

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：燒耶的紙箱

一、摘要

我們在網路上看到了有人竟然可以不用電、只用紙箱、鋁箔紙和炭火就能使雞肉烤熟，於是我們想研究怎麼樣的紙箱裝置效果好，於是研究了許多的變因，例如：孔洞大小、紙箱大小、鋁箔厚度等。結果發現使用 A3 紙箱的溫度比 B4 的略高，細小孔洞溫度高於寬大孔洞，包覆六層鋁箔溫度高於一層鋁箔。綜合上述結果即可以做出免電、輕便、低成本的烤箱。

二、探究題目與動機

每每到了中秋節，烤肉是必備的流程，但是烤完肉時，總是鬧得烏煙瘴氣，不僅造成了空氣汙染，也危害了我們的身心健康。幾天前在網路上我們看到了一個影片，影片裡的人居然不用使用電，只需要紙箱、鋁箔紙和木炭等就可以把一隻雞烤熟，我們看了嘖嘖稱奇，所以我們決定要自己做做看，研究各種變因，做出既環保又方便的烤箱。

三、探究目的與假設

1. 探究目的：探討紙箱的尺寸、開孔的大小及鋁箔紙包覆厚度對紙箱內溫度的影響。
2. 實驗假設：
 - (1) 大的紙箱會比小的紙箱溫度起伏還更平緩且溫度能持續較久。
 - (2) 寬大孔洞比細小孔洞的紙箱內部溫度高。
 - (3) 越厚的鋁箔，輻射熱不易散失，溫度較高。

四、探究方法與驗證步驟

(一)探究器材：B4(37.5×26.5×12.0 cm³)及 A3(45.5×31.5×30.3 cm³)影印紙箱、瓦斯噴槍、溫度計 6 支、鋁箔、硬銅線*2(約 45cm)、烤網、椰子炭(每顆大小固定)、鐵盤、打火機



圖 1：紙箱內部



圖 2：紙箱未加蓋俯視圖



圖 3：溫度計及進風口的位置



圖 4：紙箱加蓋俯視圖



圖 5：紙箱側視圖



圖 6：紙箱出風口孔洞位置

(二)探究裝置設置：

製作紙箱

1. 紙箱和蓋子內部貼上鋁箔紙，亮面朝外(圖 1)
2. 紙箱的兩邊側面各開一個洞，一上一下(圖 6)

紙箱裝置

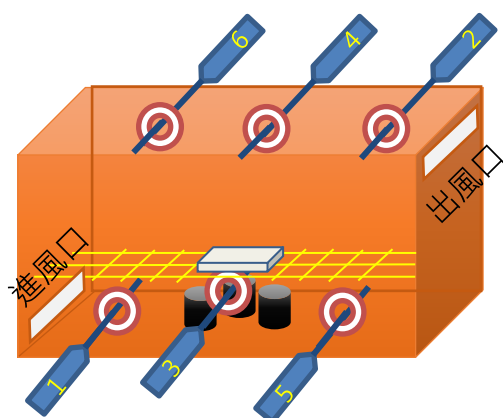
1. 用 2 條粗銅線穿過紙箱，放上烤網(圖 2)
2. 各開 6 個要放置溫度計的小洞(圖 3)
3. 模擬食物抹布用鋁箔紙包裹(亮面朝內，霧面朝外)

加熱裝置

1. 先加熱三顆椰子炭三分鐘
2. 把鋁盤倒置放在底部，再把燒好的椰子炭放在鐵盤上

測量方法

1. 將六支溫度計分別插在指定位置
2. 蓋上紙箱上蓋，每隔 10 分鐘記錄一次各溫度計的溫度，共記錄 60 分鐘



- 第 1 支溫度計：測量紙箱進風口的溫度(在進風口的旁邊)
第 2 支溫度計：紙箱出風口的溫度(在出風口的旁邊)
第 3 支溫度計：椰子炭上方的空氣溫度
第 4 支溫度計：烤網上方的溫度
第 5 支溫度計：進風口對面溫度(在進風口對面的角落)
第 6 支溫度計：出風口對面溫度(在出風口對面角落)

圖 7：溫度計放置位置及說明

(三)探究設計：

實驗一：紙箱的大小對紙箱內溫度的影響。

操縱變因：紙箱大小—分別使用 B4 和 A3 紙箱進行實驗。

控制變因：鋁箔厚度—一層、孔洞大小—細小孔洞($15 \times 3 \text{ cm}^2$)

實驗二：A3 紙箱兩側孔洞的大小對紙箱內溫度的影響。

操縱變因：孔洞大小—分別裁切細小孔洞($15 \times 3 \text{ cm}^2$) 和寬大孔洞($20 \times 4 \text{ cm}^2$) 進行實驗。

控制變因：鋁箔厚度—一層、紙箱大小—A3

新增實驗：移去紙箱內烤盤和模擬食物對溫度的影響。

操縱變因：是否移去紙箱內烤盤和模擬食物進行實驗。

控制變因：紙箱大小—A3、孔洞大小—寬大孔洞($20 \times 4 \text{ cm}^2$)、鋁箔厚度—一層

實驗三：紙箱內部鋁箔包覆厚度對溫度的影響。

操縱變因：鋁箔厚度—紙箱內部分別包覆一層鋁箔紙和六層鋁箔紙進行實驗。

控制變因：紙箱大小—A3、孔洞大小—寬大孔洞($20 \times 4 \text{ cm}^2$)

(四)探究結果：

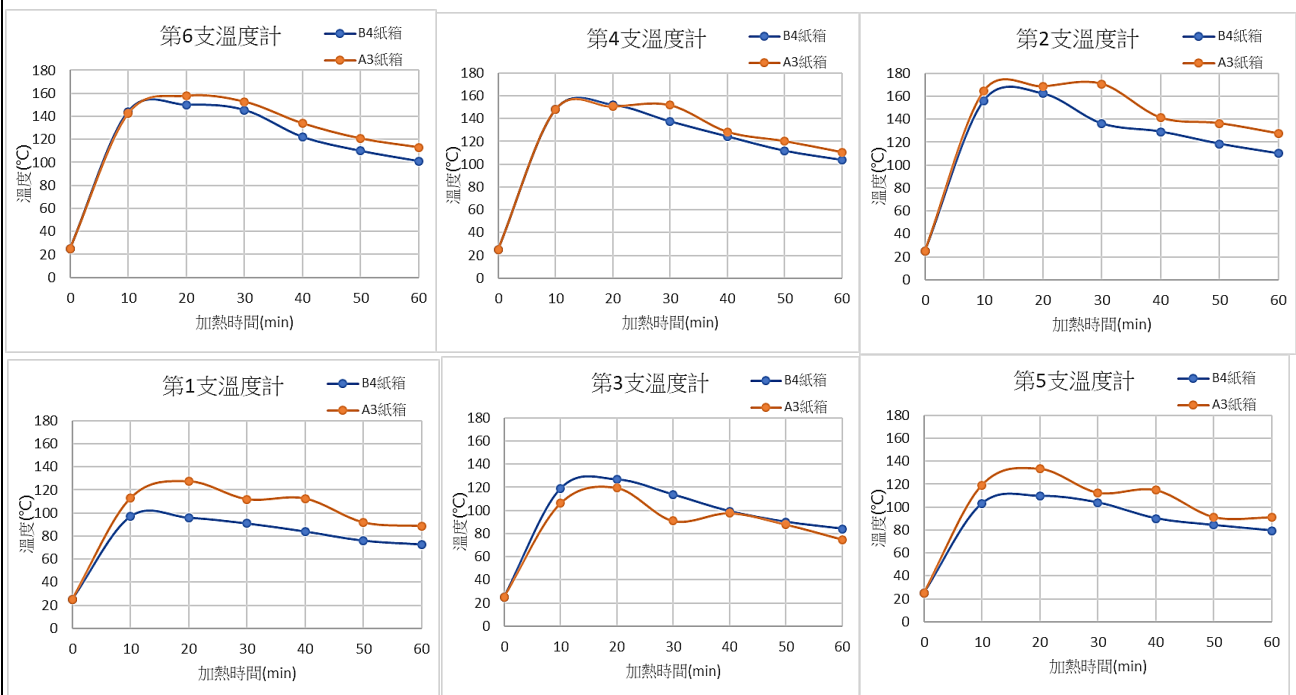
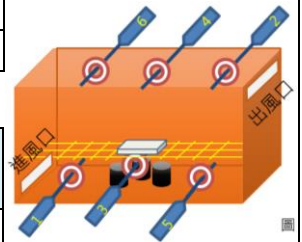
實驗一：紙箱的大小對紙箱內溫度的影響。

表一：B4 紙箱實驗結果：

時間 溫度計	0 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
第 1 支	25.0	97.0	96.0	91.0	84.0	76.0	72.7
第 2 支	25.0	156.1	162.3	136.2	129.1	118.5	110.1
第 3 支	25.0	118.6	126.6	113.6	99.2	90.0	84.1
第 4 支	25.0	147.9	152.3	137.7	124.5	111.9	103.8
第 5 支	25.0	102.9	109.6	103.9	90.1	84.2	79.5
第 6 支	25.0	144.1	150.0	145.5	122.1	109.9	101.0

表二：A3 紙箱實驗結果：

時間 溫度計	0 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
第 1 支	25.0	112.7	127.4	111.9	112.5	91.8	88.5
第 2 支	25.0	164.5	168.5	170.8	141.3	136.4	127.5
第 3 支	25.0	106.1	119.6	90.9	97.6	87.8	74.8
第 4 支	25.0	148	150.6	151.9	128.5	120.3	110.6
第 5 支	25.0	119.2	133.5	112.6	114.9	91.3	90.9
第 6 支	25.0	142.3	157.8	152.8	134	120.8	113.1



實驗結果討論：

- (1) 加熱 20 分鐘後，達到最高溫，之後溫度即開始慢慢下降。
- (2) 第 2、4、6 支溫度計溫度皆高於第 1、3、5 支溫度計，代表上方溫度高於下方，與熱空氣密度小往上升相符。

(3) 第 2 支溫度計溫度最高，我們推測，因空氣在下方被炭火加熱上升後，漸漸往出風口方向移動，故在出風口位置的空氣為被加熱時間最長的，故溫度最高。

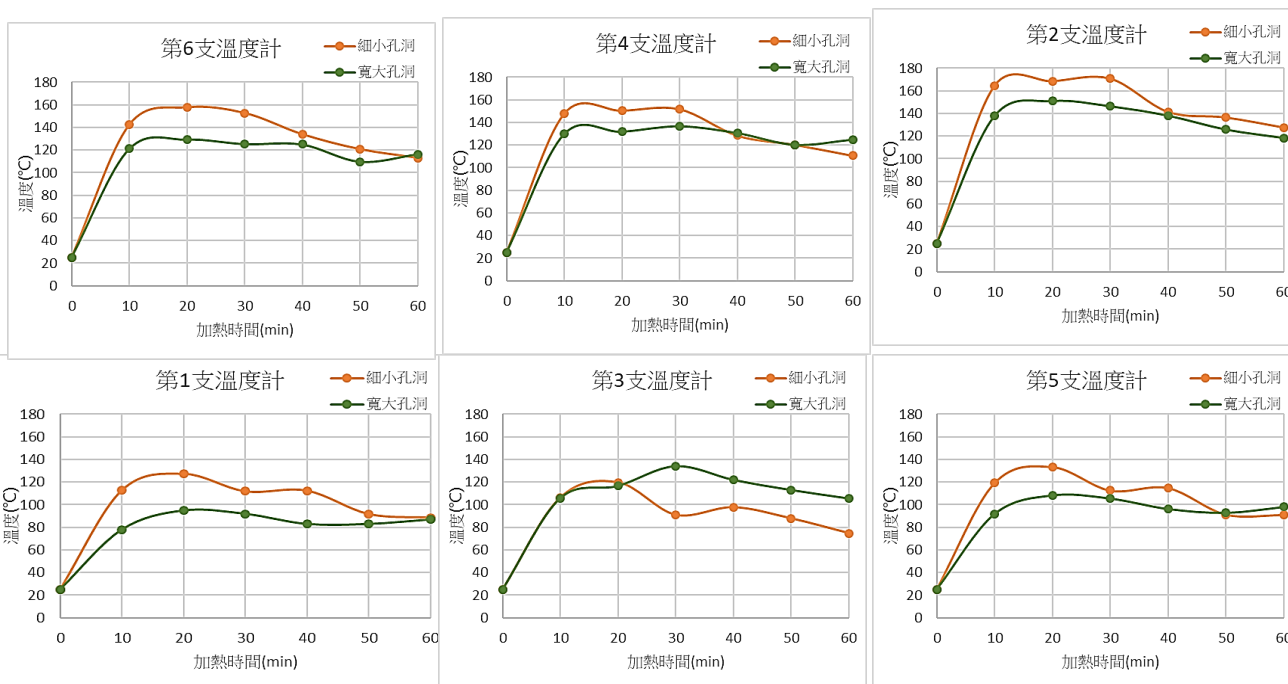
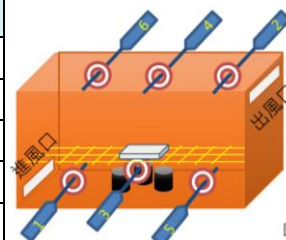
(4) 由圖表結果可以發現，只有第三支溫度計在 B4 紙箱溫度高於 A3 紙箱，其餘位置都是 A3 紙箱的溫度略高於 B4 紙箱，代表較大的紙箱較能蓄積熱能，但兩者差異不大。

實驗二：A3 紙箱兩側孔洞的大小對紙箱內溫度的影響。

細小孔洞實驗結果：同表二

表三：寬大孔洞實驗結果：

時間 溫度計	0 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
第 1 支	25.0	78.0	95.0	92.0	83.0	83.0	87.0
第 2 支	25.0	137.8	151.0	146.4	138.1	125.8	118.3
第 3 支	25.0	105.6	116.5	134.0	121.9	112.9	105.4
第 4 支	25.0	129.8	131.8	136.6	130.6	120.2	124.8
第 5 支	25.0	91.8	108.4	105.6	96.3	92.9	98.0
第 6 支	25.0	121.2	129.5	125.5	125.1	109.8	116.4



實驗結果討論：

(1) 由結果發現，增加孔洞的大小會降低紙箱內部的溫度，但第 3 支溫度計卻反而上升，我們認為是孔洞變大讓氧氣進入的量變多而使燃燒較旺盛的關係，因此炭火上方溫度得以提升，而因出風口易變大，空氣受熱後離去的速率增加，受熱時間短，使整體溫度較低，但溫度維持的情況較好、較穩定。

(2) 第三支溫度計位置在炭火上方，我們原先認為應會測得紙箱內最高的溫度，但由實驗一、二兩次的結果卻發現，實際測量到的溫度與原先預想的結果相反，我們猜想，應該是因為炭火上方為烤網，烤網上有模擬食物的鋁箔紙包濕抹布，吸收了大量的熱量而使溫度上升較少。

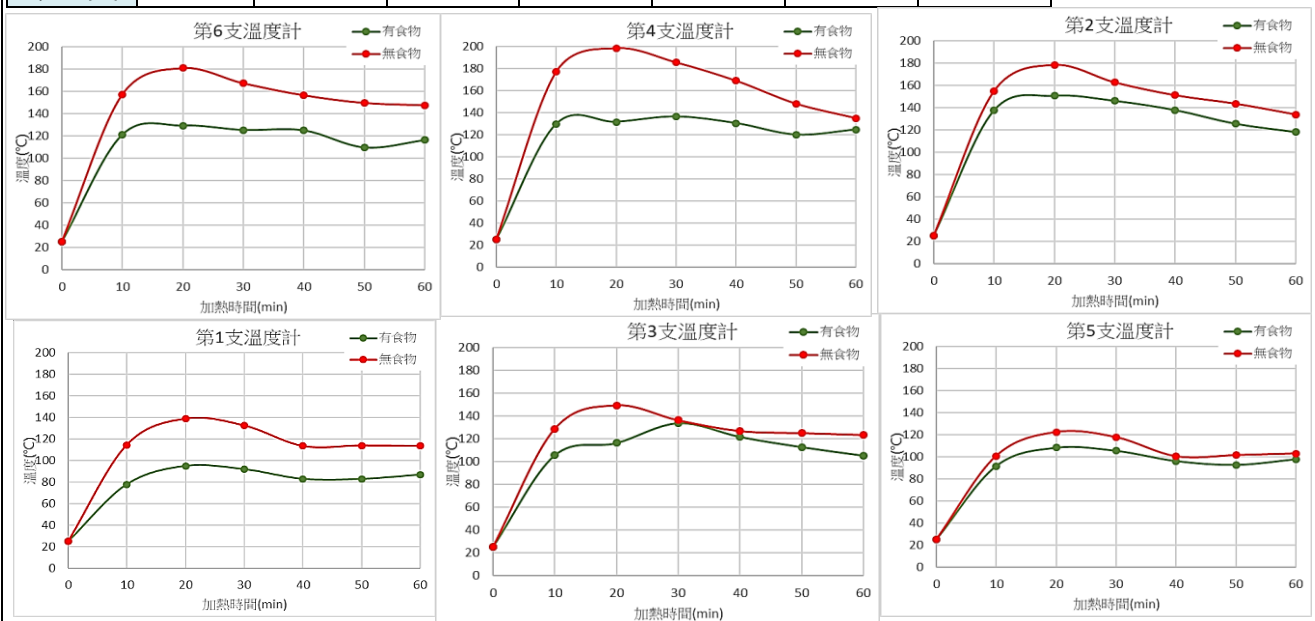
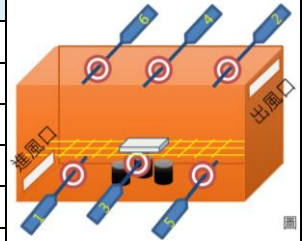
為了驗證我們的猜測是否正確，決定多做一個新增實驗，移去模擬食物看看結果。

新增實驗：移去紙箱內烤盤和模擬食物對溫度的影響。

紙箱內有烤盤和模擬食物實驗結果：同表三

表四：移去紙箱內烤盤和模擬食物實驗結果：

時間 溫度計	0 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
第 1 支	25.0	114.6	139	132.6	113.6	114.1	113.6
第 2 支	25.0	154.9	178.5	162.8	151.3	143.7	134
第 3 支	25.0	128.8	149.5	136.4	126.9	125.1	123.5
第 4 支	25.0	177	198.5	185.6	169	148.2	135.1
第 5 支	25.0	100.9	122.5	117.8	100.5	101.6	103.1
第 6 支	25.0	157.4	181.2	167.5	156.8	149.9	147.8



實驗結果討論：

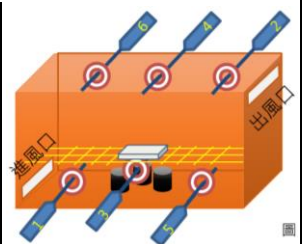
由結果發現，移去紙箱中的模擬食物使紙箱上方位置第 4、6 支溫度計溫度明顯上升，甚至高達近 200°C，代表模擬食物能吸收的熱量很多，而在炭火上方的第三支溫度計溫度亦升高許多，但仍不是紙箱中的最高溫，可能是因為移去模擬食物後，使炭火上方的熱空氣得以直接上升至紙箱頂部，故在紙箱中央頂部的第 4 支溫度計量測到最高的溫度。

實驗三：紙箱內部鋁箔包覆厚度對溫度的影響。

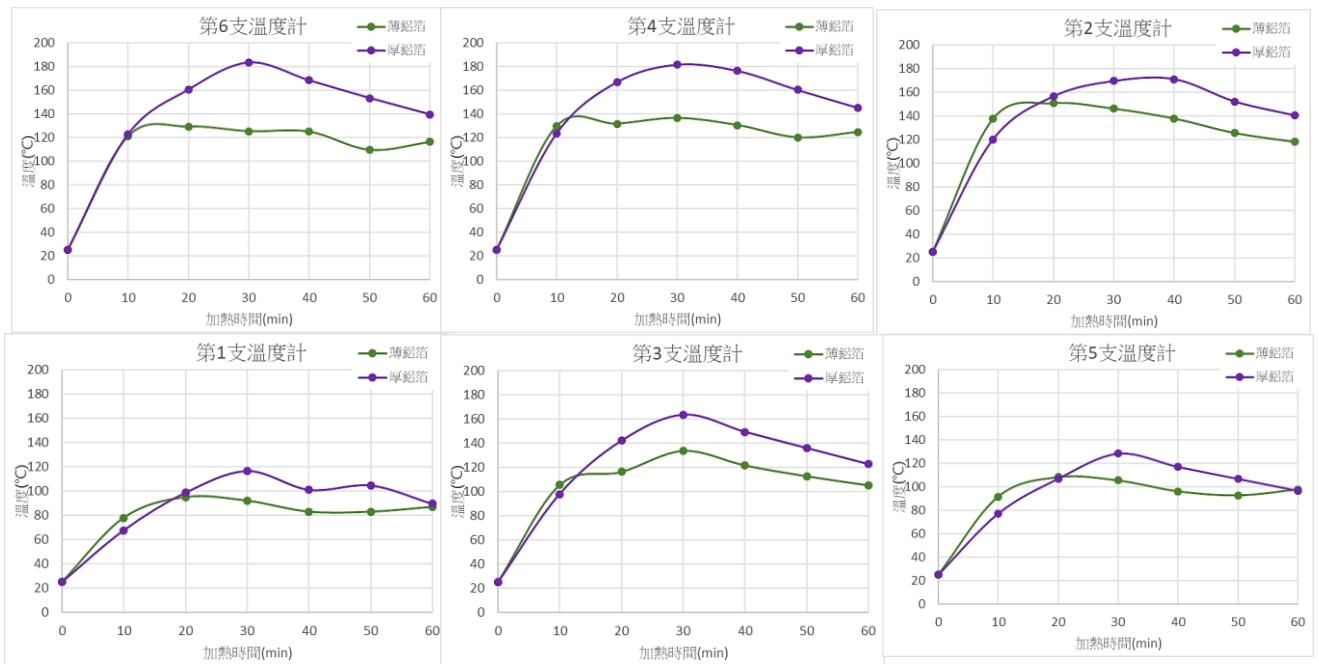
薄鋁箔實驗結果：同表三

表五：厚鋁箔實驗結果：

時間 溫度計	0 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
第 1 支	25.0	67.8	98.9	116.8	101.3	104.9	89.6
第 2 支	25.0	120.2	156.6	169.6	171.2	152.3	140.5
第 3 支	25.0	98.1	142.2	163.7	149.5	136.1	122.8
第 4 支	25.0	123.8	167.1	181.9	176.6	160.4	145.3



第 5 支	25.0	77.3	107.1	128.6	117.2	107.0	96.8
第 6 支	25.0	122.8	160.6	183.5	168.4	153.5	139.7



實驗結果討論：

- (1) 由結果發現，增加鋁箔厚度能提升紙箱上方及炭火上方的溫度，而因為鋁箔厚度愈厚，能吸收的熱量愈多，因此到達最高溫及熱平衡所需的時間較長，紙箱上方最高溫可達約 180°C。
- (2) 第 1、5 支溫度計在不同厚度鋁箔中溫度表現差不多，代表下方冷空氣溫度受鋁箔厚度影響不大。但厚鋁箔的第 3 支溫度計溫度明顯高於薄鋁箔，我們認為因為熱對流使得紙箱上方的溫度高，烤盤和模擬食物吸收上方較多的熱量而有較高溫度，故吸收炭火上方的熱量變少，使炭火上方的溫度亦較高。

五、結論與生活應用

1. 利用紙箱烤雞時，紙箱的尺寸、開孔的大小及鋁箔包覆的厚度皆會影響紙箱內的溫度，其中使用 A3 紙箱溫度略高 B4 紙箱，細小孔洞溫度高於寬大孔洞，但寬大孔洞溫度維持的效果比較好，而鋁箔包覆的厚度增加，紙箱內部溫度也增加，但溫度升高的速率會變慢。
2. 紙箱內放置食物會吸收熱量，會降低紙箱內所能達到的最高溫。
3. 由這次的實驗結果可以知道，只要利用內部包鋁箔的紙箱加三塊燒紅椰子炭即可以達到一般小烤箱的溫度和效果，要烤小雞翅或 pizza 沒問題，但必須注意食物放的量不能過多，即可以在戶外缺電的時候也能順利烤出美味的食物。

參考資料

1. 超懶人烤肉法大公開！用紙箱來烤雞？！【LIS 實驗室】
<https://www.youtube.com/watch?v=tsuS5XwWeeA>
2. 國中第三冊理化課本 康軒版