

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：豆豆先生，你怎麼熟？不同材質的碗對綠豆熟度的影響以及綠豆熟度的數據化與定義

一、摘要

本實驗研究煮綠豆時，放入瓷碗、玻璃碗、不鏽鋼碗，碗會影響綠豆煮熟的時間以及熟度。以電磁爐 120 度的火力把不鏽鋼鍋內加入 1:18 的綠豆及水，煮滾後，蓋鍋蓋悶 25 分鐘，用熱電偶來監測鍋內溫度及核心溫度。核心溫度:以煮熟的湯圓(約 4 克)來模擬綠豆裡面的溫度。而綠豆的熟度我們則以壓力計來測量，目的為將熟度數據化，探討一個簡單的「煮綠豆湯」其中的原理以及加入何種材質的碗會影響綠豆熟度。實驗顯示：

不鏽鋼碗、玻璃碗、瓷碗都有加速導熱的效果，尤其是不鏽鋼碗，可以有效使煮綠豆的效率提高，且在煮綠豆的所有過程之中，又以蓋鍋悶煮時的綠豆的核心溫度及硬度與綠豆的熟度最為相關。

二、探究題目與動機

(一)前言

人類不斷的開發，地球的資源也漸漸減少，但夏日炎炎，總想來上一碗冰涼消暑的綠豆湯，不過想想為了那一碗綠豆湯，必須得在廚房待上一大下午，不僅浪費能源還不一定能煮得比壓力鍋煮的好吃，又怯步了。那到底該怎麼做才能省下購買壓力鍋的錢又可以煮出一過好喝、綿密的綠豆湯呢？

(二)關於.....

1.放碗這件事

我們查閱網路資料，發現一般家庭主婦都會放瓷碗在裡面，但為甚麼要用瓷碗呢?如果是為了要導熱，不鏽鋼碗的效果不是比較好嗎?抱著這樣的好奇心我們展開了一系列的研究。

2.課程的關聯

國二第五單元熱，我們在 5-4 學到了熱的傳導(高溫物體與低溫物體接觸時，熱直接由高溫物體傳播給低溫物體，這種情況稱為「熱傳導」)，於是我們就想知道究竟熱能是否會經過碗讓綠豆加快的程度呢? 而其中的原理，是否跟我們所學的「比熱」有相關聯呢?

三、探究目的與假設

(一)鍋裡碗的材質何種較容易使綠豆快熟→設立操作變因的三種材質

表一

操作變因	控制變因	應變變因
碗的材質: 不鏽鋼碗、 瓷碗(有上釉)、 玻璃碗	鍋中碗的表面積、水量、綠豆質量、提供的熱量、同樣的外鍋、空氣溫度、湯圓的質量、熱電偶線頭量測放置的位置、蓋鍋悶相同的時間	綠豆硬度、 核心溫度變化 比

(二)綠豆熟度的定義：主觀 → 數據化

(三)假設

- 1.使綠豆快熟的主要原理為蓄熱(比熱)，意即會最大程度的影響水滾前以及蓋上鍋蓋悶煮時的溫度變化
- 2.在三個變因:不鏽鋼碗、瓷碗、玻璃碗中，以不鏽鋼碗的裝置會使綠豆熟的最快。

四、探究方法與驗證步驟

實驗器材:

表二

湯圓	黏土 (固定)	量杯 (180ml)	盤子 (鍋蓋用途)	勺子 (舀取樣本)	磅秤	大鐵鍋	電磁爐
							
熱電偶	綠豆	玻璃碗	瓷碗	不鏽鋼碗	壓力計	蒸餾水	篩網
							

(一)煮綠豆：

1.空白實驗 (裝置如圖二)



圖一



圖二



圖三

2.放碗實驗 (裝置如圖五、六、七)



圖四



圖五



圖六



圖七



圖八



圖九



圖十

3.測量硬度：



圖十一

(二) 設計困難：

表二

	優點	缺點
電鍋	溫度固定，較不會受外在溫度干擾(有蓋鍋蓋)。	(1)需要打開鍋蓋測量溫度，此時易有誤差值，而溫度流失時的下降幅度不容易測量及計算。 (2)電鍋是使用外鍋加水的水量決定起鍋的時間點，而我們若需要知道綠豆熟的時間點，需要做更多空白實驗以得到可以讓綠豆熟的水量(因為煮的過程不能中途加水，且綠豆需要花一段時間才能煮軟，所以水量很難微調)。
電磁爐	(1)可以在實驗過程中自由做調整、測量及觀察。 (2)可控制煮的時間，如在水溫達到 100°C 時將電源關掉。	較電鍋容易受到外在的溫度影響，須考慮到外在的氣溫等因素。
手持式溫度計	價格低，且容易取得	(1)在使用電鍋的前提下沒辦法同時量測溫度 (2)測量出來的數據無法即時記錄，需要透過多次人工紀錄，再轉為圖表數據，因而導致有些細微變化無法精準的掌握到。
熱電偶	(1)可以感熱的線頭因線較細長，可以放進鍋中測量任何地方溫度，且在蓋鍋蓋時也可以同步測量 (2)連接電腦可以即時記錄溫度 (3)能測量相當微小的溫度變化，且可增加測量溫度的範圍(核心溫度)	價格昂貴且不易取得

五、結論與生活應用

(一)測量不同材質碗與溫度上升的關係

1.量測硬度及核心溫度作為綠豆熟的依據。

另外，因為綠豆體積太小，無法精準地使用熱電偶量測內部溫度，因此改用湯圓代替，並計算溫度變化比。

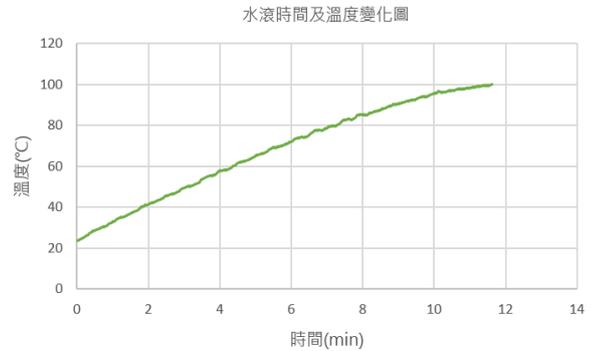
2.計算每分鐘水供給的熱量

鍋中水量:180(ml)×6=1080(ml)

(1)選擇電磁爐上顯示 120°的按鈕對其進行加熱，同時使用熱電偶量測溫度，溫度變化曲線至水滾時的紀錄如圖十二、表四:

3.探討:

由圖十二可知，從第 0 分鐘至 6 分鐘的溫度曲線成正比狀態，而大約於 6 分鐘之後的溫度曲線趨於平緩，由此可推測在加熱的過程中陸續蒸發的水蒸氣慢慢地散失熱量，導致後續增加的溫度下降了一些。因此於 6 分鐘之後的數據視為誤差值，而前 2-6 分鐘的溫度曲線可證實電磁爐是為穩定的熱源。



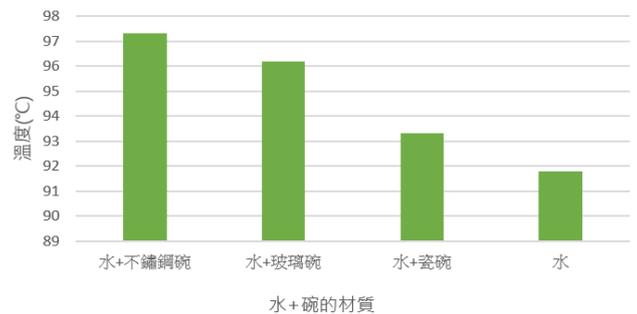
圖十二

表四

時間	水溫	時間	水溫	時間	水溫
0	23.4	4.028	58	8.055	85.2
0.806	30.7	4.833	63.5	8.861	90.3
1.611	37.7	5.638	69.6	9.667	94.1
2.014	41.7	6.04	72.4	10.07	96.1
2.82	47.6	6.846	77.8	10.877	98.2
3.625	54.5	7.652	83		

首先我們想先探討核心溫度以及硬度之間是否有正相關，我們先以圖十三、表五以及圖十四、表六做比較，可得在不同材質的碗上依序排列的順序大致相同，但是以硬度而言，不放任何碗而只有水的對照組，煮出來的綠豆明顯比其他的綠豆硬度大，我們可推知熟的程度應為最小，又以圖十三、表五與圖十五、表七做比較，前者代表當水沸騰時，其核心溫度的排行，而其中又以不鏽鋼碗的溫度為最高，而實驗組中以瓷碗為最低，對照組的溫度又低於瓷碗的裝置；而後者代表蓋鍋悶煮時裝置蓄熱的能力，其中以不鏽鋼碗的裝置總下降的溫度最少，瓷碗是為實驗組中溫度下降最多的，而對照組的溫度更比瓷碗低。我們將這個結果與圖十四、表六做比較，可得兩者其中的關聯為：當核心溫度最高時，相對的綠豆硬度最小；當核心溫度最低時，其硬度最大。而在蓋鍋悶煮時，核心溫度所呈現出來的順序相較煮至水滾時的數據更貼近最終結果。因此我們可推出以下結論：核心溫度可以決定綠豆的熟度變化。

水滾最高核心溫度比較圖



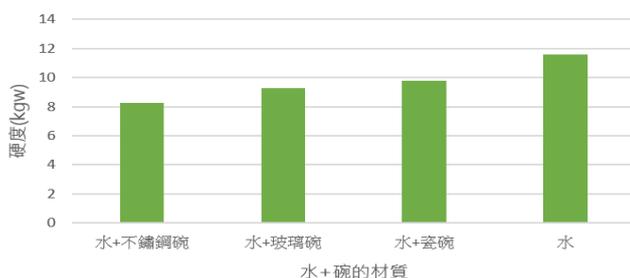
圖十三

表五

	水滾最高核心溫度比較圖
水+不鏽鋼碗	97.3
水+玻璃碗	96.2
水+瓷碗	93.3
水	91.8

以圖十三、表五的實驗結果可得知：相較於實驗組，對照組實驗的加熱過程中，散失到空氣及鍋子的熱量誤差不計，電磁爐供給的熱量僅分布於 1080 毫升的水以及另外加上 190 毫升的水當中，這邊說明多加上 190 毫升的水是為了與實驗組裝置的總質量相同。而在實驗組的加熱過程中，同樣的水量不變，我們推論若是熱量被鍋內的碗所吸收，使水沸騰及影響核心溫度變化的熱量

使用不同材質煮出來的綠豆硬度比較圖



圖十四

表六

	不同材質的碗煮出來綠豆硬度比較圖
水+不鏽鋼碗	8.25
水+玻璃碗	9.3
水+瓷碗	9.8
水	11.6

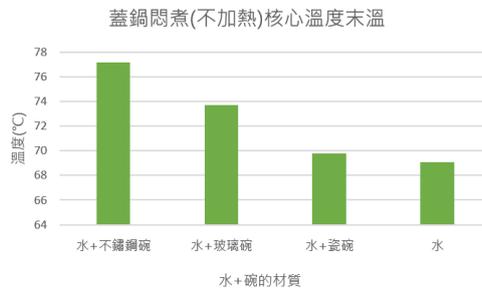
也隨之減少，則依照這個理論如表八所示，利用鍋中的碗及水的溫度會互相影響的理論，比熱最高的瓷碗溫度難升難降，應該需要最久的時間使水溫上升至沸騰，然而，瓷碗卻是最快到達沸騰水溫 100°C 的，反而比熱最小的不鏽鋼碗所在的裝置水溫最難沸騰，因此我們可推論其水滾前的溫度變化主要影響的原理非比熱，因此我們開始考慮其他因素。

表八

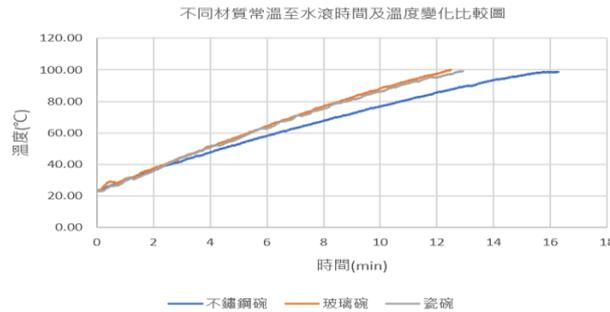
	不鏽鋼	玻璃	瓷(上釉)
比熱	0.46	0.71	0.8
導熱係數	12	1.35	0.15

我們再上網查了三種材質的碗的及導熱係數，如表八。我們從圖十六、表九中我們可以知道，當我們供給一定的熱量時，水滾的時間依序以玻璃碗及瓷碗幾乎並列，差距大約於 24 秒上下，而不鏽鋼碗則須再 3 分鐘多才能使水煮滾。我們以這個比例與表九的數據進行比較，我們發現三個操作變因所差的時間比與三者導熱係數相差的比吻合，由此可以推斷與材質導熱，也就是導熱係數最為相關。

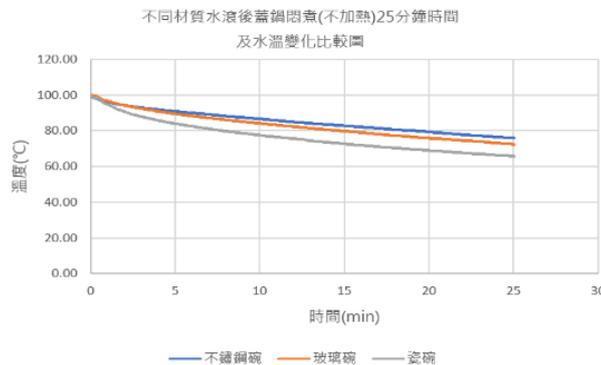
我們再以相同的視角觀察在蓋鍋悶煮時的溫度變化，圖十七、表十的溫度相差值也與三者比熱的相差值大致相等，因此可以推斷在蓋鍋悶煮時影響的因素與蓄熱有關，也



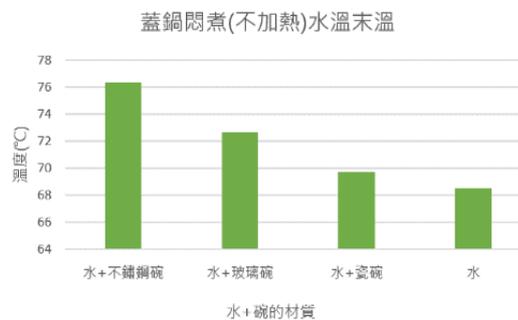
圖十五



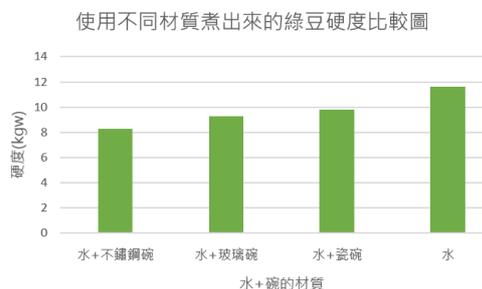
圖十六



圖十七



圖十八



圖十九

表七

	蓋鍋悶煮(不加熱)核心溫度未溫
水+不鏽鋼碗	77.2
水+玻璃碗	73.73
水+瓷碗	69.8
水	69.1

表九

時間	不鏽鋼碗	玻璃碗	瓷碗
0.064	23.43	23.47	23.17
1.675	34.20	35.57	33.43
3.285	43.83	46.17	46.63
4.896	52.37	57.00	55.80
6.508	60.73	67.57	67.50
8.12	68.37	77.57	76.03
9.729	75.93	86.67	85.07
11.339	82.73	94.77	93.07
12.951	89.43		
14.561	95.27		
16.177	98.87		

表十

時間	不鏽鋼碗	玻璃碗	瓷碗
0.06	98.83	99.97	99.23
3.29	92.77	92.13	87.43
6.51	89.77	87.77	81.90
9.73	87.03	84.53	78.00
12.95	84.43	81.70	74.67
16.18	82.20	79.03	71.90
19.42	79.97	76.43	69.53
22.64	77.57	74.33	67.40

表十一

	蓋鍋悶煮(不加熱)水溫未溫
水+不鏽鋼碗	76.3
水+玻璃碗	72.63
水+瓷碗	69.7
水	68.5

在水煮滾時的溫度變化，

表十二

	不同材質的碗煮出來綠豆硬度比較圖
水+不鏽鋼碗	8.25
水+玻璃碗	9.3
水+瓷碗	9.8
水	11.6

就是比熱。我們以比熱的理論試著解釋圖十七、表十，我們推論出因為比熱大的物體需要吸收較多熱量才能上升及維持自身溫度，因此當我們停止供給熱量時，基於熱平衡的原理，比熱大的瓷碗需向水「搶」來更多熱量以保持與周圍的溫度一致，因此水溫反而下降的較多，如圖十八、表十一，也連帶影響了與熟度相關的核心溫度變化，如圖十九、表十二。

我們想到的另外一個可以解釋蓋鍋悶煮的排名的假說是，利用圖十六、表八與圖十七、表十做比較，我們可以看到一個特點，拿不鏽鋼碗裝置與瓷碗裝置舉例，不鏽鋼碗所在的裝置需要最久的時間才能沸騰，然而，每分鐘提供的熱量是固定的，這也代表不鏽鋼碗的裝置提供了最多的熱量儲存於其中，因此間接的影響在蓋鍋悶煮時的溫度下降幅度，可以證明煮綠豆的兩個步驟具有相關性。

(二)利用上述推論，我們可以做一個總結：

- 1 熟度在科學上的定義應是硬度，而核心溫度是會影響其結果的因素之一
- 2 若是在煮湯時在鍋中加入一個瓷碗、玻璃碗抑或是一個不鏽鋼碗，都可以使食物熟得更快，而其中又以不鏽鋼碗的效果最好
- 3 使水沸騰前影響溫度變化的主要因為導熱(導熱係數)；蓋鍋悶煮時影響溫度變化的主要原因因為蓄熱(比熱)
- 4 煮綠豆時的兩個步驟具有關聯性，雖然其原理不同，第一個步驟的結果會影響第二步驟的過程

圖二十

參考資料

1. <https://www.youtube.com/watch?v=08kXhUAsmtc> 放陶瓷碗煮綠豆湯 內行人:這才是高手(台視直播)
2. [http://www.atlantis.tw/upload_file/img_fckeditor/file/%E8%AA%AA%E6%98%8E%E6%9B%B8/%E7%86%B1%E9%9B%BB%E5%81%B6/%E7%86%B1%E9%9B%BB%E5%81%B6%EF%BC%8F%E7%86%B1%E9%9B%BB%E9%98%BB%E8%AA%AA%E6%98%8E%E6%9B%B8%20\(TC%EF%BC%8FRTD\)%E4%B8%AD%E6%96%87%E7%89%88.pdf](http://www.atlantis.tw/upload_file/img_fckeditor/file/%E8%AA%AA%E6%98%8E%E6%9B%B8/%E7%86%B1%E9%9B%BB%E5%81%B6/%E7%86%B1%E9%9B%BB%E5%81%B6%EF%BC%8F%E7%86%B1%E9%9B%BB%E9%98%BB%E8%AA%AA%E6%98%8E%E6%9B%B8%20(TC%EF%BC%8FRTD)%E4%B8%AD%E6%96%87%E7%89%88.pdf) 熱電偶使用方法
3. <https://news.cts.com.tw/cts/life/200908/200908040297395.html> 煮出好吃綠豆湯 國中生科展季軍
4. [主要材料的比重，比熱，導熱係數 | HEAT-TECH](#) 報告中比熱及導熱係數來源