

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 農業及生物科技科

第二名

091410

「蒸」得不滴水

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者：  職二 何雅婷  職二 賴源昌  職二 陳香如	指導老師：  王俊雄  林士清
---	-----------------------------

關鍵詞：蒸籠、電鍋、凝結水

## 壹、摘要

無論使用竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋，蒸煮時都會出現滴水的現象，其中以不鏽鋼蒸籠滴水現象最嚴重。我們發現以砂子來偵測滴水效果最明顯，無論蒸籠或電鍋，當溫度到達最大值之後，再過約 1-3 分鐘是偵測滴水痕跡較佳的時機。我們初步推測蓋子的傾斜度應該是蒸籠、電鍋滴水現象之主因，實驗證明傾斜角度是影響凝結水滴滴落或滑落之關鍵因素。我們也發現滴水位置，主要發生在蓋子內螺絲或平面位置，但只要傾斜 15 度以上，凝結水就會沿著斜面滑落，而不會向下滴落，我們應用傾斜 15 度的圓錐蓋子，以雙層蒸籠與電鍋進行測試，經實驗證明，確實可以防止凝結水滴滴落，預期未來此種圓錐蓋子可廣泛運用在各種蒸煮器具，且極具實用價值。

## 貳、研究動機

「蒸籠」是實習課常用到的器材，每次蒸煮完去看成品時，就會覺得很懊惱，為什麼每次蒸煮完後的成品表面都會皺皺得不好看呢？

由於這個原因，我們去網路搜尋一下有關蒸籠的資訊，很可惜的是，有關它的介紹並不多。因為這樣，引起了我們強烈的興趣，想進一步的了解它的構造，並改善它美中不足的地方。於是我們請教老師，接著，我們展開了一段充實的研究過程。



## 參、研究目的

1. 探討蒸煮過程「滴水」之原因。
2. 探討如何解決「滴水」之問題。
3. 驗證防滴方法之實用性。

## 肆、研究設備與材料

### 一、設備



相機  
Nikon D70



相機  
CASIO FX-F1



壓麵機  
正大食品機械 M-14



熱電藕&溫度計  
Lutron



電磁爐  
YJ1301CB



電鍋  
TATUNG



磅秤  
EXCBL AWH3



電磁加熱攪拌機  
Fargo HMS-102



兩位數天平  
DERHER BBX-300

### 二、材料

低筋一號 (統一企業股公司)

中筋二號 (統一企業股公司)

特級高筋粉 (統一企業股公司)

在來米粉 (上統農產股份有限公司)

台糖精製細砂 (台灣糖業股份有限公司)

黑砂糖 (新台南糖廠股份有限公司)

台糖貳號砂糖 (台灣糖業股份有限公司)

強力即發酵母 (法國燕子牌)

特級泡打粉 (大福食品原料行)

大豆砂拉油 (台糖公司)

## 伍、研究過程與方法

### 一、文獻探討

#### 蒸籠（黃，2010）

有關「蒸籠」有學術參考價值的研究文獻非常少，較為相關的文獻摘錄如下：

1. 探討蒸籠以電磁爐隔水加熱時，蒸籠內溫度上升的情形。

結論：在加熱過程中蒸籠內的溫度未達熱平衡時，溫度以底層的溫度較高。

2. 探討蒸籠體積對加熱升溫時間之影響。

結論：發現蒸籠體積越大，所需加熱時間就越長。

3. 探討蒸籠隔層對溫度變化之影響。

結論：隔層孔洞越大，溫度暴衝現象就越不明顯。

4. 探討蒸籠內部壓力與溫度變化之關係。

結論：蒸籠內部壓力，會影響溫度變化。

#### 凝結水（曾，1987）

液態水與空氣接觸表面，水分子因吸收熱能，而進入空氣中，此種從液相脫離而進入氣相的過程稱之為「蒸發」或「氣化」。當受熱溫度升高時，蒸發作用就會加速，絕大多數的水分子就擁有較高的能量，而足以轉變成氣態的水蒸氣而進入空氣中。

如果液態水是盛於一封閉緊密的容器中，水分子固然能從液態中脫逃而進入空氣中，但它們走的不會很遠，有些在密閉的容器空間中彈躍的分子，會撞擊水面而再度重返液態水中，這個過程之為「凝結」或「液化」—是指氣相分子轉變成液相分子的過程而言。

液態的水與氣態的水蒸氣其分子濃度，會因溫度變化而有所不同，當溫度愈高時，則蒸氣壓也會愈大，不同溫度下，會有不同的水蒸氣壓，當水蒸氣壓到達一特定值後，有些水蒸氣分子，會重返水面而進入液態水中，有些水蒸氣分子，則會在容器內壁形成液態的凝結水，於是液態水之蒸發反應，與氣態水蒸氣之凝結反應，二者呈現一種動態的平衡，而使蒸氣壓維持在一定的數值。

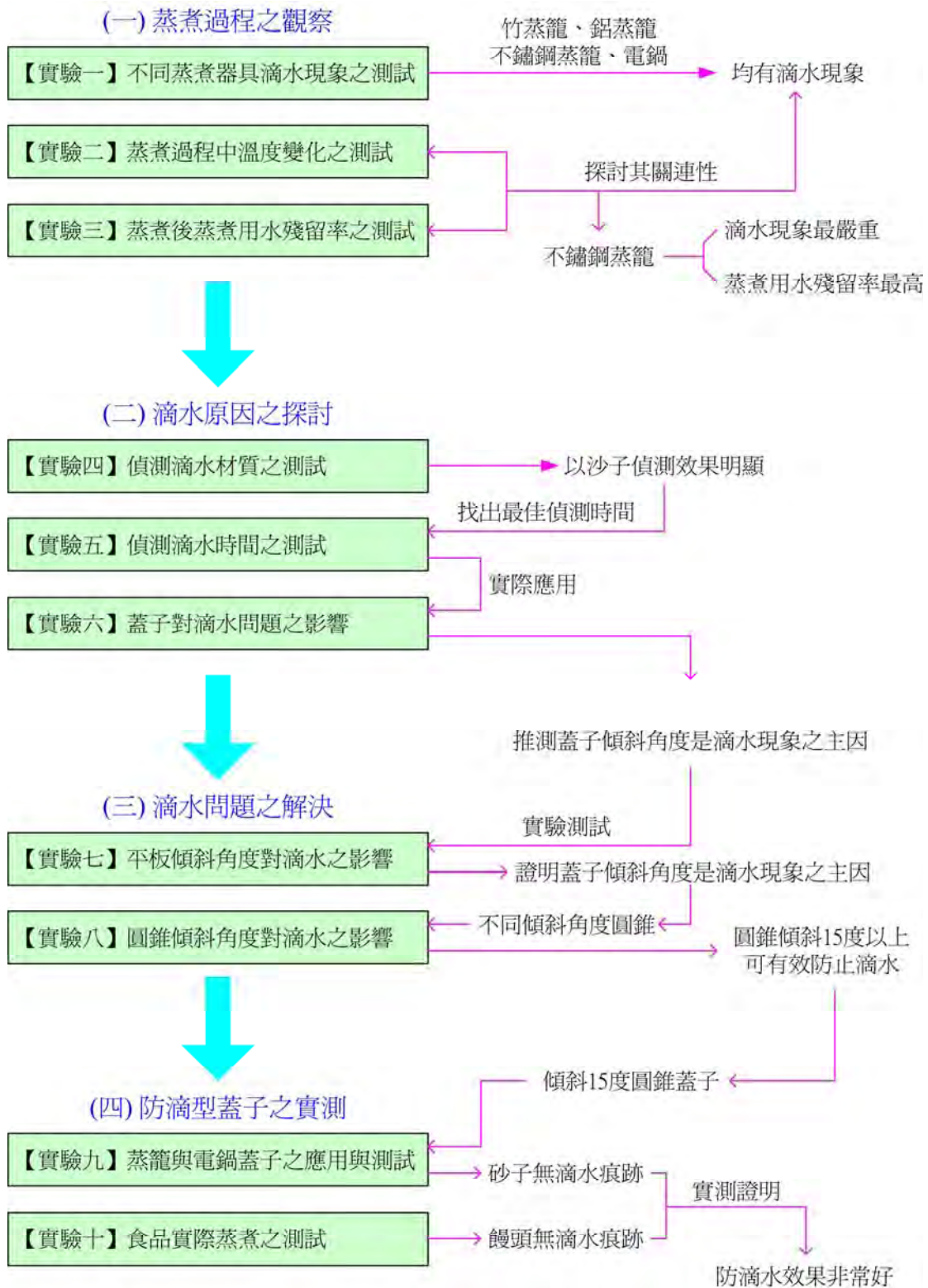
#### 靜力平衡（賴，2009）

在觀察日常生活中的現象，當物體受到數個力同時作用，而此物體既不移動也不轉動，也就是達到所謂的靜力平衡。物體達成靜力平衡時必須同時符合以下的兩個條件：(1) 移動平衡的條件：合力為 0，物體不移動。

(2) 轉動平衡的條件：合力矩為 0，物體不轉動。

若物體僅受兩力作用而達靜力平衡，則此兩力大小相等、方向相反，合力為零，且作用在同一直線上，合力矩為零。

## 二、研究架構





### 三、研究方法

#### (一) 蒸煮過程之觀察

爲了解決學校現有的蒸籠與電鍋會滴水的現象，我們必須進行蒸籠與電鍋滴水測試。

##### 實驗一、不同蒸煮器具滴水現象之測試

**前言：**電鍋與蒸籠（竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠）是上實習課常用的蒸煮器具，在蒸煮過程中皆有滴水現象，若想要解決滴水問題，我們必須先瞭解蒸籠與電鍋蒸煮滴水的現象。

##### 步驟：

1. 實驗變因：竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋等四種蒸煮器具。
2. 參考教科書之配方與方法製作饅頭。
3. 將饅頭分別放入竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋中，蒸煮 30 分鐘，進行滴水測試。
4. 觀察拍攝饅頭滴水之情形。

##### 結果：

1. 竹蒸籠：饅頭上有些微滴水的痕跡，如圖 1 所示。

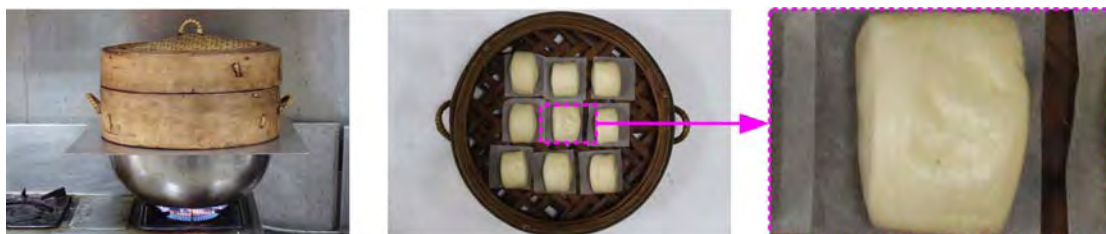


圖 1 竹蒸籠蒸煮饅頭滴水之情形

2. 鋁蒸籠：饅頭上較明顯的滴水痕跡，且已影響饅頭的外觀，如圖 2 所示。

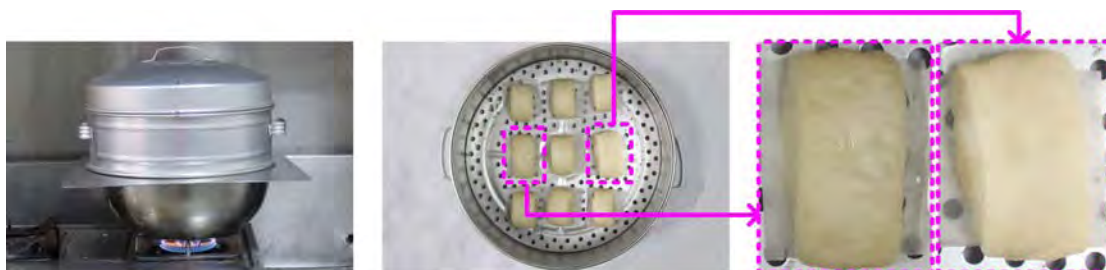


圖 2 鋁蒸籠蒸煮饅頭滴水之情形

3. 不鏽鋼蒸籠：饅頭上相當明顯的滴水痕跡，且已影響饅頭的外觀，如圖 3 所示。

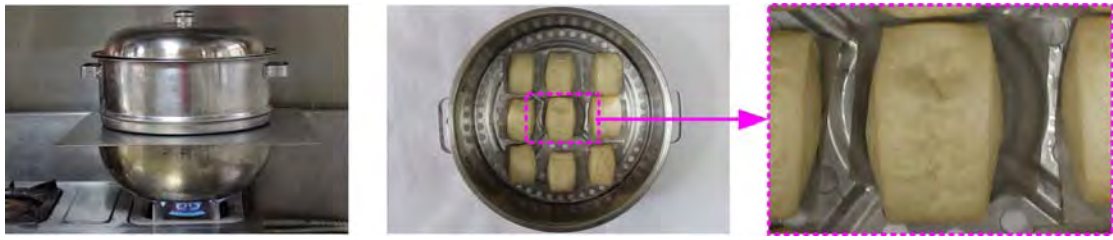


圖 3 不鏽鋼蒸籠蒸煮饅頭滴水之情形

4. 電鍋：饅頭上有輕微滴水的痕跡，如圖 4 所示。

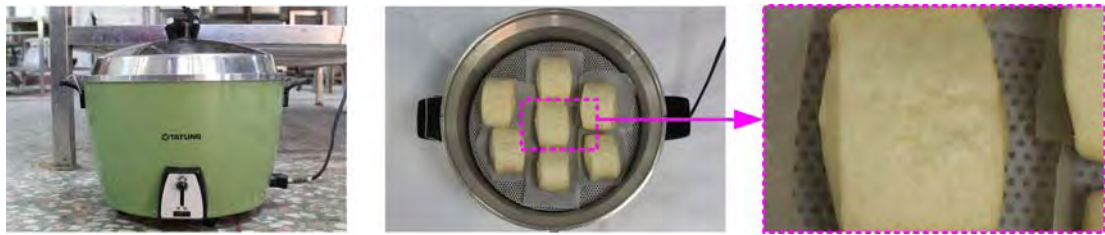


圖 4 電鍋蒸煮饅頭滴水之情形

#### 討論：

1. 無論使用竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋，都會出現滴水的現象。
2. 在四種蒸煮器具中之滴水現象，不鏽鋼蒸籠是四種蒸煮器具中滴水現象最嚴重的；電鍋則是最輕微的。
3. 我們推測在蒸煮過程中會產生大量的水蒸氣，水蒸氣過度飽和時，會在鍋蓋內壁凝結形成小水滴，小水滴逐漸變成大水滴，進而形成滴水現象。

### 實驗二、蒸煮過程中溫度變化之測試

**前言：**本實驗想探討不同蒸煮器具在蒸煮過程中，其溫度變化情形是否相似？是否影響滴水現象的重要因素。

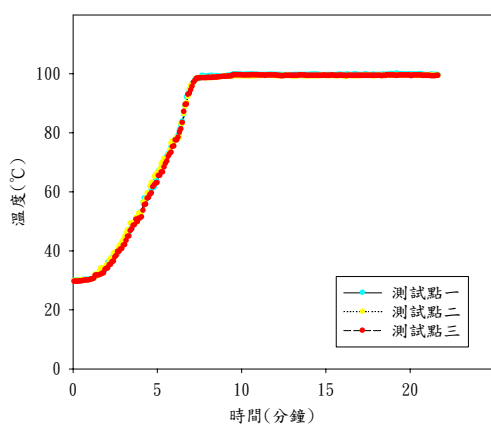
#### 步驟：

1. 實驗變因：竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋等四種蒸煮器具。
2. 在不同蒸煮器具加入適量的蒸煮用水，因竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠中之容積較大，分別加入 2500ml 的水；而電鍋之容積較小，則加入 500ml 的水。
3. 使用熱電耦（同時測試三點）測試蒸煮過程之溫度變化，設定每 5 秒取樣一次，持續記錄 20 分鐘之溫度數據，如下圖所示。

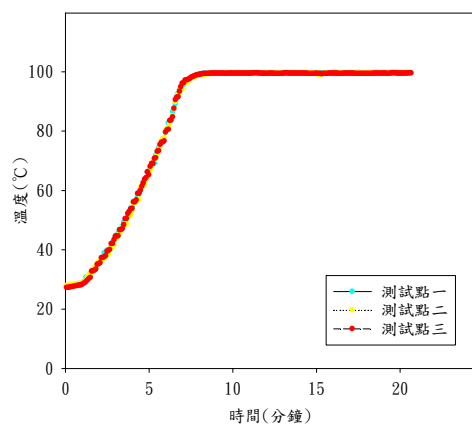
#### 結果：

1. 由圖 5A、圖 5B、圖 5C 顯示，竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠三種蒸煮器具，在蒸煮過程中，其溫度變化情形十分相似。

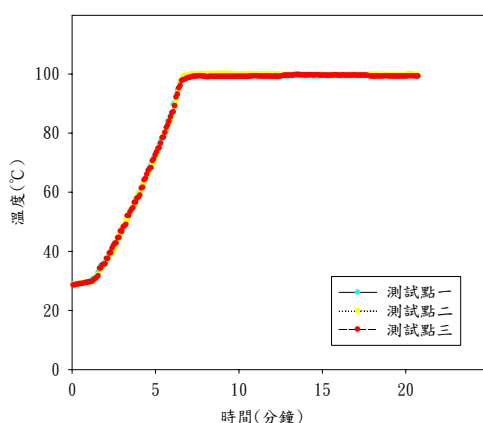
2. 由圖 5D 顯示，電鍋在蒸煮過程中，其溫度變化情形明顯與其它三種蒸煮器具不同。



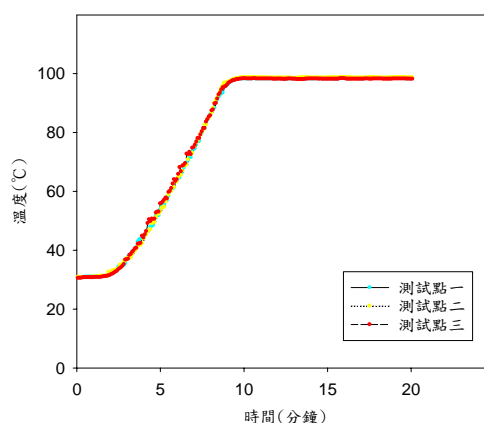
A. 竹蒸籠



B. 鋁蒸籠



C. 不鏽鋼蒸籠



D. 電鍋

圖 5 不同蒸煮器具在蒸煮過程之溫度變化情形

### 討論：

1. 因為竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠三種蒸煮器具，其內部容積相似，加入水量相同，因此，其溫度變化情形相似，開始加熱約 8 分鐘時，其溫度可達最大值。
2. 因為電鍋之內部容積較小，加入水量也較少，因此，其溫度變化情形明顯與其它三種蒸煮器具不同，開始加熱約 10 分鐘時，其溫度到達最大值。

### 實驗三、蒸煮後蒸煮用水殘留率之測試

**前言：**在蒸煮過程中，水蒸氣凝結形成水滴，並滴落回流到蒸煮器具中。我們推測蒸煮後殘留水量與滴水現象有很密切的關聯性。



### 步驟：

1. 實驗變因：竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋等四種蒸煮器具。
2. 在不同蒸煮器具加入適量的蒸煮用水，因竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠中之容積較大，分別加入 2500ml 的水；而電鍋之容積較小，則加入 500ml 的水。
3. 分別測量蒸煮用水殘留重量，進而計算竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋之「蒸煮用水殘留率」。

$$\text{蒸煮用水殘留率}(\%) = \frac{\text{蒸煮用水殘留重量(g)}}{\text{蒸煮用水初始重量(g)}} \times 100\%$$

※ 蒸煮用水殘留重量 = 2500g

### 結果：

1. 由表 1、圖 6 顯示，在四種蒸煮器具中，以不鏽鋼蒸籠之「蒸煮用水殘留率」約 65.57% 最高。
2. 由表 1、圖 6 顯示，在四種蒸煮器具中，以電鍋之「蒸煮用水殘留率」約 52.80% 最低。

表 1 不同蒸煮器具對「蒸煮用水殘留率」之影響

項目	蒸煮器具	測試 1	測試 2	測試 3	平均值	標準差
蒸煮用水 殘留重量 (g)	竹蒸籠	1456	1401	1494	1450	47
	鋁蒸籠	1582	1432	1543	1519	78
	不鏽鋼蒸籠	1624	1562	1732	1639	86
	電鍋	245	229	234	236	8
蒸煮用水 殘留率 (%)	竹蒸籠	58.24	56.04	59.76	58.01	1.87
	鋁蒸籠	63.28	57.28	61.72	60.76	3.11
	不鏽鋼蒸籠	64.96	62.48	69.28	65.57	3.44
	電鍋	51.00	54.20	53.20	52.80	1.64

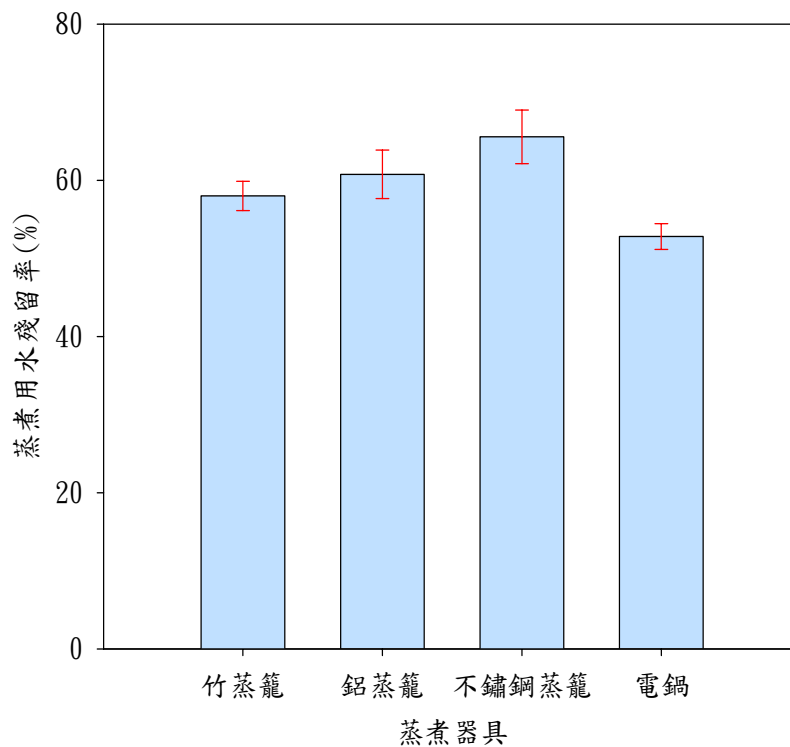
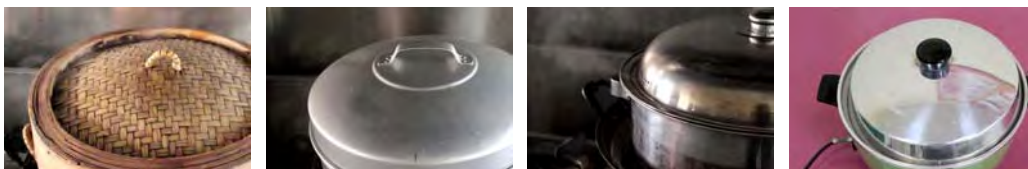


圖 6 不同蒸煮器具對蒸煮水分殘留率之影響

#### 討論：

1. 竹蒸籠的蓋子上有許多間隙，透氣性佳，密閉性差，加上竹子材質較不易產生凝結水，所以水蒸氣凝結回流量較少，導致蒸煮水分之殘留率較低。如圖 7A 所示。
2. 雖然電鍋的蓋子透氣性差，密閉性佳，金屬材質易產生凝結水，但是電鍋蓋子重量較輕，蒸氣壓力可輕易推昇電鍋蓋，使電鍋蓋不斷微幅昇降，導致蒸煮水分之殘留率較低。如圖 7D 所示。
3. 不鏽鋼蒸籠之密閉性最佳，透氣性最差，水蒸氣凝結回流量最多，導致蒸煮水分之殘留率最高。如圖 7C 所示。
4. 本研究爲了凸顯滴水問題，因此之後的實驗，決定以不鏽鋼蒸籠及電鍋來做爲實驗的器具。



A. 竹蒸籠

B. 鋁蒸籠

C. 不鏽鋼蒸籠

D. 電鍋

圖 7 不同蒸煮器具蒸氣排出情形

## (二) 滴水原因之探討

### 實驗四、偵測滴水材質之測試

**前言：**我們想探討利用何種材質？利用何種方法？偵測水滴滴落之精確位置。

#### 步驟：

1. 實驗變因：發糕、海綿（黑色材質的海綿、白色材質的海綿）、壁報紙、大圓麵皮、砂子等五種偵測材質。
2. 分別將五種偵測材質放入不鏽鋼蒸籠中，置於沸水上蒸煮，持續以大火蒸煮 30 分。

#### 結果：

1. 由圖 8 顯示，發糕上可偵測出水滴滴落之位置。



圖 8 利用發糕偵測水滴滴落之位置

2. 由圖 9 顯示，海綿之間隙較小，黑色材質的海綿、白色材質的海綿均可偵測出水滴滴落之位置，其中以白色材質的海綿之偵測效果較佳。

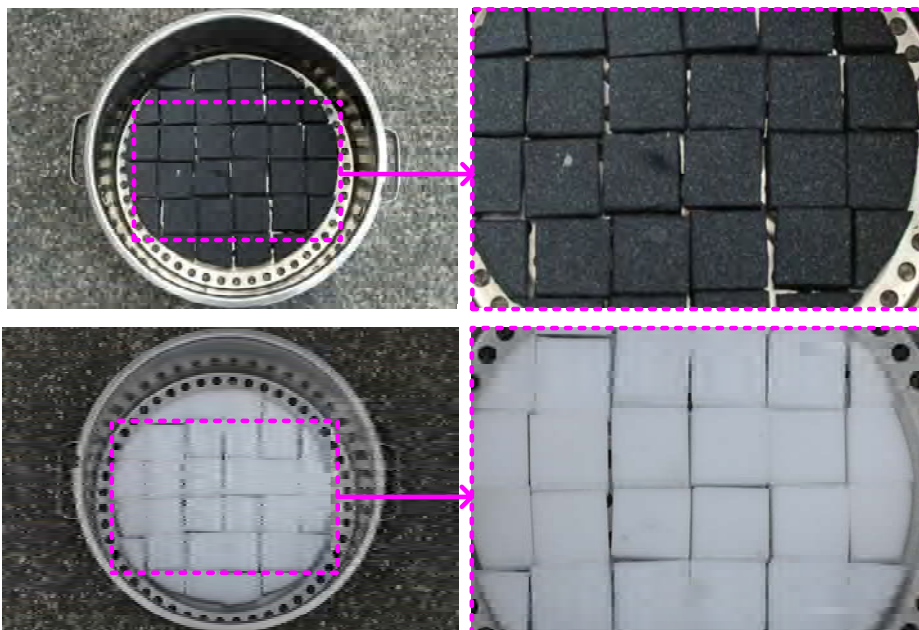


圖 9 利用海綿偵測水滴滴落之位置

3. 由圖 10 顯示，壁報紙因累積過多水分，無法偵測出水滴滴落之位置。

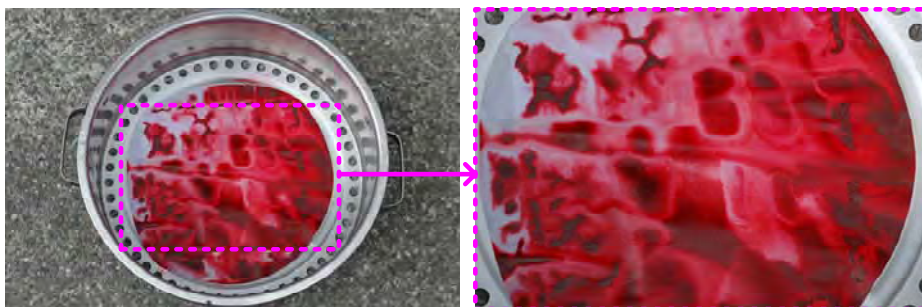


圖 10 利用壁報紙偵測水滴滴落之位置

4. 由圖 11 顯示，大圓麵皮無法偵測出水滴滴落之位置。



圖 11 利用大圓麵皮偵測水滴滴落之位置

5. 由圖 12 顯示，用砂子可明顯區分水之分佈位置，但無法偵測出水滴滴落之位置。



圖 12 砂子蒸煮完之情形

### 討論：

1. 雖然發糕上可偵測出水滴滴落之位置，但碗與碗之間隙較大，滴落在間隙處之水滴則無法偵測。
2. 海綿之間隙較小，可偵測出水滴滴落之位置，但海綿蒸煮過程中，卻會產生加熱塑膠之異味，恐怕對人體健康造成危害。
3. 壁報紙因重量過輕，蒸煮時水蒸氣會使紙張凸起，水滴滴落會因為凹凸不平而到處流，無法偵測出水滴滴落之位置。
4. 大圓麵皮蒸煮後，會產生大氣泡，無法偵測出水滴滴落之位置。

5. 雖然砂子無法偵測出水滴滴落之位置，但可明顯區分水之分佈位置，若蒸煮時間適當，應該可清楚偵測出水滴滴落之位置。

## 實驗五、偵測滴水時間之測試

### 前言：

1. 爲了清楚偵測出水滴在砂子上滴落之位置，本實驗想探討較適當之偵測滴水時間。
2. 爲了更精確控制實驗變因，本研究之後的實驗，決定以電磁爐取代瓦斯爐來加熱，而原先的不鏽鋼蒸籠因體積過大，我們改用小型不鏽鋼蒸籠來配合電磁爐，如下圖。



### 步驟：

#### A. 滴水痕跡之測試

1. 實驗變因：蒸煮加熱時間。（5、10、15、20、25、30 分鐘）
2. 將砂子試樣放入蒸籠中，置於沸水上蒸煮，持續以電磁爐加熱。（溫度設定 180°C）
3. 將砂子試樣放入電鍋中，中加入 500ml 的水，使電鍋維持在蒸煮狀態。
4. 觀察拍攝砂子試樣之滴水痕跡。

#### B. 滴水量之測試

1. 實驗變因：蒸煮加熱時間。（5、10、15、20、25、30 分鐘）
2. 將「滴水蒐集裝置」放入蒸籠中，置於沸水上蒸煮，持續以電磁爐加熱。（溫度設定 180°C）
3. 將「滴水蒐集裝置」放入電鍋中，中加入 500ml 的水，使電鍋維持在蒸煮狀態。
4. 測量不同加熱時間下，所蒐集之滴水量。



### C. 溫度之變化

1. 實驗變因：蒸煮加熱時間。（5、10、15、20、25、30 分鐘）
2. 分別將「熱電耦」放入蒸籠中，置於沸水上蒸煮，持續以電磁爐加熱。（溫度設定 180°C）
3. 將「熱電耦」放入電鍋中，中加入 500ml 的水，使電鍋維持在蒸煮狀態 30 分鐘，設定每 5 秒取樣一次，持續記錄 30 分鐘之溫度數據。
4. 測量記錄加熱過程中溫度之變化。

### 結果：

#### A. 滴水痕跡之測試

1. 由圖 13 顯示，蒸籠蒸煮 5 分時，即可偵測出滴水痕跡。
2. 由圖 14 顯示，電鍋蒸煮 15 分時，才可偵測出滴水痕跡。

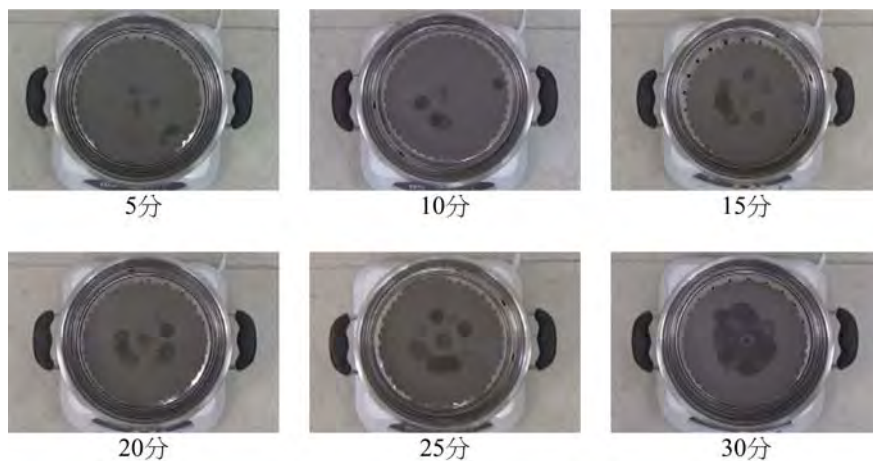


圖 13 不同偵測滴水時間對滴水痕跡之影響（蒸籠）



圖 14 不同偵測滴水時間對滴水痕跡之影響（電鍋）

#### B. 滴水量之測試

1. 由表 2、圖 15 顯示，在蒸籠蒸煮過程中，加熱時間遞增，滴水量也隨著遞增。

表 2 不同偵測滴水時間對滴水量之影響（蒸籠）

時間 (分鐘)	滴水量(g)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
5	0.51	0.54	0.52	0.52	0.02
10	0.74	0.76	0.75	0.75	0.01
15	0.85	0.92	0.98	0.92	0.07
20	1.59	1.51	1.97	1.69	0.25
25	2.7	2.8	1.97	2.49	0.45
30	4.13	3.57	3.61	3.77	0.31

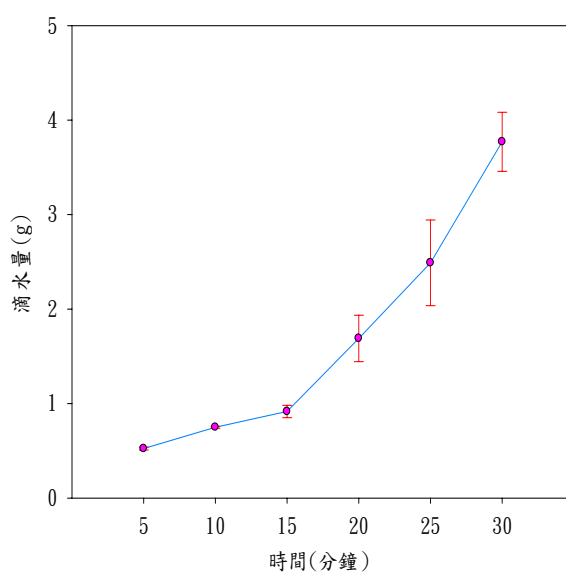


圖 15 不同偵測滴水時間對滴水量之影響（蒸籠）

2. 由表 3、圖 16 顯示，在電鍋蒸煮過程中，蒸煮 15 分鐘時，滴水量到達最高值，之後，滴水量反而有遞減之趨勢。

表 3 不同偵測滴水時間對滴水量之影響（電鍋）

時間 (分鐘)	滴水量(g)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
5	0.06	0.06	0.07	0.06	0.01
10	0.98	0.68	0.83	0.83	0.15
15	1.25	1.38	1.22	1.28	0.09
20	0.69	0.63	0.72	0.68	0.05
25	0.6	0.57	0.69	0.62	0.06
30	0.62	0.68	0.56	0.62	0.06

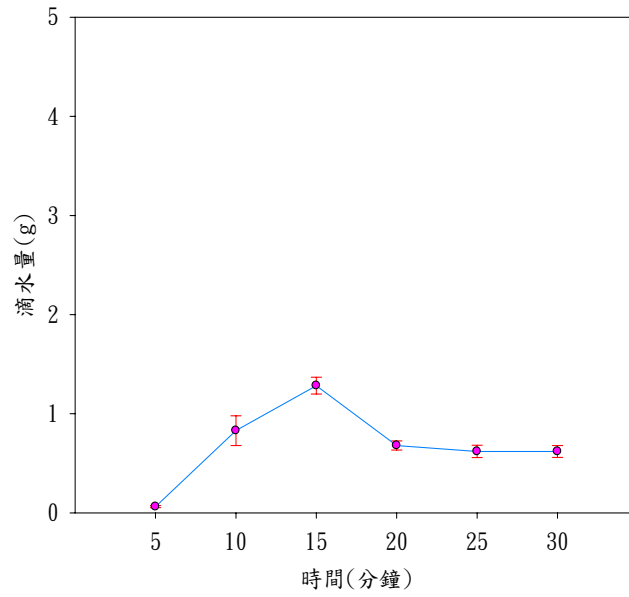


圖 16 不同偵測滴水時間對滴水量之影響（電鍋）

### C. 溫度之變化

1. 由圖 17 顯示，在蒸籠蒸煮過程中，溫度在 3 分鐘時即到達最大值。
2. 由圖 18 顯示，在電鍋蒸煮過程中，溫度在 10 分鐘時，即到達最大值。

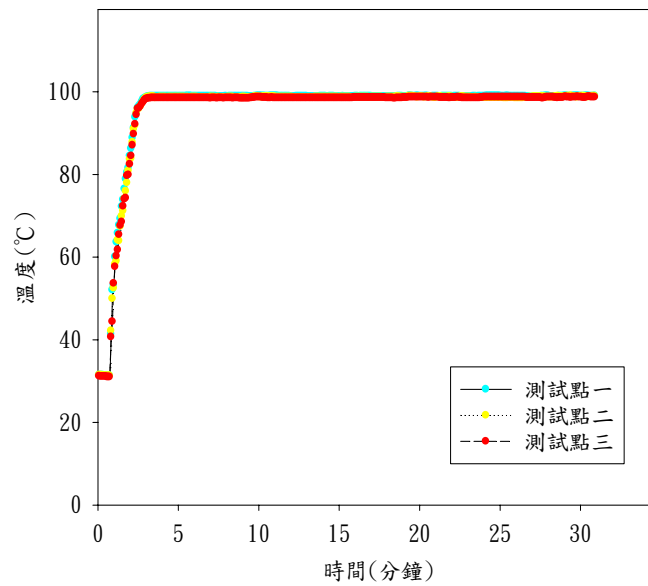


圖 17 蒸煮過程中溫度變化（蒸籠）

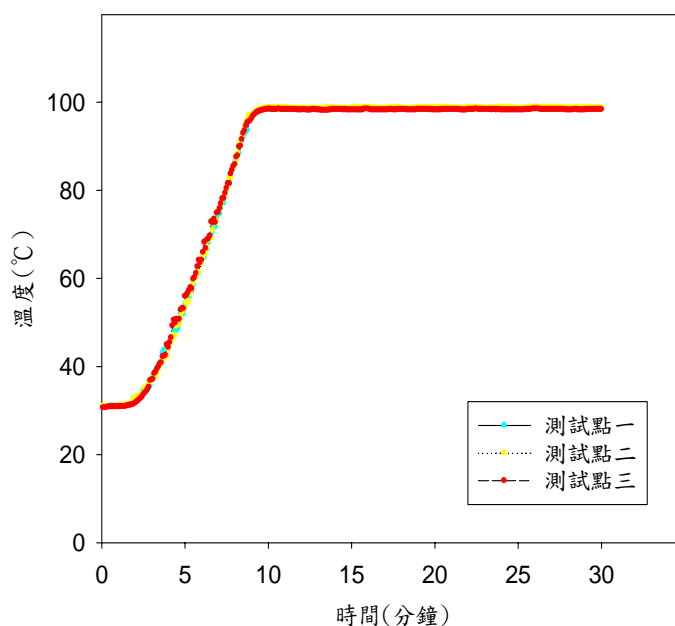


圖 18 蒸煮過程中溫度變化（電鍋）

#### 討論：

1. 我們彙整本實驗結果後發現，無論蒸籠或電鍋，溫度到達最大值約 1-3 分鐘後，是偵測滴水痕跡最佳的時機。
2. 由於電鍋蓋子重量較輕，蒸氣壓力可輕易推昇電鍋蓋，使電鍋蓋不斷微幅昇降，蒸氣大量外洩，導致滴水量呈現先昇後降之趨勢。

### 實驗六、蓋子對滴水問題之影響

**前言：**我們推測蓋子是影響滴水的重要因素，本實驗採用不同類型的蓋子進行滴水測試。

#### 步驟：

1. 實驗變因：不同類型的蓋子。
  - (1). 蒸籠蓋子：A 型、B 型、C 型。如圖 19 所示。  
(內部中央處均有螺絲)
  - (2). 電鍋蓋子：D 型、E 型、F 型。如圖 20 所示。  
(D 型內部中央處均有螺絲；E 型、F 型內部中央處均無螺絲)
2. 分別將砂子試樣放入蒸籠、電鍋中，蒸煮 30 分鐘，進行滴水測試。
3. 觀察拍攝砂子試樣滴水之情形。

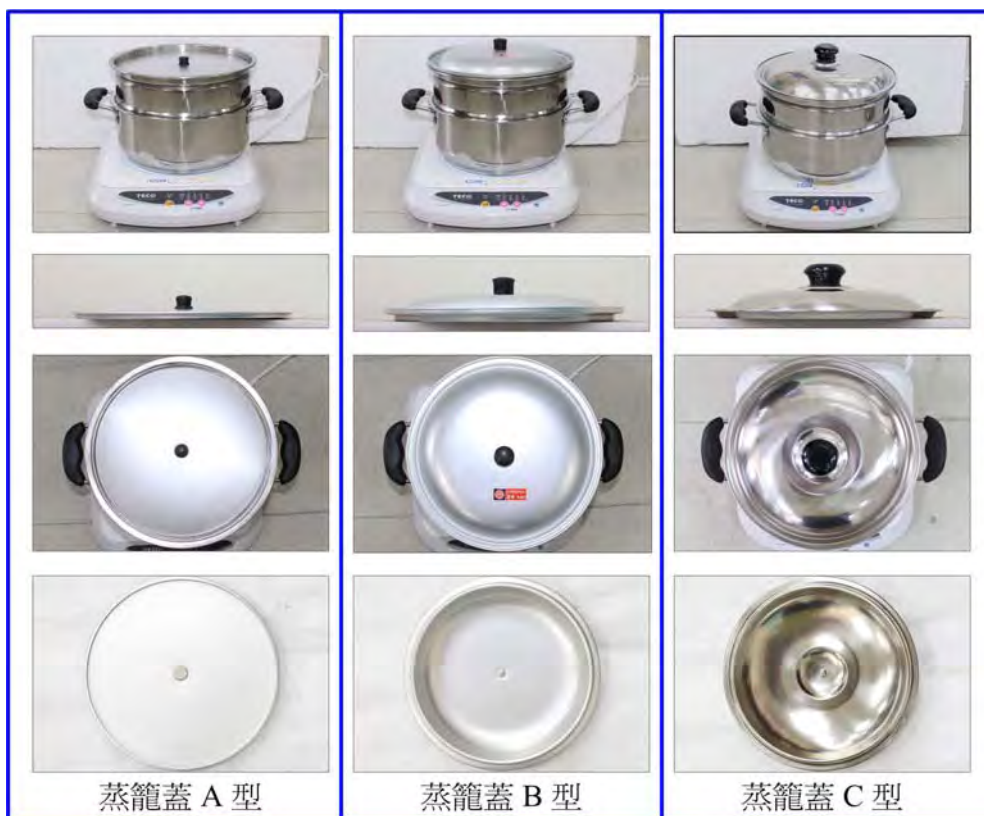


圖 19 不同類型的蒸籠蓋子

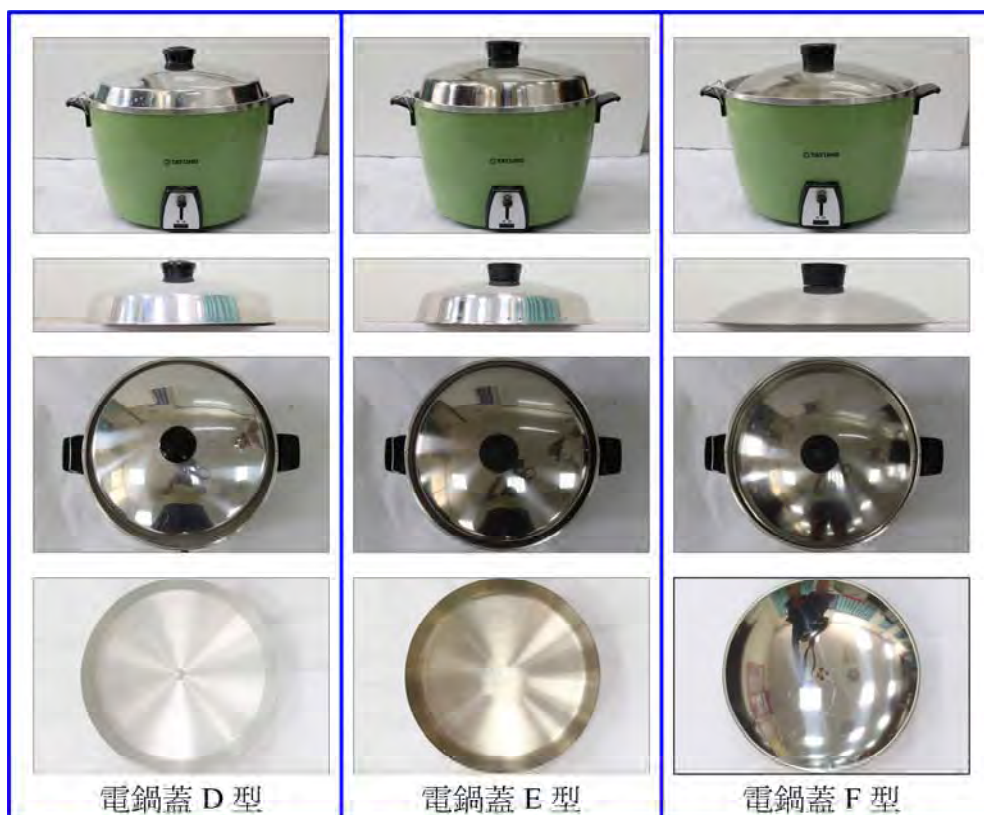


圖 20 不同類型的電鍋蓋子



### 結果：

1. 由圖 21 顯示，A 型、B 型、C 型三種蒸籠蓋子均會滴水，其中 A 型滴水情形最嚴重，滴水範圍較廣；C 型滴水情形最輕微，滴水範圍較集中。
2. 由圖 22 顯示，D 型、E 型、F 型三種電鍋蓋子均會滴水，且集中在中央位置。

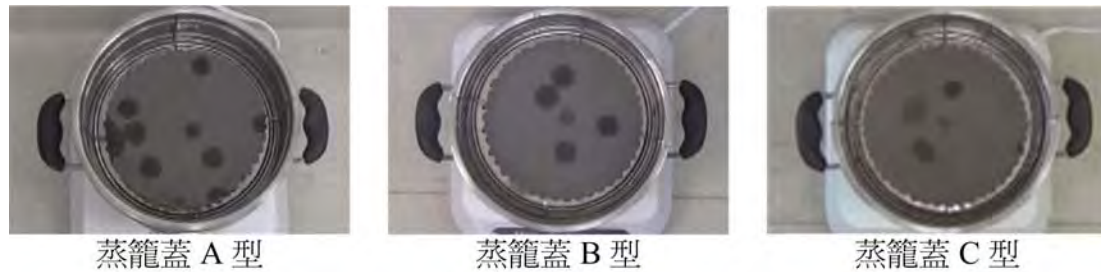


圖 21 三種蒸籠蓋子滴水之情形



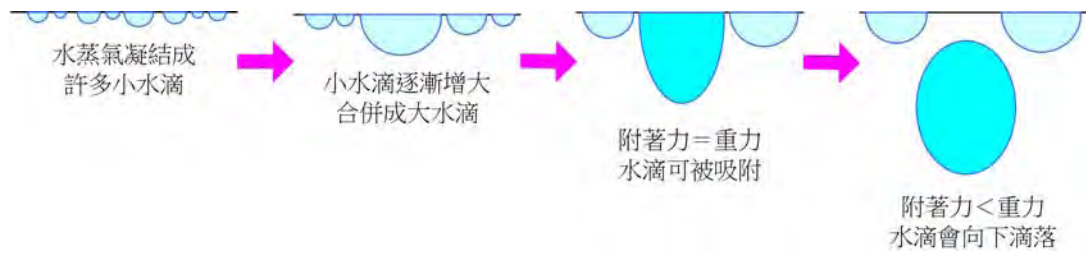
圖 22 三種電鍋蓋子滴水之情形

### 討論：

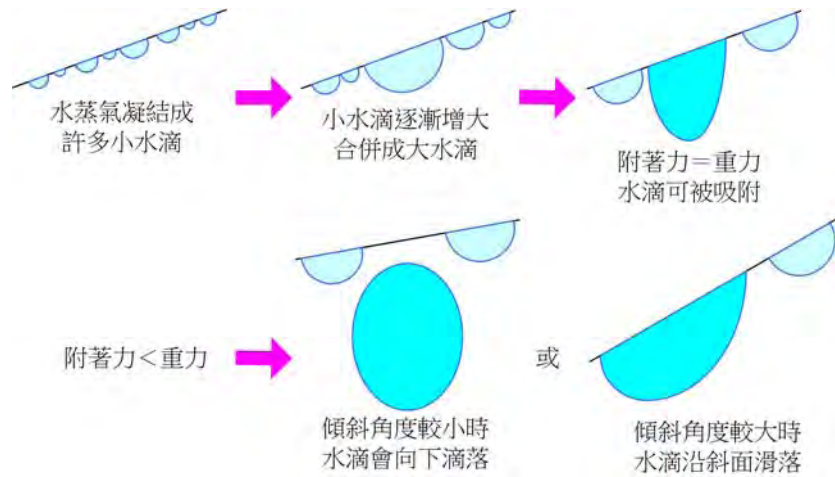
1. 蒸籠蓋子 A 型，因側視呈現水平，所以滴水情形最嚴重，滴水範圍較廣；C 型蓋子，因側視呈現較大傾斜度，所以滴水情形最輕微，但是滴水範圍較集中處。
2. 三種電鍋蓋子，因側視呈現較大傾斜度，但 D 型內部中央處均有螺絲，而 E 型、F 型部中央處呈現水平，所以滴水情形集中在中央位置。
3. 彙整實驗結果，我們推測蓋子的傾斜度應該是蒸籠、電鍋滴水現象之主因。

### (三) 滴水問題之解決

1. 我們依據前面的實驗結果，初步推測水滴較小時，水滴的附著力  $>$  重力，水滴會被吸附。水滴逐漸增大時，接觸面積與水滴粒徑的二次方成正比，但重力與水滴粒徑的三次方成正比，當水滴之附著力  $<$  重力時，水滴會向下滴落。因此，我們提出下列的假說，此假說包含兩種關係模型：
  - (1) 水滴與水平接觸面之關係模型，如圖 23A 所示。
  - (2) 水滴與傾斜接觸面之關係模型，如圖 23B 所示。



A. 水滴與水平接觸面之關係模型



B. 水滴與傾斜接觸面之關係模型

圖 23 水滴與接觸面之關係模型

2. 應用物理學（賴，2009）的知識，我們推論，當傾斜角度較小時，斜面方向之分力 $W_1$ 較小，水滴較易向下滴落；當傾斜角度較大時，斜面方向之分力 $W_1$ 較大，水滴較易沿著傾斜面滑落，附著力、重力及其分力之示意圖，如圖 24 所示。

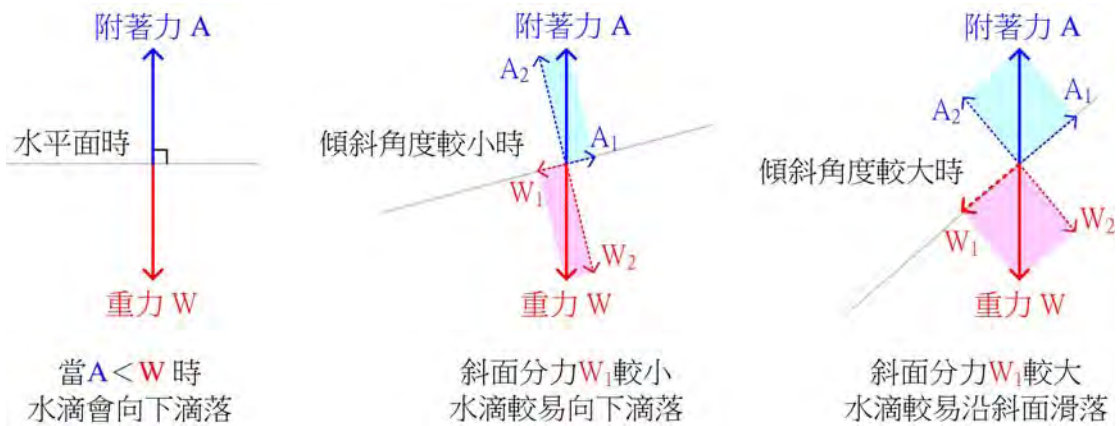


圖 24 附著力、重力及其分力之示意圖

## 實驗七、平板傾斜角度對滴水之影響

**前言：**我們推測傾斜角度是水滴滴落之關鍵因素，本實驗擬以不同傾斜角度進行測試，驗證在不同傾斜角度下，凝結水滴到底是向下滴落？或沿著傾斜面滑落？

### 步驟：

1. 實驗變因：不同傾斜角度。（5、10、15、20、25、30 度）
2. 燒杯裝水加熱進行滴水測試，實驗裝置如圖 25 所示。

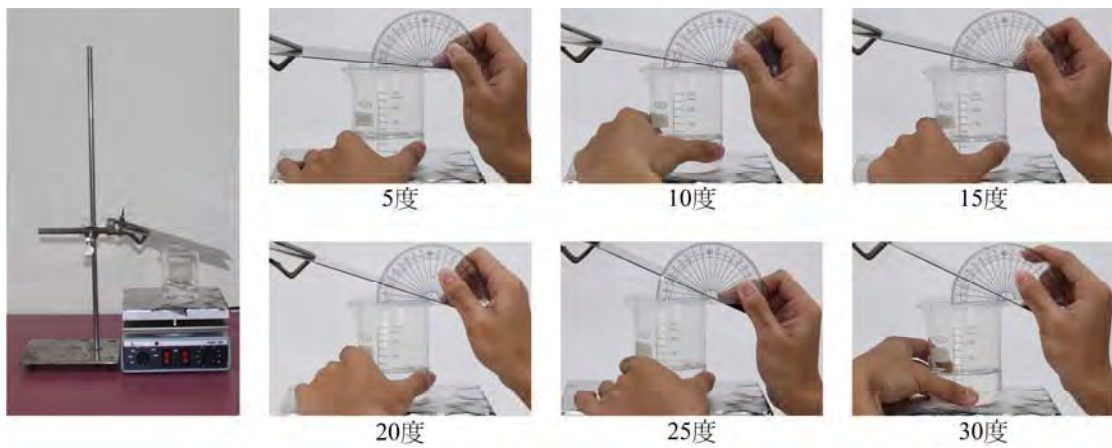


圖 25 不同傾斜角度之實驗裝置圖

3. 觀察拍攝水滴滴落之過程。（拍攝影片擷取畫面）

### 結果：

1. 由圖 26 顯示，傾斜角度 5 度、10 度時，凝結水滴是向下滴落。
2. 由圖 26 顯示，傾斜角度 15 度以上時，凝結水滴是沿著傾斜面滑落。

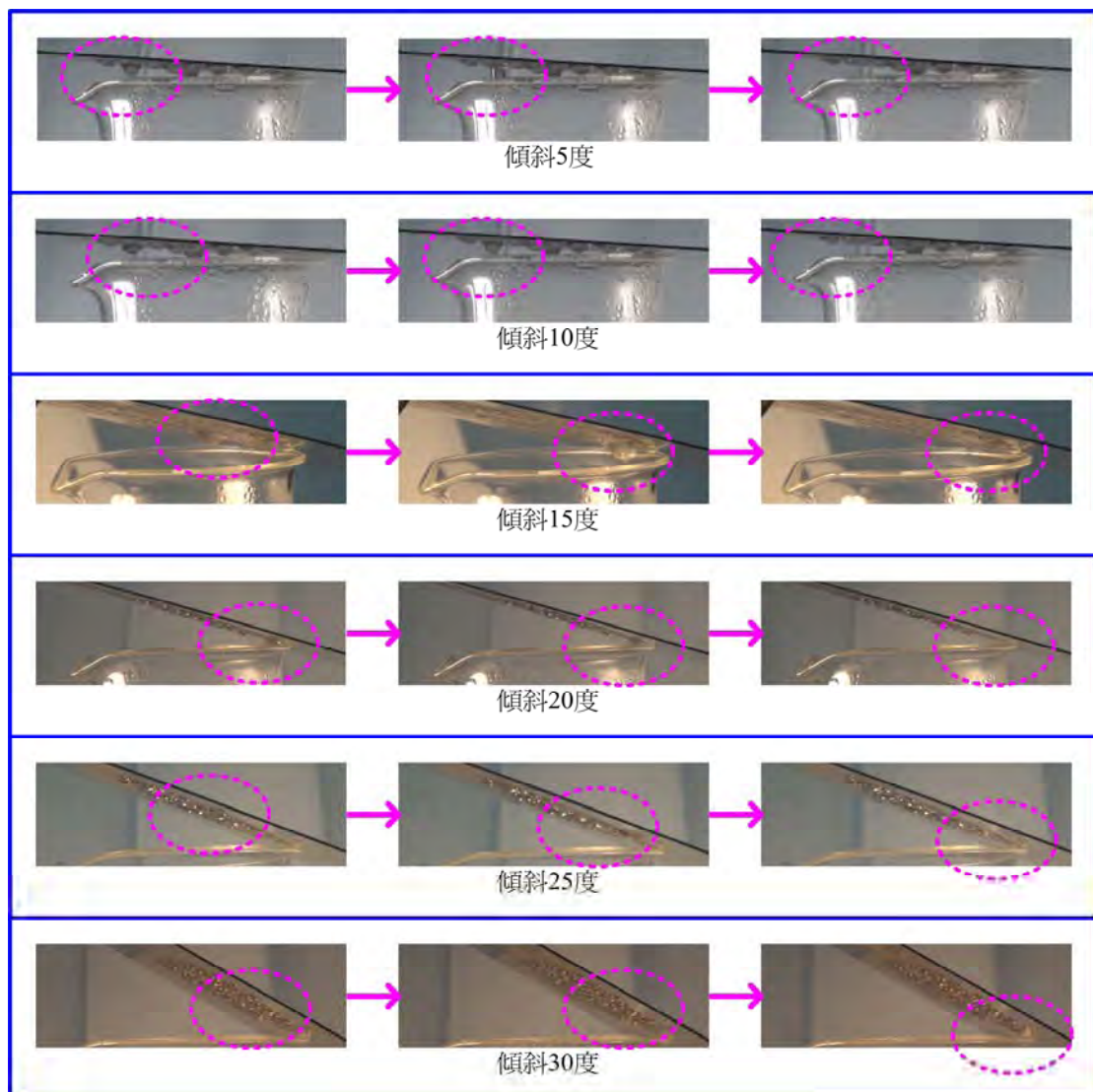


圖 26 傾斜角度對凝結水滴滴落或滑落之影響（擷取影片畫面）

**討論：**本實驗證明，傾斜角度是影響凝結水滴滴落或滑落之關鍵因素。

### 實驗八、圓錐傾斜角度對滴水之影響

**前言：**我們想利用傾斜面角度，引導凝結水順著傾斜面滑落，因此，進一步設計不同傾斜角度的圓錐蓋子，來驗證傾斜面角度對凝結水的影響。

**步驟：**

1. 實驗變因：不同傾斜角度的圓錐蓋子。（5、10、15、20、25、30 度）
2. 利用 Excel 軟體計算圓形半徑、裁切角度、圓錐底部半徑、傾斜角度之關係。

3. 利用AutoCAD、SolidWorks軟體繪製不同傾斜角度圓錐蓋子之設計圖，依設計圖訂製不鏽鋼材質（#304）的圓錐蓋子。
4. 分別將不同傾斜角度圓錐蓋子，測試防止滴水之效果。

**結果：**

1. 不同傾斜角度圓錐蓋子之設計圖，及不鏽鋼材質的成品，如圖 27 所示。

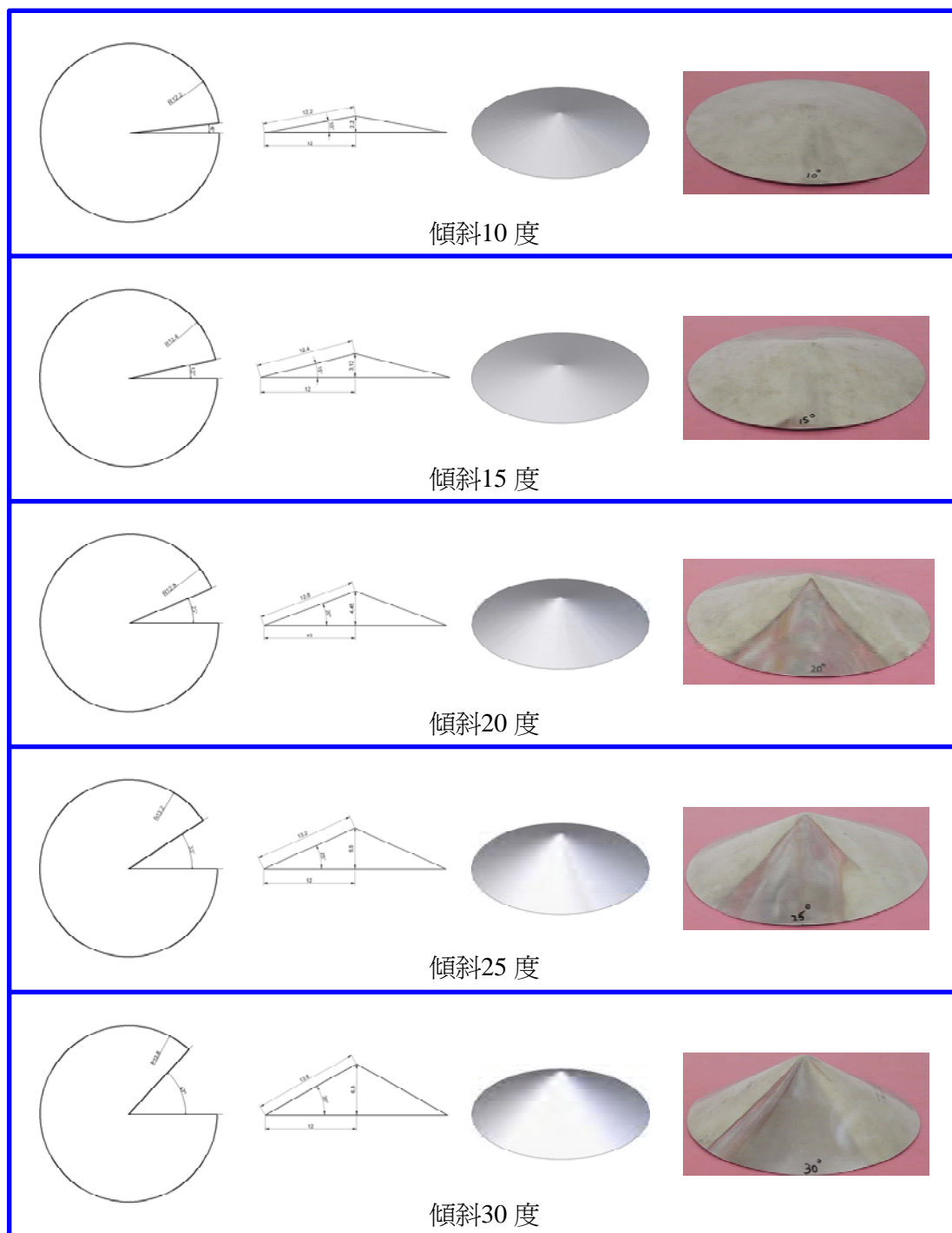


圖 27 不同角度圓錐蓋子之設計圖與成品



2. 不同傾斜角度圓錐蓋子之防滴測試結果，如圖 28 所示，傾斜 10 度的蓋子仍有水滴滴落之痕跡，傾斜 15 度以上的蓋子就沒有水滴滴落之痕跡。

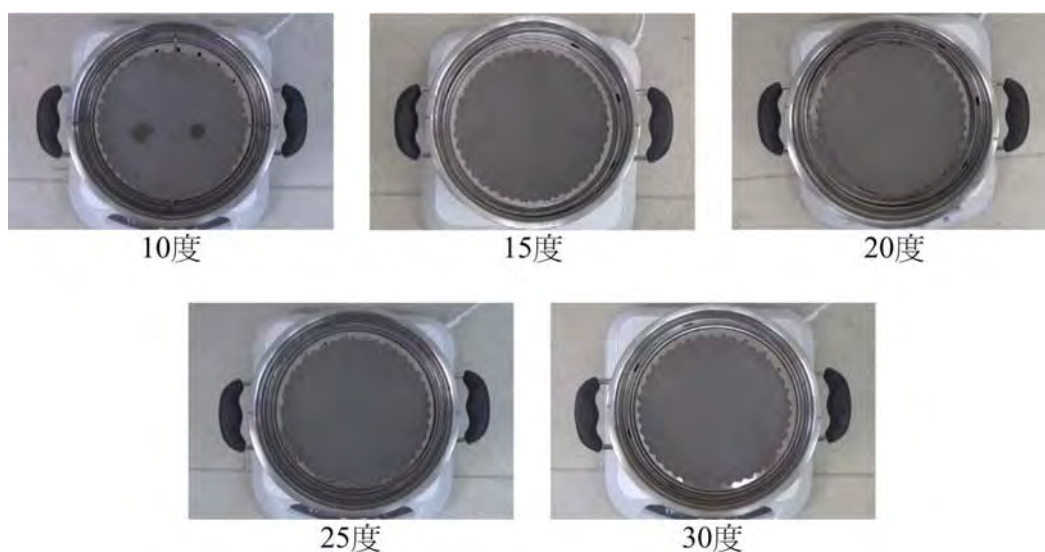
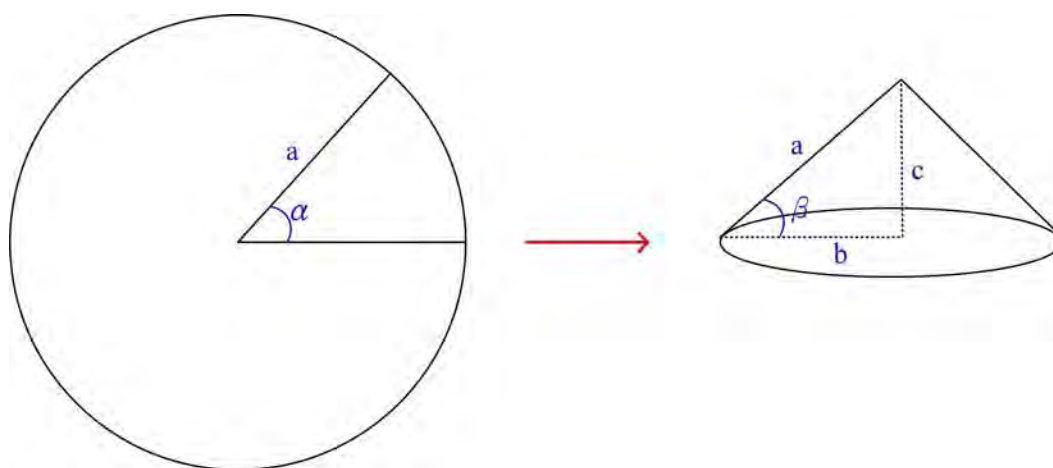


圖 28 不同角度圓錐蓋子防滴效果之測試

**討論：**

1. 利用 Excel 軟體計算圓形半徑、裁切角度、圓錐底部半徑、傾斜角度之關係，其計算原理如下所示：



a：圓形半徑      α：裁切角度      b：圓錐底部半徑  
 c：圓錐高度      β：傾斜角度

∴ 將圓形裁切角度  $\alpha$  的扇形後之圓周長 =  $2a\pi \times (1 - \frac{\alpha}{2\pi})$  = 圓錐體底部之圓周長

又 圓錐體底部之圓周長 =  $2b\pi$

$$\therefore 2a\pi \times \left(1 - \frac{\alpha}{2\pi}\right) = 2b\pi$$

$$\text{而 } \cos \beta = \frac{b}{a}$$

利用上述各關係式，即可計算出圓形半徑、裁切角度、圓錐底部半徑、傾斜角度之間的關係。

2. 經本實驗證明，傾斜 15 度以上的圓錐蓋子就有防滴效果。

#### (四) 防滴型蓋子之實測

##### 實驗九、蒸籠與電鍋蓋子之應用與測試

**前言：**本實驗以雙層蒸籠及電鍋，實際測試圓錐蓋子之防滴效果。

**步驟：**

##### A. 雙層蒸籠

1. 採用傾斜 15 度的圓錐，訂製雙層的不鏽鋼小蒸籠，設計圖及成品如圖 29 所示。
2. 以砂子進行雙層蒸籠之防滴測試。

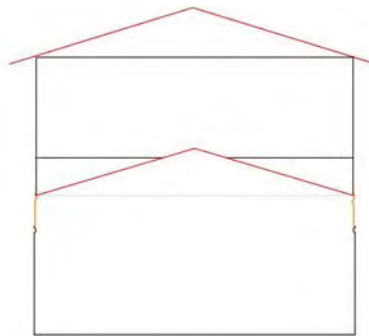


圖 29 雙層不鏽鋼蒸籠之設計圖與成品

## B. 電鍋

1. 採用傾斜 15 度的圓錐，訂製不鏽鋼電鍋蓋。
2. 以砂子進行電鍋之防滴測試。

### 結果：

1. 由圖 30 顯示，應用傾斜 15 度的圓錐形，不鏽鋼雙層蒸籠經測試後，上下兩層都有防止滴水之效果。



圖 30 採用傾斜 15 度的圓錐形有防止滴水之效果（雙層蒸籠蒸）

2. 由圖 31 顯示，應用傾斜 15 度的圓錐形，電鍋經測試後，具有防止滴水之效果。



圖 31 應用 15 度的圓錐蓋子有防止滴水之效果（電鍋）

### 討論：

無論以不鏽鋼雙層蒸籠或電鍋進行防滴測試，都證明應用 15 度的圓錐蓋子，確實有很好的防止滴水之效果。

## 實驗十、食品實際蒸煮之測試

**前言：**實際使用食品來驗證應用 15 度的圓錐蓋子，是否真的具有防止滴水之實用價值。

## 步驟：

### A. 雙層蒸籠

1. 參考教科書之配方與方法製作饅頭。
2. 將饅頭置入雙層蒸籠中進行防滴測試。

### B. 電鍋

1. 參考教科書之配方與方法製作饅頭。
2. 將饅頭置入電鍋中進行防滴測試。

## 結果：

1. 由圖 32 顯示，應用 15 度的圓錐蓋子之雙層蒸籠，上下兩層所蒸出的饅頭，表面光滑平整，完全沒有滴水之痕跡。

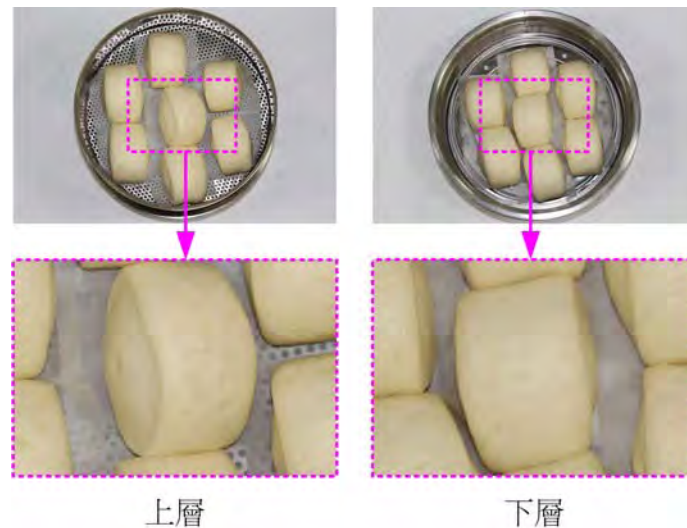


圖 32 應用圓錐蓋子的雙層蒸籠所蒸出的饅頭完全沒有滴水之痕跡

2. 由圖 33 顯示，應用 15 度的圓錐蓋子之電鍋所蒸出的饅頭，表面光滑平整，完全沒有滴水之痕跡。



圖 33 應用圓錐蓋子的電鍋所蒸出的饅頭完全沒有滴水之痕跡

## 討論：

無論以不鏽鋼雙層蒸籠或電鍋進行蒸煮饅頭之測試，皆證明應用 15 度的圓錐蓋子，確實有很好的防滴效果，可蒸出品質較佳的產品。

## 陸、研究結論

### 一、實驗結論

#### (一) 蒸煮過程之觀察

1. 無論使用竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠、電鍋，都會出現滴水的現象。
2. 竹蒸籠、鋁蒸籠、不鏽鋼蒸籠蒸煮過程之溫度變化情形十分相似，而電鍋之溫度變化情形，明顯與其它三種蒸煮器具不同。
3. 在四種蒸煮器具中，以不鏽鋼蒸籠滴水現象最嚴重。

#### (二) 滴水原因之探討

4. 以砂子來偵測滴水效果最明顯。
5. 無論蒸籠或電鍋，溫度到達最大值約 1-3 分鐘後，是偵測滴水痕跡最佳的時機。
6. 初步推測蓋子的傾斜度應該是蒸籠、電鍋滴水現象之主因。

#### (三) 滴水問題之解決

7. 實驗證明傾斜角度是影響凝結水滴滴落或滑落之關鍵因素。
8. 應用 15 度的圓錐蓋子，確實有很好的防止滴水之效果。

#### (四) 防滴型蓋子之實測

9. 以以砂子進行子防滴測試，都證明不鏽鋼雙層蒸籠或電鍋應用 15 度的圓錐蓋子，有很好的防止滴水之效果。
10. 無論以不鏽鋼雙層蒸籠或電鍋進行蒸煮饅頭之測試，皆證明應用 15 度的圓錐蓋子，確實有很好的防滴效果，可蒸出品質較佳的產品。

### 二、具體貢獻

1. 本研究證明，蒸煮器具蓋子之傾斜角度，是影響凝結水滴滴落或滑落之關鍵因素。
2. 本研究發現，蒸煮器具應用圓錐蓋子，可蒸煮品質優良的產品。

### 三、未來展望

本研究所設計出來的圓錐蓋子具有實用價值，未來希望有機會實際應用在蒸籠或電鍋上，蒸煮出品質優良的產品。



## 柒、參考資料

張獻瑞、劉登城、賴滋漢 (2011)。食品加工實習一，P31~P32，P42~P44。林富圖書文具有限公司，台中市。

曾國輝 (1987)。化學，第二版(上冊)p333~334。台北市：藝軒圖書文具有限公司

黃國倫、簡翊琳、邱怡瑄、王星文 (2010)。蒸的不簡單。中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會。

賴彥良、潘彥弘 (2009)。物理 C (I)。啓英文化事業有限公司，台北市。

## 【評語】 091410

1. 實驗結果深具實用價值。
2. 能用正確的科學方法提出問題並設計實驗。
3. 以理論證實並設計實體按步完成驗證假設。
4. 團隊表達能力佳。
5. 實驗記錄完整詳實。