

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

080102

煮泡麵「粉」有趣—探究類沸騰現象

學校名稱： 國立臺南大學附設實驗國民小學

作者： 小五 邱浚睿 小五 汪允謙 小四 劉冠妤	指導老師： 蔡岱芬 林士揚
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞： 類沸騰、成核理論、蓄熱能力

摘要

粉末的類沸騰現象在烹調過程中常會造成許多困擾！本研究發現許多常見的調味料粉末與麵條都會產生類沸騰現象，此現象應列入生活安全教材，提醒大家在烹調過程中，投入調味料的時機是達成安全烹調的關鍵。首先我們使用 **imageJ** 對類沸騰現象進行量化數值，在 AI 浪潮下，借助 **ChatGPT**，我們完成了類沸騰比值的 **Python** 程式碼。研究過程中，我們發現溶液酸鹼性及鍋具蓄熱能力都會影響類沸騰現象，藉由此特性我們利用類沸騰現象來推算溶液 **PH** 值，自製 **PH** 計，相較於廣用試紙，它可以提供數據資料表達溶液酸性程度；同時，利用類沸騰現象跟鍋具的蓄熱能力相關性，對於一些新型複合材料的鍋具，亦可以利用類沸騰現象進行鍋具蓄熱能力的驗證，理解廣告行銷術語的正確性。

壹、研究動機:

露營的時候，煮泡麵一直是我們的最愛！在一次煮泡麵時，倒入調味粉末包時，發現竟然產生大量的泡泡，讓我們想起這是自然課本裡所提到的「水的沸騰」嗎？在自然課中學到「沸騰」現象應該是在特定溫度下，有大量泡泡傾巢而出的現象。但我們發現在日常生活中，當水被加熱到接近沸騰時，若加入特定粉末或物質，會引起看起來像是劇烈沸騰的現象，我們稱之為「類沸騰」現象，它是一種物理現象，並不會造成溶液溫度上升，但現象看起來就跟沸騰沒有兩樣。我們發現水的溫度接近沸點，粉末倒入水中感覺延遲一點時間才會產生「類沸騰」現象，不過觀察煮湯的時候，加入鹽巴時，似乎不會有這樣明顯的類沸騰現象。

這種狀況，掀起了我們的好奇心，怎樣的溶液在接近沸騰溫度時，加入什麼粉末或物體，會讓它有冒泡的類沸騰感覺呢？於是我們決定對「類沸騰」現象，一窺究竟！一開始在觀察到此現象時，我們認為這是沸騰現象，是因為其他物質而加快了水的沸騰效果，但課本提到純水在沸點時會有大量泡泡蜂擁而出的現象，加入其他物質後變成混合物，照理說沸點應該上升，假設瓦斯爐每秒提供的能量是固定的，那麼沸騰現象應該會減緩，但由實作發現在水中加入某些物質後，卻在溶液未達沸點時，可觀察出疑似沸騰的現象。這相反的結果，套句柯南的口頭禪：「真相永遠只有一個」，我們決定設計一些實驗過程來找出類沸騰現象的來龍去脈。

貳、研究目的：

- 一、探究不同粉末的類沸騰現象
 - (一)觀察不同粉末的類沸騰現象
 - (二)利用 **imageJ** 軟體分析類沸騰現象的量化數值(類沸騰比值)
- 二、在 **ChatGPT** 的幫助下挑戰 **Python** 類沸騰比值及 **MSE** 程式撰寫
 - (一)分析各時間點的類沸騰比值
 - (二)定義各種粉末(重量)類沸騰現象的持續時間
- 三、探究類沸騰在不同 **PH** 值溶液中的現象
 - (一)分析不同 **PH** 值溶液的類沸騰比值
 - (二)利用不同 **PH** 值的酸性溶液類沸騰比值自製 **PH** 計
 - (三)完成 **PHmeter**(酸性溶液測量計)程式並驗證
- 四、探究鍋具種類是否影響類沸騰現象
- 五、探究各式麵條的類沸騰現象

六、成核理論

(一)尋找產生類沸騰現象的最低水溫

(二)利用常溫氣泡水驗證成核理論

七、文獻探討




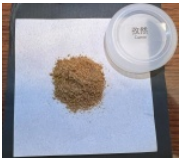








(一)在香港天文台看到他們利用『成核理論』作為人造雨的理論依據，這讓我們靈光一現，難道類沸騰現象也是因為成核理論所造成的嗎？




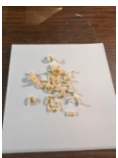

(二)觀察水被加熱至近乎沸點的溫度時，水中有相當多的氣泡，因大氣壓力而無法急遽產生大量泡泡，但此時粉末就擔任「核」的角色，促使氣泡聚集而急遽生成大氣泡，這就是我們看到的類沸騰現象。

(三)觀察氣泡水中的氣泡在玻璃杯中上升時，除了玻璃杯上的小裂縫和氣泡水的雜質可作為成核位置外，氣泡本身在上升途中因為分子間作用力與其他氣泡聚合在一起，形成更大的氣泡。

參、研究設備及器材:

一、研究樣本

粉末名稱	泡麵調理包	咖哩粉	丁香	孜然	肉桂
粉末照片					
粉末名稱	味王味精	芫荽	烹大師	薑黃	麵粉
粉末照片					
粉末名稱	糖	鹽			
粉末照片					

麵條 樣本	義大利麵條	鍋燒意麵條	乾燥冬粉	泡麵	關廟麵
樣本 密度	$1.32g/cm^3$	$0.67g/cm^3$	$1.86g/cm^3$	$1.43g/cm^3$	$2.0g/cm^3$
樣本 照片					

二、鍋具:

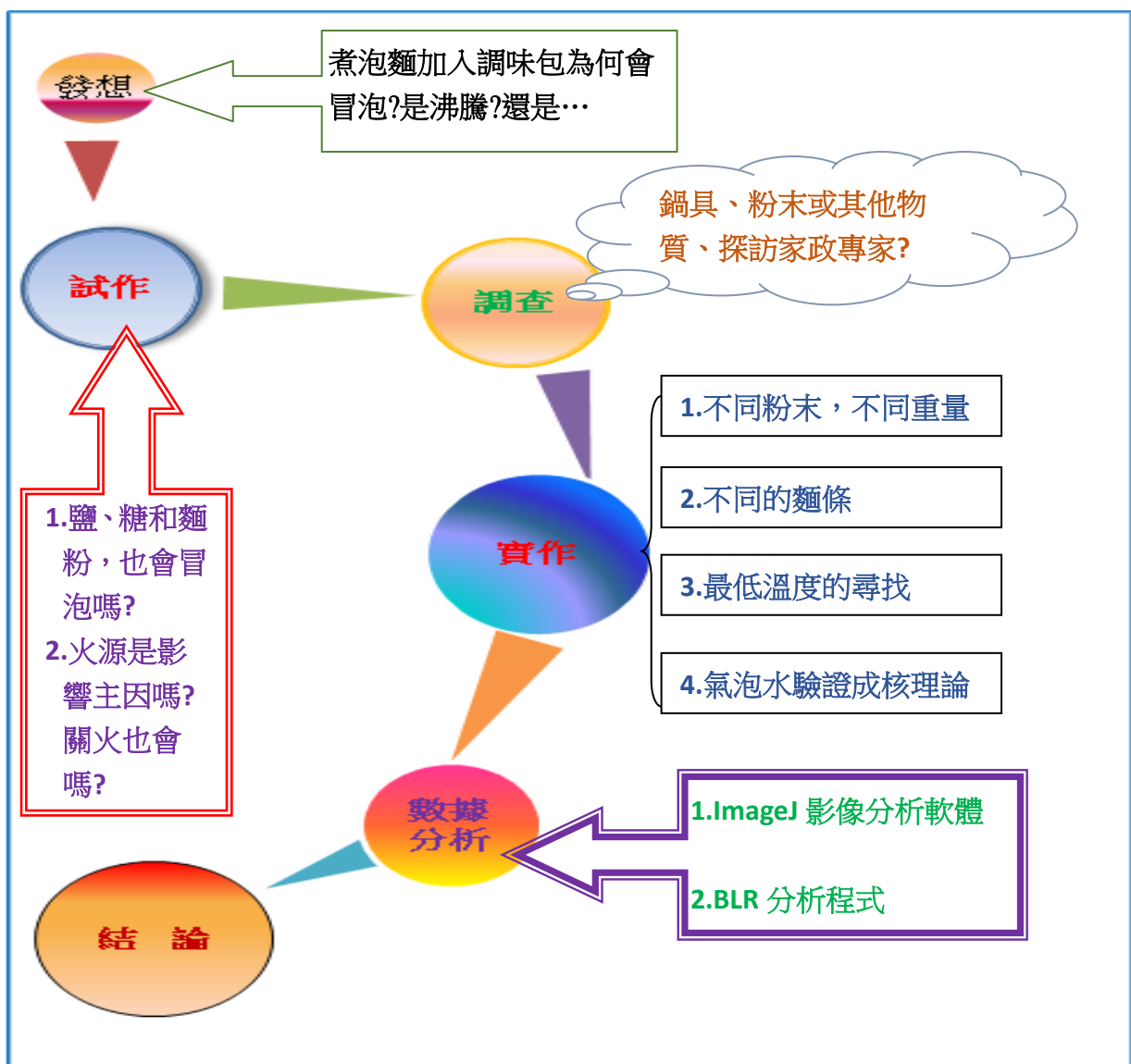
康寧透明玻璃鍋(3 公升)、LC 鑄鐵鍋、一般不鏽鋼鍋、雪平鍋

三、其他輔助器材:

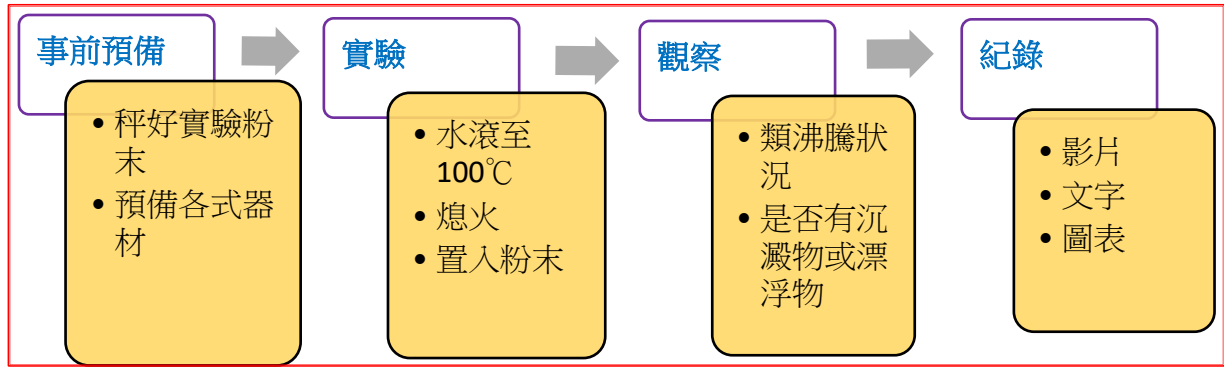
岩谷卡式瓦斯爐	數位式食品溫度計	iphone13 promax
數位顯微鏡(光學顯微鏡)	SUNTEX TS-1 手提式 PH 計	phyphox 分貝計 APP
Python3.11&PyCharm 編輯器	PotPlayer 連續擷取圖片軟體	imageJ 分析軟體
VSDC Free Video Eidor	粉末投擲器	


肆、研究過程或方法:

一、研究架構:



二、研究方法：實驗流程表如下，實驗中使用 iPhone 13 Pro Max 進行慢動作影片紀錄。






Step1	Step2	Step3
關火瞬間的水沸騰狀態照片	置入粉末照片	根據時間軸(1/3 秒)擷取類沸騰現象照片
		

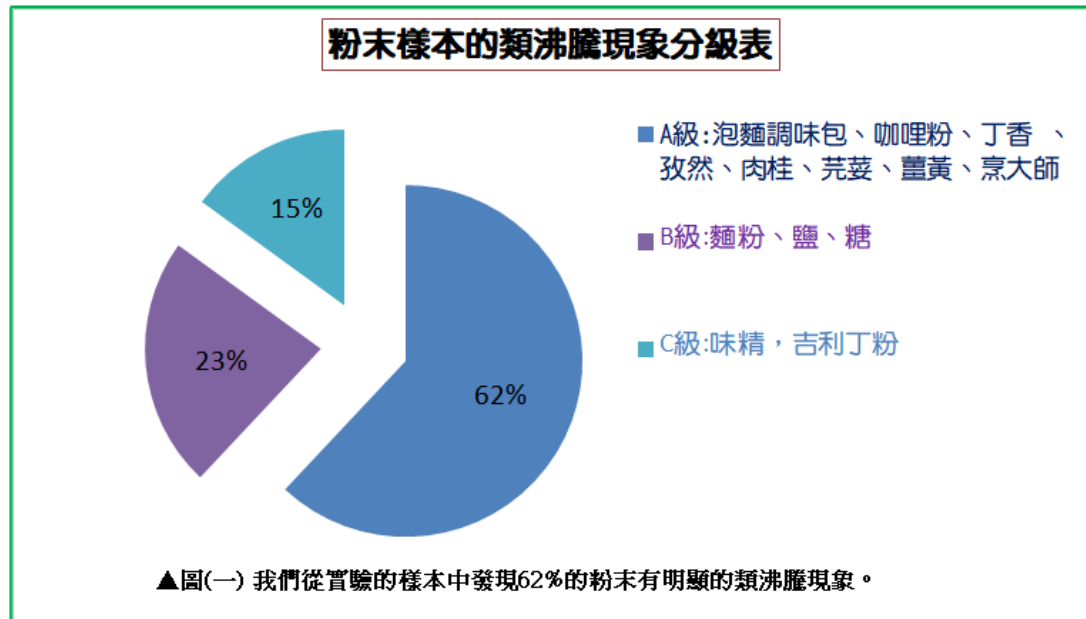
伍、研究結果：

一、將不同種類，重量 0.5 克的粉末置入溫度計指示 100°C 立即關閉火源的熱水中(水量固定 900ml)，紀錄類沸騰的狀況。

(一)分析實驗結果：利用觀察影片，將類沸騰現象分成三級。

級數	說明	圖示
A 級	泡泡很多且佈滿整個鍋面，反應劇烈。	
B 級	相對純水，有較多氣泡產生約略佈滿 2/3 到 1/2 的鍋面。	
C 級	沒有觀察到明顯的類沸騰現象。	

(二)類沸騰分級結果如圖(一)



二、利用自行開發的影像分析程式 BLR 搭配 imageJ 軟體分析各粉末的類沸騰比值

(一)定義類沸騰比值：類沸騰比值 = $\frac{\text{粉末類沸騰氣泡面積}}{\text{關火瞬間氣泡面積}}$ 。

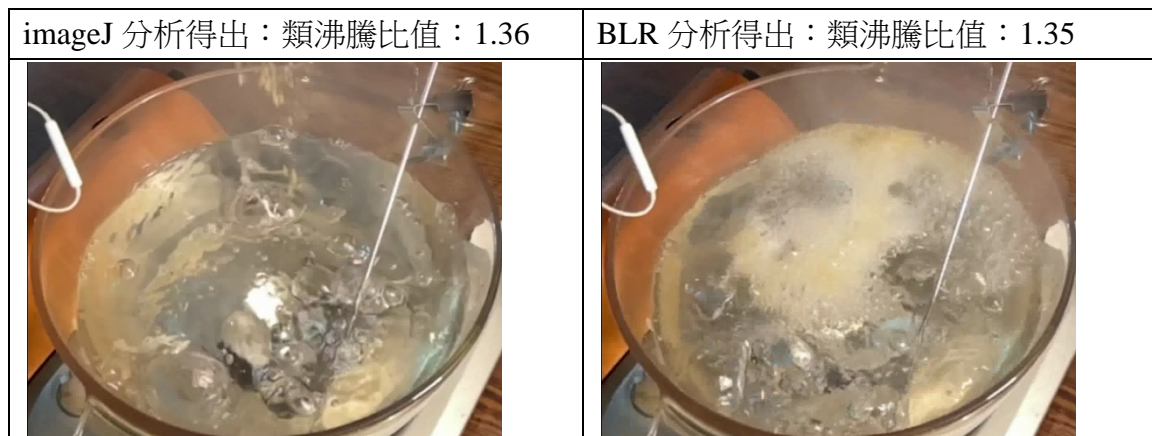
(二)在 ChatGPT 幫助下完成 Python 類沸騰比值及影像 MSE 分析軟體的撰寫

1.背景說明：

imageJ 是一套功能強大的影像分析軟體，也是我們計劃量化類沸騰現象的工具，但在小組討論的會議中，收到了兩個回饋：有組員對 imageJ 不太熟悉？我們難道沒有屬於自己開發的分析工具嗎？就在這樣的時空背景下，我們踏上 OpenAI 的浪頭，求助 ChatGPT 賜給我們力量，在歷經挫折與崩潰，終於產出屬於我們自己的 Python 類沸騰比值及影像 MSE(均方誤差)分析程式，程式碼如附錄，其實我們最感謝 imageJ 軟體，因為程式架構我們是參考 imageJ 軟體的分析過程，再藉由強大的 ChatGPT 一步一步地完成程式開發的任務。

2.驗證 BLR(Boiling-Like Ratio)程式的正確性：

我們隨機選定 2 張實驗圖片，分別利用 imageJ 及 BLR 進行計算，設定閾值相同的條件下，分別計算類沸騰比值如圖(二)，結果讓我們確認 BLR 分析程式是可用的。



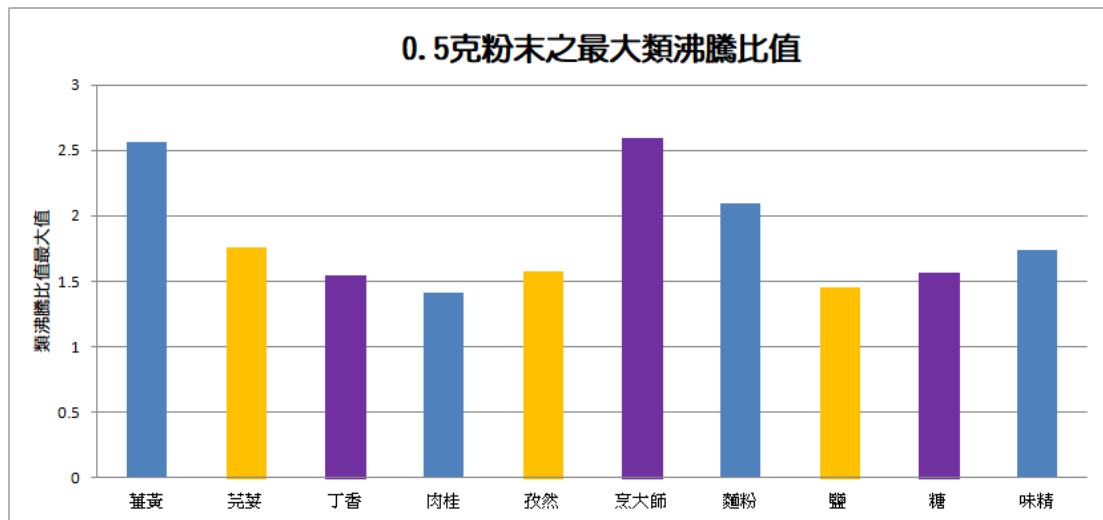
▲圖(二) imageJ 與 BLR 分析程式的比較

3.分析作用原理說明：參數及變數

- (1)利用 VSDC Free Video Editor 軟體剪裁影片，取得合適的內容範圍；再利用 PotPlayer 軟體，以 1/3 秒為單位擷取出實驗過程的圖片。
- (2)圖片灰階化→調整閾值(threshold)，參數值為 135-180 間，接著會觀察不同參數值所選取的氣泡範圍圖片跟原圖做比對，再決定最終閾值的數值。
- (3)參數的選擇是分析過程中較好解決的，一開始我們會將欲分析的圖片利用 imageJ 來協助決定閾值，累積經驗後，這項參數就不再困擾我們了。但，有一個變數我們無法控制的，那就是光影變化(水氣白霧)會影響分析數值的結果。
- (4)同一個實驗中，選定關火瞬間的照片計算氣泡面積，當成基準面積，計算實驗中每(1/3 秒)的類沸騰比值並作圖，因為欲觀察的實驗結果為快速動態變化影像，所以採慢動作攝影，若以 1 秒為時間間隔怕錯過許多精彩鏡頭。

(三)眼睛跟程式的看法不盡相同

- 1.當我們將程式分析完的數據製成圖(三)時，我們有點錯愕，因為跟我們的分類表結果不盡相同，經過驗證與討論，我們認為就像單發的煙火跟一連串的鞭炮，也許持續時間也會影響我們對類沸騰現象的觀感。
- 2.類沸騰比值的最大值僅表示單一瞬間所呈現出來的結果，但我們的分類是對於整個類沸騰實驗過程個人觀點的觀察結果，因此我們認為應該由類沸騰比值來決定是否有類沸騰現象，至於類沸騰是否劇烈應該由其持續時間來決定。

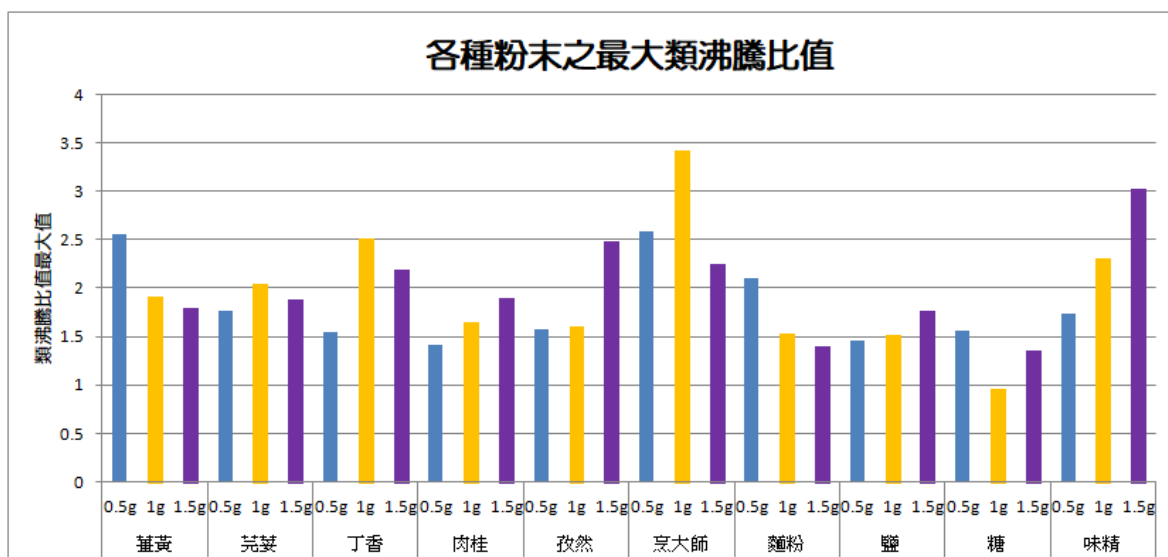


▲圖(三) 0.5 克粉末的類沸騰比值之最大值

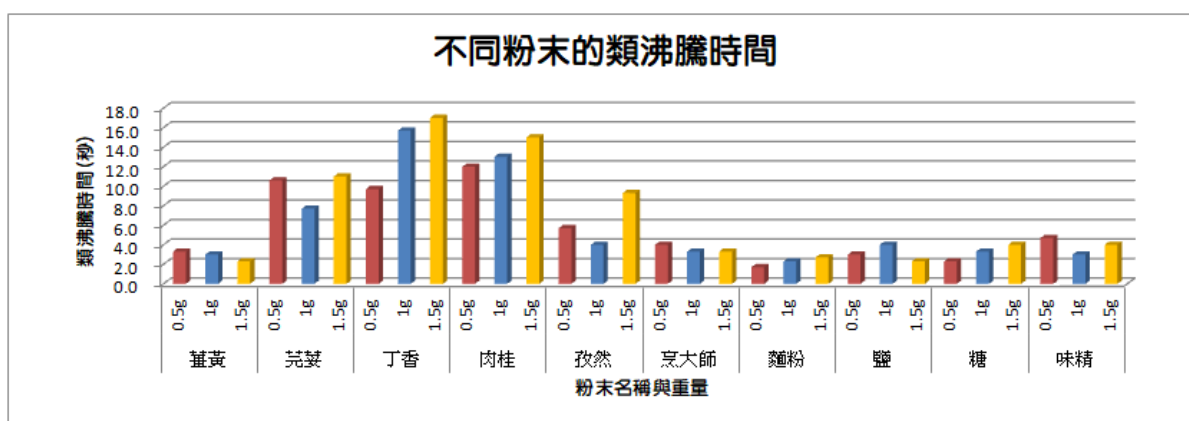
三、分析粉末在不同重量，置入溫度 100°C 立即關火的熱水(900ml)中，根據時間軸觀察其類沸騰的持續狀況

(一)分析結果

- 1.粉末的最大類沸騰比值跟粉末重量較無相關性，推測是當粉末入水後能否短暫漂浮在水面並立刻受水流作用，將粉末均勻分布在鍋面，實驗數據如圖(四)。



▲圖(四) 用 BLR 分析程式計算各種粉末類沸騰比值的最大值
2.大多數的粉末類沸騰時間長度跟粉末重量呈正相關，如圖(五)。



▲圖(五) 圖中每種樣本的重量依次為 0.5 克、1 克及 1.5 克

3.可以快速溶於水中的粉末，如烹大師、鹽及味精規律性較差，推測是粉末下水時無法被水流分散開來就已經溶解了，所以會造成類沸騰時間較短；而薑黃從實驗影片可發現它相當劇烈，容易造成雙層甚至三層泡泡，因此類沸騰時間會有所變化，因此理想狀態應該是粉末均勻進入鍋中，這是一個較無法控制的變因。

(二)分析方法與過程

1.如何計算類沸騰時間長度：

(1)依據時間軸計算每種樣本的類沸騰比值，我們一直掙扎如何決定哪個時間點是有類沸騰現象的存在，在老師的建議下我們利用 excel 的公式計算類沸騰數據的平均值與標準差。

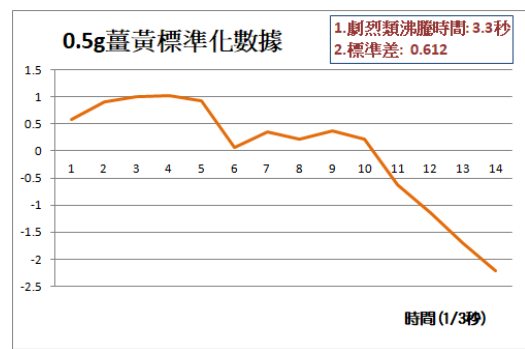
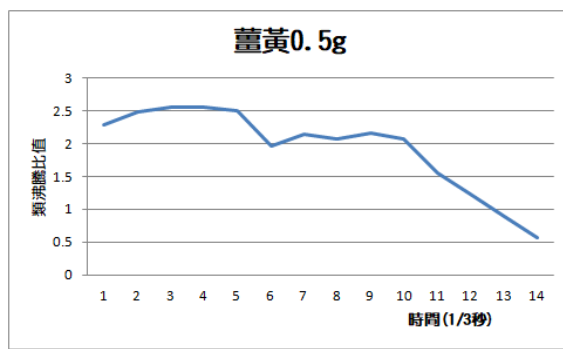
(2)我們將類沸騰數據標準化，即(類沸騰比值－平均值)/標準差，當標準化數值大於 0 時即表示仍處在類沸騰現象，統整類沸騰現象所經歷的時間，整理所得的數據如圖(五)。

(3)不同粉末或不同重量的粉末的類沸騰標準化數據，可以用來分辨其類沸騰現象的劇烈狀況。如分析薑黃 0.5g 與 1g 的標準化數據，可以發現，1g 的類沸騰較劇烈，與肉眼觀測到的狀況一致。

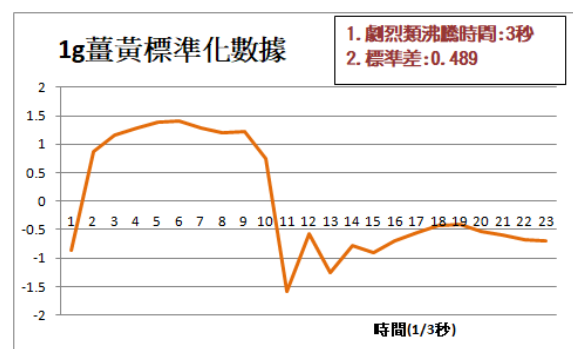
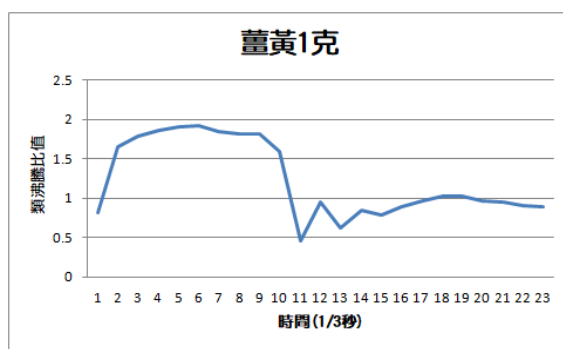
2.各種粉末的類沸騰比值對時間軸的折線圖如下所列：

(1)薑黃

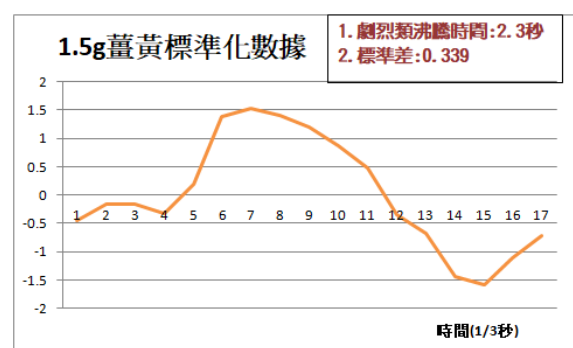
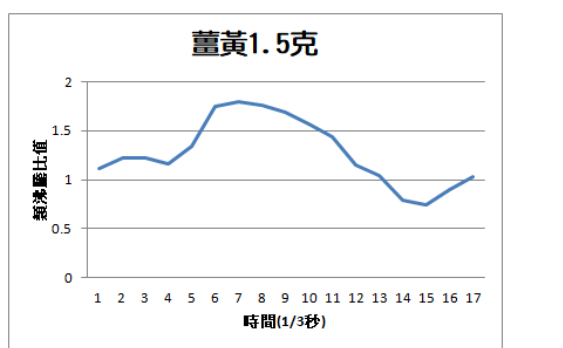
0.5 克的薑黃，劇烈類沸騰時間為 3.3 秒



1 克的薑黃，劇烈類沸騰時間為 3 秒



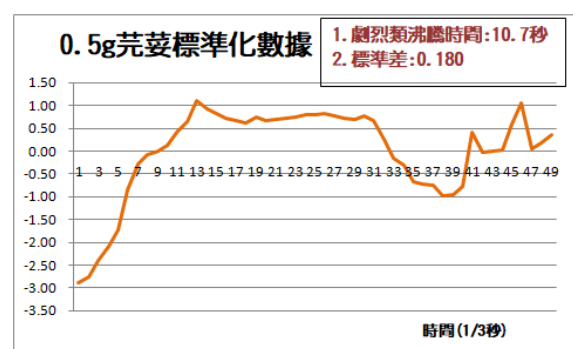
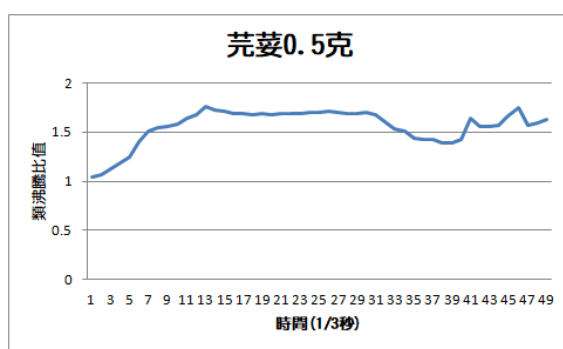
1.5 克的薑黃，劇烈類沸騰時間為 2.3 秒



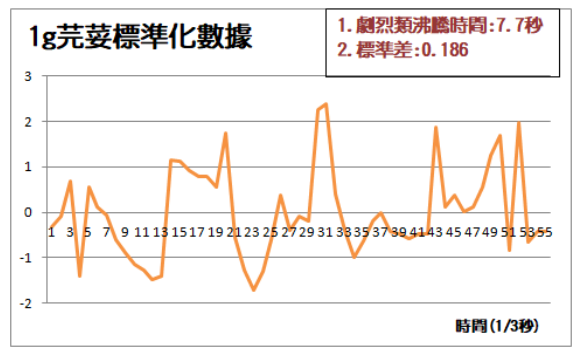
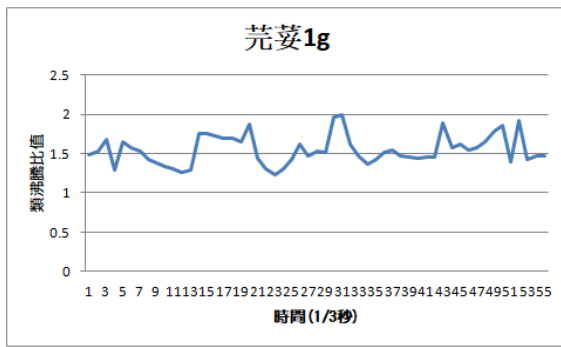
觀察:由實驗影片發現薑黃質量越大，類沸騰現象越明顯，冒泡時會更劇烈，但劇烈反應的時間卻較短暫，推測是因為量多的薑黃會聚集在一起，無法分散。

(2)芫荽

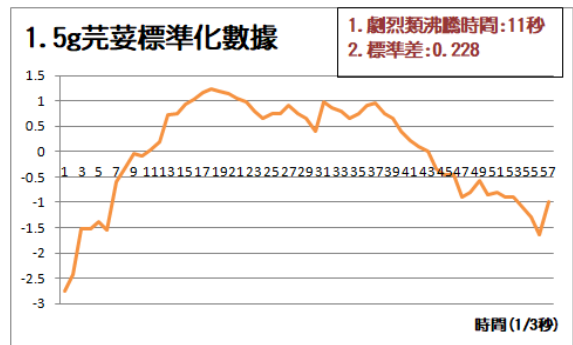
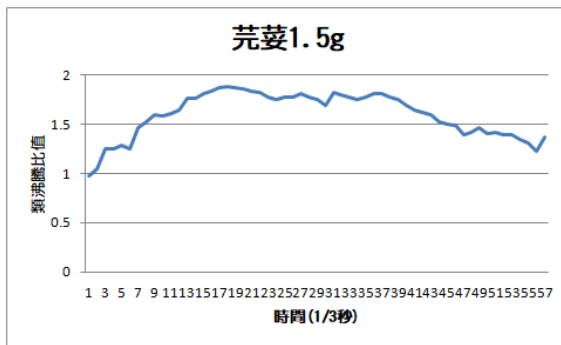
0.5 克的芫荽，劇烈類沸騰時間為 10.6 秒



1 克的芫荽，劇烈類沸騰時間為 7.7 秒

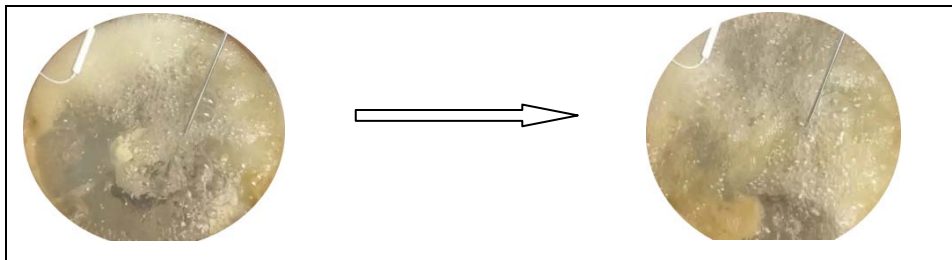


1.5 克的芫荽，劇烈類沸騰時間為 11 秒



觀察:

(a)芫荽下水後不會立刻有類沸騰現象，但一旦產生類沸騰現象後，冒泡會十分的綿密並逐漸變大，如下圖(六)。

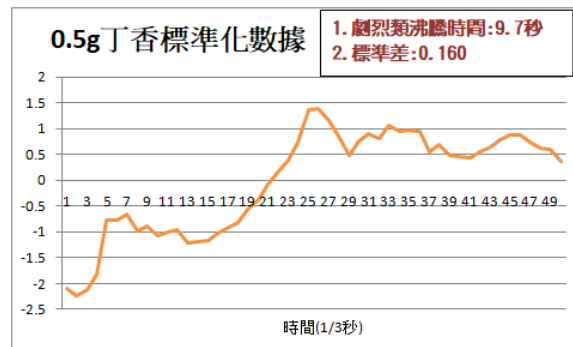
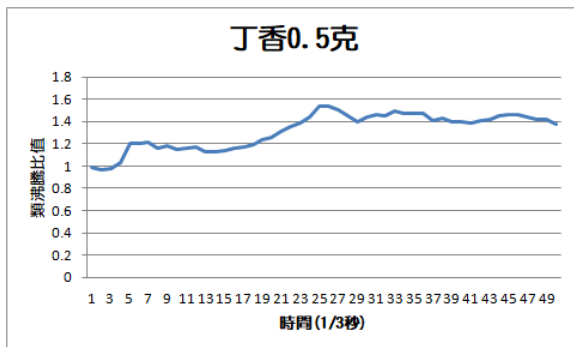


▲圖(六) 芫荽下水後的冒泡變化

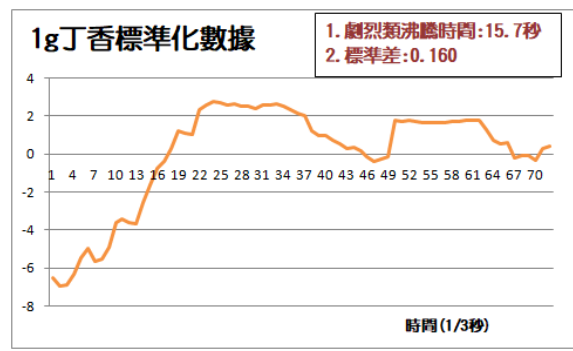
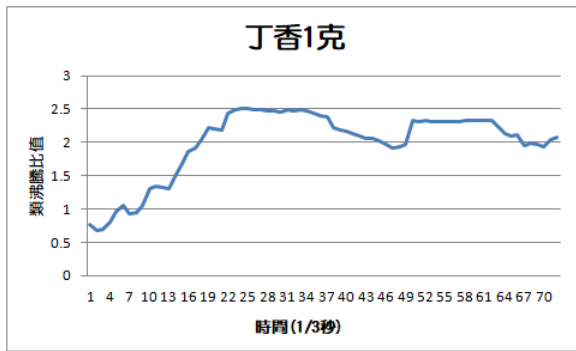
(b)1g 的芫荽類沸騰比值較混亂，因為在下水後的芫荽未能完善的與氣泡反應，一旦作用後又有大量的煙霧產生，所以在資料的分析上有些困難。

(3)丁香

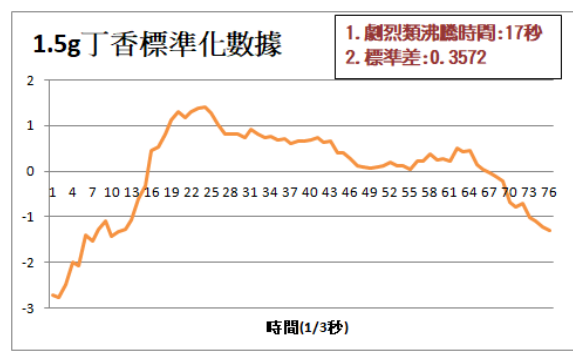
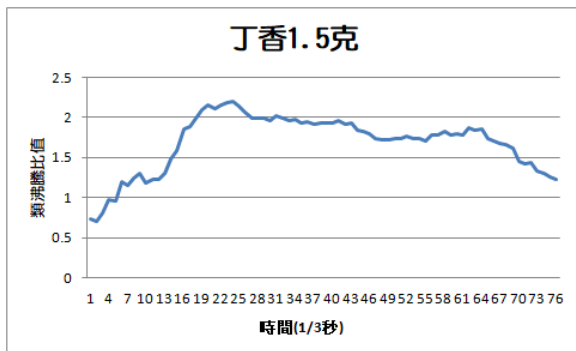
0.5 克的丁香，劇烈類沸騰時間為 9.7 秒



1 克的丁香，劇烈類沸騰時間為 15.7 秒



1.5 克的丁香，劇烈類沸騰時間為 17 秒

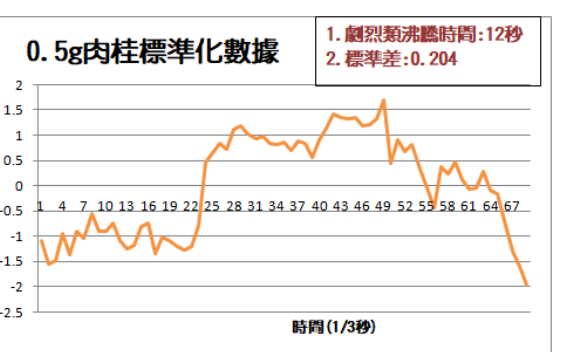


觀察:

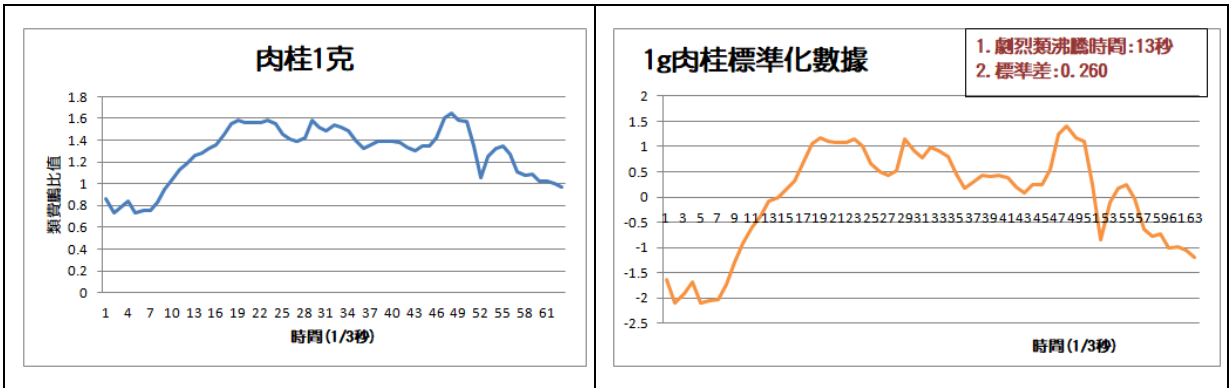
- (a) 丁香下水後並不會立刻沉入水中，冒泡現象尚未明顯，但當泡泡淹沒水面的丁香時，即立刻會有明顯的類沸騰現象出現，並迅速的拓展開來。
- (b) 丁香的類沸騰現象所產生的泡泡是會迅速地冒出，如果水量過多或鍋具過小，很有機會會冒出鍋具造成可怕的災難。
- (c) 1.5g 的丁香，標準差較大的原因推測是因為大量的丁香一起下水，需要較多的反應時間，類沸騰比值的差異度就會較大。

(4) 肉桂

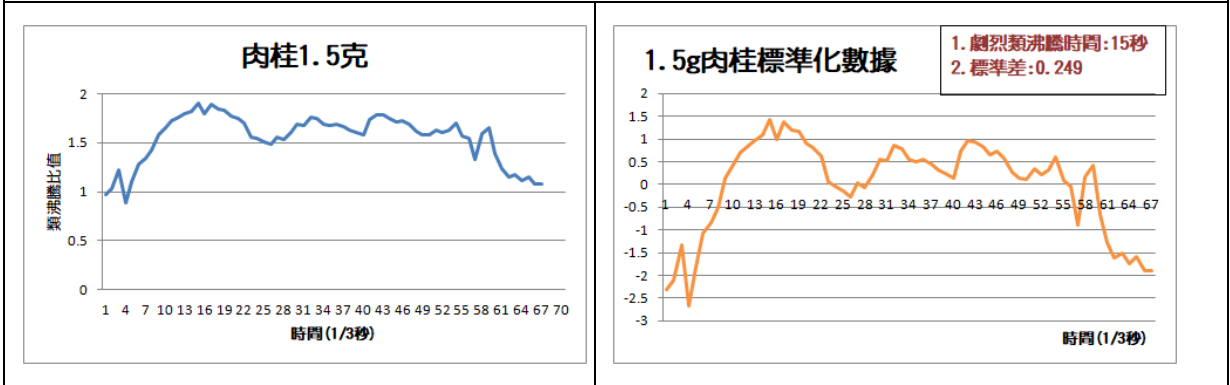
0.5 克的肉桂，劇烈類沸騰時間為 12 秒



1 克的肉桂，劇烈類沸騰時間為 13 秒

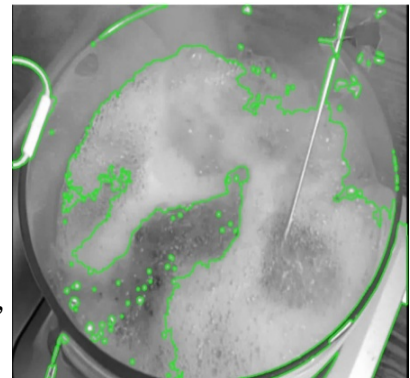


1.5 克的肉桂，劇烈類沸騰時間為 15 秒



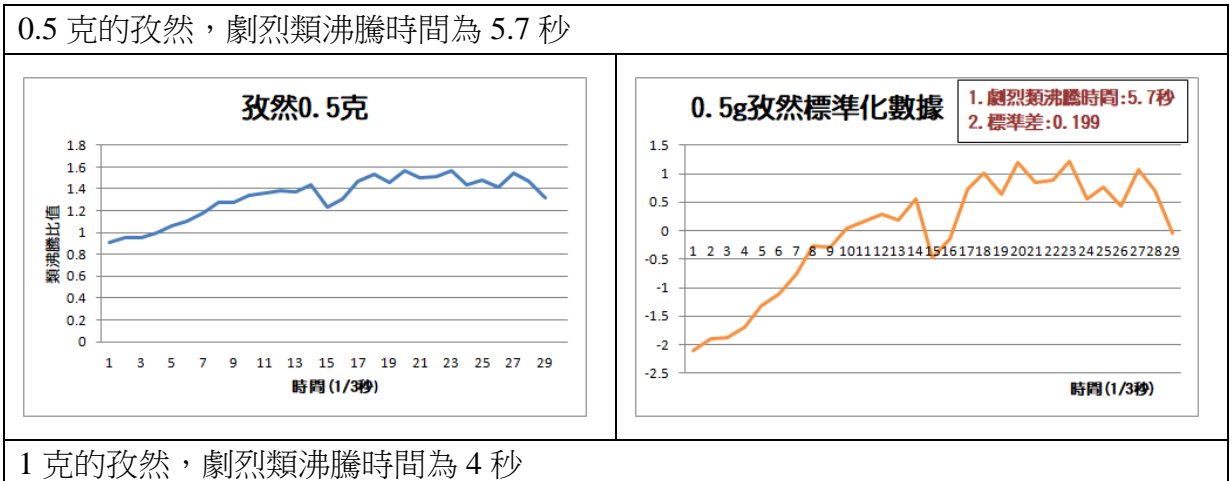
觀察:

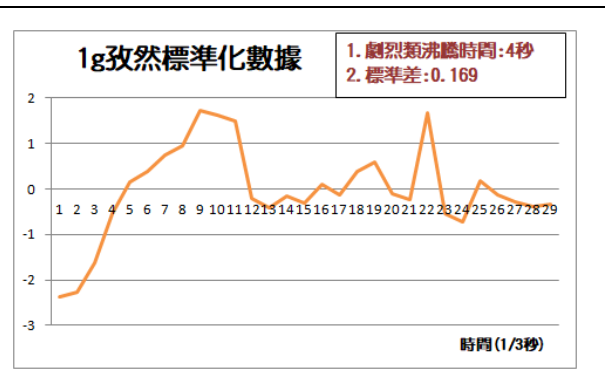
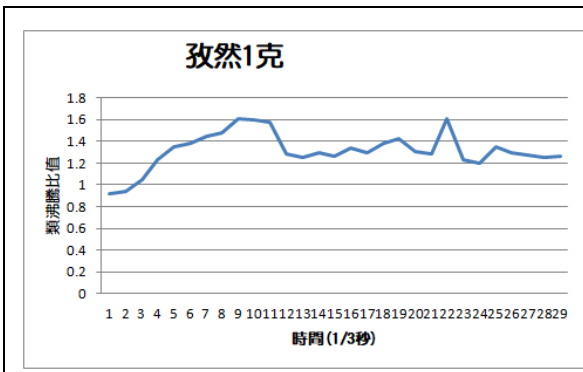
- (a) 0.5 克肉桂的照片框出來的泡泡，一開始沒有很多，在大約 10 秒左右開始出現大量泡泡。
- (b) 1 克肉桂照片在第 25 張開始產生大量泡泡，第 50 張的時候突然又很多細微的泡泡。
- (c) 1.5 克肉桂在第 11 張開始出現大量泡泡，且第 50 張左右的泡泡變得更加綿密，如圖(七)所示。



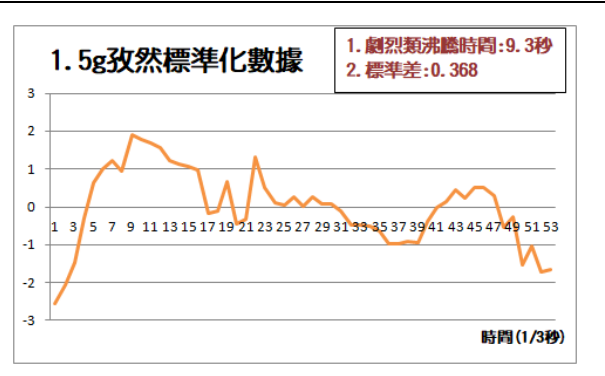
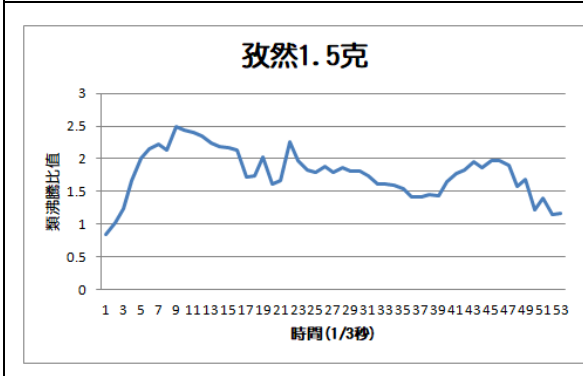
▲圖(七) 1.5g 肉桂

(5) 孜然





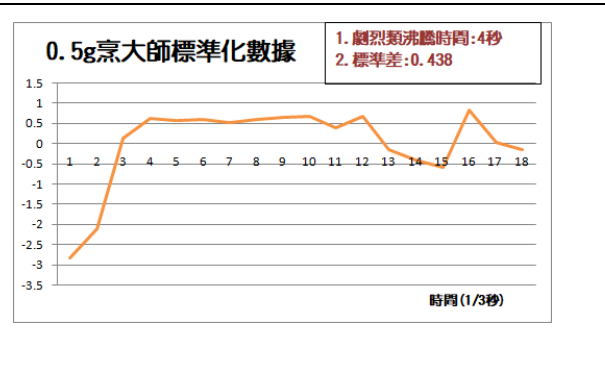
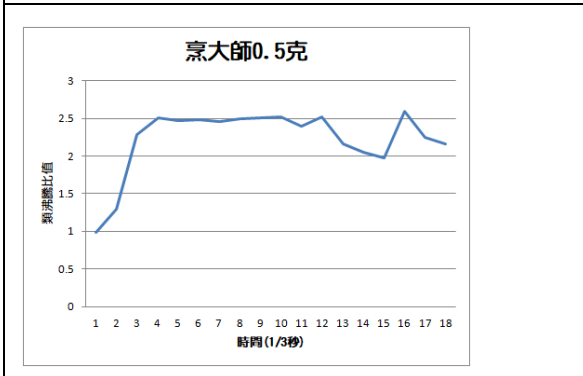
1.5 克的孜然，劇烈類沸騰時間為 9.3 秒



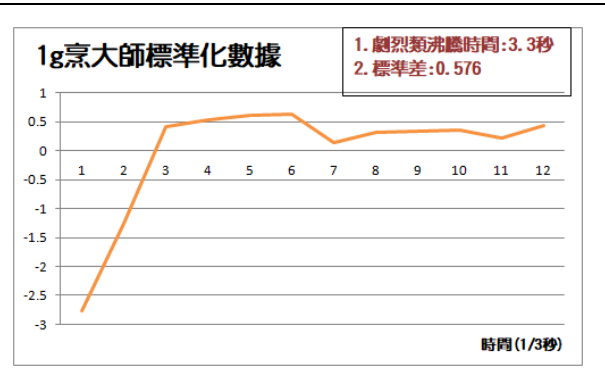
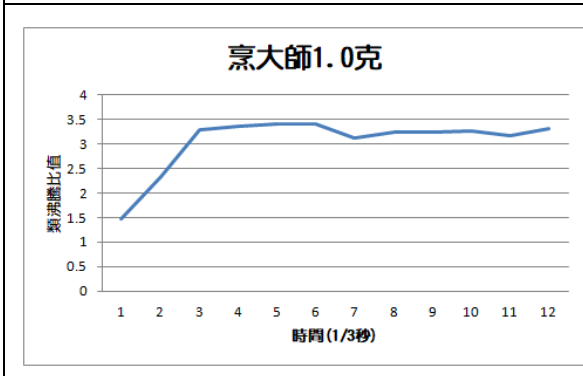
觀察:孜然的類沸騰現象較全面，下水後散開與水泡作用及產生類沸騰現象。

(6)烹大師

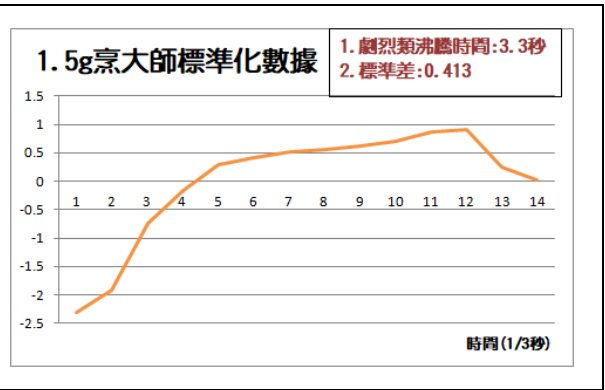
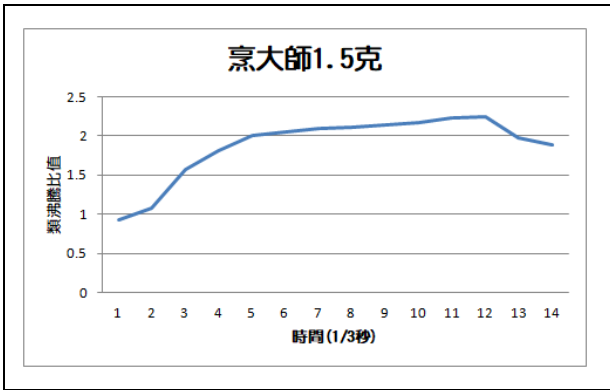
0.5 克的烹大師，劇烈類沸騰時間為 4 秒



1 克的烹大師，劇烈類沸騰時間為 3.3 秒



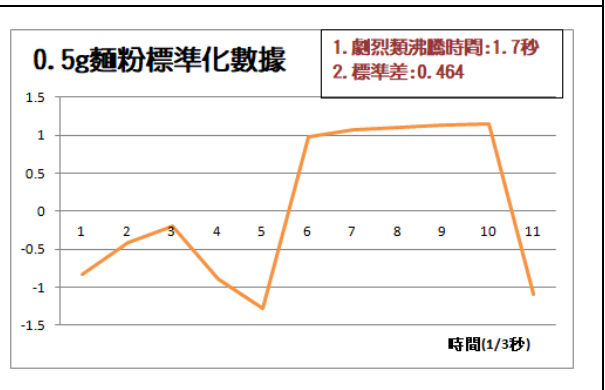
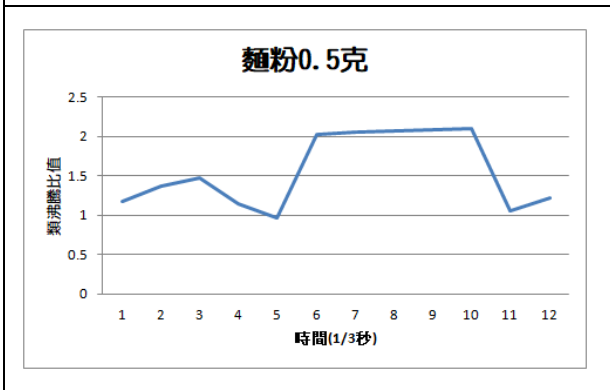
1.5 克的烹大師，劇烈類沸騰時間為 3.3 秒



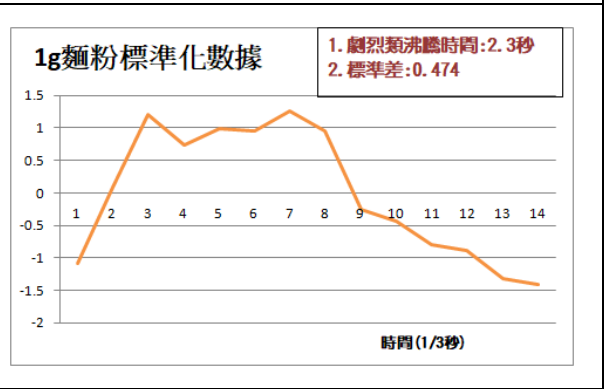
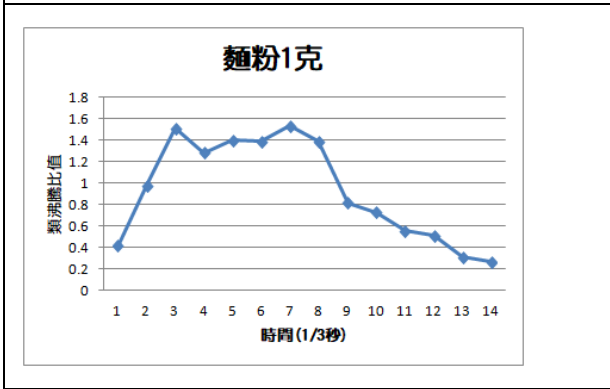
觀察:烹大師溶於水中,在下水後3秒左右即會有大量的泡泡冒出,感覺很劇烈沸騰的樣子,但時間明顯的短暫。

(7)麵粉

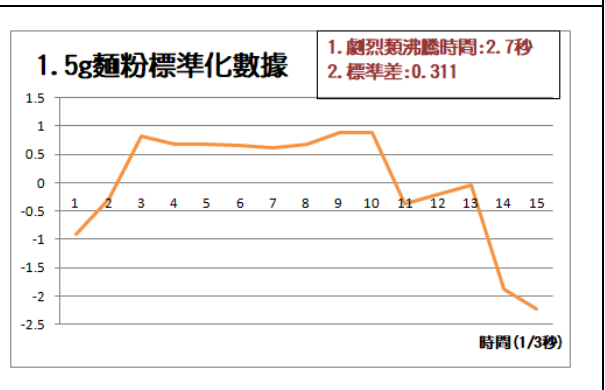
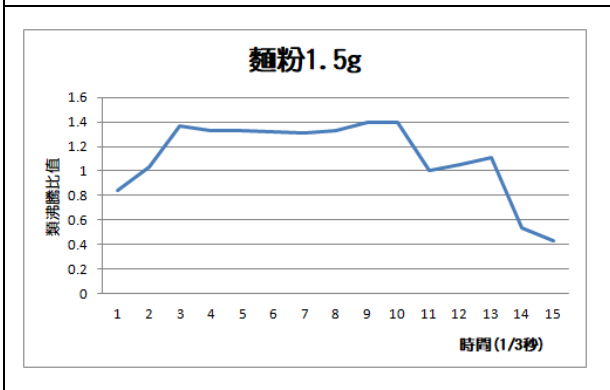
0.5 克的麵粉,劇烈類沸騰時間為 1.7 秒



1 克的麵粉,劇烈類沸騰時間為 2.3 秒



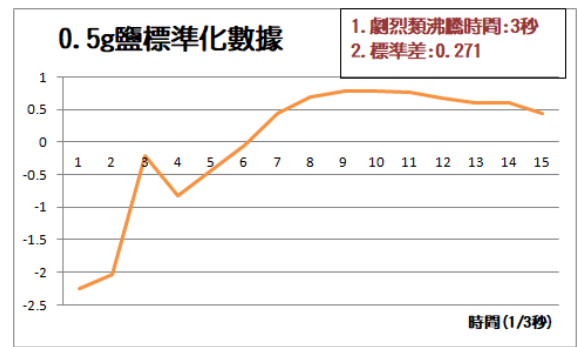
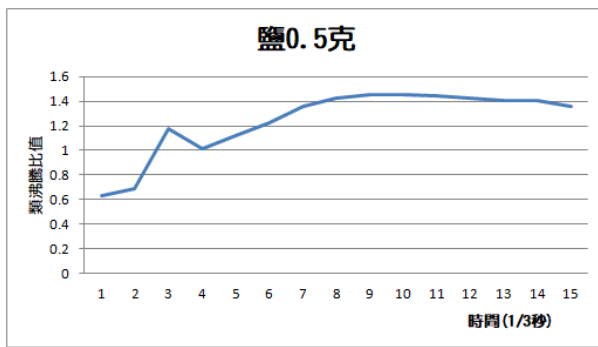
1.5 克的麵粉,劇烈類沸騰時間為 2.7 秒



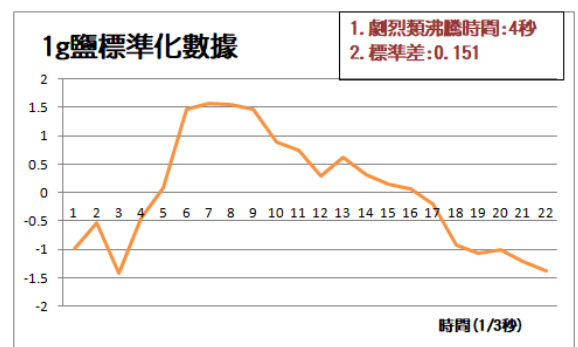
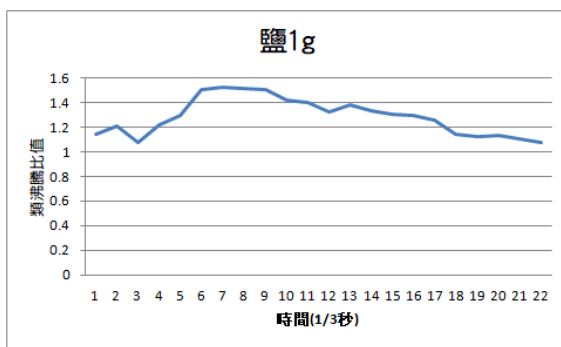
觀察:麵粉不溶於水,類沸騰現象也不是很明顯,不過下水的剎那也會有泡泡產生,只是很快就結束了,結束後水面會有糊化的麵粉。

(8)鹽

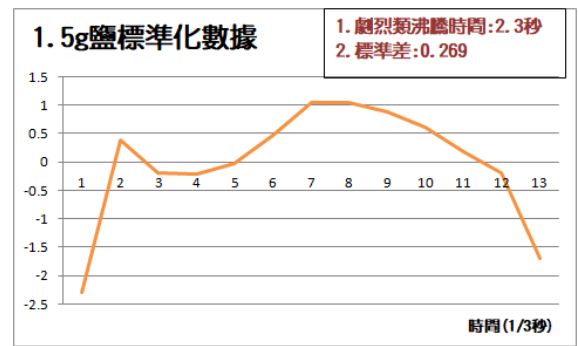
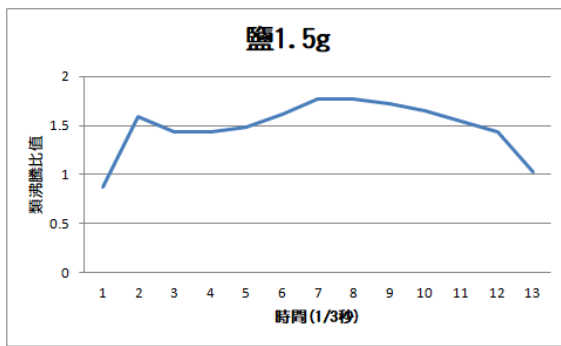
0.5 克的鹽，劇烈類沸騰時間為 3 秒



1 克的鹽，劇烈類沸騰時間為 4 秒



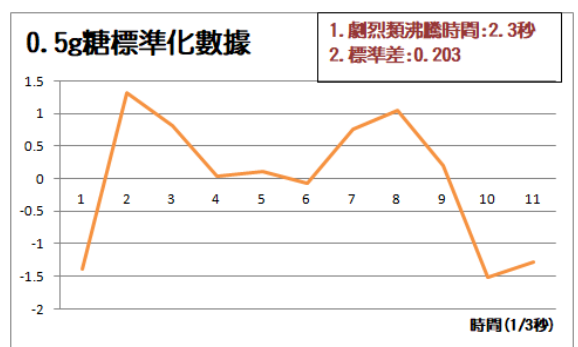
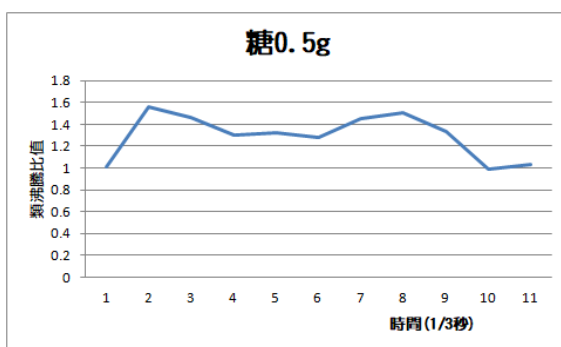
1.5 克的鹽，劇烈類沸騰時間為 2.3 秒



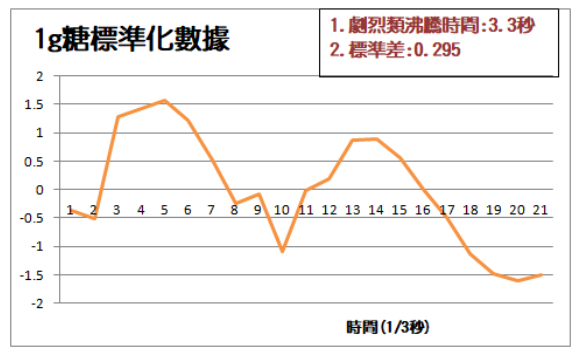
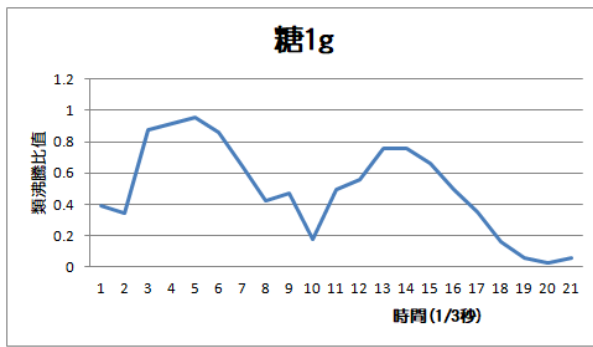
觀察：鹽的類沸騰反應在下水的剎那也有局部劇烈的感覺，但是很快的泡泡就會消散。

(9)糖

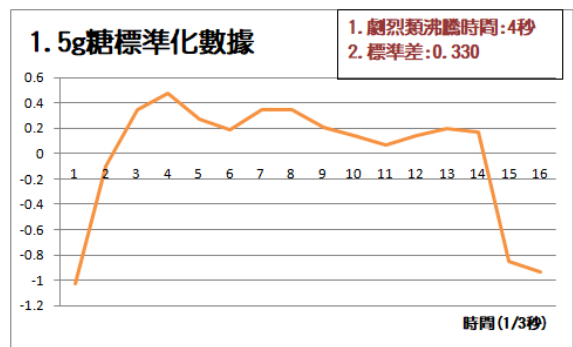
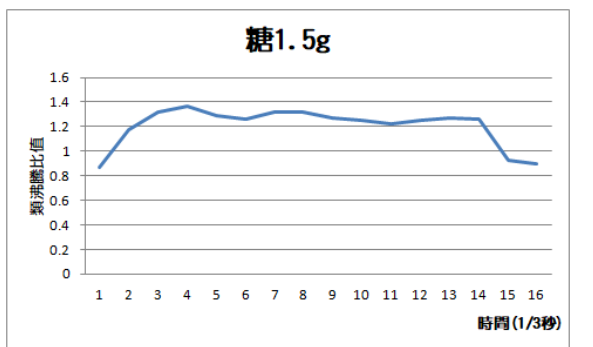
0.5 克的糖，劇烈類沸騰時間為 2.3 秒



1 克的糖，劇烈類沸騰時間為 3.3 秒



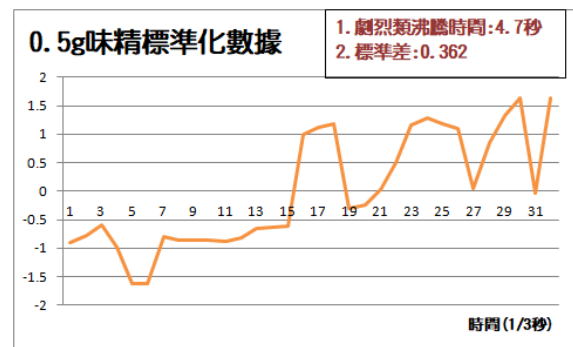
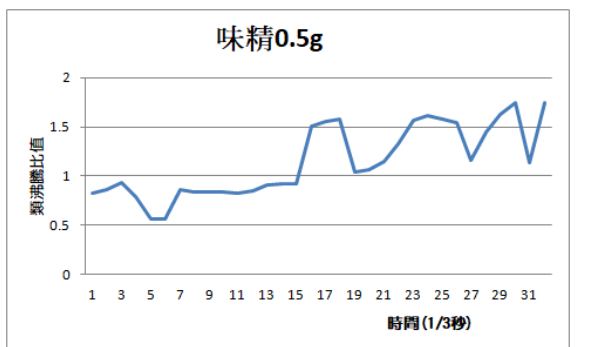
1.5 克的糖，劇烈類沸騰時間為 4 秒



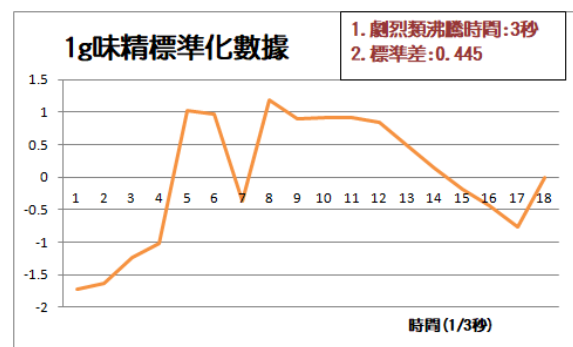
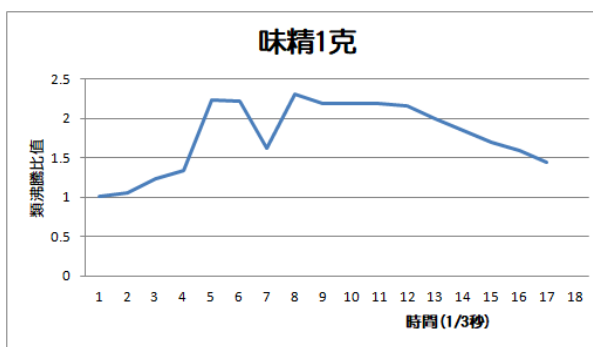
觀察:糖的類沸騰現象跟鹽很相似，在下水處可以快速的冒泡，但也快速地結束，不會擴散到整個鍋面。

(10)味精

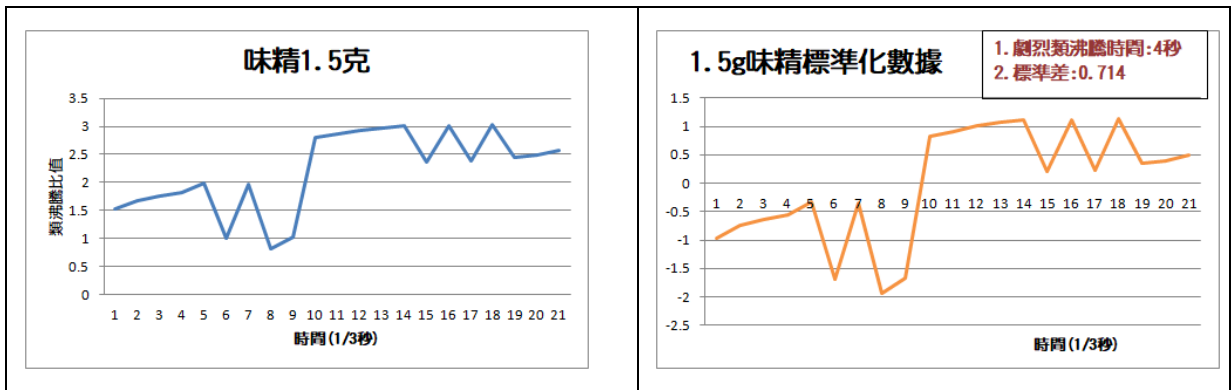
0.5 克的味精，劇烈類沸騰時間為 4.7 秒



1 克的味精，劇烈類沸騰時間為 3 秒



1.5 克的味精，劇烈類沸騰時間為 4 秒



觀察:味精的類沸騰現象曲線很紊亂,看似會有起伏,但有些數據是因為煙霧造成,以數據來看,它的類沸騰現象與鹽、糖相似。

四、利用酸性溶液類沸騰現象自製 PH 計

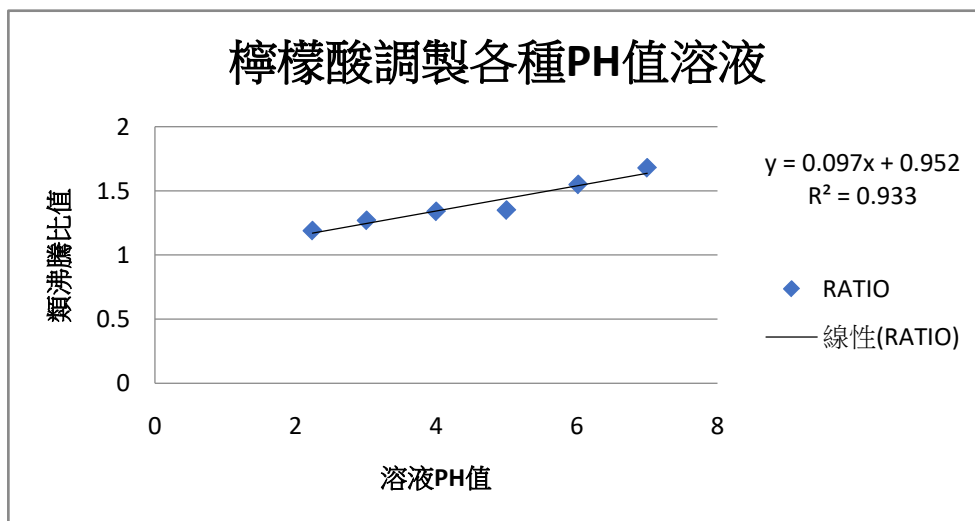
(一)將丁香粉末置入不同酸鹼度的溶液中,觀察其類沸騰狀況

粉末與酸鹼溶液	照片	觀察狀況
NaOH (PH 值 11.35) V.S 丁香 1 克		由圖顯示,不論鹼或酸性溶液均有類沸騰狀況
檸檬酸 2 克 (PH 值 3.01) V.S 丁香 1 克		

(二)使用檸檬酸調製各種基準酸性溶液,其 PH 值由校正過的 PH 計提供數值。

1.在同一天完成此系列實驗,利用 1 克的糖進行類沸騰實驗,將數據利用 excel 的迴歸分析,採線性函數模型,得到方程式為:

$$\text{類沸騰比值} = 0.0978 \times (\text{溶液PH值}) + 0.952。$$



說明：(1)對於糖 1 克在 PH=7 的溶液中，為何類沸騰比值跟前面的數據有些出入？
我們認為它是屬動態變化，但同一天完成的數據，所以我們決定採用此數據進行 PH 計的基準數據。

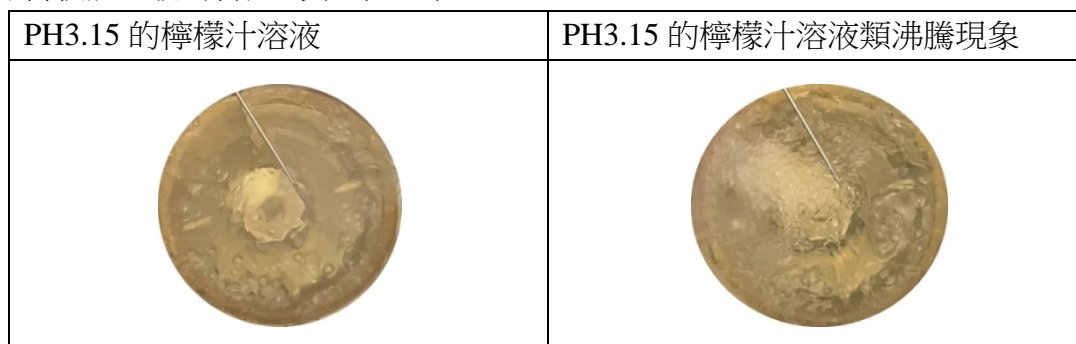
(2)雖然此 PH 計是個較狹隘的分析工具，甚至有人說拿廣用試紙就搞定，但我們仍覺得這是個成就！只要建立更多種類的酸性溶液資料，再加上測試更多粉末的類沸騰現象，此 PH 計即可普遍化。

2.驗證溶液：以市售檸檬汁任意調配相同體積的溶液，進行類沸騰實驗分析。理論值為以 SUNTEX 手提式 PH 計測得的數據，PH 值=3.15；實驗值為自行開發 PHmeter 分析程式計算出類沸騰比值為 1.29，結果如下：

$1.29 = 0.0978 \times (\text{PH}) + 0.952 \Rightarrow \text{PH} = 3.47$ <p>PH 計算值=3.47，誤差=10.2%</p> $\left(\text{誤差} = \frac{3.47 - 3.15}{3.15} \times 100\% = 10.2\% \right)$	<p>第一張照片的氣泡面積： 211115.0 第二張照片的氣泡面積： 272623.5 類沸騰比值： 1.2913506856452643 計算結果：PH值 3.469843411505771</p> <p>▲PHmeter 程式計算結果</p>
---	---

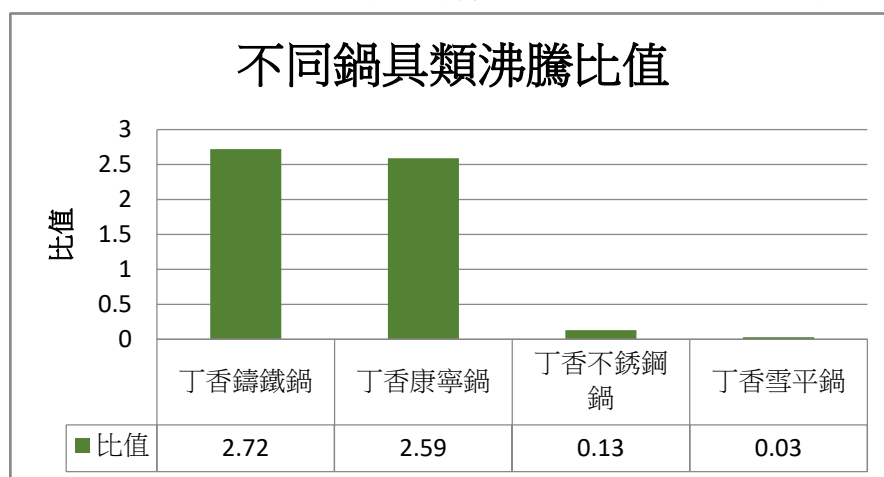
3.推測誤差來源：(1)影像分析的誤差。(2)檸檬汁含有細微顆粒，根據成核理論，應該會造成更激烈的類沸騰現象。

4.我們完成了自製 PH 計的最後一塊拼圖，撰寫完成 Phmeter 分析程式，只要將類沸騰影片擷取 2 張照片即可分析出 PH 值，但它是有限條件限制，酸性溶液必須用檸檬酸調製，用 1 克的糖進行類沸騰實驗，擷取下水跟第 2 秒的照片，送入 Phmeter 分析軟體，就可得知約略的 PH 值。








五、將丁香粉末置入不同的鍋具中，觀察其類沸騰狀況

(一)不同鍋具的蓄熱程度不盡相同，因此類沸騰現象亦不相同，我們利用丁香 0.5 克來測試各個鍋具的類沸騰現象，計算出類沸騰比值，數值結果如下圖：



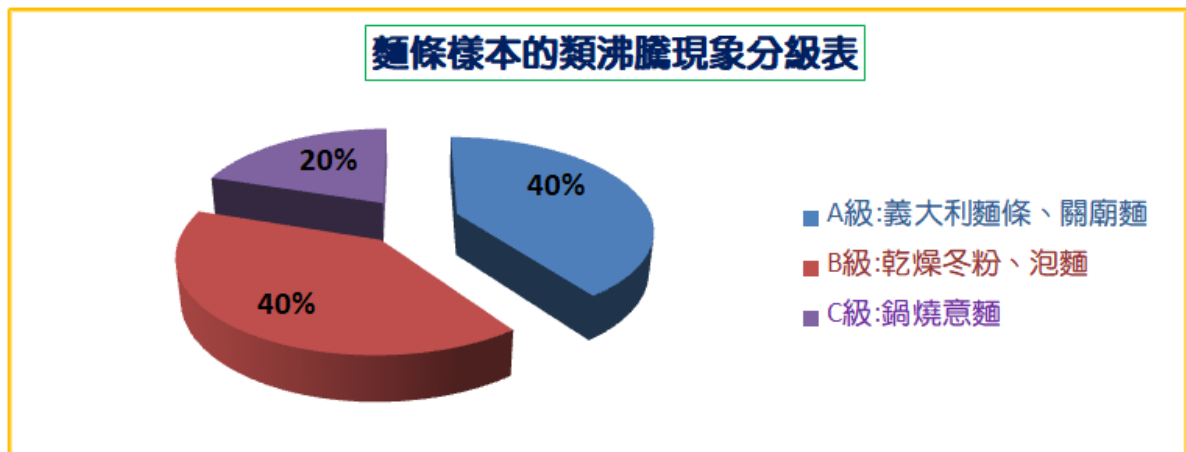
(二)各類鍋具進行類沸騰的觀察結果：

從圖片上來看，康寧鍋的類沸騰似乎更明顯，但類沸騰卻較鑄鐵鍋低一些，主要原因是鑄鐵鍋內層為趨近白色的珐瑯質，會有反光的效果，因此數值會較高。








鍋具種類	粉末置入照片	狀況
鑄鐵鍋 蓄熱效果： 優良	 關火後置入丁香粉	鑄鐵鍋熄火後加入丁香，有非常明顯的類沸騰狀況。
雪平鍋 蓄熱效果： 不佳	 ▲ 關火後置入丁香粉	雪平鍋熄火後加入丁香，並沒有類沸騰狀況。在不熄火的狀態，類沸騰狀況才會出現。
	 ▲ 不關火，置入丁香粉	
康寧鍋 蓄熱效果： 優良	 關火後置入丁香粉	康寧鍋熄火後，倒入丁香粉末，類沸騰狀況相當明顯。
不鏽鋼鍋 蓄熱效果： 不佳	 ▼ 關火後置入丁香粉	不鏽鋼鍋熄火後加入丁香，並沒有類沸騰狀況。在不熄火的狀態，類沸騰狀況明顯。
	 ▼ 不關火，置入丁香粉	

六、置入粉末以外的不同物質(麵條)，觀察其類沸騰狀況


(一)煮麵時幾乎都會遇到類沸騰現象，但結果卻是跟我們的認知有些許不同，在關火的狀態下其類沸騰現象劇烈程度：義大利麵條>關廟麵>乾燥冬粉>泡麵>鍋燒意麵，分級表如圖(八)。

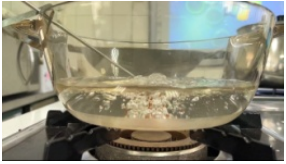


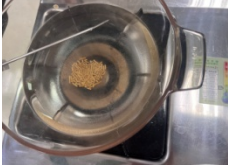


▲圖(八) 麵條類沸騰的分級結果

名稱	麵條置入照片		狀況
義大利麵			義大利麵會有明顯的類沸騰狀況，由側面觀察，有小火山冒泡的感覺。
	▲麵條置入		
泡麵			泡麵依舊有類沸騰狀況，但相對於義大利麵較不明顯。
鍋燒意麵			鍋燒意麵類沸騰狀況較不明顯，推測其密度較低，漂浮在水面上無法沉入水中。
冬粉			冬粉，依舊有類沸騰狀況，與義大利麵似乎很相近，推測是直線條的麵條墜落水中導致。
關廟麵			關廟麵的類沸騰現象較冬粉弱，可以感覺到關廟麵在水泡中跳舞的樣子。

(二)油炸與烤過的義大利麵條：根據成核理論，炸過或烤過的麵條表面的細小顆粒(小麥粉或麵粉)應該會減少，推估在進行類沸騰實驗時，其劇烈程度會減緩，這也跟我們的實驗結果相符。

名稱	麵條置入側面照照片	反應完靜置後的狀況	狀況
油炸義大利麵			反應減弱許多，而且可觀察到麵條甚至周遭幾乎沒有小氣泡產生，跟原始義大利麵條的類沸騰現象大相逕庭。

烤過 義大利麵			反應減弱許多，推測在烤的過程中，表面的小麥粉可能已被熱風帶走，因此核的數量減少，才會使類沸騰不明顯。
烤過 關廟麵			反應有減弱，但沒有像義大利麵變化那麼明顯，推測應該是關廟麵表面的細小顆粒麵粉數量本來就不多，經過烘烤，影響應該不大。




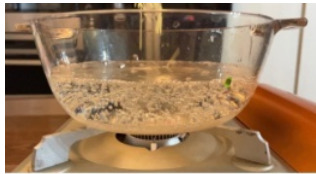


七、尋找產生類沸騰現象的最低溫度


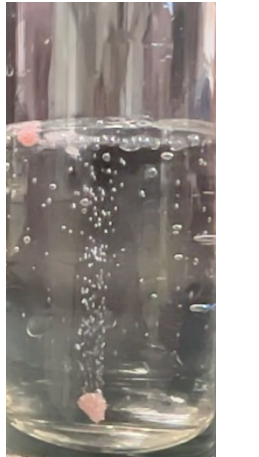

經過多次實驗發現，水溫達 97.9°C 時，會有類沸騰現象。且觀察發現要在水產生小氣泡時才有機會產生類沸騰，如圖所示。(粉末無法成功，推測是表面的氣泡數量較少)

圖 片					
說 明	97.9°C 水	麵條下入水中	97.9°C 水側面圖	麵條下入水之類沸騰現象	麵條下入水 5 秒之類沸騰現象

八、利用常溫氣泡水驗證成核理論

(一)類沸騰現象除了在高溫之外，在常溫也會有相同狀況，只要液體充滿小氣泡，運用『成核理論』就可以解釋氣泡一直產生的現象，但先決條件是液體中有氣泡存在。

圖 片			
說 明	氣泡水正面圖	麵條置入氣泡水	麵條置入氣泡水 2 秒
義 大 利 麵 條			
說 明	氣泡水側面圖	麵條置入氣泡水	麵條置入氣泡水 2 秒

跳跳糖			
說明	跳跳糖剛放入氣泡水中，此時因表面二氧化碳溶解釋出，所以可以漂浮在氣泡水中。	經過一段時間，它擔任成核的角色，誘使許多小氣泡冒出，雖說也可能是二氧化碳，但以時間來看已經經過 10 秒。	經過大約 40 秒，該現象依舊存在。

(二)水開始加熱，不須到達沸點溫度，水中就有許多小氣泡的產生，下圖是我們將水加熱至 50°C 關火靜置約 4 小時的現象，可以發現不銹鋼鍋因表面不是那麼光滑(因為鍋子已經使用很久了)，所以可以有許多小氣泡存在。



陸、討論

一、粉末進入鍋中的方式是否影響類沸騰現象？

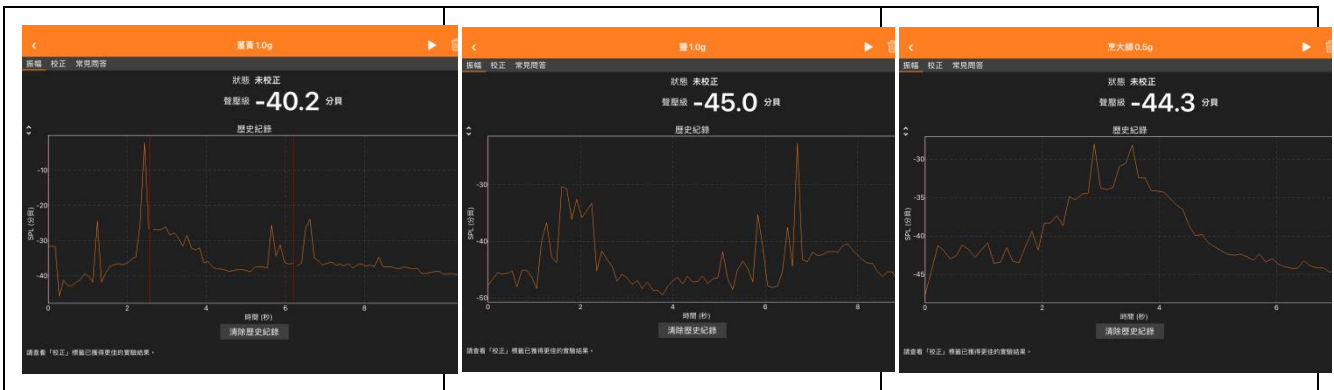
我們的觀點：一開始直接用秤量紙倒入方式進行實驗，但老師提出是否因為粉末撞擊水面才造成類沸騰現象，為了解決此疑點，我們曾試做將粉末放入打氣後的氣球，作為粉末投擲器，雖然沒影響類沸騰現象，但因氣球碎片會掉落至鍋中，因此該設計被摒棄，為了控制變因，我們採用水波爐自動麵包機的配件，作為粉末投擲器。

二、為何在溫度計指示溫度為 100°C 時進行關火？

我們的觀點：因為本研究為長時間的研究過程，每次進行實驗的天氣溫度不盡相同，表示水的沸點也不盡相同，為了控制變因，我們使用溫度計的相同標示溫度，作為關火的時機。

三、使用分貝計 APP 進行測量類沸騰過程的聲量變化。

我們的觀點：原本的實驗設計，希望藉此進行分析類沸騰時的能量變化，但實驗結果無法確認背景噪音造成的結果，因此無法作為類沸騰現象的能量變化佐證資料。



四、溶液酸鹼度對類沸騰現象的影響？



我們的觀點：我們利用檸檬酸調配酸性溶液及氫氧化鈉調配鹼性溶液，在相同鍋具、水量及麵條重量一致下採同步加熱進行實驗，實驗結果利用 imageJ 分析氣泡面積的占比，發現溶液酸鹼性會些許影響類沸騰現象，推測因為酸鹼性溶液已非純水，水中的離子會改變成核作用，因此造成類沸騰現象較不明顯，所以煮麵條加點檸檬酸，確實會減緩類沸騰現象，經過實測，麵條口感不受影響(網路上是推薦加點鹽巴也有相同效果)。

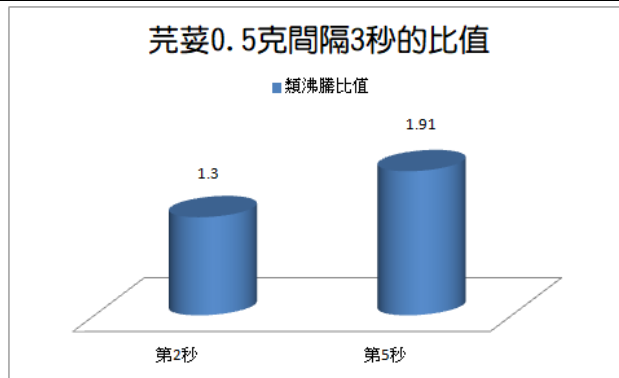
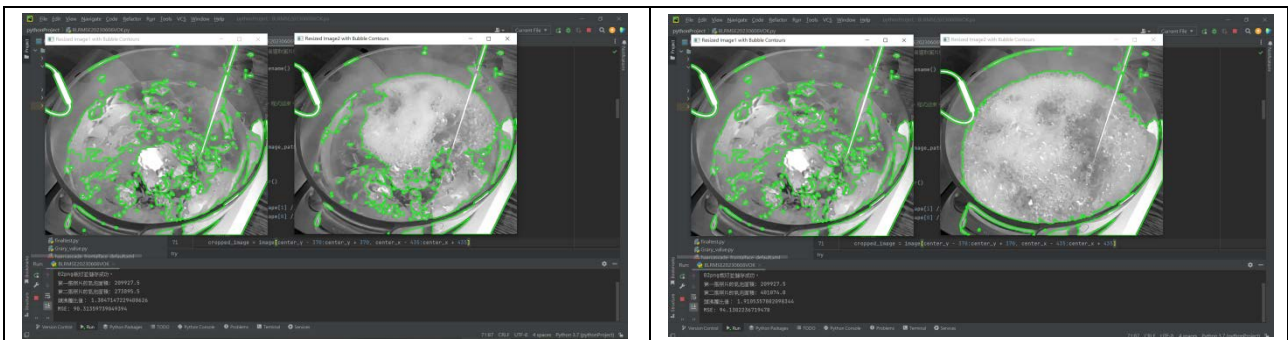


酸性溶液煮麵產生的類沸騰現象	中性溶液煮麵產生的類沸騰現象
氣泡面積佔比：49.8%(imageJ 分析結果)	氣泡面積佔比：64.5%(imageJ 分析結果)

五、下水時間會影響比值(以芫荽 2 秒跟 5 秒為分析對象)：

我們的觀點：大部分粉末會隨時間拉長而使得類沸騰現象減緩，但我們從實驗中觀察到芫荽卻有著不同趨勢，它反而在放入水中後的 5 秒時類沸騰現象較 2 秒時的類沸騰現象來得更強烈，我們推測這現象應該跟它的密度較輕，需要時間讓水流推送至整個鍋面範圍有關。

芫荽下水 2 秒類沸騰比值 1.30	芫荽下水 5 秒類沸騰比值 1.91
	



六、粉末顆粒大小或是溶解度對類沸騰現象的影響？

我們的觀點：我們利用數位及光學顯微鏡進行粉末、義大利麵及關廟麵外觀的觀察。

(一)這些粉末屬天然食材進行碾碎的成品，顆粒大小不一，因此無法從顆粒大小或外觀來推論是否影響類沸騰現象，但可以確定的是，若像鹽巴或味素這些可快速溶解的粉末，基於成核理論，幾乎都無法造成持久的類沸騰現象。

(二)我們觀察到義大利麵條的表面突出小顆粒，推測應該是小麥粉。而關廟麵則看到表面有點凹凸，但沒有小顆粒。

丁香粉末	味精粉末
<p>面積: 0.99 平方微米 長度: 5.67 微米</p>	<p>40X</p>
義大利麵條	關廟麵
<p>40X</p>	<p>40X</p>

七、對於麵粉，我們一直很好奇：

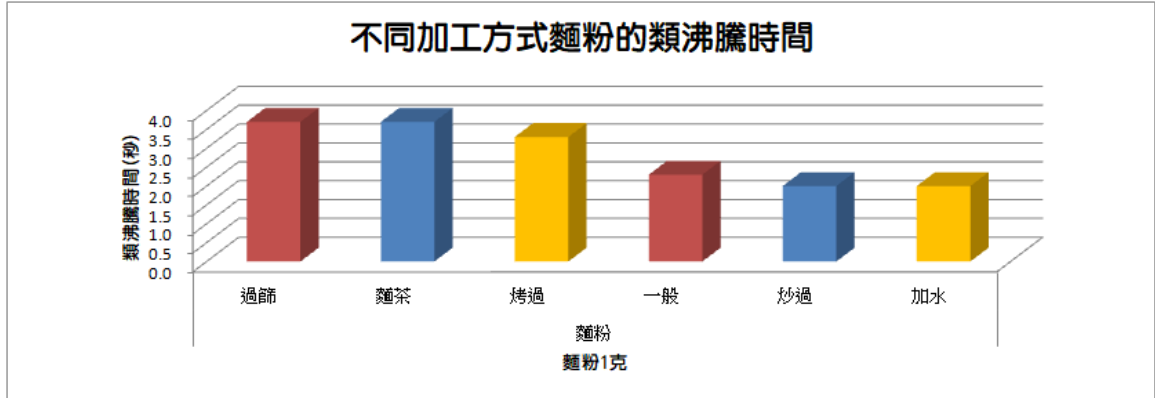
(一)麵粉的糊化現象會使得實際參與反應的重量更少，而且根據類沸騰比值對時間軸的關係來看，持續時間不長且也沒有特別劇烈，這跟煮麵條造成的現象有天壤

之別，麵粉的最佳糊化溫度大約 85°C 附近，所以實驗終了，可觀察到水面有白色麵團，它會影響類沸騰比值，但我們透過觀察並不列入數據資料中。

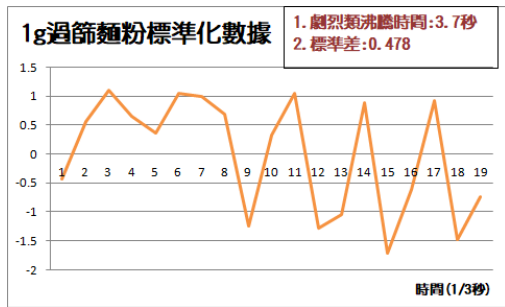
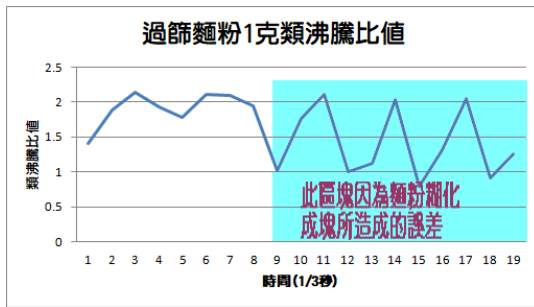
(二)在跟廚師婆婆討論下，我們決定對麵粉一窺究竟。在重量固定 1 克，樣本種類除了麵粉粉末外，我們還準備了如下表的樣本，而且我們赫然發現，原來麵茶就是炒過的麵粉加上香油、麻油等調味料製作而成。

過篩的麵粉	炒過的麵粉	烤過的麵粉	先加水的麵粉水
-------	-------	-------	---------

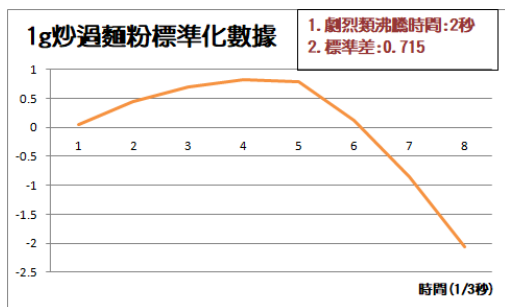
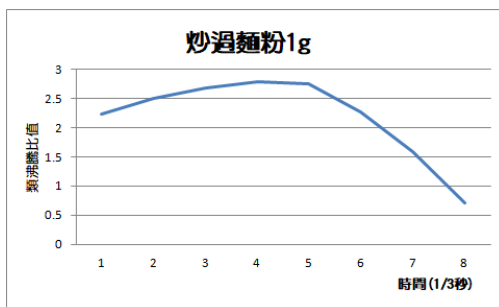
(三)經過多次實驗後，加工過粉末樣本的類沸騰比值與時間軸的關係圖如下所示：



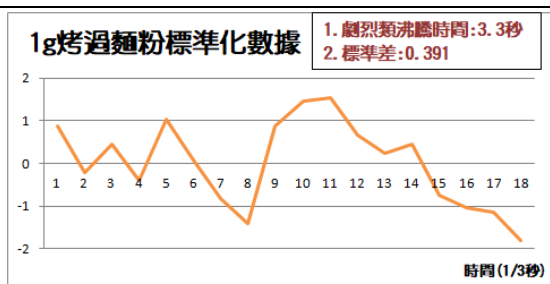
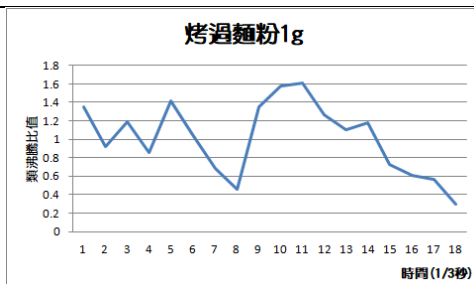
1g 過篩的麵粉



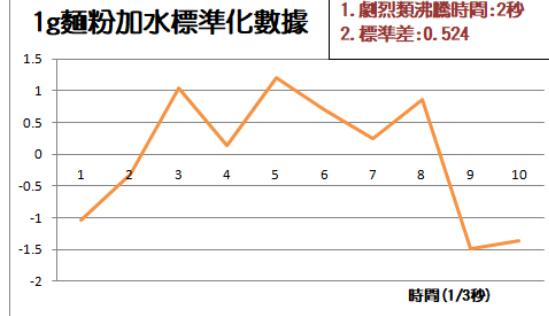
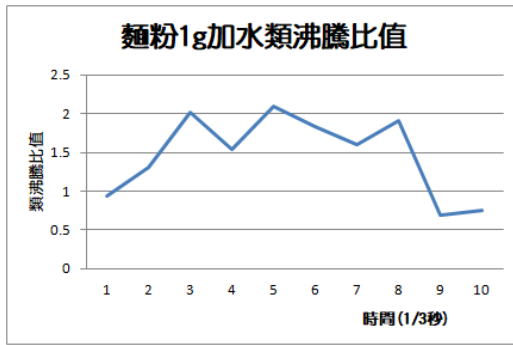
1g 炒過的麵粉



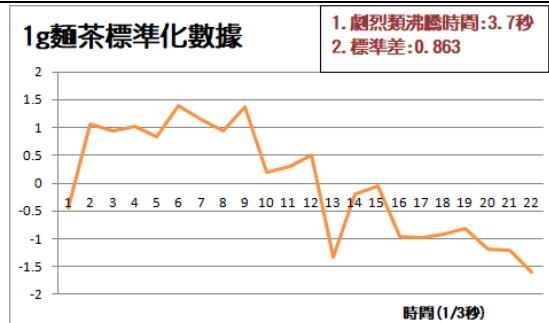
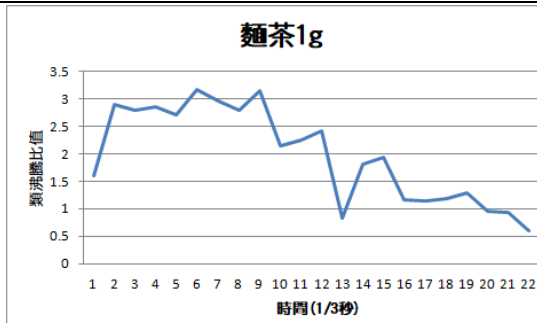
1g 烤過的麵粉



1g 先加水的麵粉水



1g 麵茶



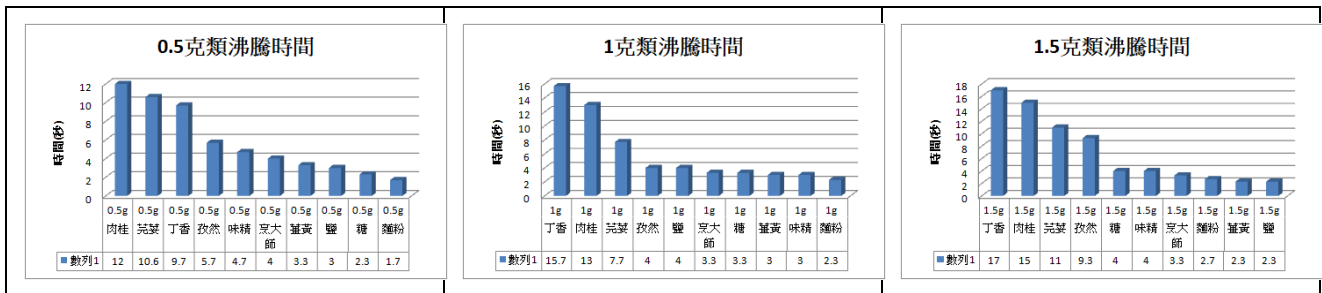
(四)實驗結果可發現過篩麵粉、烤過麵粉及麵茶的類沸騰時間較長，推斷是此時粉末顆粒較細緻與分散，因此可以充分跟水中氣泡作用，充分擔任成核的角色，而從影片也發現這些樣本其糊化作用較不明顯。

柒、結論

對於是否產生類沸騰現象，我們的實驗結果符合成核理論的推測，因為粉末造成的細核，使得更多的氣泡能蜂湧而出，但對於麵粉這個樣本，因為它會漂浮在水面，因此類沸騰現象沒有想像中的明顯，再加上它遇水會形成一團麵團(糊化作用)，導致成核作用下降，因此實驗結果跟我們的想像有出入。但對照煮麵過程，因為麵條表面會有一些粉末附著，且密度較大，能直接進入鍋底，在成核作用下產生最大效用，這有點類似在氣泡水中放入手指或筷子，也會瞬間急遽產生大量的氣泡一樣。

因此對於類沸騰現象產生的條件，我們依據實驗結果歸納如下：

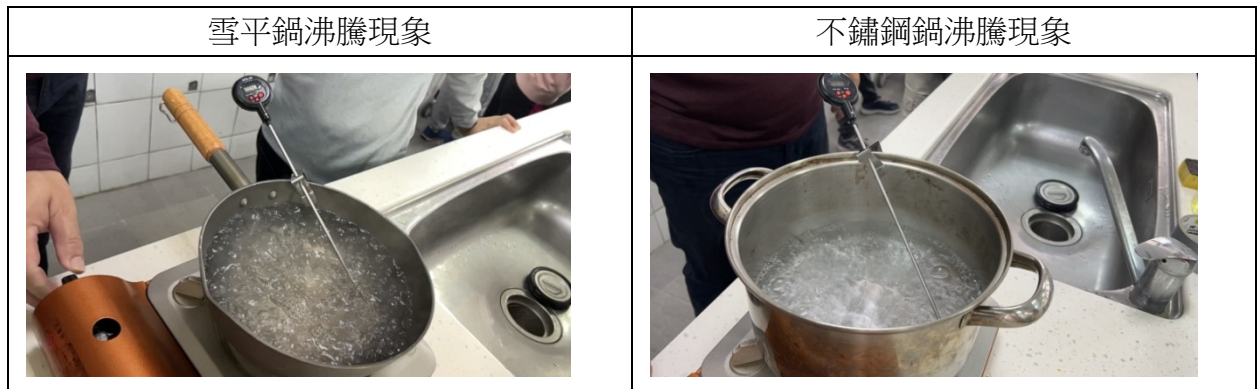
- 一、粉末必須可沉於水中，且只有微溶於水，如糖、鹽因會快速溶於水，所以無法產生明顯的類沸騰現象，不過在粉末倒入水中的那一瞬間還是可觀察得到此一現象。
- 二、(一)若粉末密度略大於水，則因水的對流關係，會使粉末快速充滿整個鍋面，因此可形成較多細核，所以類沸騰現象就會更明顯。
(二)若粉末密度較小，當粉末倒入水中時，大部分都會漂浮在水面時，因為僅能與水面作用，因此類沸騰現象不會太過劇烈。
- 三、根據下頁的數據圖，發現芫荽、肉桂、丁香三種粉末的類沸騰狀況最為顯著。所以不論是關火或是開火的時候，如果想在沸水中加入粉末，可以預先知道粉末成分，如此才能避免因類沸騰狀況而導致危險發生。此外，薑黃反應時間不長，但因為顏色鮮艷所以可以看到相當多的泡泡。



四、義大利麵條的類沸騰現象是麵條中最為明顯的，推測是麵條表面有小麥粉，加上密度大於水，因此可沉到鍋底並產生類沸騰現象。相較之下，關廟麵表面是凹凸面，所以類沸騰現象較差了一些。而冬粉因為太過乾燥，表面亦無粉末(用手的觸感作為判定，且光學顯微鏡也看不到)，因此類沸騰現象較義大利麵條差了些；至於鍋燒意麵，因為麵體本身經過油炸，且密度較小，因此效果最差；冬粉跟鍋燒意麵這兩樣物品，原本預期因表面較粗糙應能產生明顯的類沸騰現象(根據成核理論推論而來)，但實驗結果似乎不然。

五、鍋具對類沸騰現象的影響

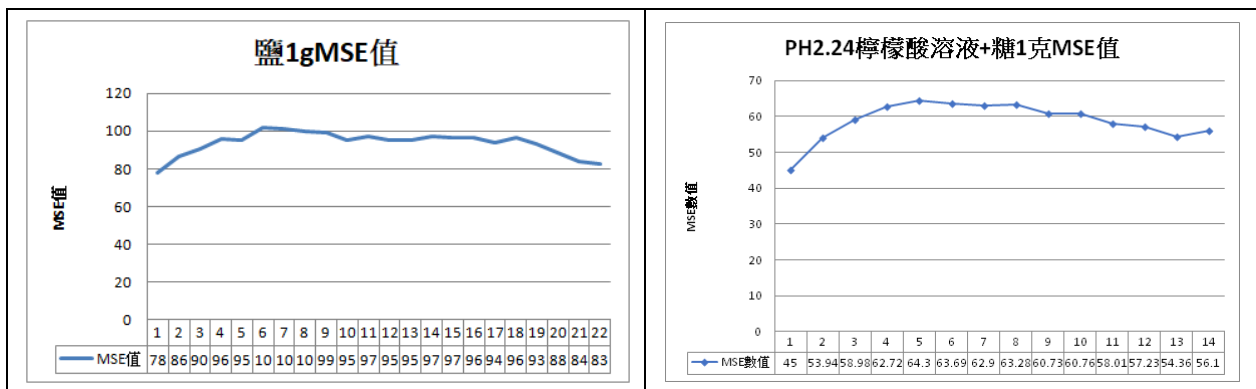
- (一)鍋具的蓄熱效果會影響類沸騰現象，從本實驗的數據可發展成驗證鍋具蓄熱能力的指標，只要將鍋具進行類沸騰現象實驗，即可推論鍋具的蓄熱能力。
- (二)我們發現雪平鍋跟不銹鋼鍋導熱快受熱又均勻，但在類沸騰現象部分，若沒有持續受熱，其效果相當差，可見其散熱佳或是蓄熱效果很差。



六、無論使用 imageJ 或自行開發的 BLR 分析軟體進行的量化分析，最困擾的是因為有些粉末有較深的顏色、麵粉糊化後的麵粉糰或是水蒸氣凝結而成的水霧，在灰階判讀上會影響泡泡面積的正確性，此時我們會同時使用兩種軟體做比對來手動調整閾值 (threshold) 以便決定欲分析的氣泡面積。

七、PythonMSE 影像分析軟體(目前跟類沸騰比值分析程式合併，稱作 BLR 分析程式)

- (一)程式介紹：影像分析軟體主要採用 MSE(均方誤差)計算原理作為兩張影像差異度的數值，當數值為零，表示兩張影像相似度是 100%，而 MSE 數值愈高，表示兩張影像的像素差異度愈大，在進行分析時前會將兩張影像進行灰階化(8bits)，跟 imageJ 作法相似，我們希望它能取代我們眼睛的觀察，因為這是一個動態實驗，所以藉由它可以得到輔助的訊息。
- (二)類沸騰現象的 MSE 數值：以鹽 1 公克加入純水、PH2.24 檸檬酸溶液+糖 1 克為分析樣本作說明，從下水開始每隔 1/3 秒擷取 1 張圖片，與下水瞬間圖片進行 MSE 分析，得出 MSE 數值，我們發現 MSE 的趨勢線跟類沸騰比值的趨勢線的走勢類似。



(三)開發圖片 MSE 分析程式，可以呈現 2 張圖片的差異性，它的目的是想要用它來取代眼睛的判別，讓我們更能夠辨別類沸騰現象。但我們突然靈機一動，利用它在校內科學博覽會以此程式為基礎，開發出簡易版的『耐笑能力指標』分析系統。

八、若想避免粉末造成類沸騰現象而引發災難，只要在烹調過程中記得加調味料時先關火即可避免慘劇發生，對於蓄熱性良好的鍋具，則是建議在一開始就先放調味料。

捌、參考資料:

1.陳進成. (2004). 談日常生活中的成核理論. 科學發展, 377 期.

2.李本滢. 汽水中的氣泡. 香港天文台.

<https://www.hko.gov.hk/tc/education/earth-science/physics-in-daily-life/00395-bubbles-in-a-soft-drink-part-i.html>

3.第 12 章 相變與成核. 大自然的規律. <https://www.>

<http://www.che.ncku.edu.tw/FacultyWeb/MaaJR/Nature/ch12.htm>

4.水是如何結成冰的?. 壹讀. https://read01.com/8aE5ej3.html#.Y_ECCnZBxhg

5.市售湯鍋（鑄鐵鍋、不鏽鋼鍋、陶鍋、砂鍋）材質評比. 宅品味.

<https://today.line.me/tw/v2/article/GgRyz7R>

6.簡志祥. 阿簡生物筆記: 以 ImageJ 手動挑選計算面積. 阿簡生物筆記.

http://scistore.colife.org.tw/management/Upload/NSC-102-2515-S-492-001/20180227154948453_189.pdf

附錄：類沸騰比值及 MSE 分析程式碼
(因為頁數關係，所以將程式中的空白列刪除)

```
1 import cv2
2 from tkinter import Tk
3 from tkinter.filedialog import askopenfilename
4 from skimage import io, color
5 import numpy as np
6 import openpyxl
7 import os
9 # 開啟檔案總管對話框，讓使用者選取圖片檔案
10 Tk().withdraw()
11 image_path = askopenfilename()
13 # 檢查是否選取了檔案
14 if not image_path:
15     print("未選取圖片檔案。程式結束。")
16     exit()
18 try:
19     # 讀取圖片
20     image = io.imread(image_path)
22     # 檢查是否成功讀取影像
23     if image is None:
24         raise ValueError()
26     # 取得圖片中心點座標
27     center_x = image.shape[1] // 2
28     center_y = image.shape[0] // 2
30     # 裁切圖片
31     cropped_image = image[center_y -
500:center_y + 500, center_x - 700:center_x + 700]
33     # 將圖片轉為灰階影像
34     gray_image1 =
color.rgb2gray(cropped_image)
36     # 將灰階影像轉換為 CV2 可用的影像檔案
37     gray_image_cv2 = (gray_image1 *
255).astype(np.uint8)
39     # 儲存裁切後的灰階影像
40     save_path = "01.png"
41     cv2.imwrite(save_path, gray_image_cv2)
43     print("01png 裁切並儲存成功。")
45 except (ValueError, FileNotFoundError):
46     print("無法讀取影像。請確認選取的檔案為
圖片。程式結束。")
47     exit()
49 # 開啟檔案總管對話框，讓使用者選取圖片檔案
50 Tk().withdraw()
51 image_path = askopenfilename()
53 # 檢查是否選取了檔案
54 if not image_path:
55     print("未選取圖片檔案。程式結束。")
56     exit()
58 try:
59     # 讀取圖片
60     image = io.imread(image_path)
62     # 檢查是否成功讀取影像
63     if image is None:
64         raise ValueError()
66     # 取得圖片中心點座標
67     center_x = image.shape[1] // 2
68     center_y = image.shape[0] // 2
70     # 裁切圖片
71     cropped_image = image[center_y -
500:center_y + 500, center_x - 700:center_x + 700]
73     # 將圖片轉為灰階影像
74     gray_image2 =
color.rgb2gray(cropped_image)
76     # 將灰階影像轉換為 CV2 可用的影像檔案
77     gray_image_cv2 = (gray_image2 *
255).astype(np.uint8)
79     # 儲存裁切後的灰階影像
80     save_path = "02.png"
81     cv2.imwrite(save_path, gray_image_cv2)
83     print("02png 裁切並儲存成功。")
85 except (ValueError, FileNotFoundError):
86     print("無法讀取影像。請確認選取的檔案為
圖片。程式結束。")
87     exit()
88 # 讀取第一張彩色圖片
89 image1 = cv2.imread('01.png')
91 # 讀取第二張彩色圖片
92 image2 = cv2.imread('02.png')
```

```

94 # 將圖片轉換為灰階
95 gray1 = cv2.cvtColor(image1,
cv2.COLOR_BGR2GRAY)
96 gray2 = cv2.cvtColor(image2,
cv2.COLOR_BGR2GRAY)
98 # 模糊化圖像以去除噪音
99 blurred1 = cv2.GaussianBlur(gray1, (5, 5), 0)
100 blurred2 = cv2.GaussianBlur(gray2, (5, 5), 0)
102 # 進行二值化處理
103 _, threshold1 = cv2.threshold(blurred1, 175, 255,
cv2.THRESH_BINARY)
104 _, threshold2 = cv2.threshold(blurred2, 175, 255,
cv2.THRESH_BINARY)
106 # 進行形態學運算，填充空洞並擴張氣泡
107 kernel =
cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE, (5,
5))
108 filled1 = cv2.morphologyEx(threshold1,
cv2.MORPH_CLOSE, kernel)
109 filled2 = cv2.morphologyEx(threshold2,
cv2.MORPH_CLOSE, kernel)
110 expanded1 = cv2.dilate(filled1, kernel,
iterations=2)
111 expanded2 = cv2.dilate(filled2, kernel,
iterations=2)
113 # 找到氣泡輪廓
114 contours1, _ = cv2.findContours(expanded1,
cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
115 contours2, _ = cv2.findContours(expanded2,
cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
117 # 將輪廓線繪製在圖像上

```

1.(5,5)這組數據是決定圖片中氣泡的參數，數值愈大，精確度較差，但雜訊噪音值較少，數字小則相反，試過數據1,3,5,7，最後決定選用參數5。
2.175 這個參數是閾值(Threshold)，是圖片光度調整，介於 135-180 之間。

```

118 cv2.drawContours(image1, contours1, -1, (0, 255,
0), 2)
119 cv2.drawContours(image2, contours2, -1, (0, 255,
0), 2)
120 # 設定顯示視窗的寬度和高度
121 window_width = 800
122 window_height = 600
124 # 計算縮放比例
125 scale = min(window_width / image1.shape[1],
window_height / image1.shape[0])
127 # 調整圖像大小
128 resized_image1 = cv2.resize(image1, None,
fx=scale, fy=scale)
129 resized_image2 = cv2.resize(image2, None,
fx=scale, fy=scale)
131 # 顯示縮小後的圖像
132 cv2.imshow("Resized Image1 with Bubble
Contours", resized_image1)
133 cv2.imshow("Resized Image2 with Bubble
Contours", resized_image2)
134 # cv2.waitKey(0)
135 # cv2.destroyAllWindows()
137 # 計算氣泡面積
138 area1 = 0
139 for contour in contours1:
140     area1 += cv2.contourArea(contour)
142 area2 = 0
143 for contour in contours2:
144     area2 += cv2.contourArea(contour)
146 # 計算面積比值
147 ratio = area2 / area1
149 # 顯示結果
150 print("第一張照片的氣泡面積:", area1)
151 print("第二張照片的氣泡面積:", area2)
153 # 輸出結果

```

Line134,135 是一個程式暫停機制，當加入#符號，可先使程式跑完，方便截圖；若取消#，則必須先觀看圖片後才能完成類沸騰比值的計算，或是中斷程式。

```

154 print("類沸騰比值：", ratio)
155 # 指定類沸騰比值 data.xlsx 的絕對路徑
156 excel_path = os.path.join('類沸騰比值 data.xlsx')
157 # 開啟類沸騰比值 data.xlsx
158 wb = openpyxl.load_workbook(excel_path)
159 # 選取工作表
160 ws = wb.active
161 # 取得最後一個欄位的位置
162 last_column = ws.max_column
163 # 計算下一個欄位的位置
164 next_column = last_column + 1
165 # 這裡類沸騰比值為計算值
166 ratio = ratio
167 # 在下一個欄位寫入類沸騰比值數值
168 ws.cell(row=1, column=next_column, value=ratio)
169 # 儲存 Excel 檔案
170 wb.save('類沸騰比值 data.xlsx')
171 # 讀取兩張圖像
172 image1 = cv2.imread("01.png")
173 image2 = cv2.imread("02.png")
174 # 確認圖像是否成功讀取
175 if image1 is None or image2 is None:
176     print("無法讀取圖像。程式結束。")
177     exit()
178 # 計算 MSE
179 mse = np.mean((np.array(image1) -
180 np.array(image2))**2)
181 print("MSE:", mse)
182 # 指定 MSEdata.xlsx 的絕對路徑
183 excel_path = os.path.join('MSEdata.xlsx')
184 # 開啟 MSEdata.xlsx
185 wb = openpyxl.load_workbook(excel_path)
186 # 選取工作表
187 ws = wb.active
188 # 取得最後一個欄位的位置
189 last_column = ws.max_column
190 # 計算下一個欄位的位置
191 next_column = last_column + 1
192 # 這裡 MSE 數值為計算值
193 mse = mse
204 # 在下一個欄位寫入 MSE 數值
205 ws.cell(row=1, column=next_column, value=mse)
206 # 儲存 Excel 檔案
207 wb.save('MSEdata.xlsx')
208 # 顯示訊息提示框
209 cv2.waitKey(0)
210 cv2.destroyAllWindows()

```

PHmeter 分析程式程式碼

將上面分析程式程式碼從 line153-212 用下面程式碼
取代即可！

```

# 輸出結果
print("類沸騰比值：", ratio)
pH = (ratio - 0.952) / 0.0978
print("計算結果：PH 值", pH)
# 顯示訊息提示框
messagebox.showinfo("結果", "PH 值: {}".format(pH))

```

【評語】 080102

研究內容有趣且貼近生活，能夠有效學習運用最新科技工具來進行研究與數據取樣分析。認真嘗試設計不同實驗過程，實驗數據取樣與觀測仔細。

實驗設計建議思考更容易觀察量化的物理量，同時注意現象過程的重要機制。

作品海報

摘要

粉末的類沸騰現象 在烹調過程中常會造成許多困擾！本研究想提醒大家在烹調過程中，投入調味料的時機是達成安全烹調的關鍵。我們使用 imageJ 對類沸騰現象進行量化數值，在 AI 浪潮下，借助 ChatGPT，我們完成了類沸騰比值的 Python 程式碼。實驗得知溶液酸鹼性及鍋具蓄熱能力都會影響類沸騰現象：發現了檸檬酸溶液 PH 值與類沸騰比值的相關性，可以提供數據資料表達溶液酸性程度；對於新型複合材料的鍋具，亦可以進行鍋具蓄熱能力的驗證。

壹、研究動機

露營的時候，煮泡麵一直是我們的最愛！煮泡麵時，倒入調味粉末包發現產生大量的泡泡，這是課本裡所提到的「水的沸騰」嗎？我們發現當水被加熱到接近沸騰時，若加入粉末或物質，會引起看起來像是劇烈沸騰的現象，我們稱之為「類沸騰」現象，它是一種物理現象，並不會造成溶液溫度上升。粉末倒入水中感覺延遲一點時間才會產生「類沸騰」現象，不過觀察煮湯的時候，加入鹽巴時，似乎不會有這樣明顯的類沸騰現象。

怎樣的溶液在接近沸騰溫度時，加入什麼粉末或物體，會讓它有冒泡的類沸騰感覺呢？我們決定對「類沸騰」現象一窺究竟！觀察時，我們認為是因為其他物質而加快了水的沸騰效果，但課本提到純水在沸點時會有大量泡泡蜂擁而出的現象，加入其他物質後應該變成混合物，照理說沸點應該上升，假設瓦斯爐每秒提供的能量是固定的，那麼沸騰現象應該會減緩，但事實上有些調味粉末卻產生相反的現象，套句柯南的口頭禪：「真相永遠只有一個」，我們決定設計一些實驗過程來找出類沸騰現象的來龍去脈。

貳、研究目的

一、探究不同粉末的類沸騰現象

- (一) 觀察粉末的類沸騰現象
- (二) 運用 imageJ 軟體量化類沸騰現象(比值)

二、Python 類沸騰比值(BLR)及 MSE 程式撰寫

- (一) 分析各時間點的類沸騰比值
- (二) 定義粉末劇烈類沸騰現象的持續時間

三、探究檸檬酸溶液中 PH 值與類沸騰比值的相關性

四、探究鍋具種類是否影響類沸騰現象

五、探究各式麵條的類沸騰現象

六、成核理論

- (一) 尋找產生類沸騰現象的最低水溫
- (二) 利用常溫氣泡水驗證成核理論

參、研究設備及器材

泡麵調理包	咖哩粉	丁香	孜然	肉桂	味王味精	芫荽	烹大師	薑黃	麵粉	糖	鹽
義大利麵條	鍋燒意麵	乾燥冬粉	泡麵	關廟麵	康寧透明玻璃鍋 (3公升)	LC 鑄鐵鍋	不鏽鋼鍋	雪平鍋	岩谷卡式瓦斯爐	數位式食品溫度計	iphone13 promax
密度： 1.32 g/cm ³	密度： 0.67 g/cm ³	密度： 1.86 g/cm ³	密度： 1.43 g/cm ³	密度： 2.0 g/cm ³	數位顯微鏡	粉末投擲器	SUNTEX TS-1PH 計	Python 3.11 & PyCharm	PotPlayer 軟體	ImageJ 分析軟體	Phyphox APP

肆、研究架構與方法

一、研究架構



二、研究方法：

實驗流程表如下，實驗中利用慢動作影片紀錄。

 STEP 01 事前預備	 STEP 02 實驗	 STEP 03 觀察	 STEP 04 紀錄
Step1	Step2	Step3	
關火瞬間的水沸騰狀態照片	置入粉末照片	根據時間軸 (1/3 秒) 擷取類沸騰現象照片	



伍、研究過程與實驗結果

一、將不同種類，相同重量的粉末置入滾水(900ml)，觀察其類沸騰的狀況。

級數	A 級	B 級	C 級
說明	泡泡很多且布滿整個鍋面，反應劇烈。	相對於純水，有較多的氣泡產生布滿約 1/2 到 2/3 的鍋面。	沒有觀察到明顯的類沸騰現象。
圖示			

圖一 粉末樣本的類沸騰現象分級表

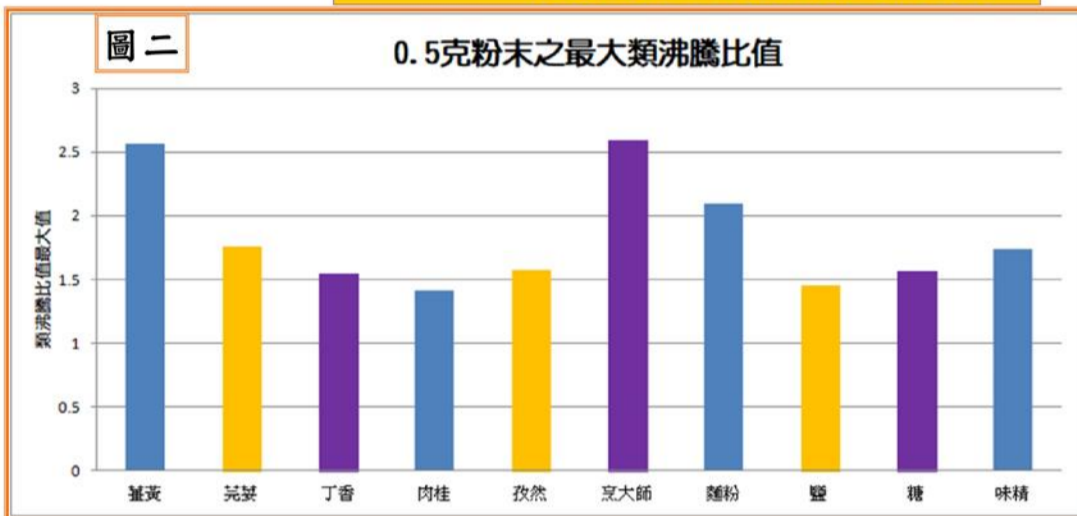
- A級: 泡麵調味包、咖啡粉、丁香、孜然、肉桂、芫荽、薑黃、烹大師
- B級: 麵粉、鹽、糖
- C級: 味精、吉利丁粉

我們從實驗觀察到有62%的粉末樣本有明顯的類沸騰現象

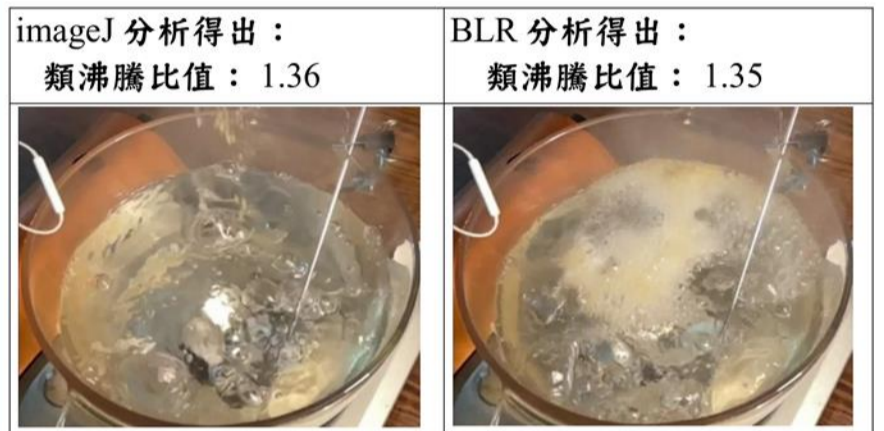
二、利用自行開發的影像分析程式 BLR 搭配 imageJ 軟體分析各粉末的類沸騰比值

定義類沸騰比值：

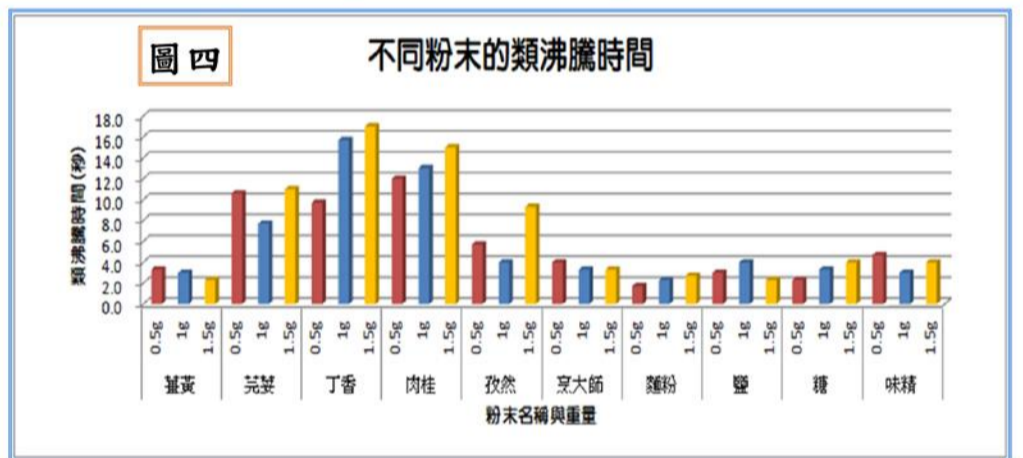
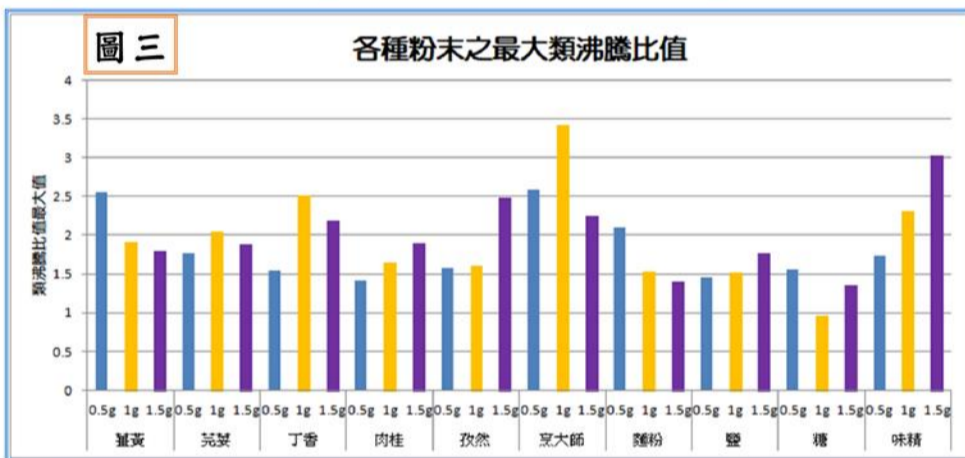
$$\text{比值} = \frac{\text{粉末類沸騰氣泡面積}}{\text{關火瞬間氣泡面積}}$$



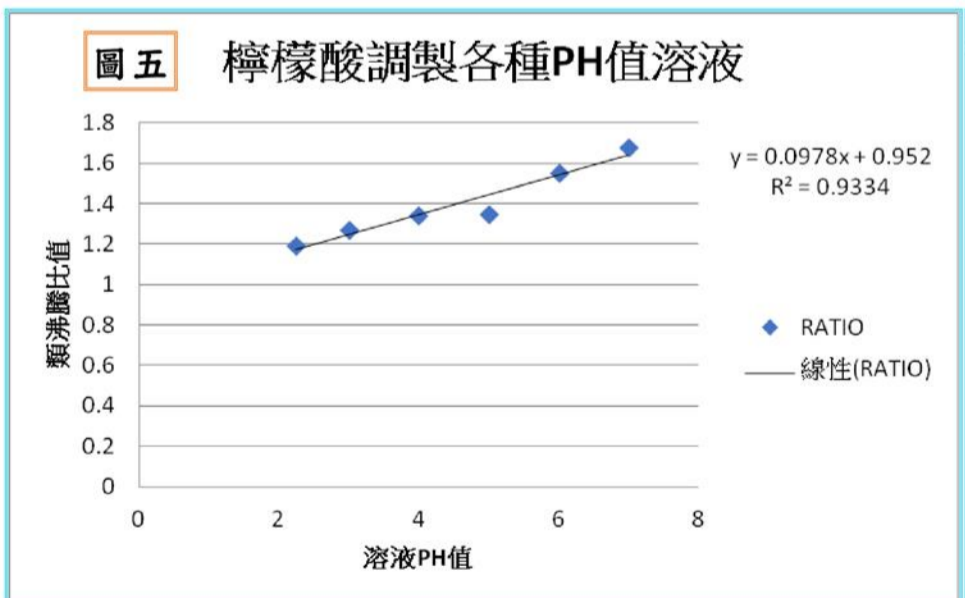
用 imageJ 軟體驗證 BLR(Boiling-Like Ratio) 的正確性



三、同種粉末不同重量，置入沸騰的滾水(900ml)中，根據時間軸觀察其類沸騰的狀況



四、檸檬酸溶液 PH 值與類沸騰比值的相關性



驗證溶液：以市售檸檬汁任意調配相同體積的溶液，理論值為以 PH 計測得的 PH 值 3.15，實驗值為類沸騰比值 1.31 計算得到 PH 值 3.47，公式與分析結果如下：

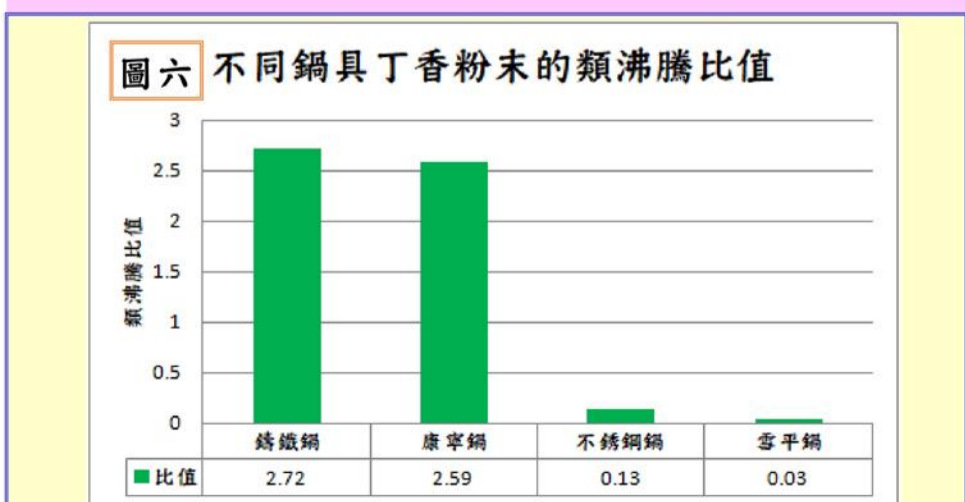
推測誤差來源：一是影像分析的誤差，二是檸檬汁含有細微顆粒，根據成核理論，應該會造成更激烈的類沸騰現象。

$$\text{類沸騰比值} = 0.0978 \times (\text{溶液PH值}) + 0.952$$

$$1.29 = 0.0978 \times (\text{PH}) + 0.952 \Rightarrow \text{PH} = 3.47$$

$$\text{誤差}\% = \frac{3.47 - 3.15}{3.15} \times 100\% = 10.2\%$$

五、將丁香置入不同的鍋具的類沸騰狀況

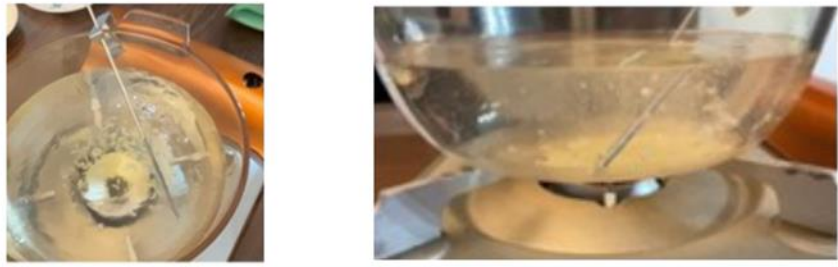


六、置入不同物質(麵條)，觀察類沸騰狀況



類沸騰現象：義大利麵 > 關廟麵 > 冬粉 > 泡麵 > 鍋燒意麵

七、尋找產生類沸騰現象的最低溫度



結論：經過多次降溫實驗發現，水溫在 97.9 度 C 以上且水中存在許多小氣泡時，才有機會產生類沸騰現象。

八、利用常溫氣泡水驗證成核理論



結論：類沸騰在常溫也會有此現象，先決條件是液體中有氣泡存在。

陸、討論

一、粉末進入鍋中的方式是否影響類沸騰現象？

粉末離散程度是影響類沸騰現象的一大要素，推論粉末樣本下水瞬間與熱水接觸面積愈大，愈容易造成類沸騰現象，但本研究利用粉末投擲器，所以粉末下水的接觸面積視為控制變因。

二、為何在溫度計指示溫度為 100°C 時關火？

因為本研究為長時間的研究過程，每次進行實驗的天氣溫度不盡相同，為了控制變因，我們使用溫度計的相同標示溫度，作為關火的時機。

三、溶液酸鹼性對類沸騰現象的影響？

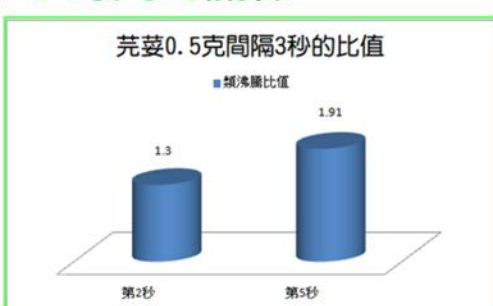
酸鹼性溶液都會些許抑制類沸騰現象，推測是水中離子會影響氣泡的路徑，使得「核」所聚集的氣泡無法快速冒出水面。



圖左：酸性溶液
氣泡面積占比
49.8%。
圖右：中性溶液
氣泡面積占比
64.5%。

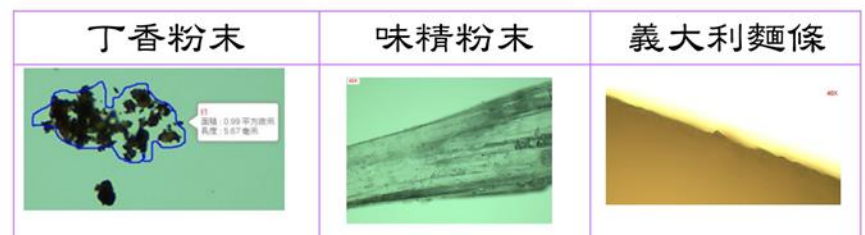
四、類沸騰現象與粉末下水時間的關係？

時間拉長類沸騰現象減緩，芫荽卻有不同趨勢，它下水後 5 秒較 2 秒的類沸騰現象來得更強烈，推測應該跟它的密度較輕，時間影響水流將粉末推送至整個鍋面範圍有關。



五、粉末顆粒大小或是溶解度對類沸騰現象的影響？

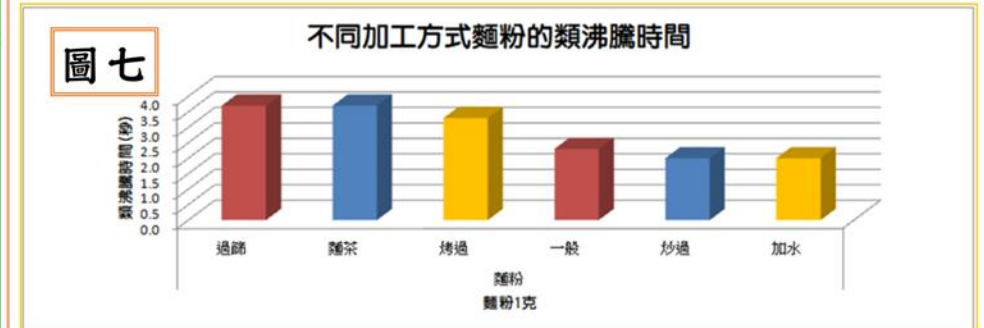
粉末屬天然食材進行碾碎的成品，顆粒大小不一，因此無法從顆粒大小或外觀來推論是否影響類沸騰現象，但可以確定的是，若像鹽巴或味精這些可快速溶解的粉末，基於成核理論，幾乎都無法造成持久的類沸騰現象。



六、成核理論可以解釋類沸騰現象？

麵粉系列實驗驗證成核理論：

- (1) 麵粉的糊化作用使得麵粉可擔任核的總數變少，因此類沸騰時間不長。
- (2) 過篩或是烘烤過的麵粉不會因為糊化作用減少核的總數，因此類沸騰時間較長，跟煮麵條的效果相類似。
- (3) 炒過的麵粉推測是有油包覆所以類沸騰比值不大，但是市售的麵茶比值卻跟過篩相似。



柒、結論

- 一、粉末必須可沉於水中，且只有微溶於水，密度略大於水則類沸騰現象明顯。
- 二、粉末劇烈類沸騰的定義：將類沸騰比值的數據標準化，取標準化數值大於零且持續時間 5 秒以上的條件，稱為劇烈類沸騰現象。
- 三、實驗發現肉桂、丁香與薑黃三種粉末的類沸騰狀況最為顯著，如果在沸水中加入混和調味包時，能預先知道調味包內粉末成分，就可以避免因類沸騰狀況而導致危險發生。
- 四、(1) 義大利麵條的類沸騰現象最為明顯，推測是麵條表面有小麥粉，加上形狀為直條狀。
(2) 麵條經過油炸或是烘烤，都會使類沸騰現象較差了些。
(3) 麵粉經炒、烤加工過，或是過篩，類沸騰效果反而變好。
- 五、鍋具的蓄熱效果也會影響類沸騰現象，蓄熱效果越好，類沸騰現象越明顯。
- 六、以 Python 開發程式是一項全新的挑戰，MSE 分析可以呈現 2 張圖片的差異性，基於有趣，我們加上簡易版的人臉辨識開發出「耐笑能力指標」程式。
- 七、若想避免粉末造成類沸騰現象而引發廚房災難，建議在烹調過程中先關火後再加調味料；對於蓄熱性良好的鍋具，則是建議在一開始就先放調味料。

捌、參考資料

1. 陳進成. (2004). 談日常生活中的成核理論. 科學發展, 377 期.
2. 李本澄. 汽水中的氣泡. 香港天文台. <https://www.hko.gov.hk/tc/education/earth-science/physics-in-daily-life/00395-bubbles-in-a-soft-drink-part-i.html>
3. 第 12 章 相變與成核. 大自然的規律. <https://www.http://www.che.ncku.edu.tw/FacultyWeb/MaaJR/Nature/ch12.htm>
4. 市售湯鍋 (鑄鐵鍋、不鏽鋼鍋、陶鍋、砂鍋) 材質評比. 宅品味. <https://today.line.me/tw/v2/article/GgRyz7R>