

「竹筒飯」的科學與生活應用

摘要

台灣的「竹筒飯」，源自原住民的慶典活動，勇士狩獵、出征總是少不了它。我們研究發現：

- 1.製作竹筒飯所應用的科學原理主要有：達不到燃點、熱的傳播方式。
- 2.米粒大約一個小時就可以達到最大的吸水量。水的溫度越高，吸水量越大越快。
- 3.水，是影響竹筒內溫度變化的主要關鍵，和竹筒的大小沒有直接關係。
- 4.各種品種的米，都可以用來製作竹筒飯。
- 5.只要可以裝水的容器應該都可以用來煮飯，利用這個概念，我們延伸出水果飯的特色美食。
- 6.我們利用熱輻射的原理自行設計的烤爐，可以同時烤肉、也可以烤竹筒飯。製作竹筒飯更便利了。
- 7.利用「熱輻射原理」製作竹筒飯，溫度越高，燒烤的時間越短。

應用竹筒飯的科學原理與生活應用，我們可以發展原民部落的特色美食，也可以應用科學原延伸為教學課程的一部分，甚至我們也創意地變化出水果飯等特色美食，在未來，也是好玩有趣的生活應用。

壹、研究動機

上自然課的時候，其中有一個單元是「溫度與燃燒」，老師讓我們做了一個實驗，裝了水的紙杯，放在點燃的蠟燭上方，紙杯都不會燃燒起來；但是，空紙杯放上去，不到 10 秒就燒起來了！這是因為紙杯裡的「水」，吸收了燭火的熱，讓紙杯達不到「燃點」，雖然火的溫度很高，但還是燒不起來，因為缺少了**燃燒三要素**的其中一項：『**達不到燃點**』。











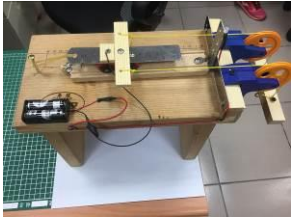

生活中，也有很多這樣的應用。我們想到在部落裡，有時候和家族聚會或慶典的時候，會烤肉、有時候也會烤「竹筒飯」。「竹筒飯」是不是也應用「**燃燒**」和「**燃點**」這樣的「**科學原理**」？是不是只要可以裝水的容器都可以拿來應用呢？加熱時，竹筒內的溫度是如何變化的呢？而且，目前休閒渡假、野外活動、露營野餐、特色風味、部落發展…等活動正盛行。如果利用該項科學原理，可以變化出一些竹筒飯、鳳梨飯等…風味獨特的食物，也可以增加生活上的樂趣，這是非常值得研究的！

於是，我們就這樣開始了，《竹筒飯的科學與生活應用》的科展研究了！

貳、研究目的

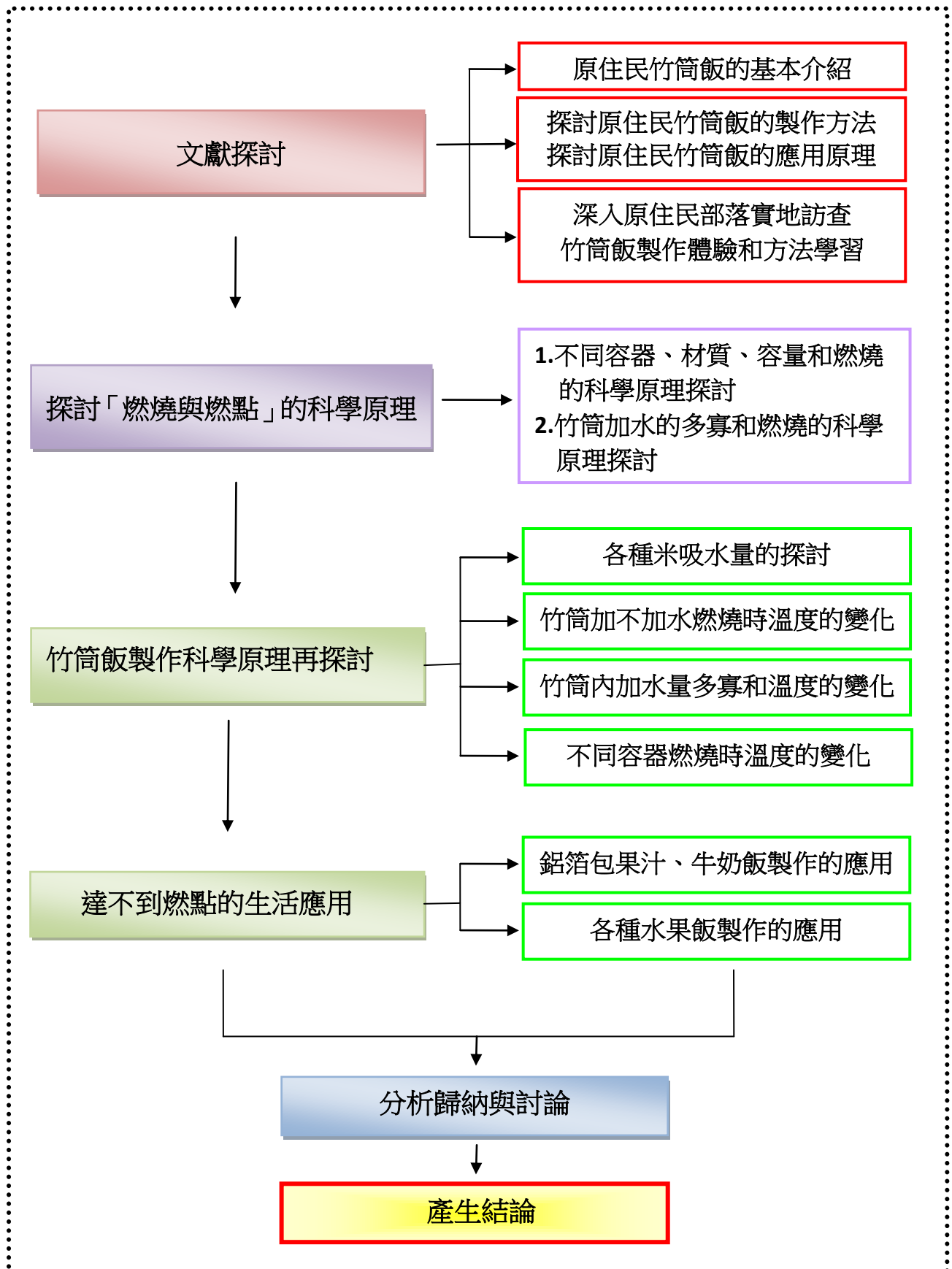
- 一、探討早期泰雅原住民竹筒飯製作的材料和方法
- 二、探討製作竹筒飯應用的「科學原理」
- 三、探討米粒的泡水時間和吸水量的變化關係
- 四、觀察煮飯的過程變化
- 五、探討竹筒大小和裝水量不同加熱時溫度的變化關係
- 六、探討不同種類的米製作竹筒飯的可行性
- 七、探討其他「容器」替代竹筒煮飯的可行性
- 八、探討「自製烤爐」製作竹筒飯的可行性
- 九、有沒有更快速的方式製作竹筒飯

參、研究設備與器材

竹筒 	探針式溫度計 	測溫槍 	三腳架 
酒精燈 	電子秤 	相機 	竹筒燒烤架 
燒杯 	鋁箔紙 	自製米飯熟度測試器 	計時器 

肆、研究方法

一、擬定架構



二、文獻探討

(一)竹筒飯的由來

台灣竹筒飯的起源，與早期原住民的「狩獵文化」有關，在沒帶任何炊具上山的情況下，以克難方式善用滿山竹筴再起堆火，將隨身攜帶的圓糯米裝進竹筒內，加水給炊熟成飯。當狩獵漸漸成為現代文明裡的一則「古老傳奇」後，竹筒飯便成了慶典活動上一個象徵古早部落文化的圖騰，一種不可缺少的特色米飯。

泰雅族人所居住的地方盛產竹子。泰雅族以米飯為主要食糧，但因為經常要外出工作，發明了獨特的竹筒飯。外出的泰雅族人會把米帶在身上，等到肚子餓的時候，便砍下較幼小的竹莖，上方留孔，下方密封，把米從孔隙中倒進去，然後用火烤的方法把米飯烤熟，吃時只須把竹子掀開，便可嗅到香氣四溢的竹筒飯香。

(二)原住民竹筒飯的飲食文化

泰雅族的竹筒飯以傳統的竹筒香味為主，後來為了符合客人的口味才加入香菇、雞肉等食材。泰雅族的烹調方式不多，只有煮、煎、烤，因此只有火煮、火烤、竹煮等方式，竹煮就是現在竹筒飯的製作方法。在調味上，不加任何其他的人工調味料，非常符合健康的觀念。

傳統上是在有慶典、祭典或獵人要上山打獵之前的時候，大部分會把它當作中午餐點心來吃。現在的話，不管是慶典或什麼時間都可以吃，想吃的時候可以吃，任何時間都可以做。「竹筒飯」平常沒有規定誰不能吃或誰可以吃，因為「竹筒飯」是很平常的東西，只要是想吃的人都可以吃

(三)竹筒飯應用的「科學原理」

1.燃燒三要素

竹筒飯的製作過程中，竹筒裡面裝了「米」和「水」；因為「水」扮演了很重要的角色，竹筒飯燒烤過程中，「水」吸收了燃燒的溫度，使竹筒溫度達不到「燃點」。而「水」在竹筒裡面早就達到沸點了，所以可以「生米煮成熟飯」。利用「燃點」和「沸點」的不同，就可以變化出許多不同風味的竹筒飯了。所以，竹筒飯主要應用的科學原理就是：燃燒三要素：要有可燃物、要有助燃物、必須達到燃點。因為「水」扮演了很重要的角色。為什麼竹筒不會達到燃點？原因是：水的作用！

2.熱的傳播方式

熱的主要傳播方式：傳導、對流、輻射。

原住民早期的竹筒飯製作，竹筒並沒有直接接觸到火源，而是以近距離方式的靠近火源，利用熱的「輻射」原理吸收熱能；而竹筒吸收到的全部的熱能就利用「傳導」方式，讓竹筒裡面的水和米受熱；裡面的水和米再利用「對流」的方式，讓米粒平均吸收熱水而變熟。

(四)竹子(筒)的研究

想要吃竹筒飯時，首先就要準備竹子。竹筒須選用新鮮青竹，通常使用桂竹。桂竹是台灣特有種，地下莖多為實心，根莖橫走繁生，繁殖迅速，覆蓋頗廣。桂竹用途廣，生長快速，但經過一定的時間，不砍也不會再長大，不用是浪費。

桂竹，它本身就是台灣原生種，最適合在台灣環境的生長，也就理所當然地生的好長的快，對比起樹木生長成材所需的時間與量，可說是取之不盡用之不竭。桂竹是散生竹，竹與竹的空間有間距，容易進行汰存管理(桂竹一般生命 10 年，因此有句「存三去四不留七」口訣，表示留下 3 年以下的，可取 4 年以上的，超過 7 年的淘汰掉)。桂竹的材質具有很多優點，它的稈表皮堅硬、韌性強，在各類竹材中抗彎強度最大，稈身直立約有 12 公尺長，長且韌，易於運用。

(五)竹筒飯的製作方法探討

早期泰雅原住民的竹筒飯，都是以「火烤」的方式製作。竹筒飯是將米裝在竹筒內烹熟的米食，製作過程大概如下：

- 1.取一支竹子，用線鋸鋸一缺口，用清水簡單清洗，裡面的纖維可以食用，不必掏清。最好浸泡竹筒半天，使竹筒含水，不易燒焦。
- 2.浸泡圓糯米約 3~8 小時左右，再連同部分的水，裝入竹筒內約七、八分滿。
- 3.將竹筒封口，即完成前置作業。
- 4.用火燒烤，直放在火堆旁烘烤約二個小時。

(六)煮飯的知識

煮飯有學問，要煮出好吃的飯，必須先經過洗米、浸米的過程。米粒吸水速度很快，五分鐘即可吸水約 10%，浸水一小時，吸水量可高達 80%，充分吸收水份的米，煮時糊化完全，不怕半生不熟。米的吸水量隨著「米的種類」，「水的溫度」與「浸水的時間長短」而不同，吸水量大約為米的重量的 20~35%。所以，煮飯前，最好有一小時的浸水時間，而最忌沒洗而浸泡，乃因吸收髒水。

剛開始煮飯時，要以強火加熱煮，儘可能提早沸騰，如果在 15 分鐘以內，不能沸騰的話，則鍋子內上下溫度就不能均勻，米糊化的進行也就不能一致，會使煮出來的飯，成了三層飯（上不熟、中間熟、下層焦）。當水分完全被吸收後，即要熄火，用餘溫充分燜之。飯經過燜後，澱粉的糊化便完成。在燜飯時，必須要保持如前一階段的高溫。燜飯需 10 分鐘以上的時間，以使米粒能充分的參脹，水份則全部被吸收。

三、實地訪查，和部落長老對話

(一)我們請老師和家族裡的長輩，協助連絡部落社區，請金岳社區的部落長老指導我們製作傳統的竹筒飯。學習竹筒飯製作，過程和說明，如圖 4-1-1 所示。



			
<p>5.長老動作俐落，很快就砍了好幾根</p>	<p>6.另外也要準備一些香蕉葉子</p>	<p>7.還有茛草，是要來封竹筒口用的</p>	<p>8.長老解說竹筒飯的製作方法</p>
			
<p>9.竹筒先稍微清洗一下</p>	<p>10.竹筒飯使用圓糯米而且要先泡水</p>	<p>11.米泡水 6 小時撈起備用</p>	<p>12.還有準備一些木頭準備生火</p>
			
<p>13.將泡過水的米裝填進竹筒內</p>	<p>14.將竹筒飯置放在火推旁邊燒烤</p>	<p>15.真實體驗早期原住民的烤肉+竹筒飯</p>	<p>16.竹筒飯完成，真的好香唷</p>

圖 4-1-1 南澳金岳部落竹筒飯製作過程說明圖

(二)經過和部落長老的對話、竹筒飯製作指導、經驗的傳承，讓我們真實體驗早期原住民族的生活方式。我們將它記錄下來，整理出一些重點：

- 1.早期泰雅原住民聚在一起時，不管是上山打獵，或是其他閒暇聚會，都會先起堆火，一方面可以讓族人知道彼此的方位，還可以防止野獸攻擊，當然也是烤竹筒飯…等食物，來填飽肚子的方式。
- 2.通常要去打獵時，家人會先製作好竹筒飯，再讓獵人帶進森林裡，要吃的時候，再火烤加熱一下即可。
長老也說：早期原住民上山打不到獵物，就不是勇士了，當然也不敢回家，聽說會被其他族人取笑。
- 3.如果要以「燒烤」的方式製作竹筒飯，必須控制好火候和時間，不然會很容易燒焦。**長老開玩笑說：原住民有的是時間，慢慢烤才會好吃。**
- 4.早期竹筒飯都是以「圓糯米」當食材，通常是當成點心或是打獵時的裹腹食物。
- 5.我們問部落長老，「竹筒飯」所應用的「科學原理」是什麼？長老其實並不知道。但是他的經驗豐富，他知道米要先泡水，該如何控制米的份量、火候的大小(溫度的變化)、判斷火烤時間的長短。

四、規畫實驗

我們這個主題要研究的，主要是探討製作竹筒飯的「科學原理」和延伸思考生活應用。在實驗之前，老師請我們先想一想，有哪些因素可能會影響竹筒飯的製作？大家腦力激盪，七嘴八舌的討論出幾個變因，當然也是我們未來規劃實驗的主要方向。

(一)米的變因

- 1.竹筒飯一定要用圓糯米嗎？其他的米也可以嗎？
- 2.為什麼製作竹筒飯的米要先泡水？應該要泡多久？
- 3.各種米的吸水量有多少？米需要多少時間可以讓吸水量達到飽和？
- 4.吸水量和水的溫度有關嗎？如果水的溫度較高，吸水量會增加嗎？
- 5.泡過水的米、和沒泡過水的米，製作竹筒飯的時間會不一樣嗎？
- 6.如何測試米飯是否煮熟？
- 7.米粒的吸水量和水的溫度有關嗎？如果水的溫度較高，吸水量會增加嗎？

(二)水的變因

- 1.製作竹筒飯時，為什麼竹筒(是可燃物)不會燃燒起來？和水有關係嗎？
- 2.如果竹筒不加水，會燒起來嗎？溫度如何變化？
- 3.大小不同的竹筒，會影響燃燒時溫度的變化關係嗎？
- 4.竹筒內裝水量的多寡，會影響竹筒燃燒時溫度的變化關係嗎？
- 5.是不是只要可以裝水的容器，就可以裝水來煮飯？
- 6.是竹筒大小會影響溫度變化？還是水的容量會影響溫度變化？
- 7.不同的材質的容器，會不會影響溫度的變化？

(三)熱傳導的變因

- 1.火源溫度會不會影響？如何控制火源溫度？
- 2.火源溫度如何量？溫度計準不準確？
- 3.竹筒飯內加入其他調味料，會影響溫度變化嗎？
- 4.熱的傳導、輻射和對流和竹筒飯的製作有影響嗎？
- 5.可不可以用其他的容器或水果來煮飯？

伍、研究過程、結果和討論

【研究一】探討米粒泡水時間和米粒吸水量的變化關係

我們要知道，製作竹筒飯時，米粒為什麼要先泡水？要泡多久？米粒需要多少時間可以讓吸水量達到飽和？各種米粒的吸水量是多少？吸水量的溫度有關嗎？如果水的溫度較高，吸水量會增加嗎？

(一)研究過程

- 1.準備市面上比較容易取得的六種類的米：圓糯米、長糯米、小米、在來米、蓬萊米、秈米。
- 2.各種米粒都準備 50g，分別浸泡在 100g 的水中，測量水溫約 25.5⁰C。
- 3.每 5 分鐘，利用濾網將水濾出 30 秒，記錄每 5 分鐘的吸水量。再將過濾出來的水，倒回去米中，繼續讓米粒吸水。
- 4.重複上述步驟，進行 5 個小時，記錄每 5 分鐘米的吸水量。
- 5.實驗過程、方法、圖片和說明，如圖 5-1-1 所示。



圖 5-1-1 米粒泡水時間和米粒吸水量的變化實驗說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將研究結果記錄下來，以數據呈現，如圖 5-1-2 所示。

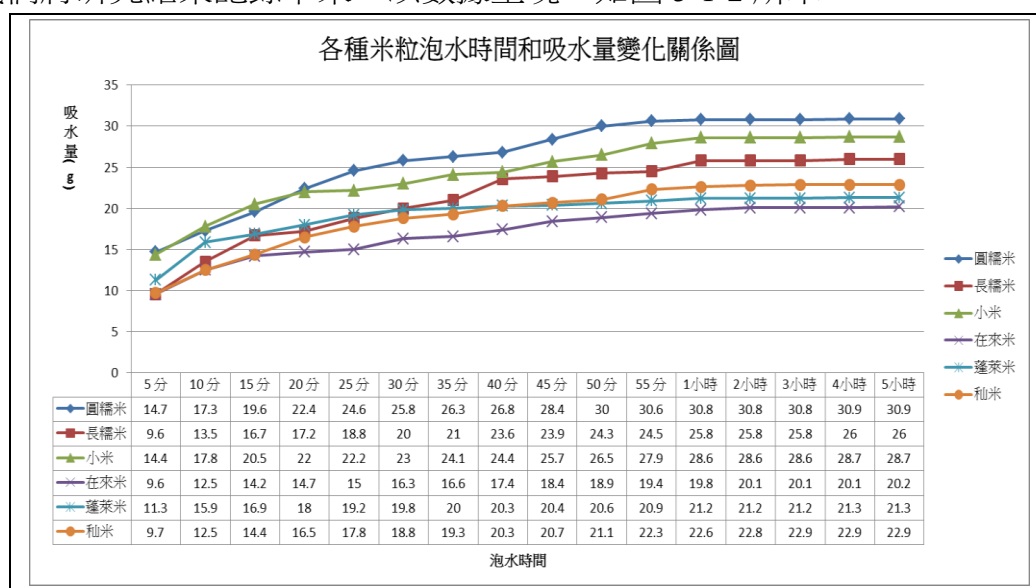


圖 5-1-2 米粒泡水時間和米粒吸水量的變化結果說明圖

2.從圖 5-1-2 的研究結果，我們發現：

- (1)圓糯米的吸水量比較大，經過一小時，50g 的圓糯米大約可以吸水 30.8g，吸水量可達 61.6%。
- (2)在來米吸的水量比較小，經過一小時，50g 的在來米大約可以吸水 19.8g，吸水量可達 39.6%。
- (3)各種米粒的吸水量，大約一小時左右，吸水量幾乎可以達到最大值或者幾乎不吸水了。
- (4)其實，米粒大約只要泡水約 1 個小時就夠了。

(三)討論

1.水的溫度和米粒的吸水量有關係嗎？

- (1)我們以不同的水溫(40 度、60 度、80 度)來測試米粒吸水的變化關係。
- (2)我們以隨機挑選「長糯米」來進行測試比較。
- (3)實驗測試過程和方法與圖 5-1-1 相同，實驗結果，如圖 5-1-3 所示。

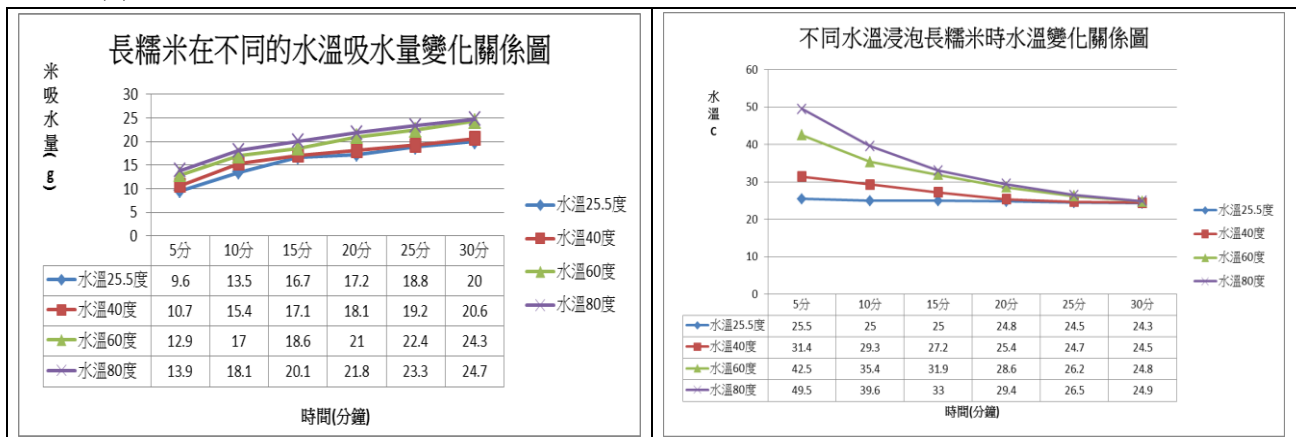


圖 5-1-3 長糯米在不同的水溫吸水量的變化關係說明圖

(4)從圖 5-1-3 的實驗結果，我們知道：

- a.水的溫度越高，米粒的吸水量就會越大。
- b.我們推測：米粒泡水的原因，應該是要更快速烤熟竹筒飯。因為竹筒燒烤時，溫度會越來越高，米粒吸水量也就會越來越快，泡過水的米應該會更快烤熟。

2.製作竹筒飯時，米粒為什麼要先泡水？

- (1)充分吸收水份的米，煮時糊化完全，不怕半生不熟。
- (2)我們推測：主要是幫助竹筒飯可以煮熟，其次是要節省製作竹筒飯的時間。

【研究二】基礎實驗 ~ 觀察煮飯的過程變化

實驗之前，我們想知道，煮飯的過程中，溫度會如何變化？要煮多久？火的來源？火源溫度？我們想觀察米粒煮成熟飯的變化過程？

為了可以清楚看到煮飯過程，我們利用燒杯來煮飯，並將果記錄下來。

(一)研究過程

- 1.準備一個大燒杯、酒精燈、三腳架、圓糯米和水。
- 2.將米粒 100g，用 120g 的水，泡一個小時，再放進大燒杯中。
- 3.將大燒杯以鋁箔紙封口，插入溫度針，以酒精燈加熱。
- 4.觀察生米煮成熟飯的變化，並記錄溫度的變化關係！
- 5.實驗過程、方法、圖片和說明，如圖 5-2-1 所示。

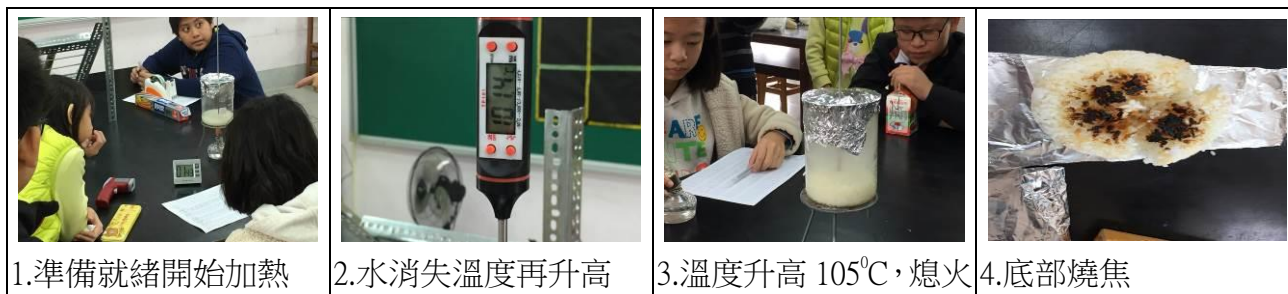


圖 5-2-1 燒杯煮飯溫度過程方法說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將圖 5-2-1 的研究結果記錄下來，以數據呈現，如圖 5-2-2 所示。

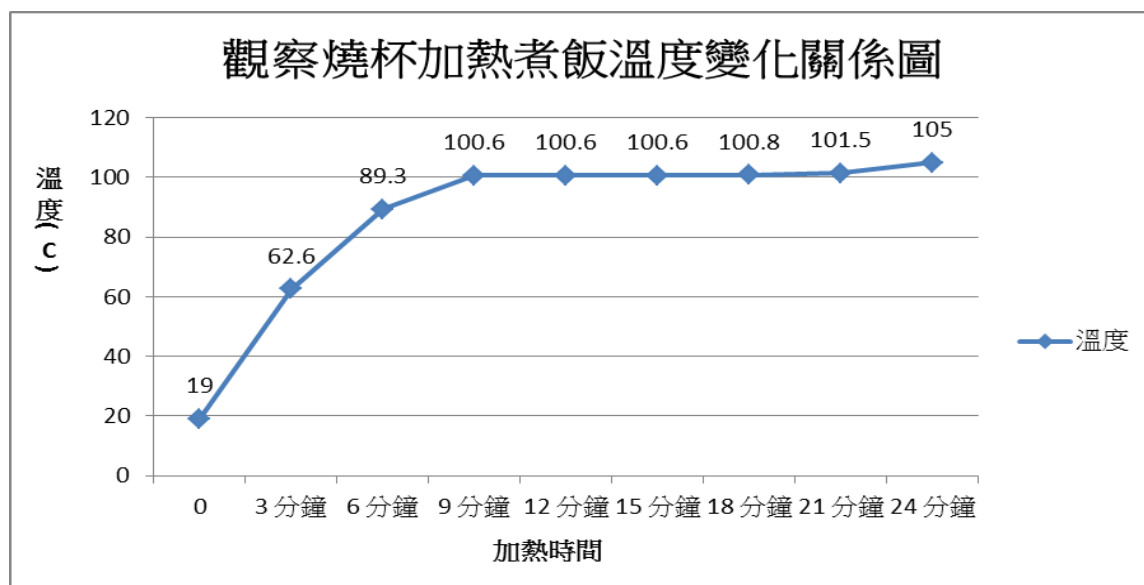


圖 5-2-2 觀察燒杯煮飯溫度變化關係說明圖

- 2.從圖 5-2-2 的實驗結果，我們發現：
 - (1)用燒杯煮飯，溫度上升非常快，大約 9 分鐘，溫度可達 100.6°C。
 - (2)我們觀察到：雖然水溫已經達到 100.6°C，但是在第 9 分鐘到 18 分鐘之間，還是有部分的水存在，溫度依然維持在 100.6°C，而且米粒不斷膨脹、體積變大，水分也慢慢不見了。
 - (3)超過 20 分鐘的時候，燒杯內的水份都不見了！這時候，我們發現：溫度又開始升高了，在第 21 分鐘到 24 分鐘的時候溫度持續升高達到 105°C。
 - (4)當溫度不斷升高時，我們也聞到燒焦的味道，所以趕快將火熄滅，停止加熱。
我們推測：燒杯內的水份就是影響溫度變化的主要原因。
 - (5)停止加熱後發現：底部的飯都燒焦了。

(三)討論

1.酒精燈火源溫度有多高？

(1)我們利用二支紅外線溫度槍，在固定距離測試酒精燈的火源溫度。

(2)經過實際測量，酒精燈的火源溫度大約在 250°C ~ 300°C。

(3)酒精燈火源溫度測試過程說明，如圖 5-2-3 所示。

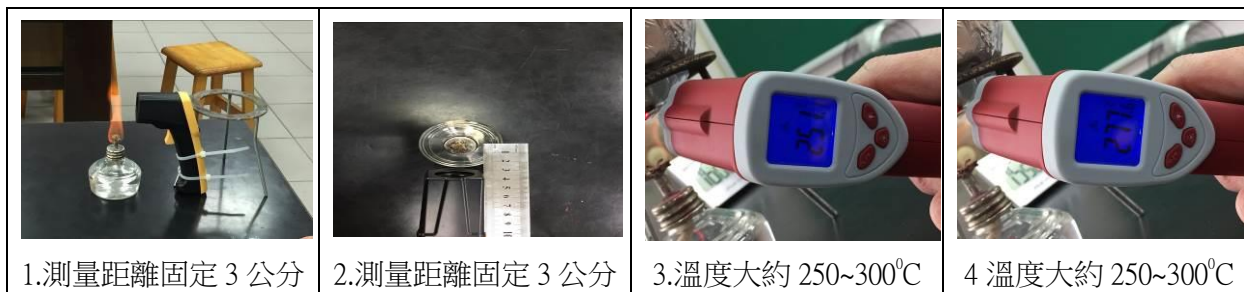


圖 5-2-3 火源溫度測試說明圖

2.如何測試米飯是否已經煮熟？

(1)從我們的經驗知道，米粒煮熟變成飯時，會**變軟**而且有黏性。

(2)我們請老師協助，自行設計製作米飯熟度測試器，測試米飯是否煮熟，過程和說明，如圖 5-2-4 所示。

※實驗開始前，先準備一些營養午餐全熟的米飯和實驗的米飯來測試※



圖 5-2-4 自製米飯煮熟測試器測試結果說明圖

- (3)實驗五次，第1~3次，用營養午餐的米飯，第4~5次用實驗煮的飯測試。
 (4)從圖 5-2-4 的實驗結果，我們以圖表方式呈現，如圖 5-2-5 所示。

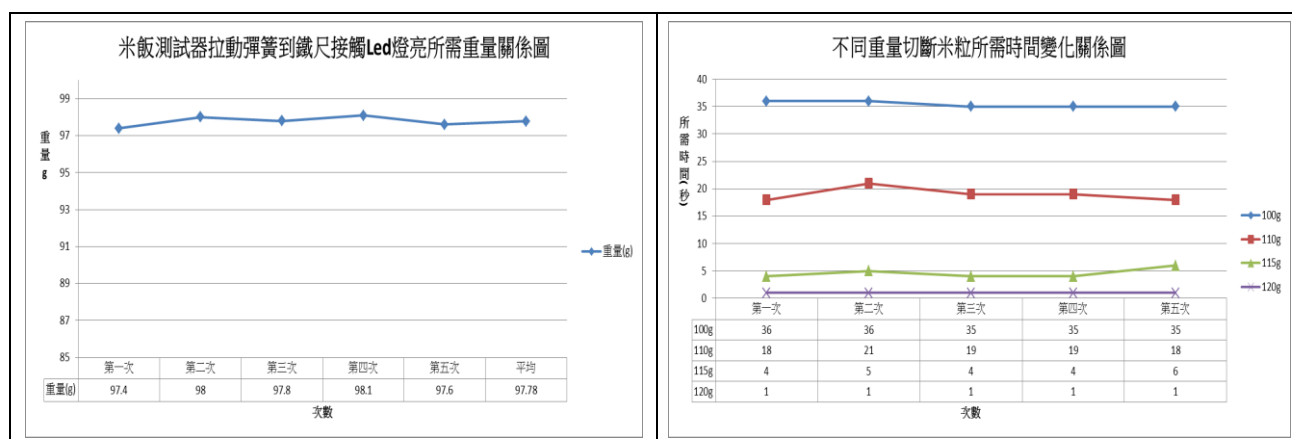


圖 5-2-5 米飯熟度測試器測試米飯熟度關係說明圖

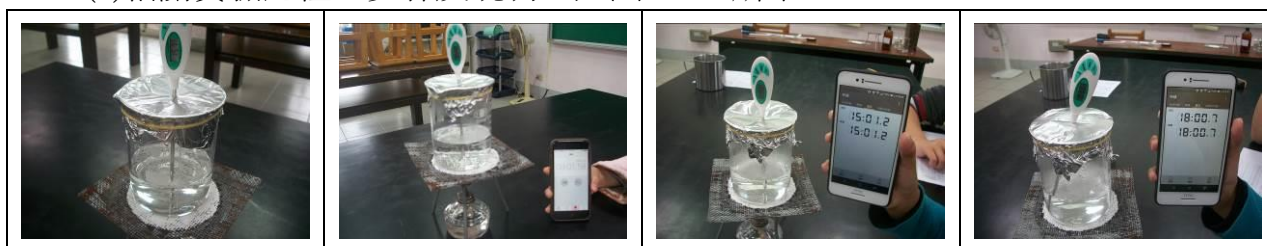
(5)從圖 5-2-5 的結果我們知道：

- 米飯熟度測試器拉動彈簧到鐵尺互相接觸，使 Led 燈亮，大約需要 98g 重的拉力。
- 我們用 100g 重的拉力，切斷米飯所需的時間大約要 35~36 秒；用 110g 重的拉力，切斷米飯所需的時間大約要 18~21 秒；用 115g 重的拉力，切斷米飯所需的時間大約要 4~6 秒；用 120g 重的拉力，切斷米飯只須要 1 秒。
- 我們也用生米或泡過水的米粒測試，100g~120g 重的拉力，都無法切斷米粒。
- 從第一次到第五次的實驗數據和結果，所需要的拉力都差不多，我們判定實驗所煮的飯有熟。

※後續的實驗，我們也會依此測試器來確定米飯是否煮熟。

3.平時我們一般在風景區吃到的竹筒飯，米飯的顏色並不一樣，應該有加了一些油、鹽、醬油…等物質，會不會改變加熱時溫度的變化呢？

- 我們想觀察水加油、加鹽時，加熱時內部的變化情形，所以利用相同的燒杯(500ml)，裝水 100g，再以鋁箔紙封口。
- 分別加入不同重量的鹽(0.5g、1.0g、1.5g)、油(1g、2g、5g)，再以酒精燈加熱，觀察並記錄溫度的變化關係。
- 每 3 分鐘記錄一次溫度的變化。
- 相關實驗過程、步驟及說明，如圖 5-2-6 所示。



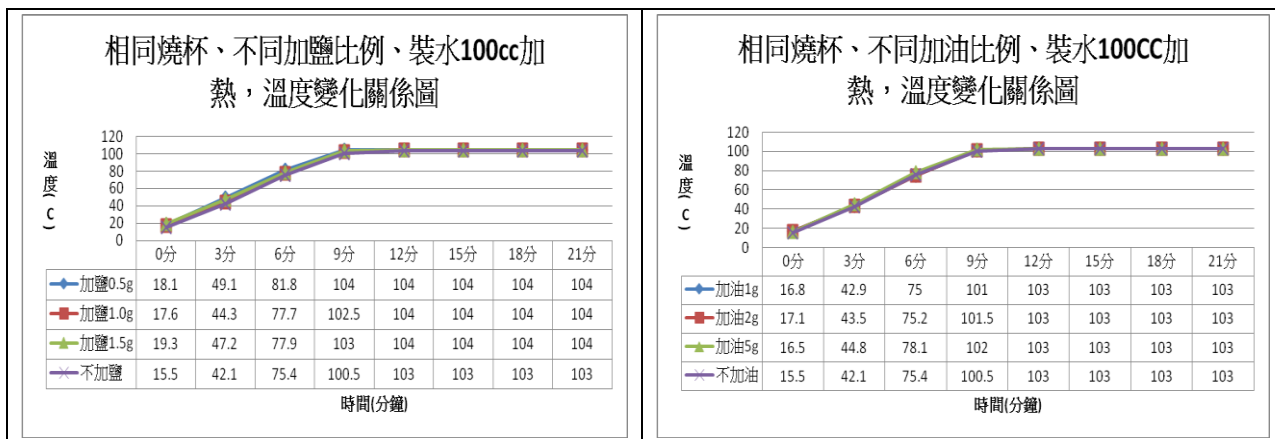


圖 5-2-6 相同燒杯不同加油、鹽比例，加熱時溫度的變化關係

(4)從圖 5-2-6 的實驗結果，我們知道：加鹽多寡、或不加鹽，加油多寡、或不加油，對溫度變化的影響不大。

4.我們使用的探針式溫度計是否準確？

(1)我們將實驗所準備的四支探針式溫度計，作溫度測試，測試結果幾乎是相同的。如圖 5-2-7 所示。



圖 5-2-7 探針式溫度計溫度測試結果說明圖

(2)由圖 5-2-7 溫度測試的結果說明：我們確定這些溫度計的溫度測試結果，誤差只有 0.1 ~ 0.2°C，是準確的。

【研究三】探討竹筒大小和裝水量不同加熱時溫度的變化關係

從資料蒐集的過程中，我們知道：燒烤竹筒飯時，「水」扮演了最重要的角色，讓竹筒達不到燃點。我們想更進一步知道，裝水量的多寡，會不會影響溫度的變化？竹筒的大小，會不會也有影響？竹筒裝水，需要多少時間讓水煮沸？

(一)研究過程

- 準備相同大小的竹筒(容量大約 200ml)，裝入不同的水量，各加入 10g、50g、100g；另外一個竹筒不加水，再以鋁箔紙封口。
- 為了控制變因，我們設計一個竹筒燒烤架，使每個竹筒燒烤的高度和位置都相同。
- 利用「酒精燈」直接燒烤，來控制火源溫度。

4.每三分鐘記錄一次，不同的竹筒燒烤時溫度的變化關係，實驗過程和說明，如圖 5-3-1 所示。

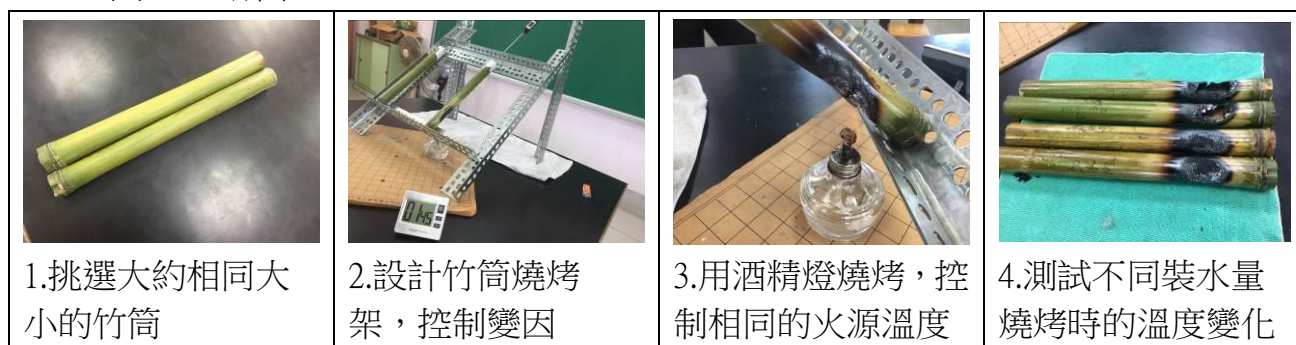


圖 5-3-1 竹筒內裝水量不同燒烤時溫度變化實驗說明圖

(二)研究結果

1.我們將圖 5-3-1 的實驗結果記錄下來，以數據呈現，如圖 5-3-2 所示。

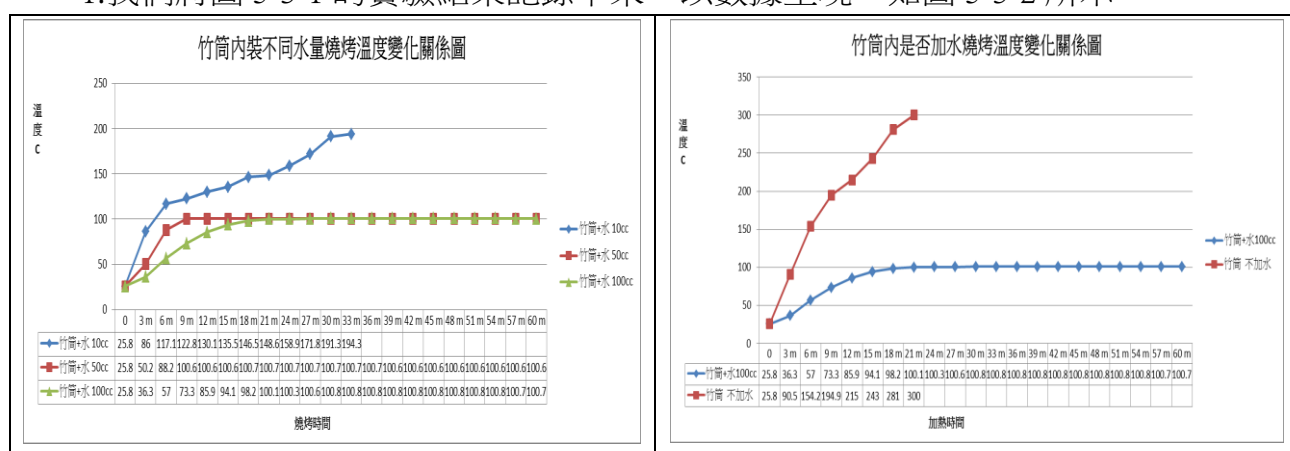


圖 5-3-2 竹筒內裝水量不同燒烤時溫度變化關係圖

2.從圖 5-3-2 的實驗結果，我們發現：

- (1)竹筒內不加水燃燒時，竹筒內的溫度持續升高，而且溫度上升特別快，不到 6 分鐘的時間，溫度就超過 150°C，大約 20 分鐘，整個竹筒就燃燒起來，還燒破一個大洞。
- (2)竹筒內裝水 10g，因為水量太少，溫度也一樣持續升高，大約 6 分鐘，溫度就超過 115°C 了，大約 33 分鐘，竹筒也燒破了一個大洞了。
- (3)竹筒內裝水 50g，燃燒大約 9 分鐘，即可讓溫度達到 100°C，但竹筒並不會燃燒起來，而且持續維持在 100°C 左右。
- (4)竹筒內裝水 100g，大約要 16 分鐘，溫度可以讓水沸騰，維持在 100°C 左右，竹筒也不會燒起來。
- (5)竹筒內加的水量越少，溫度上升越快；加的水量越多，溫度上升越慢。

(三)討論

1.竹筒的大小，會影響溫度的變化嗎？

- (1)我們利用三個不同大小的竹筒，內容量分別是 70g、130g、200g。
- (2)竹筒裡面一樣都裝水 50g。
- (3)利用「酒精燈」直接加熱燒烤，每三分鐘記錄一次溫度的變化關係。

(4)實驗過程和方法同圖 5-3-1。

(5)研究過程、說明和結果，如圖 5-3-3 所示。

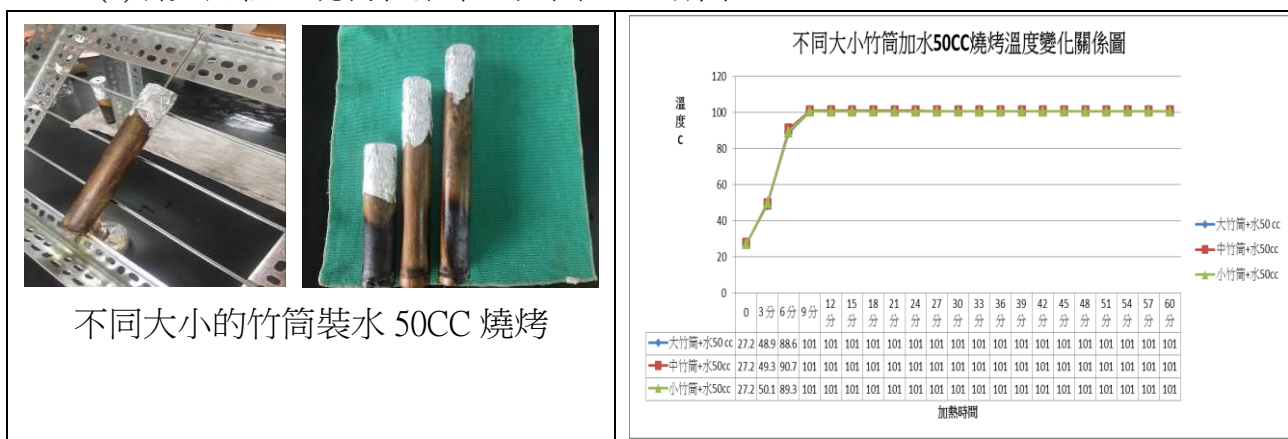


圖 5-3-3 不同大小的竹筒裝水 50g 燒烤時溫度變化關係說明圖

(6)從圖 5-3-3 的研究結果，我們知道：

a.不管竹筒的大小，當裝水量相同時，溫度的變化是差不多的。

b.我們推測：水量的多寡才是影響溫度變化的主要因素。

2.竹筒包上鋁箔紙燒烤加熱，會影響溫度的變化嗎？

(1)我們發現直接燒烤竹筒時，竹筒雖然不會燒起來，但是容易焦黑一片，非常不美觀。

(2)如果利用鋁箔紙包裝一下，會影響溫度變化嗎？

(3)我們利用內容量約 200g 的竹筒，同樣加水 50g，再包裝鋁箔紙加熱燒烤，再和原來的竹筒加熱溫度變化比較。

(4)研究過程、說明和結果，如圖 5-3-4 所示。

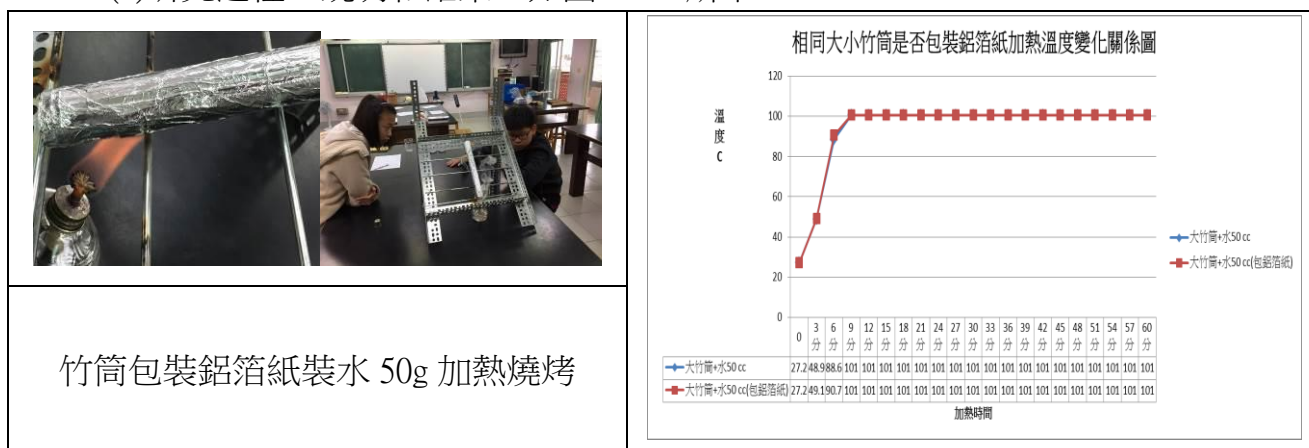


圖 5-3-4 相同大小竹筒是否包裝鋁箔紙燒烤時溫度變化關係說明圖

(5)從圖 5-3-4 的研究結果，我們知道：

a.竹筒是否包裝鋁箔紙加熱時，溫度並沒有太大的變化。

b.竹筒包裝鋁箔紙加熱時，竹筒不會有焦黑一片的現象，比較美觀。

c.竹筒包裝鋁箔紙加熱時，會一直冒煙，味道不好聞。

【研究四】探討不同種類的米製作竹筒飯的變化關係

竹筒飯一定要用圓糯米嗎？其他的米也可以嗎？泡過水的米、和沒泡過水的米，製作竹筒飯的時間會不一樣嗎？溫度變化也會不一樣嗎？

(一)研究過程

- 1.我們利用浸泡過 1 小時的 6 種米(圓糯米、長糯米、小米、在來米、蓬萊米、秈米)各 50g，瀝乾 30 秒後，再加 50g 的水。
- 2.為了控制變因，利用自行設計的竹筒飯燒烤架，以酒精燈直接燒烤竹筒飯。
- 3.燒烤時間固定為 30 分鐘，再悶 12 分鐘，每 3 分鐘記錄一次溫度變化。
- 4.製作過程、方法和說明，如圖 5-4-1 所示。

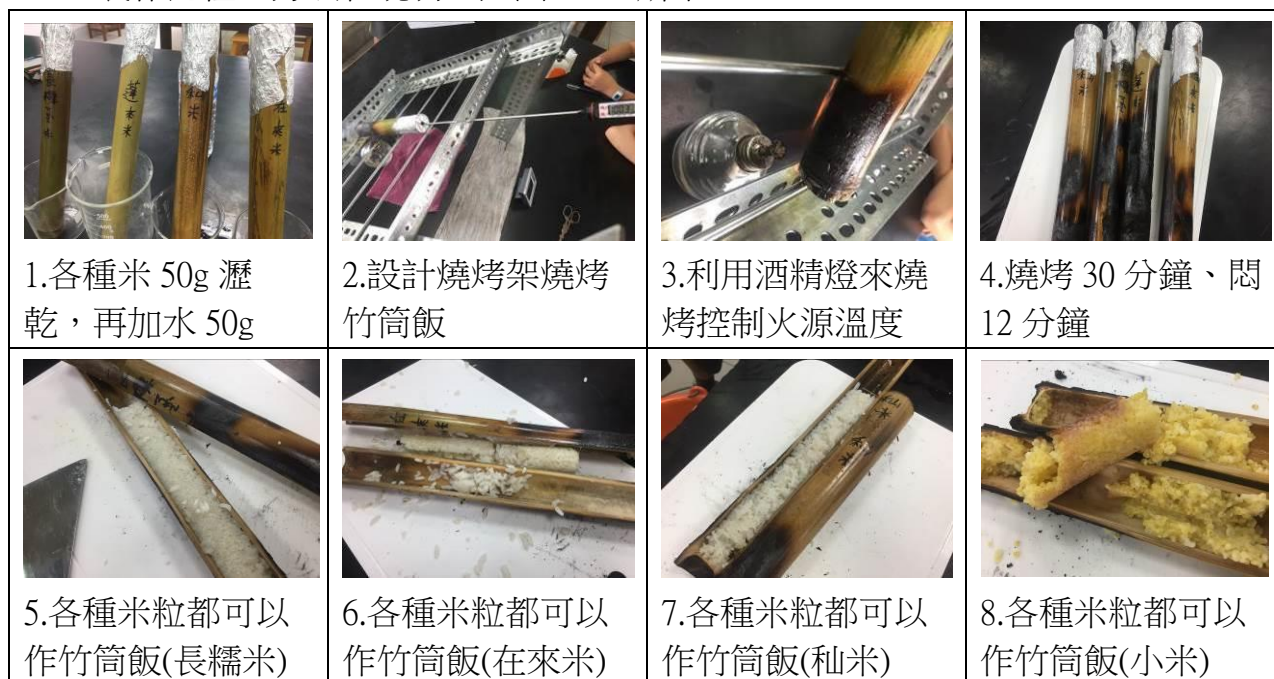


圖 5-4-1 不同種類的米製作竹筒飯過程說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將圖 5-4-1 的實驗結果記錄下來，如圖 5-4-2 所示。

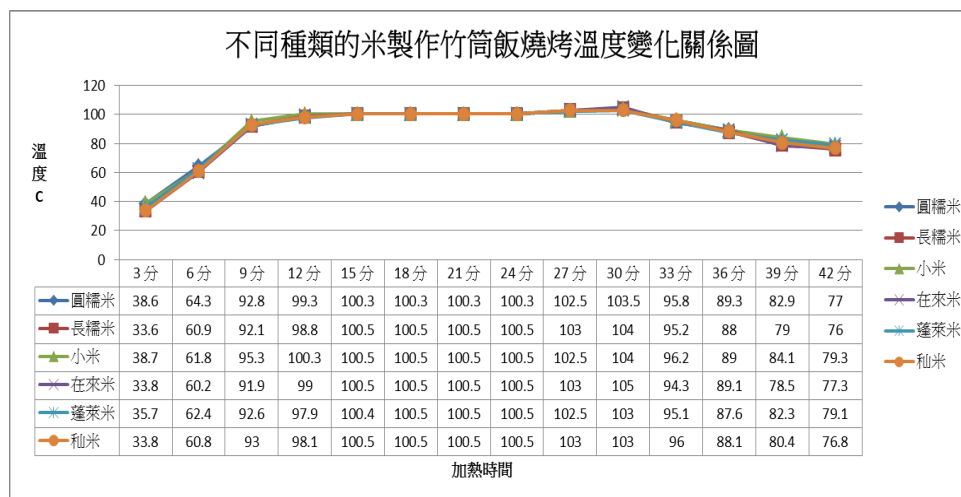


圖 5-4-2 不同種類的米製作竹筒飯的溫度變化關係說明圖

2.從圖 5-4-2 的實驗結果，我們可以知道：

- (1)各種米，都可以製作成竹筒飯；而且加熱時溫度的變化都差不多。
- (2)我們發現大約燒烤 12 分鐘時，竹筒內的溫度大約可以達到 100°C，大約加熱到 27~30 分鐘，溫度又開始升高。**我們推測：竹筒飯裡的水已經都被米粒吸收了。**
- (3)加熱約 30 分鐘，就不再加熱，所以溫度開始下降；再悶 12 分鐘，竹筒飯製作成功，好吃！
- (4)以米飯熟度測試器，以 115g 的拉力測試，都可以在 3 秒左右將米飯切斷，米飯都是全熟的。
- (5)**我們發現：其實每一種米都可以製作竹筒飯，差別就在於米飯的黏度。**

※我們問部落長老：為什麼早期原住民竹筒飯都只用圓糯米製作？長老說，流傳下來的就是這樣了，有可能是因為糯米比較會有飽足感，在山上長時間的活動比較不會餓吧！

(三)討論

1.不泡水的米也可以燒烤竹筒飯嗎？

- (1)我們利用圓糯米 50g，沒有先浸泡過水，直接加水 60g，倒入竹筒內加熱燒烤，並記錄溫度的變化關係。
- (2)未浸泡過水的圓糯米燒烤製作竹筒飯，結果上層生、中間不熟、下層燒焦，溫度持續升高，失敗。
- (3)研究過程、說明和結果，如圖 5-4-3 所示。

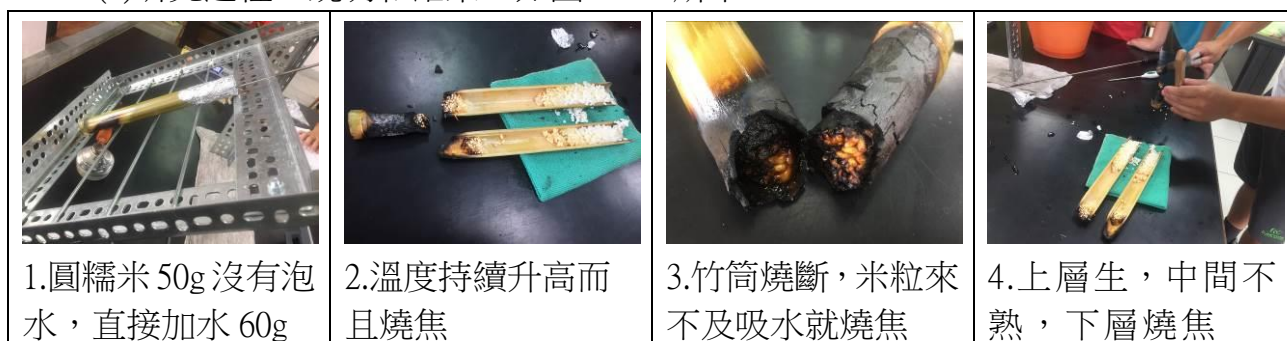


圖 5-4-3 不泡水的圓糯米直接燒烤製作竹筒飯過程說明圖

- (4)從圖 5-4-3 的研究結果，我們發現：製作竹筒飯時，米應該要先泡過水，不然容易燒焦，或不夠熟。

【研究五】探討其他容器燒烤煮飯的可行性

經過上述的實驗，我們想知道：是不是只要可以裝水的容器，都可以用來煮飯呢？有哪些器材或食材，可以當成容器，用來燒烤作飯呢？

(一)研究過程

- 1.我們準備「紙杯」、「牛奶紙盒」、「百香果」、「哈密瓜」等容器。
- 2.準備一些圓糯米，先泡水約一小時。

- 將以上各種「容器」，依固定比例約 1：1 裝泡過水的圓糯米，放在酒精燈上加熱。
- 加熱 30 分鐘，記錄各種容器加熱時溫度的變化關係。
- 實驗過程、方法、相片和說明，如圖 5-5-1 所示。



圖 5-5-1 探討其他容器燒烤做飯的可行性過程說明圖

(二)研究結果

- 我們將圖 5-5-1 的實驗結果記錄下來，如圖 5-5-2 所示。

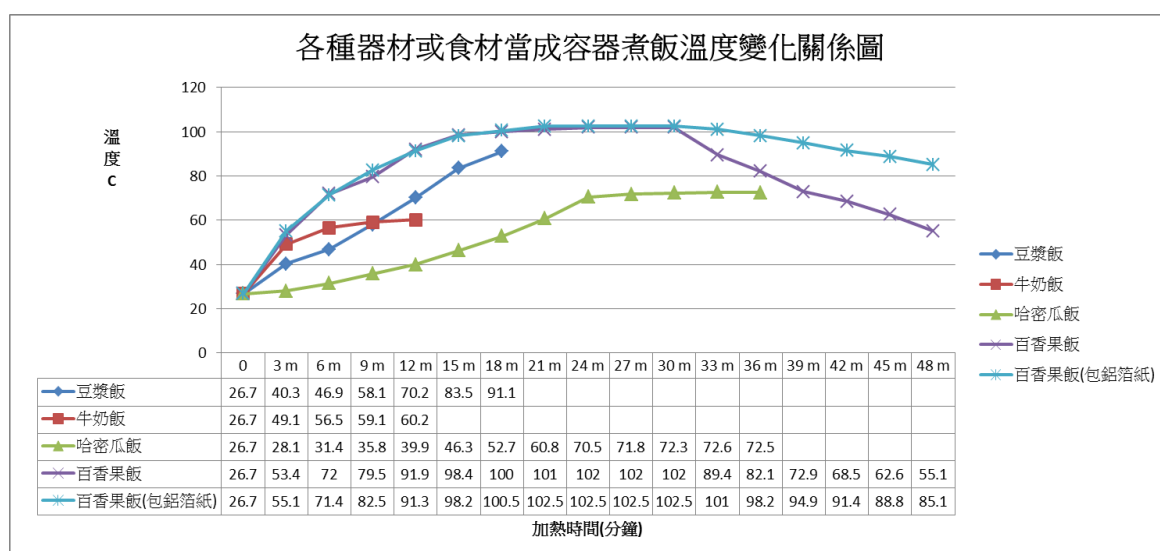


圖 5-5-2 各種器材或食材當成容器煮飯溫度變化關係說明圖

- 從圖 5-5-2 的實驗結果，我們發現：

- (1)以鋁箔包豆漿加入泡過水的糯米加熱時，約 18 分鐘，因為底部材質漏水，變成半生不熟的米飯，經米飯熟度測試結果，115g 的拉力無法將米飯切斷。
- (2)以鋁箔包牛奶加入泡過水的糯米加熱時，約 12 分鐘，因為底部材質漏水，變成半生不熟的米飯，經米飯熟度測試結果，115g 的拉力無法將米飯切斷。
- (3)以哈密瓜當成容器煮飯，結果溫度上升比較慢，36 分鐘後因為底部燒焦，實驗中斷，經米飯熟度測試結果，115g 的拉力無法將米飯切斷。
- (4)這次的實驗，只有「百香果飯」製作成功；百香果的酸甜滋味完全融入米飯當中，非常美味好吃。
- (5)百香果飯大約加熱 30 分鐘，悶 15 分鐘，即可完成。經米飯熟度測試結果，115g 的拉力，2 秒的時間就將米飯切斷。

(三)討論

1.檢討實驗失敗的原因：

(1)加熱的方式需要改變。

因為是以酒精燈直接**傳導**加熱，無法平均受熱，而導致底部過熱，且容器耐熱性不佳，容易燒焦或漏水。如果改成**輻射**方式受熱，應該可以均勻受熱。

(2)容器內水分過多。

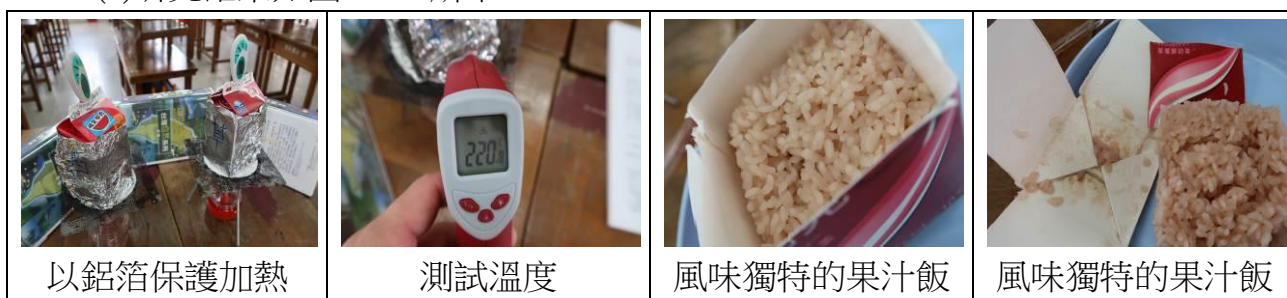
哈密瓜本身已經有豐富的水分了，導致溫度無法持續上升，所以造成底層焦熟、上層生的半生不熟現象。

(3)善用鋁箔紙，保護容器。

我們發現，容器外包著鋁箔紙，雖然溫度無法提升，但可以保護容器，比較不會燒焦。

2.果汁飯再製作。

- (1)我們檢討失敗的原因後，再次嘗試煮果汁飯。
- (2)以鋁箔將容器保護，並以石綿網阻隔。
- (3)米粒先泡水一小時，再以 1：1 的比例，加入裝有果汁的鋁箔包。
- (4)測量火源溫度約 220~230^oC，開始加熱並記錄溫度變化。
- (5)研究結果如圖 5-5-3 所示。



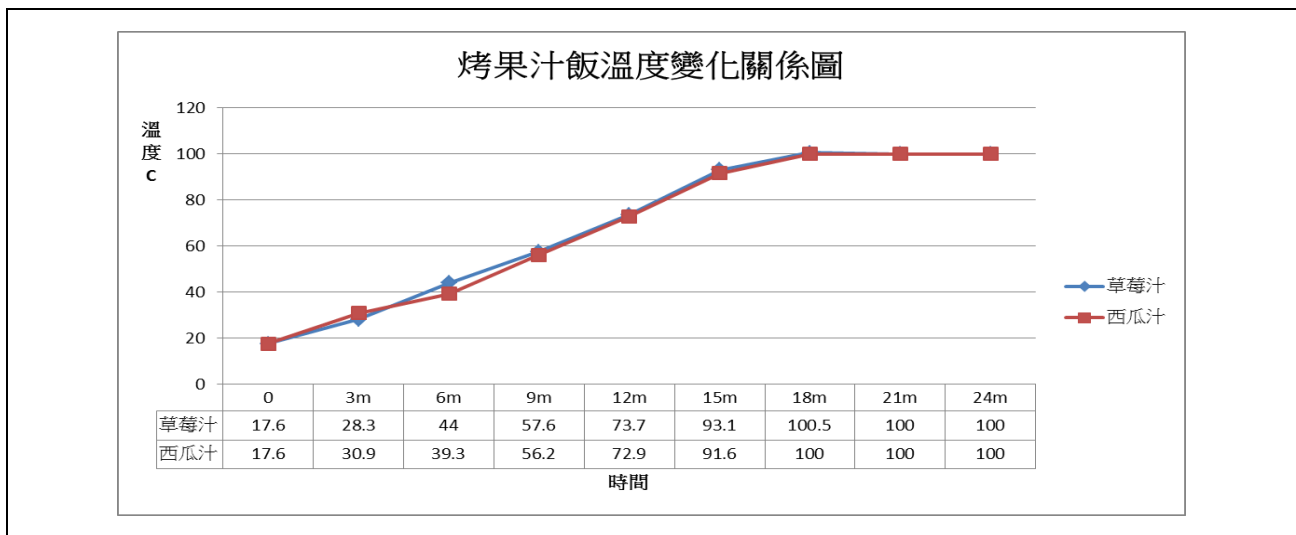


圖 5-5-3 果汁飯製作溫度變化關係圖

(6)從圖 5-5-3 的研究結果，我們發現：

- a.以鋁箔包當成容器，可以用來煮飯，加入各種風味的果汁，就可以做成風味獨特的果汁飯。

3.重回部落，再尋求改進的方法與協助！

回到部落 ~ 尋求改進的方法與協助

我們將製作竹筒飯的實驗過程和數據，和部落長老討論，也將水果飯的製作構想和失敗的檢討原因，向長老尋求改進的方法及協助：

- 1.長老其實不知道什麼「科學原理」，但是以他的經驗，認為應該是酒精燈直接加熱不平均。
- 2.長老也沒有試過用「水果」當成容器作飯；但是，他也覺得應該可以試試看。
- 3.我們再次回到部落，想完成水果飯。
- 4.這一次，我們以「熱輻射原理」，讓水果飯受熱。

- (1)我們準備「鳳梨」、「哈密瓜」、「南瓜」三種水果各 2 個，到部落和長老一起製作水果飯，並測量溫度變化。
- (2)圓糯米先泡水一個小時以上，備用。
- (3)檢討之前失敗的原因：水果已含豐富水分，泡過水的米，瀝乾放入水果內約 7 分滿即可。
- (4)改以烤爐、火烤方式加熱，利用「熱輻射原理」讓竹筒飯、水果飯受熱，不以傳導方式直接受熱。
- (5)有關實驗過程、圖片及說明，如圖 5-5-4 所示。

			
1. 到達部落	2. 南瓜挖空	3. 鳳梨挖空	4. 哈密瓜挖空
			
5. 鳳梨包鋁箔紙	6. 裝入約7分滿的米	7. 裝入約7分滿的米	8. 火源溫度超過 500°C
			
9. 靠近火源受熱	10. 輻射原理受熱	11. 烤爐加熱	12. 烤爐加熱
			
12. 圍在一起烤肉	13. 體驗原住民生活	14. 火爐溫度慢慢上升	15. 測試溫度
			
16. 竹筒飯水煮沸	17. 火爐達 360° 以上	18. 竹筒飯微焦好吃	19. 哈密瓜飯完成
			
20. 表皮不會烤焦	21. 鳳梨飯的光澤香味	22. 南瓜飯養生好吃	23. 全部水果飯呈現



圖 5-5-4 各種水果飯、竹筒飯製作過程說明圖

(6)從圖 5-5-3 的實驗結果，我們發現：

- 水果飯的製作是成功的，只要可以裝水裝米的容器，都可以用來煮飯。
- 利用「輻射原理」的加熱方式，比較適合用來製作水果飯，而且不容易烤焦。
- 水果飯的製作是成功的，未來可以開發成為特色美食。

(7)比較可惜的，因為溫度非常高，很難靠近，測量溫度不易；而且，我們的溫度計，只能測試到 500°C。因此，無法完整測量溫度。

(8)經過測溫槍的測試，烤爐的溫度平均大約在 300°C~350°C 左右。

【研究六】探討「自製烤爐」製作竹筒飯的可行性

再一次從部落回來後，我們討論著，竹筒飯製作可不可以更生活化呢？每次烤竹筒飯，就一定要回到部落嗎？我們一直想要讓竹筒飯變得更簡便、更生活化，日常的烤肉就可以了順便烤竹筒飯了嗎？

從前面的實驗結果，我們知道，利用「熱輻射原理」，製作竹筒飯或水果飯，是比較可行的，我們想試著製作簡易的烤爐，日常生活即可應用製作。

(一)研究過程

- 我們將想法概念和爸爸溝通，請爸爸協助製作一個竹筒飯、烤肉二用的火烤爐。
- 和前面的實驗一樣準備泡過水的米和竹筒。
- 以容易取得的木炭當火源。
- 從前面的實驗過程中，我們知道，烤竹筒飯大約只要加熱約 30 分鐘即可。
- 我們記錄竹筒飯加熱到 100°C 後，再繼續加熱 12、15、18 分鐘，之後再悶 15 分鐘，觀察竹筒飯的熟度和變化關係。
- 相關實驗的過程說明，如圖 5-6-1 所示。





圖 5-6-1 自製竹筒飯及烤肉用烤爐製作竹筒飯實驗說明圖

(二)研究結果

1.我們將圖 5-6-1 的研究結果以圖表呈現，如圖 5-6-2 所示。

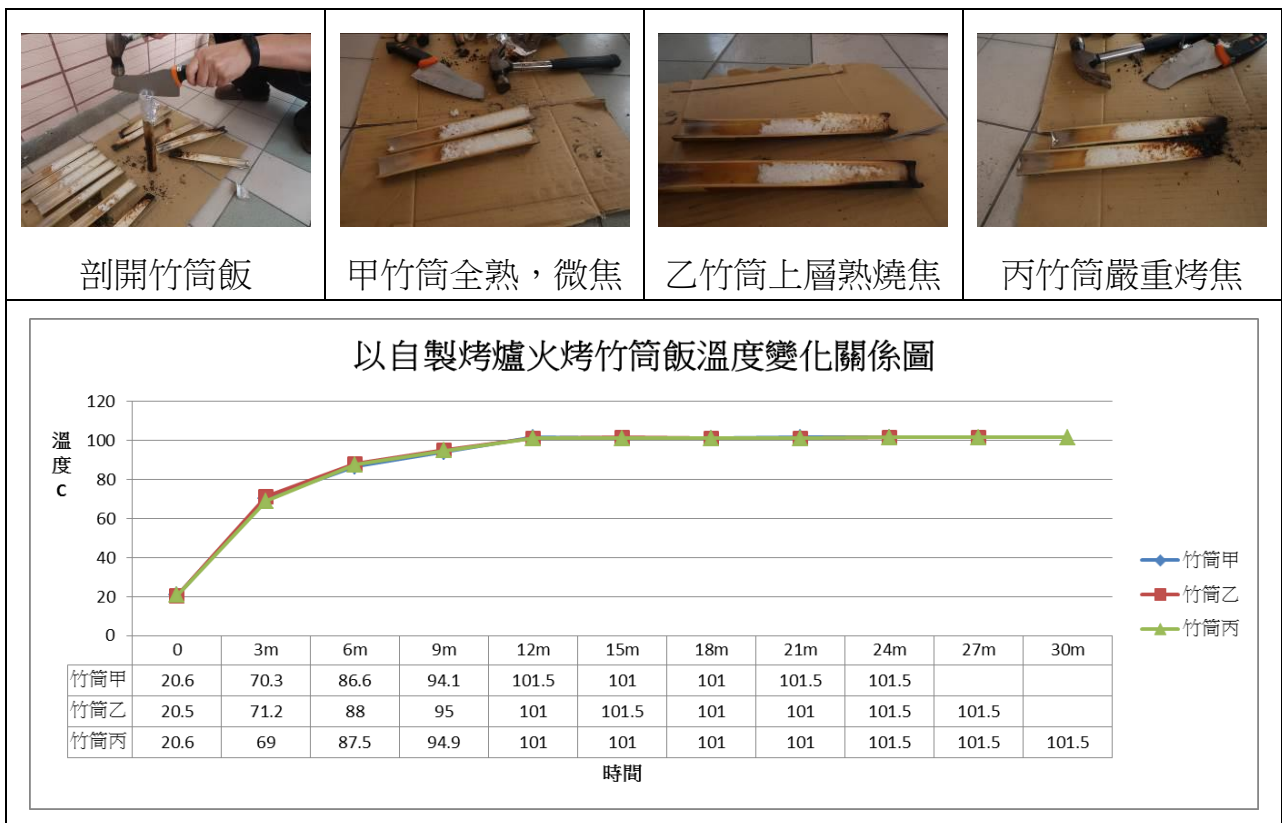


圖 5-6-2 以自製烤爐製作竹筒飯溫度變化關係圖

2.從圖 5-6-2 的研究結果，我們發現：

- (1)以自製烤爐製作竹筒飯時，加熱約 12 分鐘，溫度即可到達 100°C。
- (2)甲竹筒達到 100°C 以後，繼續加熱 12 分鐘，結果飯全熟，但底部稍微烤焦。
- (3)乙竹筒達到 100°C 以後，繼續加熱 15 分鐘，結果飯上層全熟，但底部烤焦。
- (4)丙竹筒達到 100°C 以後，繼續加熱 18 分鐘，結果飯上層全熟，但底部嚴重烤焦。
- (5)我們測量炭火和鐵管溫度，平均大約 250~320°C 左右。
- (6)自製烤爐燒烤竹筒飯是可以完成的，可以更生活化應用的。

(三)討論

1.家裡的烤箱，也可以來烤水果飯嗎？

- (1)我們想到烤箱也是「熱輻射原理」的應用。
- (2)烤箱標示最高的溫度大約 250°C，我們利用烤箱來製作水果飯。
- (3)和之前水果飯製作過程一樣，只是換成烤箱的熱輻射來加熱。
- (4)加熱後悶 30 分鐘。
- (5)實驗過程及說明，如圖 5-6-3 所示。

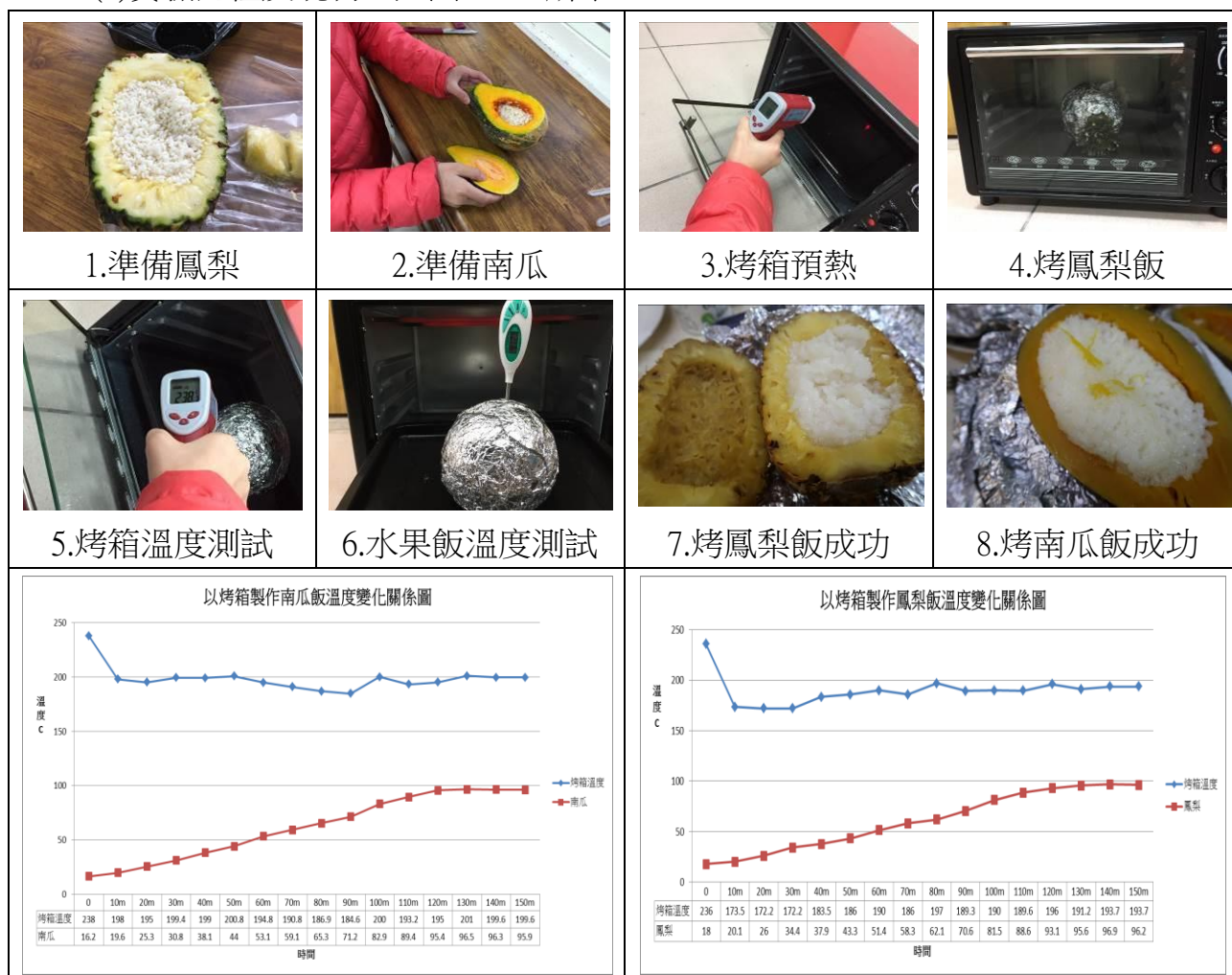


圖 5-6-3 利用烤箱燒烤水果飯溫度變化關係圖

- (6)從圖 5-6-3 的研究結果，我們發現：
 - a.以烤箱烤南瓜飯，烤箱溫度平均大約只有 195.8°C，南瓜飯裡面的溫度無法達到 100°C，最高只到 96.5°C。
 - b.以烤箱烤鳳梨飯，烤箱溫度平均大約只有 186.9°C，鳳梨飯裡面的溫度無法達到 100°C，最高只到 96.9°C。
 - c.雖然鳳梨及南瓜飯裡面溫度未達 100°C，但經過半小時的悶熟過程，且經米飯熟度測試結果，115g 的拉力，1 秒的時間即可將米飯切斷了。
 - d.雖然時間上比較久，在家裡用烤箱烤水果飯是可以的。

2. 可以利用水煮的方式製作竹筒飯、水果飯嗎？溫度如何變化呢？可以讓竹筒飯或水果飯的製作更生活化嗎？

- (1)將米泡水一小時，準備竹筒、南瓜和鳳梨、鋁箔包果汁，過程方法同圖 5-4-1、5-5-3 的研究過程。

- (2)以水煮的方式製作竹筒飯和水果飯，當水沸騰的時候，再將竹筒飯、水果飯、果汁飯放進鍋裡煮，再蓋上蓋子。
- (3)竹筒飯、果汁飯每 3 分鐘記錄一次溫度，水果飯每 10 分鐘記錄一次溫度。
- (4)加熱結束後，再悶 15 分鐘，將飯悶熟。
- (5)最後再以米飯熟度測試器，測試飯的熟度。
- (6)實驗過程、結果和紀錄，如圖 5-6-4 所示。

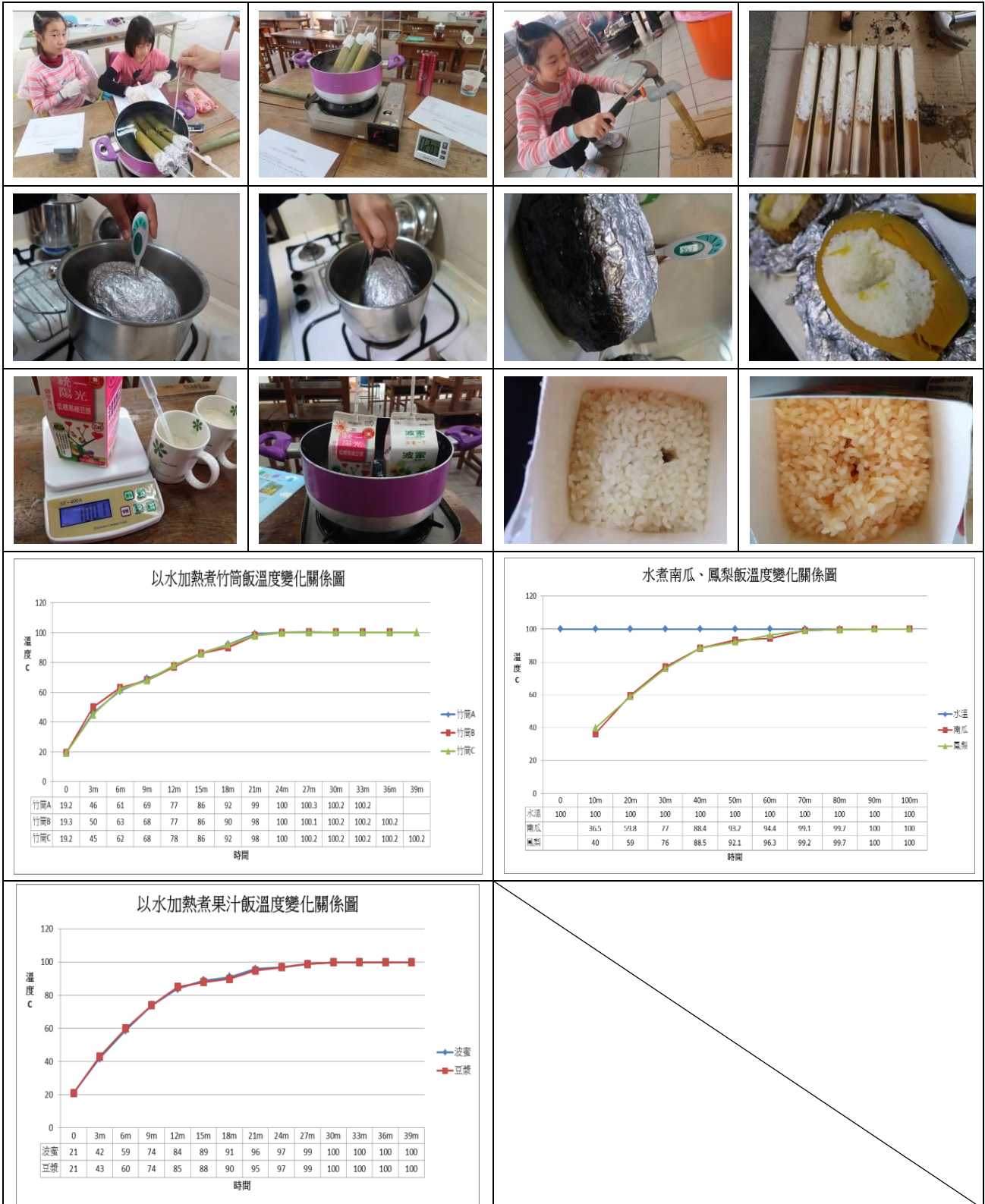


圖 5-6-4 以水煮方式製作竹筒飯、水果飯過程和結果說明圖

(7)從圖 5-6-4 的研究結果，我們發現：

- a.以水煮竹筒飯的方式，大約 21 分鐘，竹筒飯裡面的溫度就可以達到 100°C 。
- b.竹筒飯 A，溫度達到 100°C 以後，繼續加熱 10 分鐘，以米飯熟度測試器測試結果，以 115g 的拉力測試，約 50 秒才可以將米粒切斷。米飯熟度不太夠。
- c.竹筒飯 B，溫度達到 100°C 以後，繼續加熱 13 分鐘，以米飯熟度測試器測試結果，以 115g 的拉力測試，約 2 秒就可以將米粒切斷。米飯已經全熟。
- d.竹筒飯 C，溫度達到 100°C 以後，繼續加熱 16 分鐘，以米飯熟度測試器測試結果，以 115g 的拉力測試，約 1 秒就可以將米粒切斷。米飯已經全熟。
- e.水煮南瓜飯、鳳梨飯，大約煮 80 分鐘，裡面的溫度即可達到 100°C ，繼續加熱 20 分鐘，再悶 15 分鐘，以 115g 的拉力測試，約 2 秒就可以將米粒切斷。米飯已經全熟。

【研究七】有沒有更快速的方式製作竹筒飯

依據前面的實驗結果，我們發現：不管是利用傳導或是輻射的原理，火源溫度越高，似乎就越能快速將竹筒飯烤熟。有沒有溫度更高的火源可以取得呢？我們發現用來燒木炭的噴燈火槍，溫度非常高，應該可以試試！

(一)研究過程

- 1.利用噴燈瓦斯槍當成火源溫度。
- 2.將噴燈瓦斯槍對鐵管加熱，利用鐵管的熱輻射，讓竹筒飯受熱。
- 3.每 3 分鐘記錄一次，記錄竹筒飯的溫度變化關係，加熱結束後再悶 15 分鐘。
- 4.詳細實驗過程如圖 7-1-1 所示。



圖 7-1-1 利用噴燈瓦斯槍加熱鐵管製作竹筒飯過程說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將圖 7-1-1 的研究結果，以圖表呈現，如圖 7-1-2 所示。

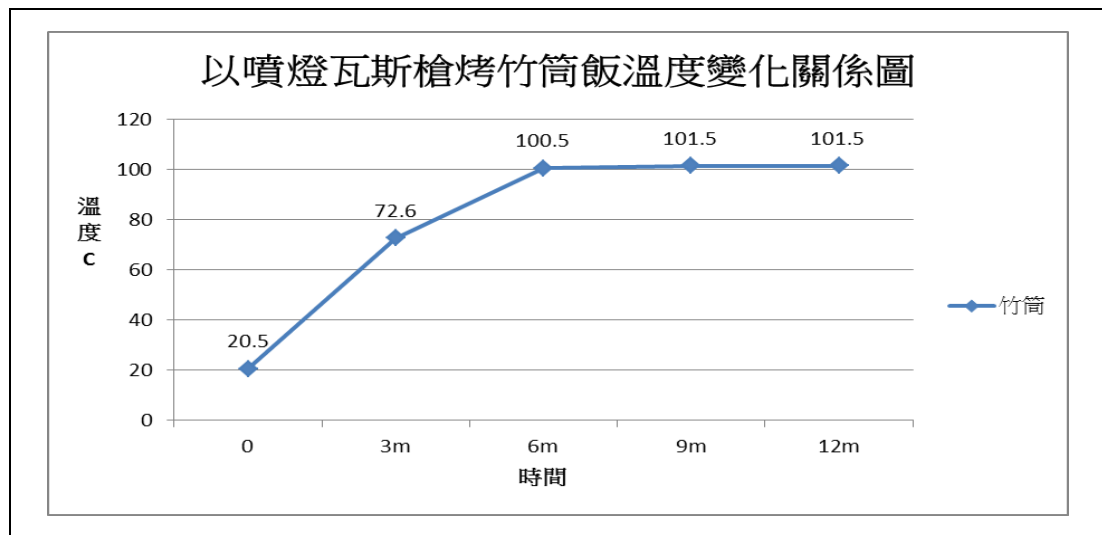


圖 7-1-2 以噴燈瓦斯槍烤竹筒飯溫度變化關係圖

2.從圖 7-1-2 的研究結果，我們發現：

- (1)噴燈瓦斯槍的火源溫度太高了，溫度槍測量不到，經資料查詢，可高達 $800^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ，而加熱在鐵管上時，溫度也都超過 500°C 了。
- (2)以噴燈瓦斯槍加熱烤竹筒飯的速度上升最快，不到 5 分鐘，竹筒內的溫度就已經上升到 100°C 了。
- (3)溫度越高，烤竹筒飯的時間就越短。

(三)討論

- 1.以噴燈瓦斯槍，加熱鐵管，再利用熱輻射原理製作竹筒飯，是最快速而且可行的。

陸、結論

- 一、早期的泰雅原住民，以米飯為主要食糧，但因為經常要外出工作，所以發明了獨特的竹筒飯。而竹筒飯製作的主要材料只有桂竹和圓糯米而已，火烤是最主要的烹煮方式。
- 二、製作竹筒飯所應用的科學原理主要有：
 - (一)燃燒的三要素，達不到燃點，因為水吸收了火源的溫度。
 - (二)熱的傳播方式：火(熱)源以傳導、輻射原理→竹筒，竹筒吸收熱→傳導給竹筒內的水，再以對流方式讓米和水受熱，米粒吸收熱水，最後煮熟。
- 三、米粒會吸水，但各種米粒的吸水量不同，大約一個小時即可達到最大的吸水量，約 62%。水的溫度越高，吸水量越大越快。
製作竹筒飯的米粒要先泡水，可以幫助快速煮熟。
- 四、煮飯的過程中，水分因為溫度越高，水分會快速被米粒吸收，但溫度最高為水的沸點 100°C，當水分被完全吸收後，溫度又會再度升高。
米粒沒有泡過水，烤竹筒飯時，容易燒焦，飯粒不易糊化熟透。
- 五、水，是影響竹筒內溫度變化的主要關鍵，和竹筒的大小沒有直接關係。水量多，溫度上升比較慢；水量少，溫度上升比較快。
水中加入油、鹽，對加熱溫度的變化，並不會有太多的影響。
- 六、各種品種的米，都可以用來製作竹筒飯。早期原住民會使用圓糯米，主要是因為比較有飽足感，適合在山上大量活動的體力消耗。
- 七、只要可以裝水的容器應該都可以用來煮飯，利用這個概念，我們延伸出水果飯的特色美食，例如：鳳梨飯、哈密瓜飯、百香果飯、南瓜飯和果汁飯。
- 八、我們利用熱輻射的原理自行設計的烤爐，可以同時烤肉、也可以烤竹筒飯。製作竹筒飯更便利、更佳生活化了。
- 九、利用噴燈瓦斯槍，因為火源溫度高，可以更快速利用熱輻射原理製作竹筒飯，溫度越高，燒烤的時間越短。

柒、未來「延伸思考」與「生活應用」

一、發展原民部落的特色美食

- 1.竹筒飯起源於原住民的部落，竹子取得方便，竹筒飯可以發展成為部落旅遊的特色美食。
- 2.竹筒飯具有特殊香氣，燒烤過的竹筒，可以當成燃燒的材料，相當環保。
- 3.竹筒飯不是只可以裝糯米，可以發展小米竹筒飯、甜鹹口味不同的竹筒飯、火烤水煮的竹筒飯，可以變化成各種特色。

二、課程教學的延伸

- 1.竹筒飯吃起來很好吃，但卻不是人人都會製作。
- 2.為什麼米要先泡水？泡多久？米粒可以吸多少水？要烤多久？溫度如何變化？為什麼竹筒燒不起來？應用了那些科學原理？這些都是課程教學的延伸。
- 3.竹筒飯 DIY，是最有趣好玩的教學課程，不要說一般的民眾，現在連很多原住民孩子，都不知道竹筒飯如何製作了。

三、好玩有趣的生活應用

- 1.戶外休閒、露營烤肉、野外求生…等活動，隨著科技發達和國人旅遊盛行，越來越受到大家歡迎和重視。
- 2.竹筒飯的製作變化，不僅是科學原理的生活應用，也可以增添生活樂趣，我們希望藉由這次科展的主題討論，帶給大家不一樣的看法和想法。因為，「竹筒飯」不只是竹筒飯。
- 3.家用烤箱也可以變化出特色風味的水果飯唷！

四、水果飯的特色變化

- 1.應用竹筒飯製作的科學原理，其實可以變化很多不同口味的美食。
- 2.利用水果本身含有水分的特色，造成達不到燃點的科學原理，發展出鳳梨飯等水果飯的美食，增添生活樂趣。

捌、參考資料

- 一、維基百科-泰雅族 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw>
- 二、有人部落 <http://www.got1mag.com/blogs/kimcherng.php/2008/05/31/lemang>
- 三、太魯閣族傳統美食
http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2012/cchps2012/narrative03_02_01.htm
- 四、科學 Online <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40466>
- 五、<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-021.html>
- 六、竹筒飯-中文百科 http://www.zwbk.org/zh-tw/Lemma_Show/127344.aspx
- 七、竹筒飯-維基百科
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%AB%B9%E7%AD%92%E9%A5%AD>
- 八、第一屆原住民華碩科教獎 <http://yabit.et.nthu.edu.tw/2015yabit/award1.php>
- 九、台灣楓康超市網購店 <https://tw.mall.yahoo.com/item>
- 十、花園國小-原住民資源教室 http://web.chu.edu.tw/~yshou/work_page/food_rice.htm
- 十一、農業知識入口網
kmweb.coa.gov.tw/knowledge/knowledge_cp.aspx?ArticleId=92631&ArticleType=A&CategoryId=A&kpi=0&dateS=&dateE=
- 十二、燃點-維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%87%83%E7%82%B9>
- 十三、燃燒-維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%87%83%E7%83%A7>