陸、 討論

- 一、本實驗的優點是使用簡單的設備即可量測出比熱數據，並於修正加熱板功率後能得到更接近文獻中的理想數據。
- 二、與化學實驗用卡計比較，自製的實驗裝置一次實驗即可得到15~55°C連續的溫度對比熱的曲線。
- 三、我們發現葵花 50%橄欖 50%的混油，在各溫度下皆有最高的比熱，推測原因可能是，兩種油品混和加熱後會有反應發生，而在 2 種油品 1:1 的情況下，兩種油最易相互反應狀況，所以比熱上升比其他比例的混油明顯。
- 四、在探討文獻後發現目前無人使用測量比熱的方法分辨純油和混油，傳統的油品區分法大多是由光譜儀數據來判斷，本實驗可利用實驗室裡簡單的設備，達到此目的。
- 五、我們期望未來可透過測量未知混油的比熱，藉此能判斷出混油的比例。

柒、 結論

- 一、使用保麗龍、耐熱膠帶做好絕熱，用 Arudino 水溫感測器量測即時溫度，利用恆溫加熱器穩定供熱，並用牛頓冷卻定律修正加熱板功率，就能自製有相當準確性的卡計，量測出準確度高的液體比熱。
- 二、與化學實驗用卡計比較，自製卡計較容易求得不同溫度區間比熱，測量精準性與實用性都較高。
- 三、**食用油比熱隨溫度改變，純油高溫的比熱下降，混合油高溫比熱會升高。**葵花油、橄欖油(純油)比熱呈下彎曲線，高溫比熱小於低溫的比熱; 芥花調和油(混油)呈上彎曲線，低溫比熱高於高溫比熱。不論純油和混合油，高溫的比熱變化較低溫劇烈。
- 四、**混合油的比熱會大於純油。**葵花油和橄欖油混合後的比熱會大於原本的葵花油和橄欖油。研究中混合了五種比例的葵花油和橄欖油，實驗結果都一樣。
- 五、**混合油的比熱變大，高溫時的比熱會升高，也許是麻油雞湯保溫的另一個原因。**麻油雞湯中麻油和雞油等油混合後，這些混合油的比熱會增加，隨著溫度升高，比熱再度上

升，造成浮油較不易降溫的特性，達成了保溫的效果。

六、混合油的比熱大多呈上彎曲線，純油的比熱呈下彎曲線。五種比例葵花橄欖混合油都有類似的趨勢。

七、混合油平均比熱大小: 葵花油 50% 橄欖油 50% > 葵花油 80% > 葵花油 60% > 橄欖油 80% > 橄欖油 60%。

八、純油和混合油的比熱差距在低溫和高溫兩端時較大。

九、由本實驗可得兩種利用比熱分辨純油與混油的方向:

(一) 食用油混合後的比熱會大於原本的純油。

(二) 混合油和純油比熱呈相反的趨勢。混合油比熱呈上彎曲線，純油比熱呈下彎曲線。

十、比熱測量值在各溫度下的比熱皆高於利用公式計算的理論值。食用油混合時無法用混合比熱公式直接計算出混合後的比熱。

十一、 橄欖及葵花混油理論值和測量值的差距平均: 50% > 80% > 60%，橄欖比例大混油各溫度下皆有此規律，葵花比例大混油則否。

捌、 參考資料與其他

一、綠豆湯的奧秘---糖水、食鹽水的終極密碼(第 49 屆--民國 98 年) 全國中小學科展作品。

二、謝佩妤、張瑞廷、紀京典(2017)，品油論煮，中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

三、萬迪棣(民 89)。應用熱力學。臺北市：五南。

四、濱口宏夫(2018)，解開水之謎 交大團隊新發現 將改寫理化課本。檢自

<https://www.nctu.edu.tw/component/k2/item/3074-2018-06-29-05-52-41> (2020/3/31)。

五、王柏舜(2016)，橄欖油怎麼用？怎麼保存？榨油師一次說明白。檢自

<https://www.fooding.com.tw/article-content.php?aid=103797> (2020/3/31)。

六、CELSIUS，PHYSICAL DATA OF THERMAL FLUIDS，檢自 [https://www.celsius-](https://www.celsius-process.com/_de/pdf/ethanol.pdf)

[process.com/_de/pdf/ethanol.pdf](https://www.celsius-process.com/_de/pdf/ethanol.pdf)(2020/6/9)

【評語】 030114

本件作品探討食用油與混合食用油在不同溫度下的比熱變化，研究者能設計系統化實驗變因，使用恆溫加熱板及 Arduino 開發板等從事實驗測量，得到混合油的比熱高於純油。

建議本作品應可改進實驗設計，以避免可能產生之誤差因素，並留意實驗數據誤差分析方法，以獲得到更精確混合油比熱關係，及進一步查閱相關研究文獻，探討實驗結果差異及解釋物理原因。

另，建議學生應學習實驗數據誤差分析及有效數字，及數據回歸分析應留意所得物理式意義等。

摘要

本實驗量測食用油與混合食用油在不同溫度下的比熱變化，利用恆溫加熱板與自製卡計搭配Arduino開發板與熱電偶溫度感測器來進行實驗，我們根據牛頓冷卻定律修正加熱板功率，得到自製的卡計相較於化學實驗用卡計有較高的精確度，再利用自製卡計量測0~60°C食用油的比熱。

我們發現混合食用油的比熱皆高於原本的純油，食用油在高溫時比熱些微下降，比熱(S-T)呈下彎曲線；混合食用油在高溫時比熱明顯上升，比熱(S-T)呈上彎曲線，這兩個比熱特性或許是除了光譜儀，另外一個可以用來區分純油和混合油的方法。

研究動機

八年級下學期自然課「有機化合物」單元，介紹許多油的知識，我們認識到油的比熱不高，有易升溫和降溫的特性。但從日常喝麻油雞湯的經驗發現，雞湯表面的浮油，卻有幫助麻油雞湯保溫的效果。一般的解釋是表面的浮油可以隔絕空氣避免熱量散失，但如果油的比熱小，為什麼雞湯的熱量沒有因為與油接觸，使油溫度升高而更容易將熱傳出去呢？這引起我們的好奇。麻油雞湯上層的浮油至少是麻油和雞油構成的混合油，混合之後油的比熱是否會有不同？油是一個容易被加熱卻又不容易蒸發的物質，那麼比熱應該很好量測（因為蒸發熱的影響比較小），我們探討橄欖油、葵花油...等食用油的比熱，量測不同油品的混合比熱，以及油在不同溫度下的比熱，試著去更了解比熱的性質。

研究目的

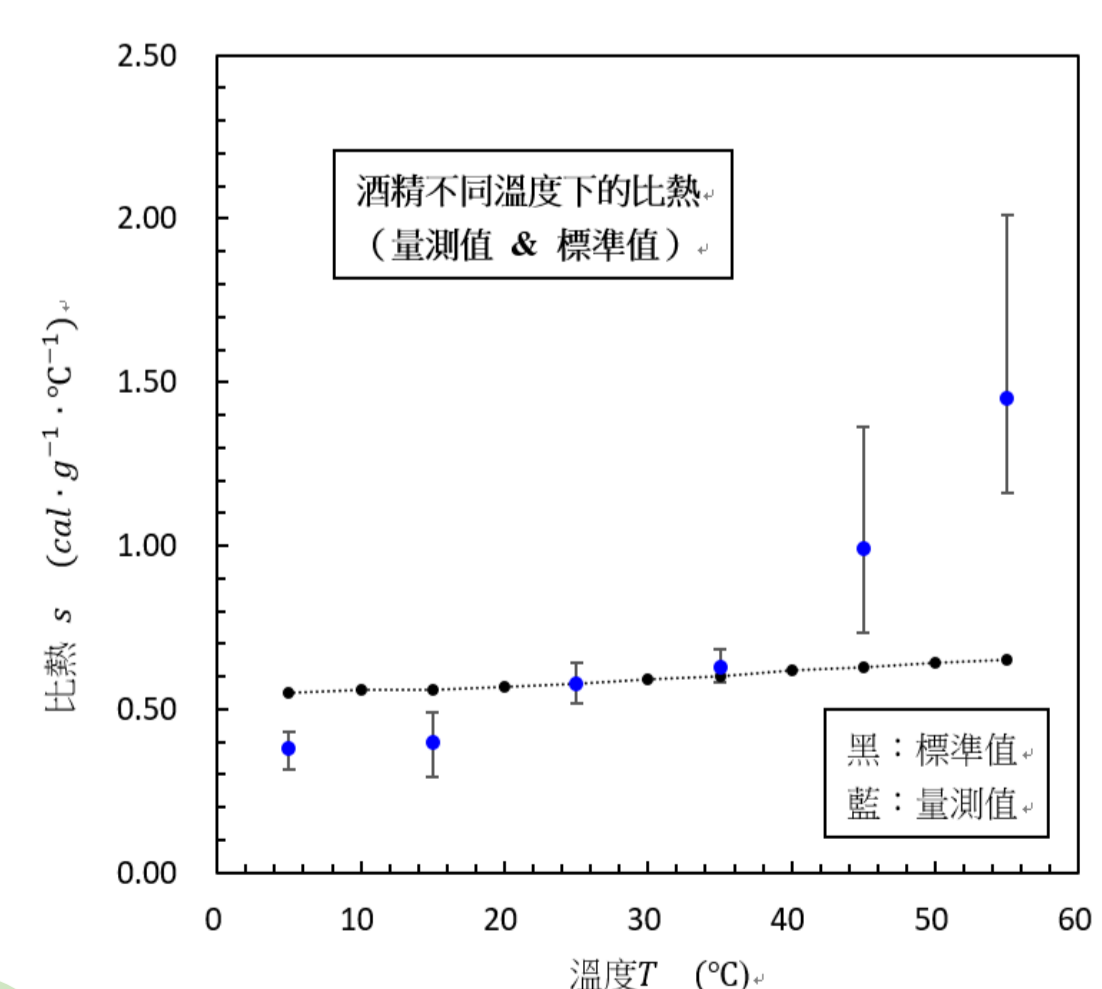
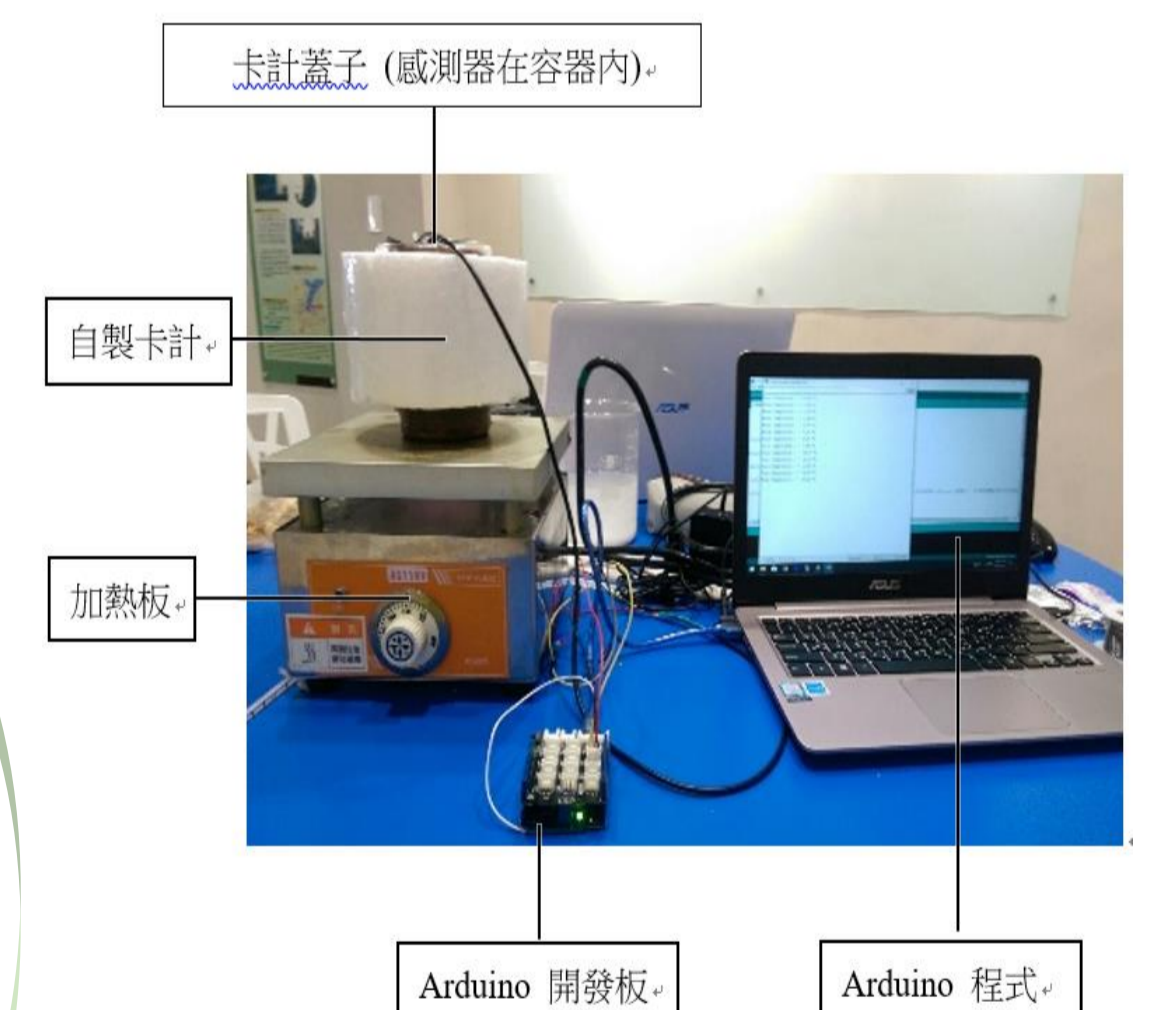
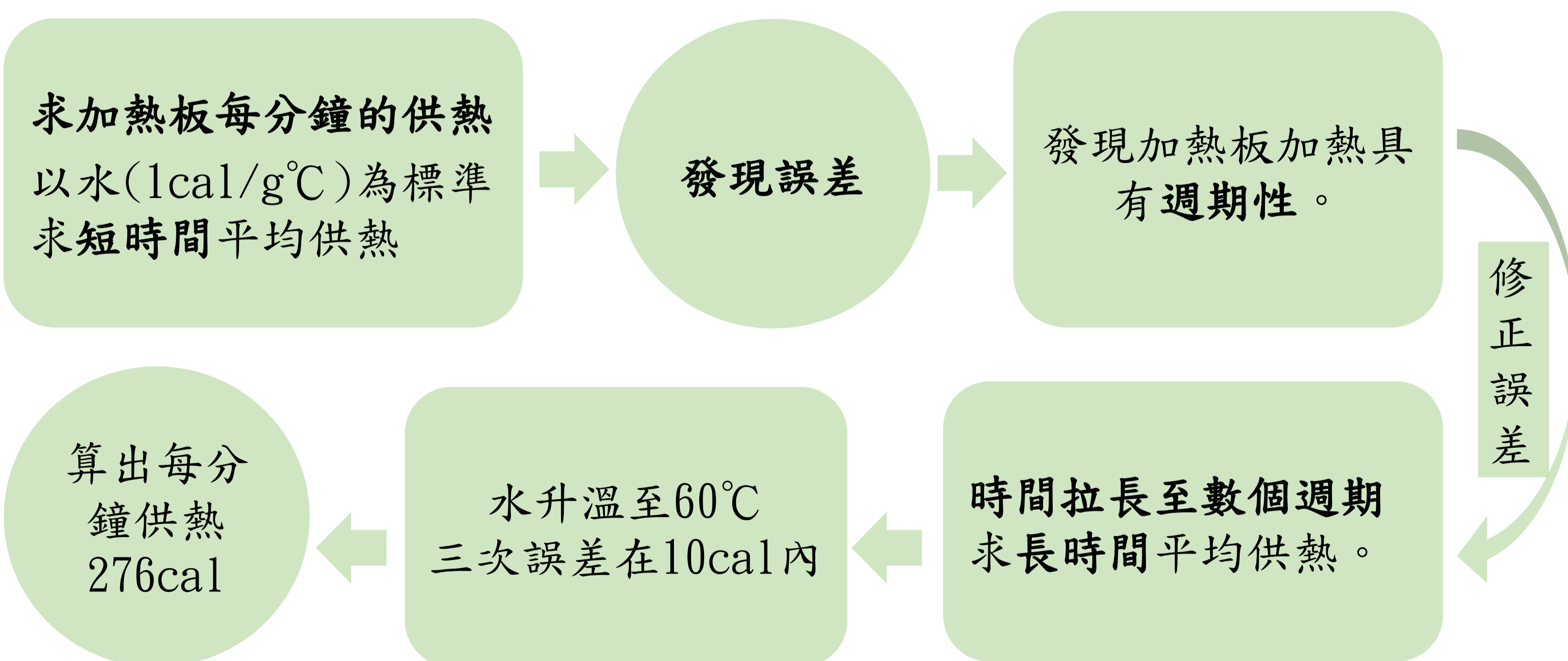
1. 用自製卡計量測酒精比熱，與標準值比較(精準度)透過 Arduino 開發板與電偶式感測器，自製能準確量測比熱的卡計。
2. 比較自製量測比熱的卡計和化學實驗用卡計的準確性。
3. 量測與比較不同食用油品(如葵花油、橄欖油、芥花油)不同溫度下的比熱。
4. 量測與比較不同混合比例的油品，不同溫度下的比熱。
5. 比較混合油和純油在不同溫度的比熱是否具有不同的特徵。
6. 驗證混合比熱公式是否可以運用在計算不同比例的混合油比熱，比較計算理論值和實際量測值的差異。

研究設備



研究過程與方法

(一) 測定加熱板熱功率



(二) 驗證比熱測量器的準確度

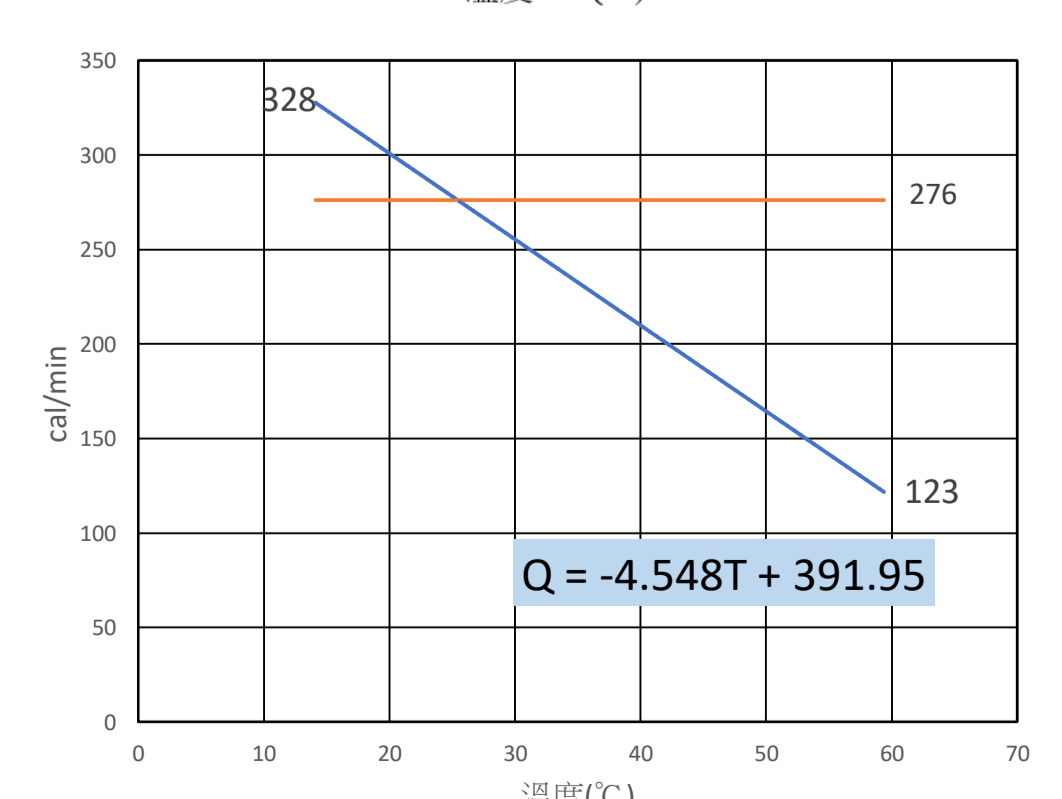
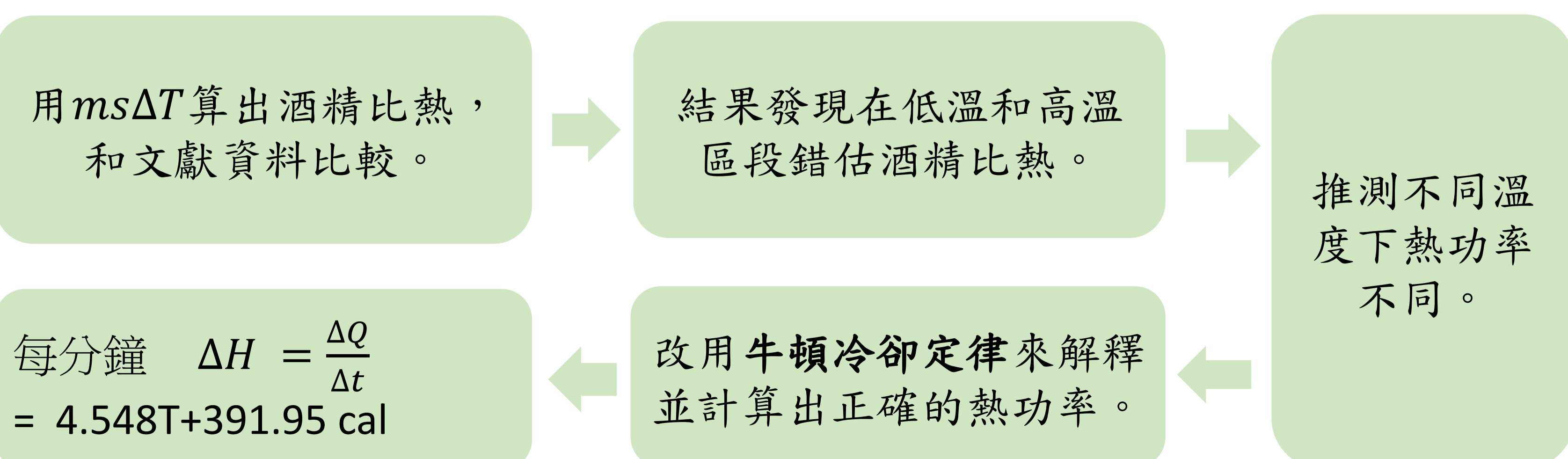


圖 修正前後加熱板功率

(三) 自製化學實驗用卡計

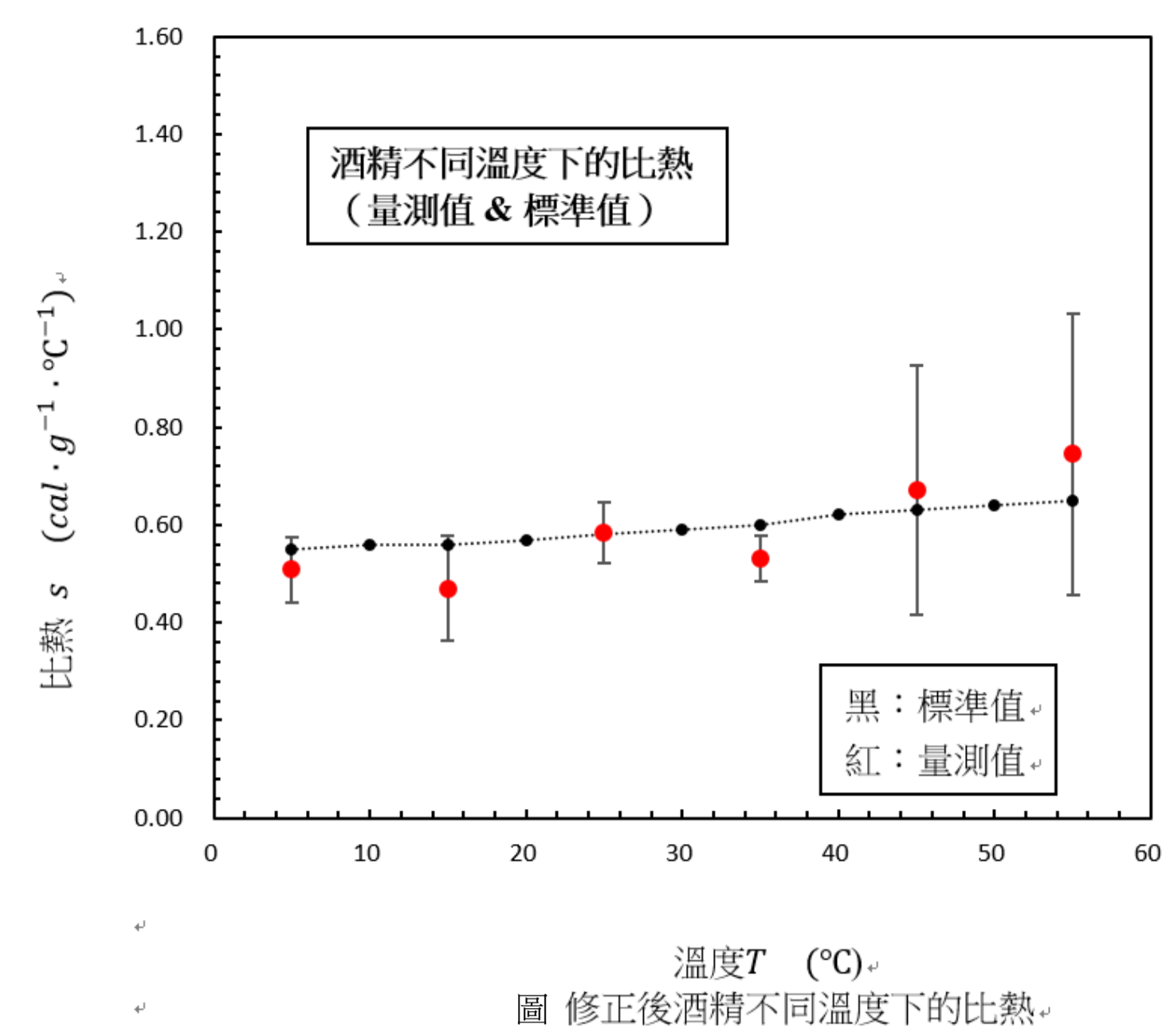
以冷熱水平衡，求出卡計本身在反應過程中，溫度升高或降低 1°C 時，吸收或放出的熱量。

測量水和酒精和容器平衡後溫度，作為兩種溶液的起始溫度。

使水和酒精均勻混合。紀錄卡計內溶液的最高溫度。

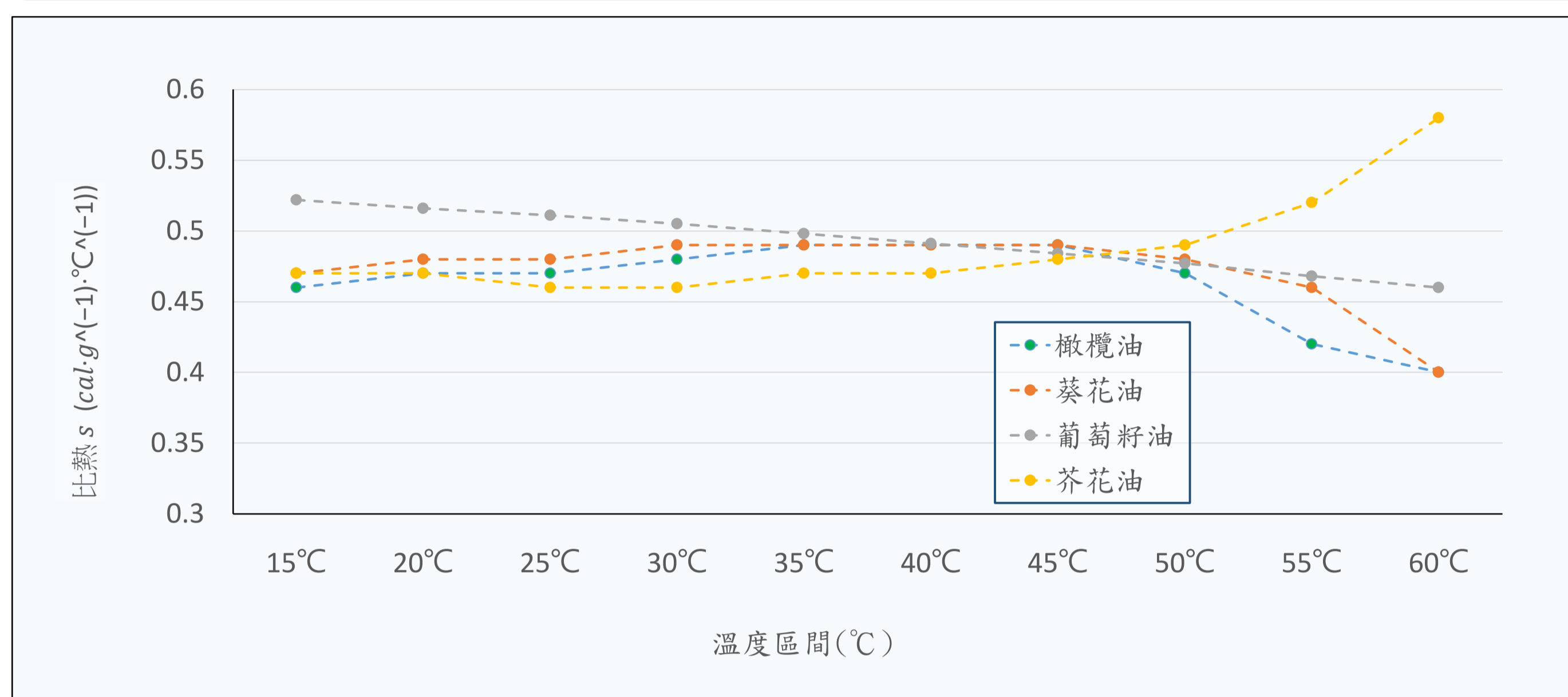
本次探究採用自製比熱裝置測量各種油的比熱。

依公式：
熱水釋放的熱量=酒精吸收的熱量+卡計吸收的熱量
求出酒精比熱。



研究結果

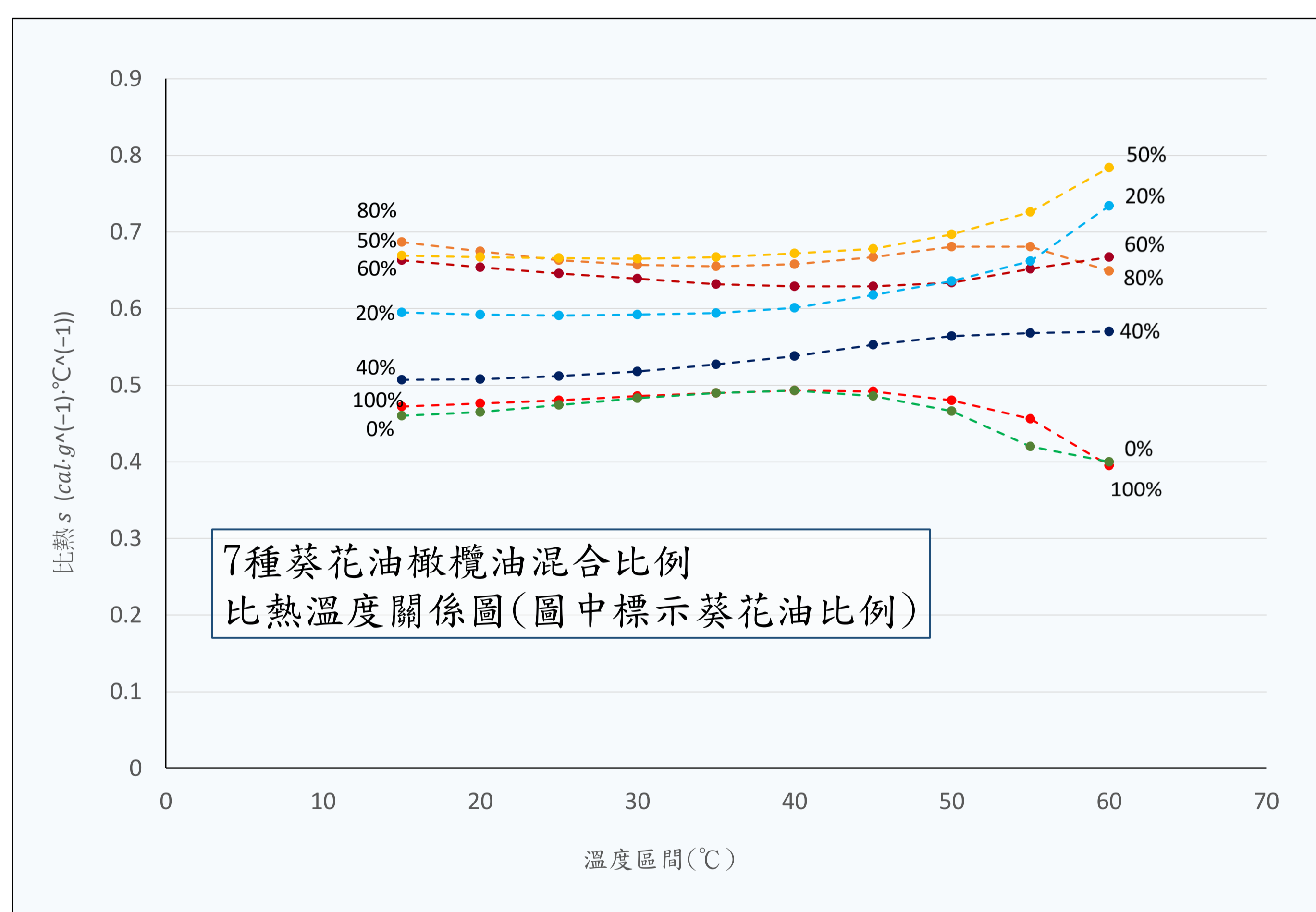
一、市售食用油的比熱變化圖



1. 橄欖油、葵花油和葡萄籽油是純油，芥花油是混合油，可發現純油的比熱圖為下彎的曲線，混合油為上彎的曲線。
2. 4種油的比熱 $15^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 時相差不大，但超過 50°C 後，芥花油的比熱(混合油)顯的於其他三種純油。

橄欖油、葵花油、葡萄籽油和芥花油比熱比較

二、純油和混合油比熱之比較



各比例混合油和純油總比較

1. 由實驗結果可以發現，不論哪一種混合比例，混合油的比熱大於純的橄欖油和葵花油。
2. 葵花油比例大的混油比熱大於橄欖油比例大的混油。
3. 葵花油50%橄欖油50%混合油的平均比熱最大。
4. 混合油平均比熱: 葵花油50% > 葵花油80% > 葵花油60% > 葵花油20% > 葵花油60%
5. 純油和混合油的比熱差距在低溫和高溫兩端時較大

葵花油與橄欖油混油與純油的比較圖

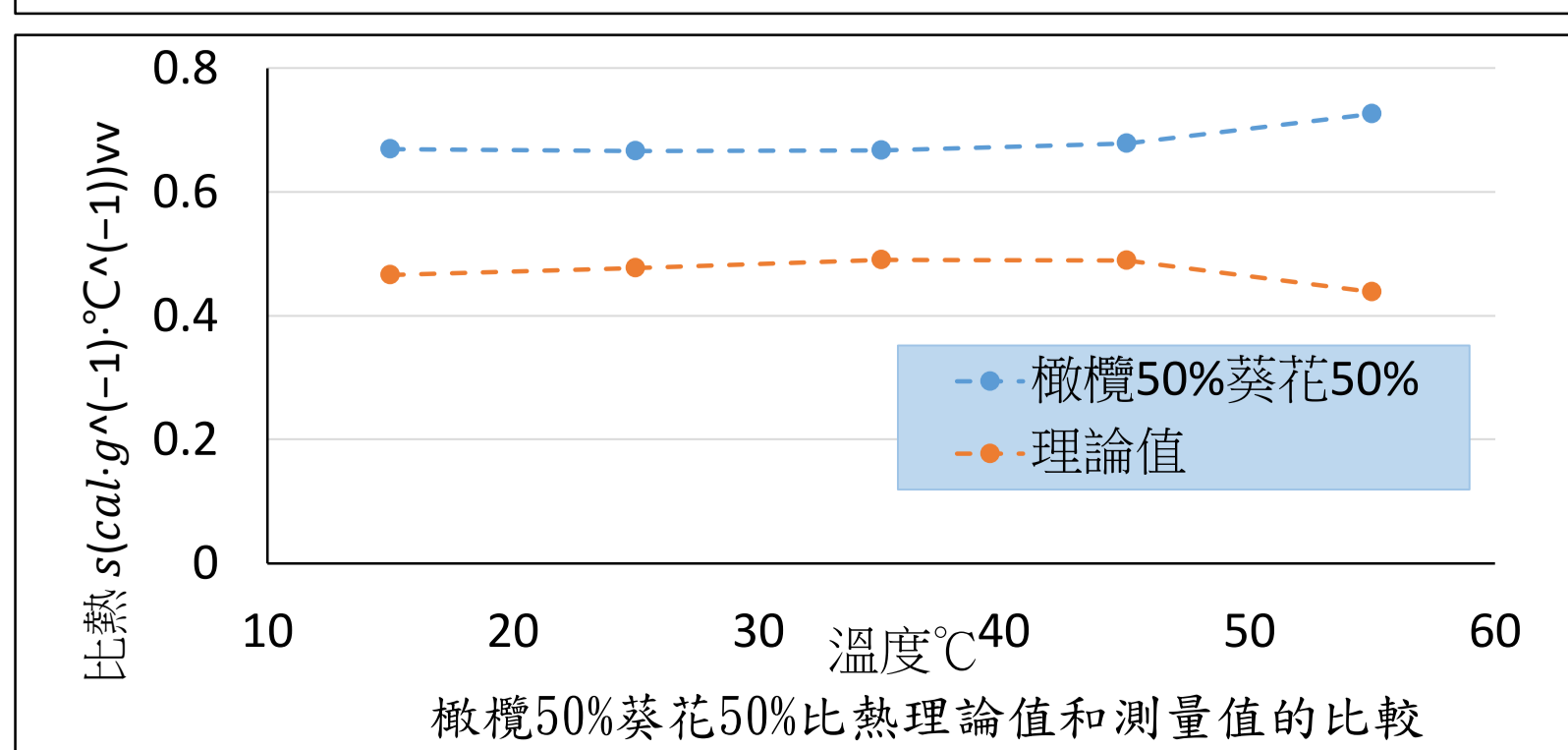
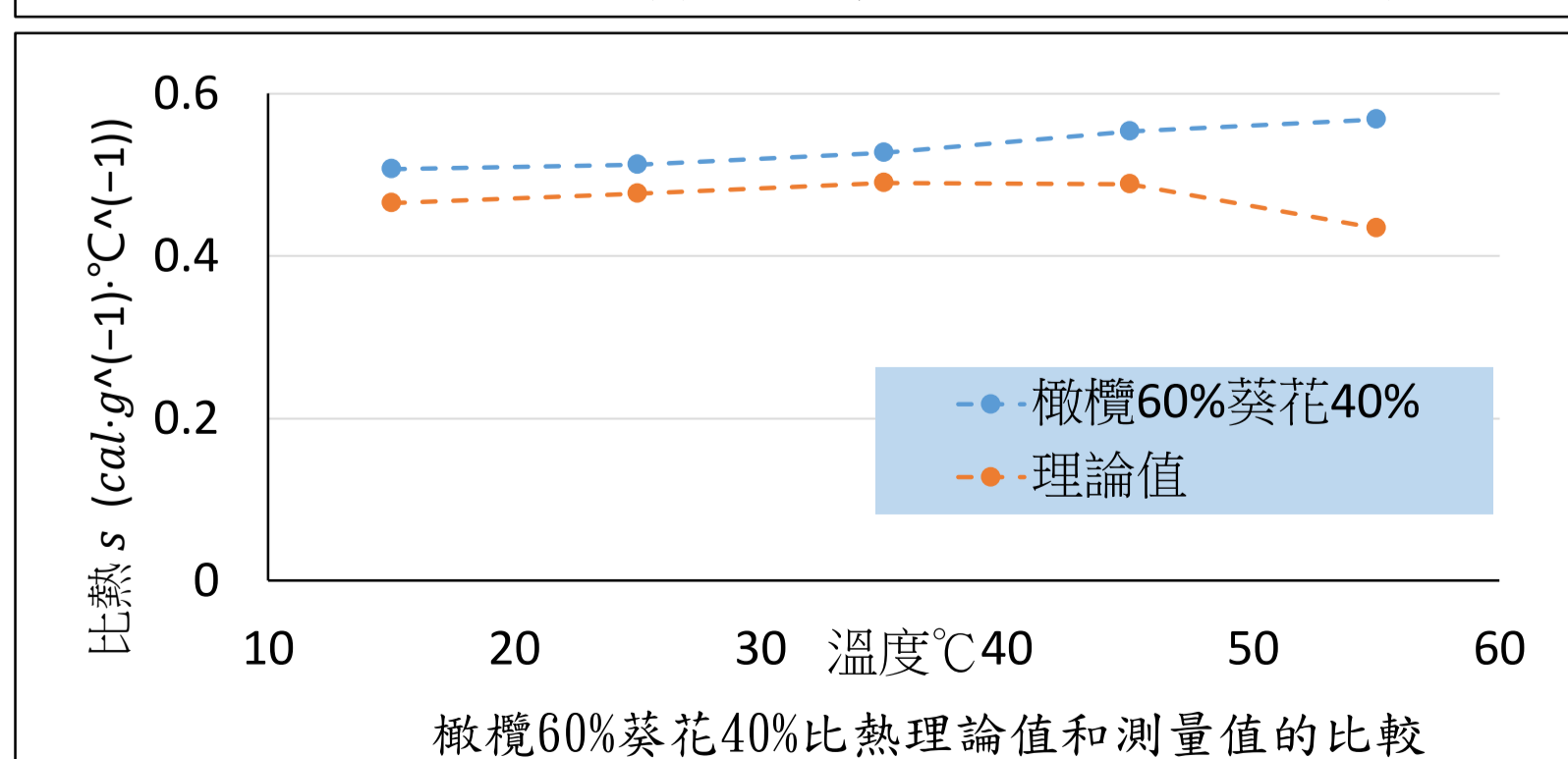
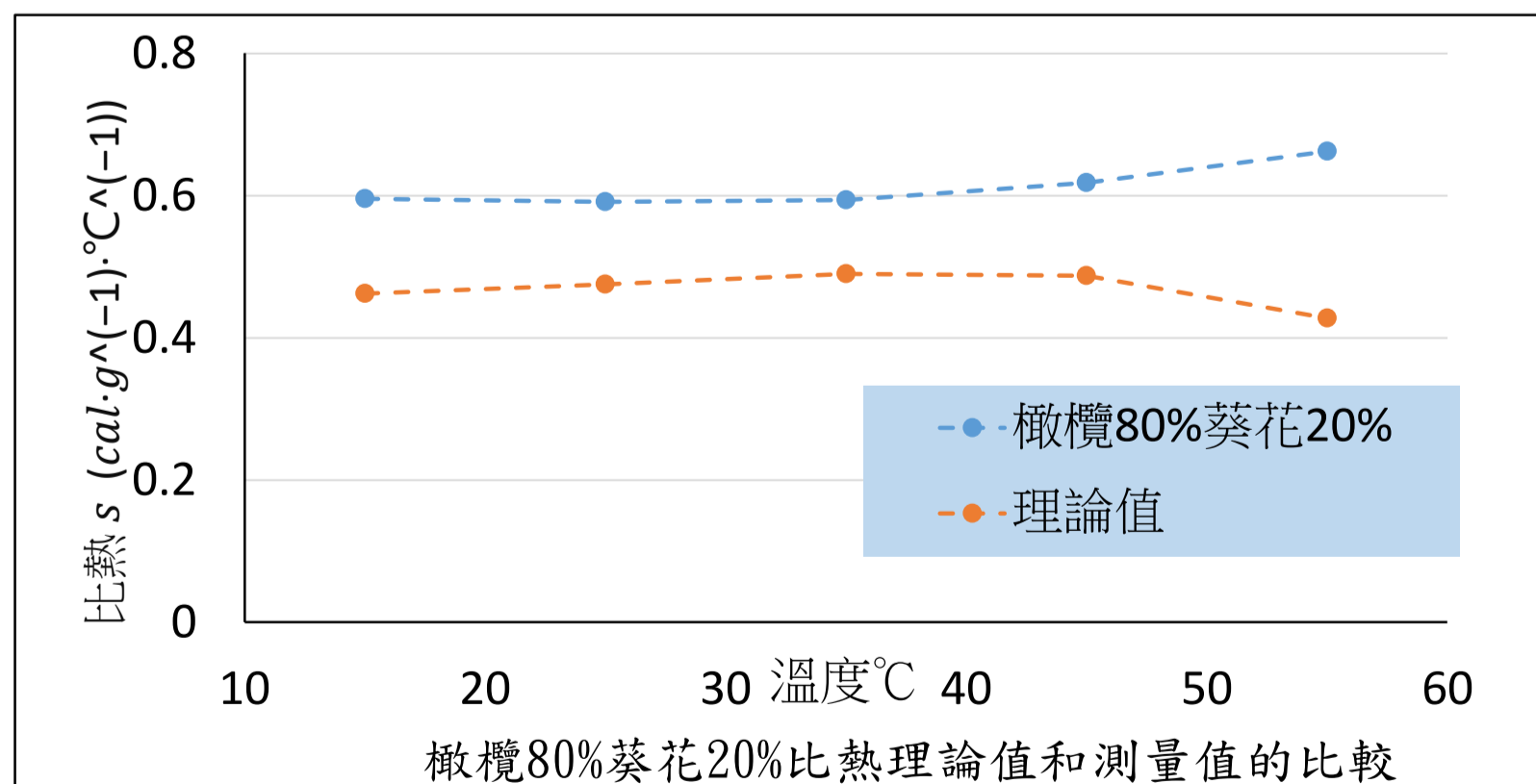
三、混合油比熱理論值和測量值比較

(一) 混合比熱公式

m_1 與 m_2 為物體的質量， s_1 與 s_2 代表物體的比熱，利用公式計算不同比例的混合油比熱後，和實際測量值進行比較，看兩者結果是否相似

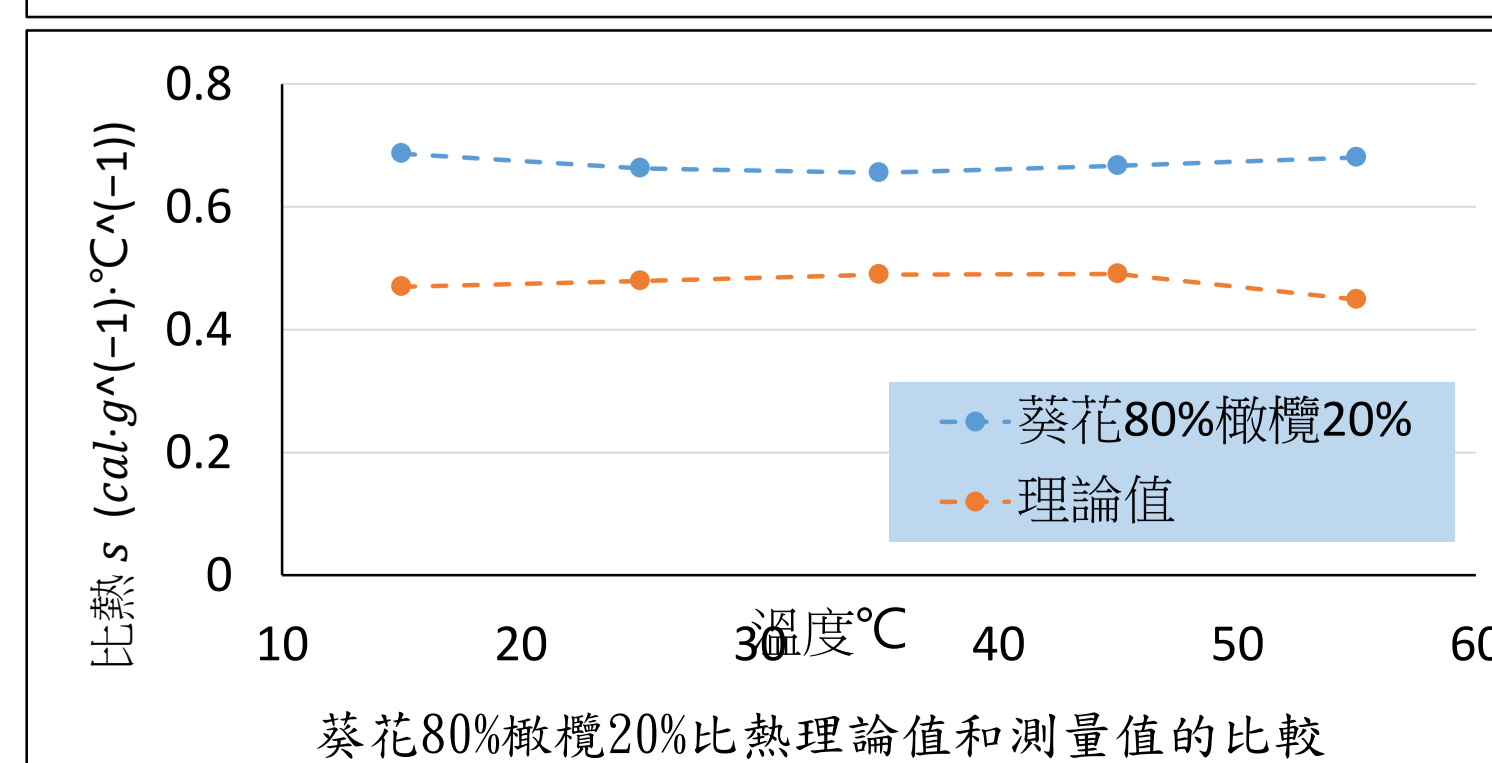
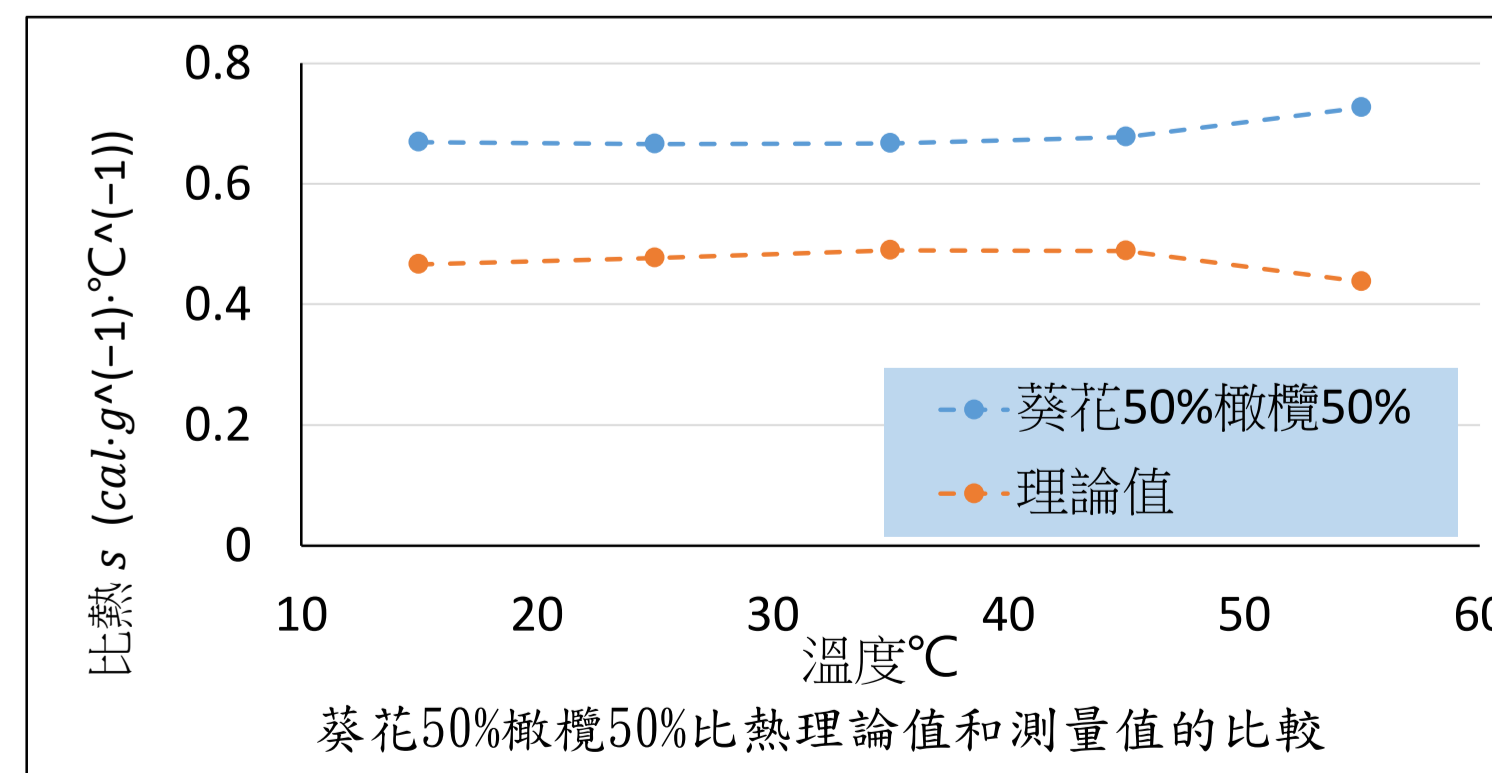
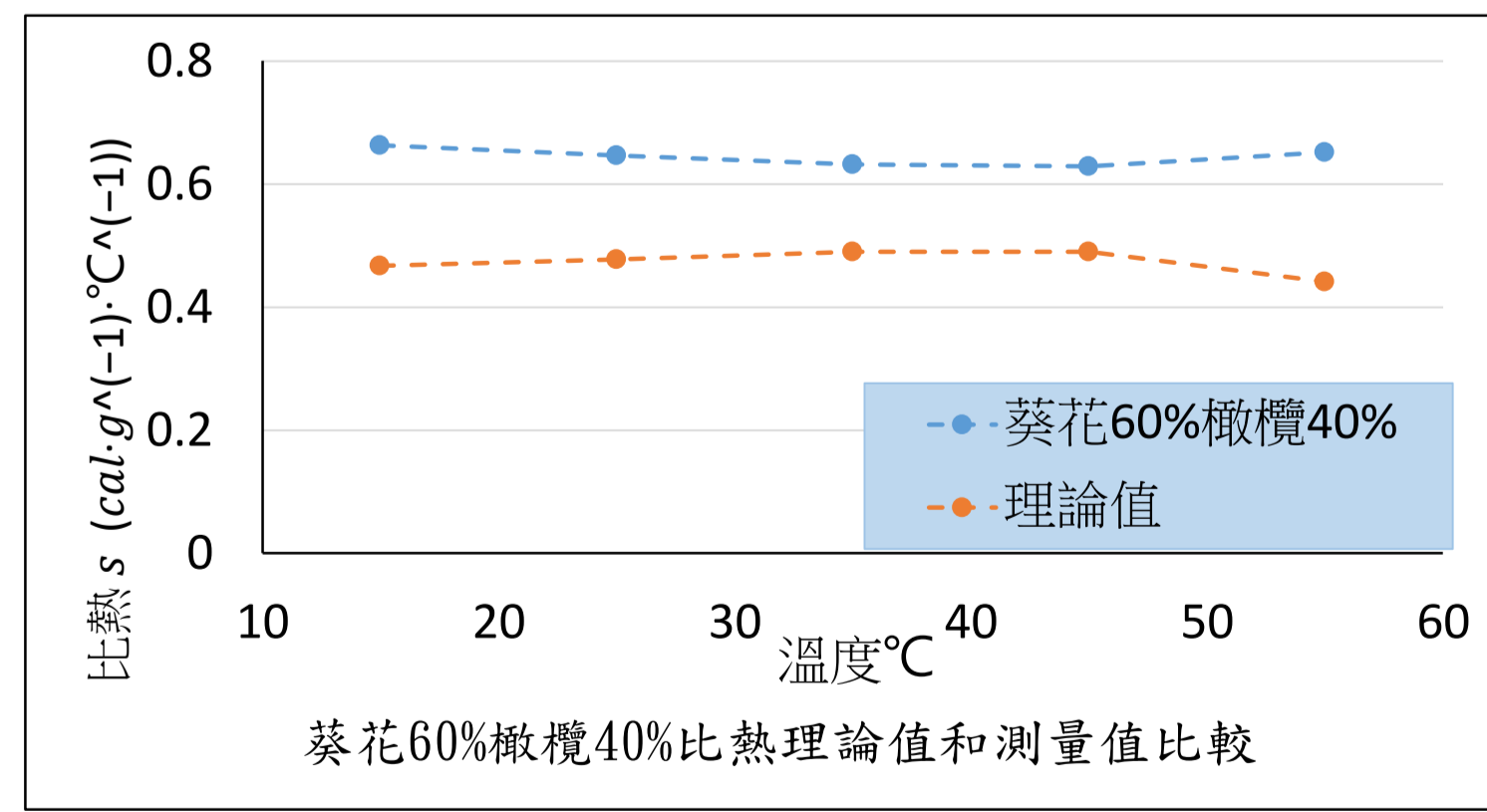
$$\text{混合比熱公式: } S_{\text{混合物}} = \frac{\sum m_i s_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 s_1 + m_2 s_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$$

(二) 橄欖油比例較大的混合油比熱理論值和測量值比較



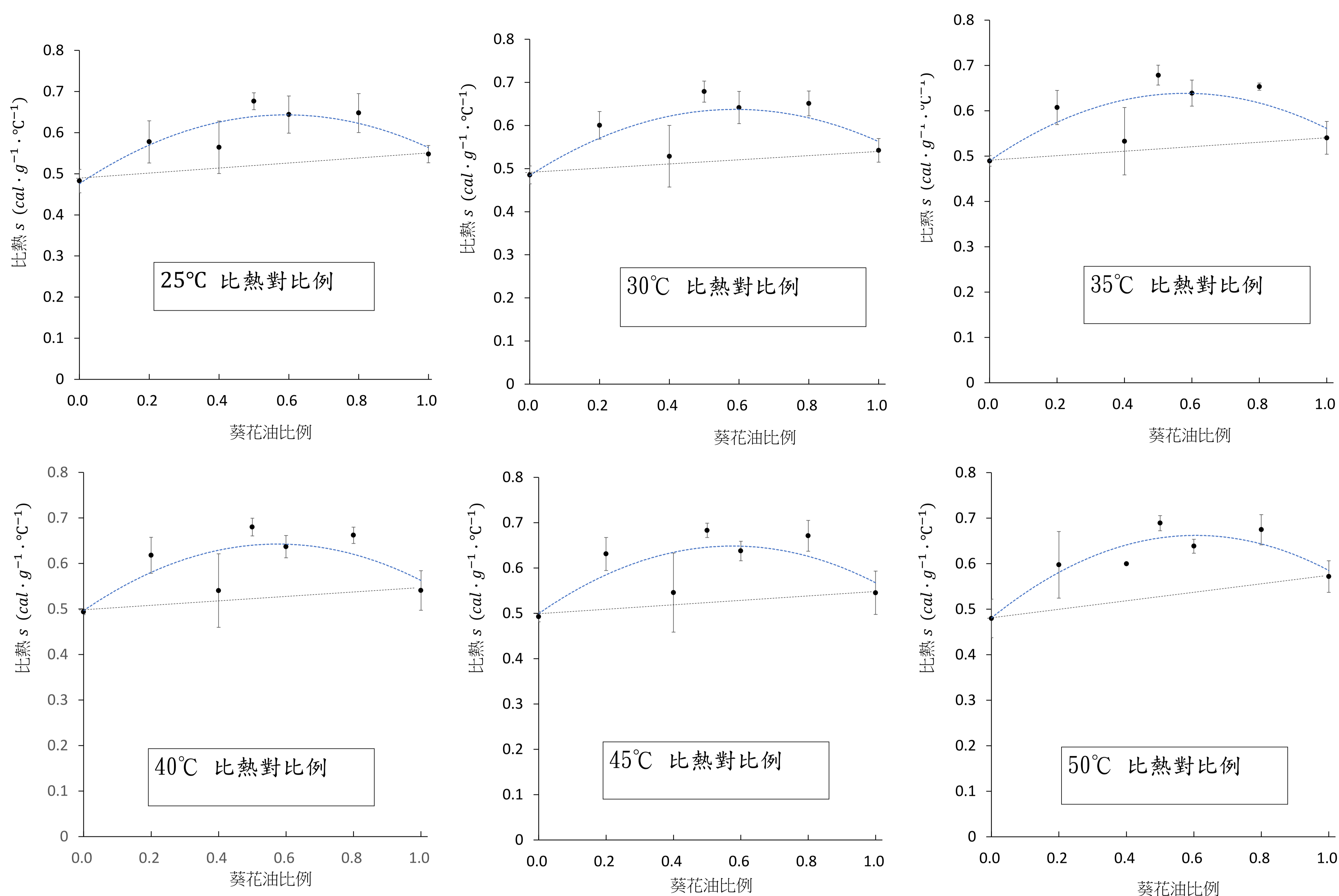
1. 橄欖油比例大的混合油，比熱的測量值皆高於公式計算的理論值。
2. 公式計算的比熱理論值呈現一個下彎的曲線。
3. 比熱理論值高溫比熱較低，高溫時的比熱變動較劇烈。
4. 比熱理論值和測量值的差距，溫度兩端比熱差相較中間比熱差大，且高溫的差距大於低溫。
5. 比熱理論值和測量值的差距: 橄欖50% > 橄欖80% > 橄欖60%。

(三) 葵花油比例較大的混合油比熱理論值和測量值比較



1. 葵花油比例大的混合油，比熱的測量值皆高於公式計算的理論值。
2. 公式計算的比熱理論值呈現一個下彎的曲線。
3. 比熱理論值的高溫比熱較低，高溫時的比熱變動較劇烈。
4. 比熱理論值和測量值的差距，溫度兩端比熱差相較中間比熱差大，且高溫的差距大於低溫。
5. 比熱理論值和測量值平均比熱的差距: 葵花50% > 葵花80% > 葵花60%。

不同溫度下, 不同比例混油對比熱關係圖



1. 圖表中藍線是二次函數擬合；黑線是如果比熱可以線性相加會得到的比熱。
2. 25~50°C的六個情況，比熱都呈現向上彎的趨勢。

討論

1. 本實驗的優點是使用簡單的設備即可量測出比熱數據，並於修正加熱板功率後能得到更接近文獻中的理想數據。
2. 與化學實驗用卡計比較，自製的實驗裝置一次實驗即可得到15~55°C連續的溫度對比熱的曲線。
3. 我們發現葵花50%橄欖50%的混油，在各溫度下皆有最高的比熱，推測原因可能是，兩種油品混和加熱後會有反應發生，而在2種油品1:1的情況下，最容易發生相互反應狀況，所以比熱上升程度比其他比例的混油明顯。
4. 在探討文獻後發現目前無人使用測量比熱的方法分辨純油和混油，傳統的油品區分法大多是由光譜儀數據來判斷，本實驗可利用實驗室裡簡單的設備，達到此目的。
5. 我們期望未來可透過測量未知混油的比熱，藉此能判斷出混油的比例。

結論

1. 使用保麗龍、耐熱膠帶做好絕熱，使用Arudino水溫感測器量測即時溫度，搭配恆溫加熱板供熱，並用牛頓冷卻定律修正加熱板功率，就能自製有相當準確性的卡計，量測出準確度高的液體比熱。
2. 與化學實驗用卡計比較，自製卡計較容易求得不同溫度比熱，測量精準度與實用性都高。
3. 食用油的比熱隨溫度改變，純油高溫的比熱會下降，混合油高溫比熱會升高，混合油的比熱變化呈上彎曲線，純油則呈下彎曲線，比熱差距在低溫和高溫兩端較大
4. 由本實驗可推得出兩種利用比熱分辨純油與混油的方法
 - (1) 食用油混合後的比熱會大於原本的純油。
 - (2) 混合油和純油比熱呈相反的趨勢，混合油比熱呈上彎曲線，純油比熱呈下彎曲線。
5. 混合油平均比熱大小是：葵花油50% > 葵花油80% > 葵花油60% > 葵花油20% > 葵花40%，而比熱測量值在各溫度下皆高於利用公式計算的理論值，所以食用油混合時無法用混合比熱公式直接計算出。

參考資料與其他

1. 綠豆湯的奧秘---糖水、食鹽水的終極密碼(第49屆--民國98年)全國中小學科展作品。
2. 謝佩好、張瑞廷、紀京典(2017)，品油論煮，中華民國第 57屆中小學科學展覽會
3. 萬迪棟(民89)。應用熱力學。臺北市：五南。
4. 濱口宏夫(2018)，解開水之謎 交大團隊新發現 將改寫理化課本。檢自 <https://www.nctu.edu.tw/component/k2/item/3074-2018-06-29-05-52-41> (2020/3/31)。
5. 王柏舜(2016)，橄欖油怎麼用？怎麼保存？榨油師一次說明白。檢自 <https://www.fooding.com.tw/article-content.php?aid=103797> (2020/3/31)。
6. CELSIUS, PHYSICAL DATA OF THERMAL FLUIDS, 檢自 https://www.celsius-process.com/_de/pdf/ethanol.pdf(2020/6/9)