

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學(二) (含生物科技/食品科學)

組 別：國小組

作品名稱：綠鍋實驗室

關 鍵 詞：電力排碳係數基準、熱傳播、碳排放量 (最多3個)

編號：A7026

摘要

隨著全球氣候變遷升級與淨零排放願景之推動，家庭生活中的能源消費結構轉型已成為環境保護核心議題。本研究旨在圍繞專題實驗，深入評估日常生活中最常見的四種鍋具：壓力鍋、燜燒鍋、陶鍋及一般不銹鋼鍋(單層)等在烹飪過程中的節能減排成效。結合校本課程食、衣、住、行四個向度中，如何落實『食』在生活中，運用何種烹調工具，能夠讓能源做最有效率的運用，因此，我們設計「綠鍋實驗室」之教學活動，選擇需要長時間燉煮的紅豆進行實驗。於 2000 毫升水中加入 200 公克的紅豆，透過不同鍋具進行烹飪，待紅豆熟成後進行分析研究發現，壓力鍋在這四種鍋具中，是最節能的代表，其次是悶燒鍋。而不鏽鋼鍋在『餘熱悶煮模式中』比陶鍋稍微節能，但是，在『持續加熱模式中』陶鍋則稍微比不鏽鋼鍋節能，差異不大，但是，在使用陶鍋烹煮時，紅豆的香氣較濃，是其他鍋具所沒有的，因此，在探討節能的同時，我們又發現了不同的鍋具，其實也能有其獨特的風味。

壹、前言

一、研究動機：

本研究動機源自於校本課程中實踐素養導向「碳索好食」之課程，學生透過「飲食碳足跡」概念明白，食物對環境的影響不僅止於食物生產與運輸，烹調階段的能源消耗更是不可忽視的一環，在規劃園遊會的菜單時，我們發現「低碳飲食」除了強調食材在地與當季原則之外，但在面對需要長時間燉煮的食材（如紅豆湯）時，往往對於不同鍋具可能產生的能源消耗損耗與碳排放差異。因此我們搜集了坊間不同鍋具，他們所強調的特殊材質與效能，在國內小自然科學課程中，「熱與物質」的探討熱的傳導、對流與輻射中，這些鍋具具有哪些優勢。

另外，行政院核定之「第二期溫室氣體階段控制目標」已將 2025 年（114 年度）電力排碳係數基準修正為 0.424 kgCO₂e/度，在電網逐年綠化的過程中，我們更應從「需求端高效管理」出發，探討如何廣泛選擇能廚具來實現減碳生活。因此，本研究希望透過紅豆烹煮過程

的電力實測，驗證何種鍋具在實際生活中能有如何的減碳成效，為校園的低碳園遊提供具有說服力的科學數據。

二、研究目的：

本研究依據科學探究之邏輯，設定以下七項核心目的：

- (一) 目的一：了解每一種鍋具在設計上使用了什麼原理，並且知道使用什麼方式加熱。
- (二) 目的二：四種不同鍋具在熱傳導效能的比較。
- (三) 目的三：四種不同鍋具在保溫效果上的比較。
- (四) 目的四：在標準化烹調條件下，四種鍋具的排碳量之比較。

三、文獻回顧：

這學期學校舉辦園遊會，我們實踐素養導向「碳索好食」之課程，選擇在地食材『紅豆』來烹煮紅豆湯，平時家人烹煮紅湯，都必須在瓦斯爐火剩烹煮很久，因此我們開始搜集資料，在尋找了相關影片、goole、學術文章、網路文章等相關主題研究，將各研究相關整理如下：

表一：相關研究表格整理

鍋具 種類	相關研究	主要內容	適合加熱方式
壓力 鍋	Youtube 影片 【生活裡的科學】 20150205 - 越壓越熱的壓力鍋	壓力鍋的奧秘在於其「完全密合」的鍋蓋構造。當鍋具在爐火上加熱時，內部的水變成水蒸氣卻無法散逸到空氣中，只能在鍋內不斷對流並累積。這會使鍋內的壓力變大，進而將水的沸點從原本的 100 度，大幅提升至 110 - 120 °C 左右。利用	瓦斯爐、 電磁爐、電陶 爐

		這種高壓帶動高溫的環境，就能迅速將食物燉煮軟爛，大幅節省時間。	
悶燒鍋	Youtube 影片 強瘋來習-物理化學 05-悶燒鍋	悶燒鍋的設計原理就是將食物加熱後，利用鎖住的餘溫將食物悶熟，	瓦斯爐、電磁爐、電陶爐
陶鍋	網路部落格： 【STUDIO M'豆知識】	陶土材質能夠穩定地吸收熱量並緩慢釋放，使食材能均勻受熱，避免因溫差過大而影響口感。此外，土鍋在離開火源後依然能保持熱度，讓料理持續加熱至完美熟度，非常適合燉、煮、熬、煲等多種料理方式	瓦斯爐、電陶爐
不鏽鋼鍋	瑞康屋 https://www.rakenhouse.com/news/detail/80/	均勻聚熱：具備耐高溫、聚熱慢、散熱也慢的特性，保溫效果佳，非常適合用來燉煮食物。(指複合金不鏽鋼鍋)	瓦斯爐、電磁爐、電陶爐

由上表得知，在煮紅豆湯時，各種鍋具在使用上，其目的與效用各有不同。

（一）壓力鍋之高壓原理

壓力鍋是利用「熱力學」原理，在密閉的鍋內水蒸氣氣壓增加，使水的沸點提升至 110 - 120 °C 在高壓與高溫雙重作用下，食物細胞受到擠壓破裂並由熱水快速填充，使溫度與質地快速統一此環境加速了澱粉糊化，能顯著縮短整個烹調時間，使食物更加軟爛入味。鍋身為光滑的金屬鏡面設計，能將輻射熱反射，減少輻射的能量散失。

（二）燜燒鍋之真空斷熱機制

悶燒鍋的設計原理就是將食物加熱後，利用鎖住的餘溫將食物悶熟，它分為可直接加熱的不銹鋼內鍋，以及具有保溫功能的外鍋。其保溫原理，來自阻絕熱能排放的三大科學設計：

- 1.減少熱對外傳導：外鍋蓋防燙能減少熱傳導，還能促進內部熱對流，以維持鍋內均溫。
- 2.真空夾層阻絕：外鍋設有真空夾層，可徹底阻斷熱傳導與熱對流，防止熱能散失至外部空氣或桌面。
- 3.熱鏡面反射防熱輻射：內鍋採用光滑的金屬鏡面設計，能將輻射熱反射，也能減少輻射的能量散失。

（三）陶鍋蓄熱能力強

陶鍋通常較厚、材質密度高，蓄熱能力強。當鍋子被加熱後，可以把熱儲存起來，關火後仍能維持較高溫度，有助於紅豆繼續燜熟。而且陶鍋受熱後會慢慢把熱傳到整個鍋體，使紅豆均勻受熱均勻，不容易局部燒焦鍋。因陶鍋鍋壁較厚，因此具有良好的保溫效果。可是升溫速度較慢，前段加熱所需能量可能較多，若從節能角度看，似乎比較不利。

（四）不鏽鋼鍋導熱快

不鏽鋼鍋因為導熱速度快，能迅速將水加熱至沸騰，但同時散熱也較快，因此若需長時間燉煮紅豆，可能需要持續加熱，增加耗電量與碳排放。鍋身為光滑的金屬鏡面設計，能將輻射熱反射，減少輻射的能量散失。

（五）綜上所述：如果要讓紅豆容易煮熟，鍋具本身需要具備以下幾個條件

- 1.導熱效率好：鍋子要能把電磁爐的熱快速傳到水中。導熱快就能縮短加熱時間減少耗電，而金屬鍋具導熱較快。
- 2.保溫效果好：紅豆需要長時間高溫燉煮才能變軟，關火後溫度下降慢不必一直加熱，可節省能源。
- 3.能提高溫度上限（提高沸點）：能提高沸點，讓紅豆能加速糊化，也可節能。
- 4.良好熱對流：不只底部熱，如果讓水能產生良好對流，讓熱源均勻擴散，也能避免局部過熱或焦底。

因此我們將這色種鍋具的特色整理成表格，比較這四種鍋具在熱傳播的效能上有何差異，以及適用加熱的工具：

表二、四種鍋具熱傳播效能比較表

熱傳播效能	傳導速度快	良好對流	能提升沸點	保溫效果好
壓力鍋	V		V	V
悶燒鍋	V			V
陶鍋		V		V
不鏽鋼鍋(單層)	V			

從上表中我們想要比較四種鍋具的傳導速度與保溫效果的效能，是否為資料上所述而具有這些效能，是否就能達成節能的目的，因此我們開進行實驗，來深入探討。

表三、四種鍋適用加熱工具比較表

加熱工具	電磁爐	電陶爐	瓦斯爐
壓力鍋	V	V	V
悶燒鍋	V	V	V
陶鍋		V	V
不鏽鋼鍋(單層)	V	V	V

從上表可以發現電陶爐與瓦斯爐適用所有的鍋具，但是為了準確計算碳排放量，我們選擇電陶爐，使用電陶爐時，插頭插上功率計，便可以測量出用了多少度的電，更進一步地計算出碳排放量。

貳、研究設備及器材

一、藥品：200 公克紅豆、2000 毫升逆滲透水飲用水

二、設備：壓力鍋、悶燒鍋、陶鍋、不鏽鋼鍋、功率計、電子秤、溫度計、熱電偶溫度計、電陶爐等

表三、實驗使用設備藥品列表

				
紅豆	壓力鍋	悶燒鍋	陶鍋	不鏽鋼鍋
型號： 萬丹紅豆	型號：BOSO 容量：4.7L	型號： 鵝頭牌	型號：無 容量：4L	型號：無 容量：4.5 L
				
功率計	電子秤	熱電偶溫度計	電陶爐	
型號： MAX 10A	型號： PT-2510K	型號： TM-902C	型號：大同	

參、研究過程或方法

一、研究架構：



二、研究目的與方法：

（一）目的一：了解每一種鍋具在設計上使用了什麼原理，並且知道使用什麼方式加熱。根據文獻資料，這四種鍋具在熱傳播的效能具有不同的特性，針對這些特性，我們選擇出可以探討的部份，有熱傳導的比較，還有保溫效果的比較，另外，加熱的工具具有必需插電，才能夠利用功率計準確測量出用電度數，並計算出碳排放量。

（二）目的二：四種不同鍋具在熱傳導效能的比較。

【研究構想】

這四種鍋具的熱傳導比較，我們想要讓這四種鍋具加熱到 100°C 時，所使用的用電度數，但因為陶鍋一直無法加熱到 100°C 熱到 97°C ，因此，我們決定只加熱到 97°C ，來進行比較。

【實驗步驟】

操縱變因	壓力鍋、悶燒鍋、陶鍋、不鏽鋼鍋
控制變因	2000 毫升逆滲透水飲用水、起始水溫 20℃，每一個鍋子加熱時，確定電陶爐已經冷卻。

（三）目的三：四種不同鍋具在保溫效果上的比較。

【研究構想】

當鍋具內的水達 97℃，電陶爐馬上斷熱，每 10 分鐘紀錄一次水溫，來比較保溫效果的不同。

【實驗步驟】

操縱變因	壓力鍋、悶燒鍋、陶鍋、不鏽鋼鍋
控制變因	2000 毫升逆滲透水飲用水、起始水溫 97℃，每 10 分鐘測量一次溫度。

（四）目的四：在標準烹調條件下，四種鍋具的排碳量之比較。

【研究構想】

想知道這四種鍋具在持續加熱的狀況下，要加熱到紅豆軟爛需要用掉多少電力，因此我們預計當鍋中的水達 97℃ 時，每加熱 0.05 度的電就品嚐一次，直到紅豆軟爛為止，但因為壓力鍋如果時常打開鍋蓋，便失去壓力鍋的特性，而悶燒鍋也是，因此壓力鍋和悶燒鍋不適合進行此加熱模式，我們稱之為『持續加熱模式』

【實驗步驟】

操縱變因	陶鍋、不鏽鋼鍋
控制變因	2000 毫升逆滲透水飲用水、200 公克紅豆、起始水溫 20℃，每加熱 0.05 度電時品嚐一次。

【研究構想】

另一個模式是『餘熱悶煮模式』，因為陶鍋最高溫加熱到 97 度，總共用了 0.45 度的電，我們便以這個能耗為基礎，加熱完後悶煮 30 分鐘，嚐看看是否軟爛，如果沒有，以後每加熱 0.05 度電，就悶 30 分鐘後，再品嚐一次，直到紅豆軟爛為止。

【實驗步驟】

操縱變因	壓力鍋、悶燒鍋、陶鍋、不鏽鋼鍋
控制變因	2000 毫升逆滲透水飲用水、200 公克紅豆、起始水溫 20°C，第一次加熱使用 0.45 度的電就悶 30 分鐘。每加熱 0.05 度電時，再悶 30 分鐘，再品嚐一次。最後紀錄總用電度數。

肆、研究結果

一、目的二：四種不同鍋具在熱傳導效能的比較。

表四、四種鍋具加熱至 97°C 所使用電力與碳排放量一覽表

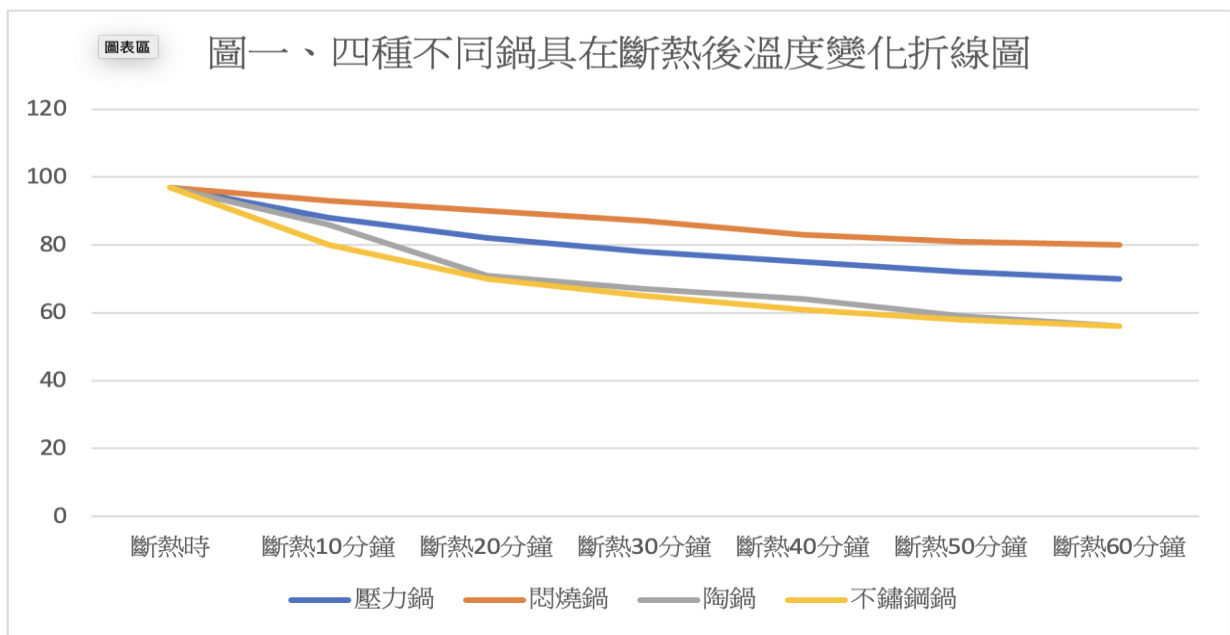
鍋具種類	加熱時間	總用電量 (kWh)	碳排放量 (kgCO ₂ e)	熱傳導效能排名
壓力鍋	22 分	0.31	0.131	3
悶燒鍋	15 分	0.23	0.098	1
陶鍋	40 分	0.45	0.191	4
不鏽鋼鍋(單層)	20 分	0.3	0.127	2

根據實驗目的二，將四種鍋具內 2000 毫升的水加熱至 97°C，記錄所需時間與用電量。實測結果顯示，悶燒鍋的內鍋熱傳導效率最優，僅需 15 分鐘且耗電量最低，其次是不鏽鋼鍋和壓力鍋，陶鍋的傳導效能最低，而非金屬不易導熱，所以我們的實驗結果與文獻資料是吻合的。

二、目的三：四種不同鍋具在保溫效果上的比較。

表五、四種不同鍋具在斷熱後的溫度變化

鍋具種類	測量時間 溫度 °C	斷熱 時	斷熱 10 分鐘 後	斷熱 20 分鐘 後	斷熱 30 分鐘 後	斷熱 40 分鐘 後	斷熱 50 分鐘 後	斷熱 60 分鐘 後	保溫 效能 排名
壓力鍋		97	89	85	80	75	67	64	2
悶燒鍋		97	92	88	86	84	83	81	1
陶鍋		97	86	71	67	64	59	56	3
不鏽鋼鍋(單層)		97	80	70	65	61	58	56	3



在斷熱後的溫度變化測試中，悶燒鍋展現了最強的保溫續航力。在斷熱 60 分鐘後水溫仍維持在 80°C 以上，壓力鍋次之 70°C。在這兩個效能的評比，壓力鍋和悶燒鍋都占盡了優勢不知道在實際烹調紅豆時，會有怎樣的結果。

三、目的四：在標準烹調條件下，四種鍋具的排碳量之比較。

(一)持續加熱模式：

用電量 紅豆 軟爛 鍋具 程度	0.45~0.55	0.6	0.65	0.7	換算成排碳 量 (kgCO ₂ e)
陶鍋	很硬	外殼有裂 開，但豆子 中心很硬	外殼有裂 開，但豆子 中心有點硬	已達軟爛程 度	0.297

用電量 紅豆 軟爛 鍋具 程度	0.3~0.65	0.7	0.75	0.8	換算成排碳 量 (kgCO ₂ e)
不鏽鋼鍋	很硬	外殼有裂 開，但豆子 中心很硬	外殼有裂 開，但豆子 中心有點硬	已達軟爛程 度	0.339

針對需要長時間燉煮的紅豆在利用『持續加熱模式』的烹調方式，比較陶鍋與不鏽鋼鍋的節能表現，陶鍋略勝一籌。陶鍋需消耗 0.7 kWh 電力才能讓紅豆軟爛，換算碳排放為 0.297 (kgCO₂e)。而不鏽鋼鍋則需消耗 0.8 kWh 電力，換算碳排放為 0.339(kgCO₂e)。這個結果令我們出乎意料之外，陶鍋鍋內的溫度一直無法上升到 100°C，去能以比不鏽鋼鍋更低的用電量將紅豆煮軟爛，這是值得我們再深究的問題。也有可能是周圍溫度的影響，例如室溫的溫差變化影響等等。

(二)餘熱悶煮模式：

用電量 紅豆 軟爛 鍋具 程度	0.45	0.5	0.65	換算成排碳量 (kgCO ₂ e)
壓力鍋	已達軟爛標準			0.191
悶燒鍋	已達軟爛標準			0.191

陶鍋	外殼有裂開， 但豆子中心很 硬	外殼有裂開， 但豆子中心有 點硬	已達軟爛程度	0.276
不鏽鋼鍋	外殼有裂開， 但豆子中心有 點硬	已達軟爛程度		0.212

在經過壓力鍋與悶燒鍋僅需初始加熱的 0.45 kWh 能耗再悶 30 分鐘即可達到軟爛標準，為最節能之首；不鏽鋼鍋需 0.5 kWh，陶鍋則需 0.65 kWh。與持續加熱模式相較，的確節能不少。不鏽鋼鍋直接從 0.8 kWh 降為 0.5 kWh 省了 37% 的電力，而陶鍋由 0.7 kWh 降為 0.65 kWh，也省下約 7% 的電力。

伍、討論

一、壓力鍋與悶燒鍋的節能優勢

- (一)熱力學原理的運用：壓力鍋透過完全密合的構造增加鍋內壓力，將沸點提升至 110 – 120 °C。這種高壓帶動高溫的環境加速了紅豆的糊化過程，因此能以最短時間完成烹調。
- (二)阻絕熱能散失：悶燒鍋利用真空夾層徹底阻斷熱傳導與對流，防止熱能向外失，並透過金屬鏡面反射熱輻射，成功鎖住餘溫進行悶煮。

二、陶鍋與不鏽鋼鍋的效能差異。

- (一)蓄熱能力的雙面刃：陶鍋雖然升溫速度慢且前段加熱耗能多，但因材質厚實、密度高，關火後仍能維持較高溫度助於紅豆持續悶熟。這解釋了在「持續加熱模式」中，陶鍋能比不鏽鋼鍋更有效地利用熱能。
- (二)不鏽鋼鍋的特性：不鏽鋼導熱快但散熱也快，若需長時間燉煮，因保溫效果較差，必須持續供給熱源，導致能耗增加。

三、風味與節能的平衡

實驗意外發現，雖然陶鍋在節能數據上並非最優，但煮出的紅豆香氣較濃，具備其他鍋具沒有的獨特風味。這顯示在建立「家庭減碳指南」時，除了考量性價比，食材口感也是一項重要的參考指標。

陸、結論

本研究透過實測紅豆熟成過程，得出以下科學結論：

一、能源效率之王：壓力鍋在熱傳導效能與節能表現上均為第一，是兼具速度與減碳的最佳工具。

二、保溫續航冠軍：悶燒鍋憑藉真空斷熱機制，在不消耗電力的斷熱階段表現最優，適合「餘熱悶煮」之減碳模式。

(一) 模式選擇關鍵：在持續加熱環境下，陶鍋比單層不鏽鋼鍋稍微節能；但若能善用「餘熱悶煮」模式，所有鍋具均能顯著降低能源消耗。

(二) 減碳生活的實踐：配合政府 2025 年電力排碳係數基準修正

($0.424 \text{ kgCO}_2\text{e/度}$)，家庭應從「需求端高效管理」出發，優先選用具備良好保溫或高壓原理之廚具。這不僅能縮短烹飪時間，更是落實綠色生活的具體行動。

三、心得與展望：

在長達數月的實驗中，我們從「碳索好食」課程出發，深入探討廚房裡的能源運用。最令我們印象深刻的是，原本以為火力越強煮得越快，但實測後發現，利用壓力鍋的高壓原理或悶燒鍋的真空斷熱機制，反而是最節能的選擇。雖然實驗過程中為了設計更標準化的烹調模式，討論了很久，才發展出二種模式，但這也讓我們學會了嚴謹的科學探究態度。

展望未來，我們希望將這份「家庭減碳指南」推廣到班級與家庭中，讓大家明白選擇合適鍋具就是愛地球的表現。此外，我們觀察到陶鍋雖然能耗較高，卻能鎖住食材

風味，未來希望能進一步研究如何在「美味」與「節能」之間取得最佳平衡點，為達成 2025 年淨零排放的目標貢獻一份心力。

柒、參考文獻資料

1. 大愛電視（2015 年 2 月 5 日）· 【生活裡的科學】20150205 - 越壓越熱的壓力鍋· 資料來源：<https://www.youtube.com/watch?v=YuiyxQQXtQc>
2. 強瘋來習（2014 年 11 月 15 日）· 物理化學 05-悶燒鍋· 資料來源：
<https://www.youtube.com/watch?v=Iu6KvjdaAwM>
3. STUDIO M' · 【STUDIO M'豆知識】陶土材質特性與使用照顧方法· 資料來源：
<https://www.studiom.tw/blogs/studio-m-%E6%9D%90%E8%B3%AA%E7%85%A7%E9%A1%A7/148355>
4. 瑞康屋 · 【不鏽鋼鍋懶人包】不鏽鋼鍋種類、優缺點及挑選重點一次看· 資料來源：
<https://www.rakenhouse.com/news/detail/80/>