

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082916

實用顛倒蛋之最佳製程研發及創新機台製作

學校名稱：臺北市信義區光復國民小學

作者： 小六 黃宇婕 小四 簡子芹 小四 蔡羽捷	指導老師： 李岳峰 林欣儀
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：蛋、顛倒蛋、黃金蛋

## 摘要

去年地區科展已經成功找出顛倒蛋的製作方式，其缺點是煮蛋的環節需要一個人一直不停的翻轉蛋，從今年的結論可看出已改進了，其中：

結論一：顛倒蛋製作步驟中的「煮蛋」的部分自動化（機器在 P。12）

結論二：找出快煮爐煮顛倒蛋的模式（煮蛋時間及溫度表在 P。24）

結論三：快煮爐煮顛倒蛋工具已著手申請專利

在顛倒蛋原理探討的部分，使用 Photoshop 將圖片**二值化**，得到蛋黃佔 51.28% 的數據（P。15），和去年地區科展報告推論的 50% 非常接近；更製作了**流速檢測儀**（P。16），發現蛋白和蛋黃流速的不同，猜想流速不同是製作出顛倒蛋的重要原因。

## 壹、研究動機

有一次剛好在 Youtube 看到一個日本影片「黄身と白身が逆転！」，影片中所呈現出來的蛋，是整顆完好無缺蛋殼的雞蛋，煮好後才將蛋殼剝開，而雞蛋對半切開後，蛋白和蛋黃竟然是顛倒的。

去年參加地區科展已經找出顛倒蛋製作方式，成功率 100%，但是煮蛋時需要一個人一直翻轉蛋，很多同學在科展過後都想要嚐嚐顛倒蛋的味道，依去年的生產速度，最佳情形每個小時只能做 6 顆，很難讓每位同學都試吃，所以想說是否可以做出一台機器，可以加快生產速度。

目前顛倒蛋的製作，主要可以分成 2 個部分，第一個部分是「破蛋黃」，第二個部分是「煮蛋」，若是做出一台機器能夠有這兩種功能是最棒的，但是難度實在太高，而「破蛋黃」這個部分所花的時間不多，所以就決定將機器的功能鎖定在「煮蛋」的部分。

「煮蛋」用溫泉蛋的煮法，只要時間和溫度控制即可，最麻煩的部分是「煮蛋」時需要邊煮邊讓蛋轉動（自轉），之前用手工在煮蛋時，都是用一隻刷子撥著蛋轉動，現在希望用機器取代這一個最費神的動作，本來很想找市面上是否有現成的機器可以直接取代手工轉蛋的部分，後來都找不到，只好興起改裝手邊現有東西的念頭。

全國學生自2021年5月19日開始停課，目前的最新消息是一直停課到暑假，學生在家裡雖然有線上同步課程和自主學習課程可以持續學習，但是每天在家裡，還是有很多空閒的時間，如果有一件事情，能夠符合「好吃、新奇、又好玩」，製作顛倒蛋應該是名列前茅的選項之一。只要照著去年我們參加地區科展的方法如法炮製，顛倒蛋的成功率100%，若是今年科展能順利將製作顛倒蛋的機器做出來，那麼顛倒蛋在一般家庭就可以更輕易的做出來。防疫期間，充足的營養是抗疫的必要方式，製作顛倒蛋既能讓學生覺得很有趣，做出來吃掉後，又能夠得到充足的營養，甚至平時不喜歡吃蛋黃的小朋友，都能輕易將整顆蛋吃完，真是一舉兩得的事情。

在日本專利局的網站上有查到一個顛倒蛋「破蛋黃」的機器有申請專利，但是，顛倒蛋「煮蛋」的機器，目前市面上都尚未看到，如果這次科展可以將機器做出來的話，有機會成為第一個將顛倒蛋「煮蛋」的機器製作出來，雖然難度很高，但是讓我們很振奮。

## 貳、研究目的

- 一、如何將蛋白打發器改裝成煮顛倒蛋的機器。( P 。 6 )
- 二、如何將四驅車小馬達改裝成煮顛倒蛋的機器。( P 。 7 )
- 三、如何將電鑽改裝成煮顛倒蛋的機器。( P 。 8 )
- 四、如何將快煮爐改裝成煮顛倒蛋的機器。( P 。 9 )
- 五、找出快煮爐選蛋 SOP。( P 。 1 2 )
- 六、找出顛倒蛋破蛋黃最佳百分比—影像檢測法。( P 。 1 3 )
- 七、找出顛倒蛋蛋白蛋黃顛倒的原理—流速檢測儀。( P 。 1 5 )
- 八、如何用快煮爐煮出顛倒蛋。( P 。 1 7 )

## 參、研究設備及器材

四驅車小馬達、電鑽、墊片、棉繩、夾子、螺絲、螺帽、快煮爐、電磁爐、量杯、透明膠帶、機器 A、21700 手電筒、數位相機、數位溫度計、鍋子、雞蛋、蛋白打發器、壓克力板、新鮮屋牛奶瓶、EVA 泡棉、木架、電池盒、鱷魚夾、木箱、塑膠蛋模型、砝碼、馬達、電腦、砧板、刀子、鍋子、量角器。

## 肆、研究過程與方法

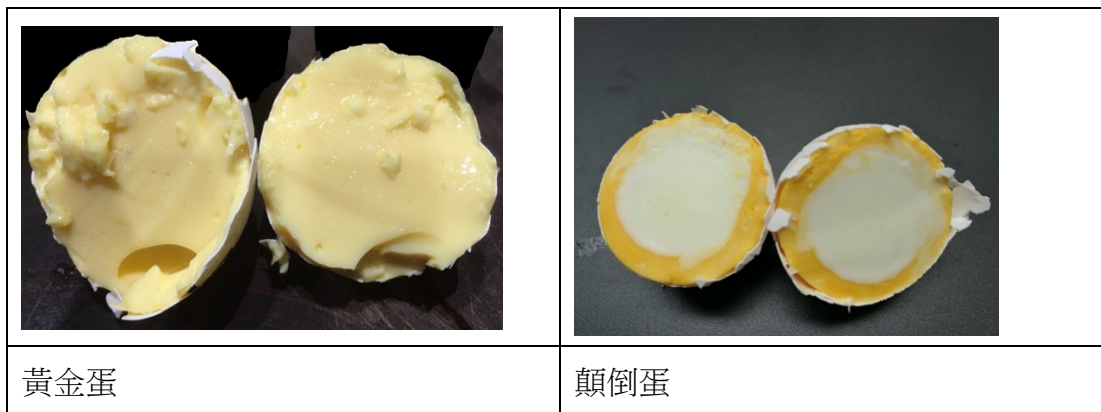
### 一、名詞解釋

(一) 自轉：如同地球一樣，地球會繞著太陽公轉，而地球也會自己自轉，顛倒蛋的製作過程，在加熱時需要轉動，轉動是需要蛋的自轉，而不是公轉。

(二) 公轉：如同地球一樣，地球會繞著太陽公轉，而地球也會自己自轉，顛倒蛋的製作過程，在加熱時需要轉動，不需要蛋的公轉，而是需要蛋的自轉。

(三) 猶太低溫煮蛋：以口感柔軟香滑聞名，傳統上猶太低溫煮蛋是周五晚上將蛋埋在餘燼裏面烹飪，長時間低溫加熱，造就了很不一樣的口感。

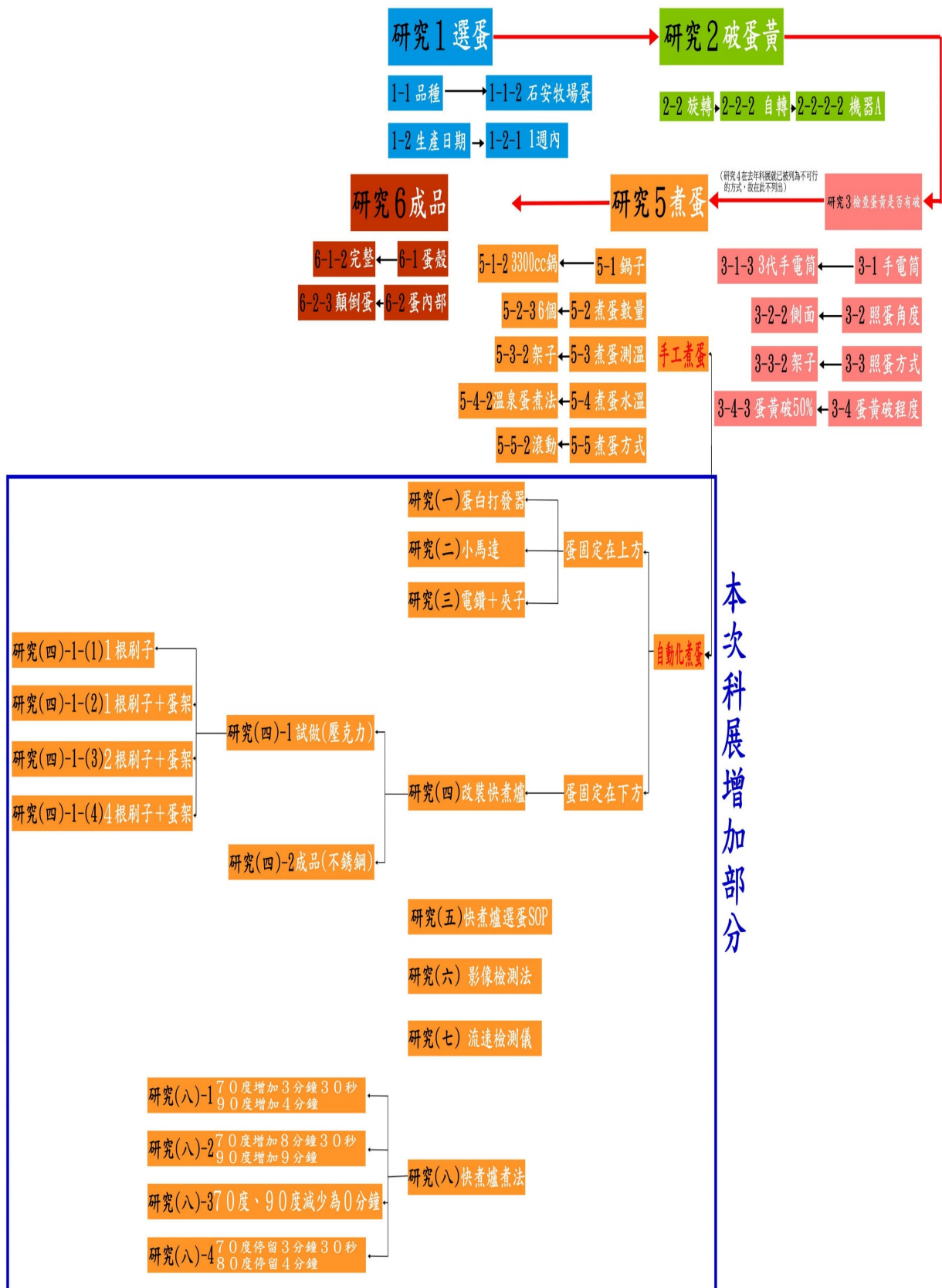
(四) 黃金蛋：在不打破蛋殼的情況下，將蛋黃擊破，並將蛋黃和蛋白全部均勻混合，煮熟後切開，蛋內部的狀況，如下左圖。



(五) 顛倒蛋：在不打破蛋殼的情況下，將蛋黃擊破，但是蛋白蛋黃沒有混合在一起，煮熟後切開，蛋內部的狀況，如上右圖。

(六) 溫泉蛋煮法：溫泉蛋是蛋黃熟蛋白不熟的一種方式，將水加熱到 70 度後煮 15 分鐘後，再加熱到 95 度煮 15 分鐘，

## 二、研究流程圖



### 三、去年地區科展成果延用

#### (一) 研究 1 選蛋：

生產週期 1 週內，Costco 的所販賣的西安牧場動福蛋，尺寸「M」。

#### (二) 研究 2 破蛋黃：

擊破蛋的方式「振動」和「旋轉」兩大類，最後選用「旋轉」中的「自轉」裡面的機器 A，因為平均每秒可以將蛋旋轉 54.83 圈，速度最快，而且價錢是最便宜的。

用機器 A 將蛋黃擊破，蛋黃破到 50%時，煮出來的顛倒蛋是最理想的。

#### (三) 研究 3 檢查蛋黃是否有破：

用 3000 流明的手電筒，將蛋放在自製的架子上，照蛋的側面，檢查蛋黃是否有破到 50%。

#### (四) 研究 4 煮蛋前冷凍：

原本希望將蛋黃全破的蛋放入冰塊中，希望可以讓蛋黃發生「冷凍凝膠」的現象，等確定蛋黃凝固後，再將蛋放置水中煮即可成功。沒想到蛋放入冰水後，過幾分鐘就發生蛋殼裂開的情形，此步驟確定不可行。

#### (五) 研究 5 煮蛋：

採用電磁爐加熱平底鍋的方式，一次可煮 6 顆蛋，煮蛋時的測溫將測溫棒直接固定在架子上，測量鍋子底部的中心點。

煮蛋的溫度採用溫泉蛋煮法，煮蛋時需要邊煮邊用刷子將蛋「自轉」。

#### (六) 研究 6 成品：

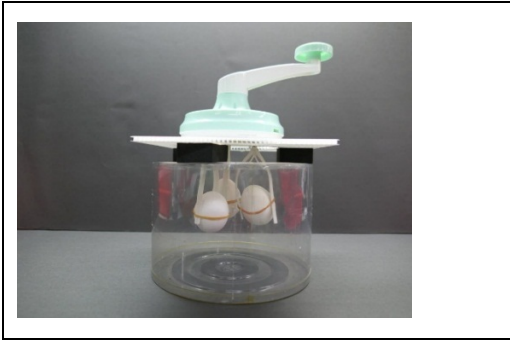
成功煮好的蛋，切開後 100%都是顛倒蛋。

### 四、今年全國科展實驗

一般家裡煮蛋很簡單，想煮多一點的蛋就換大一點的鍋子即可，但是顛倒蛋的「煮蛋」，邊煮需要邊讓蛋「自轉」，去年地區科展是利用一根普通的油漆刷，電磁爐一邊加熱，一邊用人工拿刷子幫蛋「自轉」。市面上販售很多旋轉的東西，本來想要直接拿來替代人工轉蛋的部分，但是找了很久都找不到，只好興起動手改裝的念頭。

#### 研究(一) 如何將蛋白打發器改裝成煮顛倒蛋的機器。

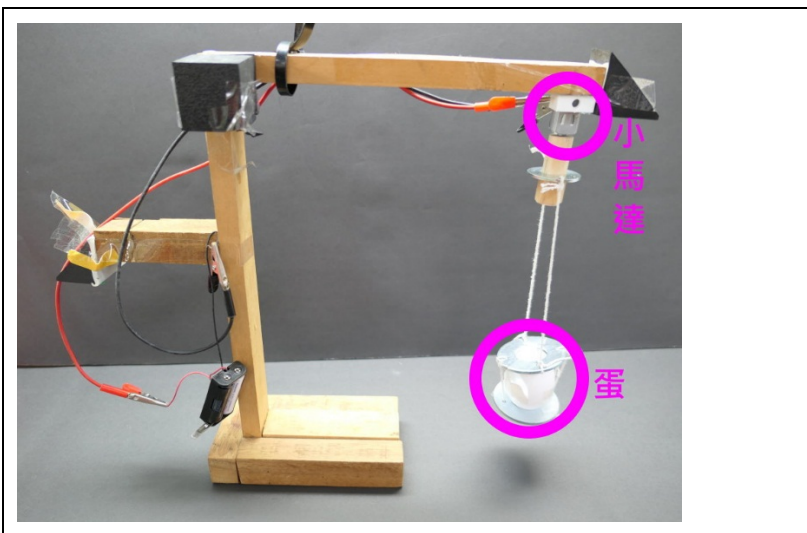
媽媽廚房裡面有一個蛋白打發器，上方轉動時，下方的轉軸會跟著轉動，想辦法把 3 個蛋固定在轉軸上，但是轉軸很光滑，很難找到固定方式，後來就用橡皮筋將蛋固定在轉軸上，如下圖。



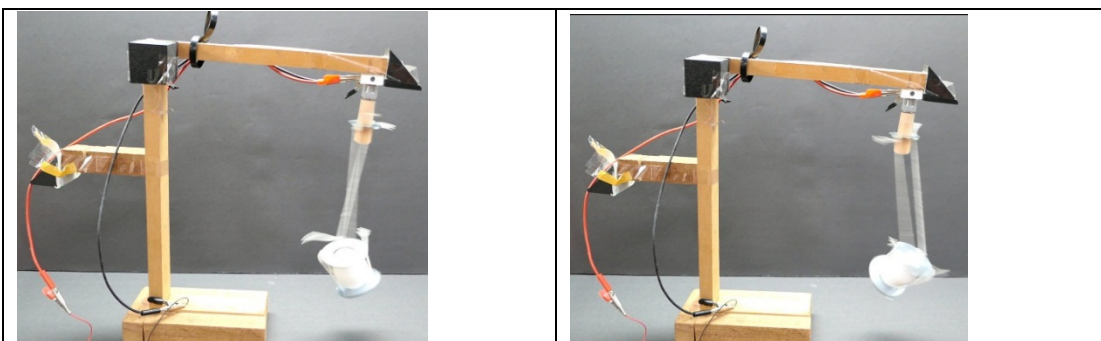
好不容易固定的蛋，常常會因為轉動快一點，蛋就會脫落，而且要放進熱水中加熱，吃的東西裡面有塑膠的擔心會有食安問題，所以這個方法只好放棄，再找尋其它方法。

### 研究（二） 如何將四驅車小馬達改裝成煮顛倒蛋的機器。

手邊最容易取得的馬達就是以前玩四驅車的小馬達，小馬達要如何和蛋聯結，又要如何架高固定，花了好一番功夫，固定好後如下圖。



做出來實際運轉時，發現一個安全上的問題，因為一切都是手工製作，蛋利用兩個墊片固定很難100%平衡，旋轉起來就非常容易偏離，如下圖。



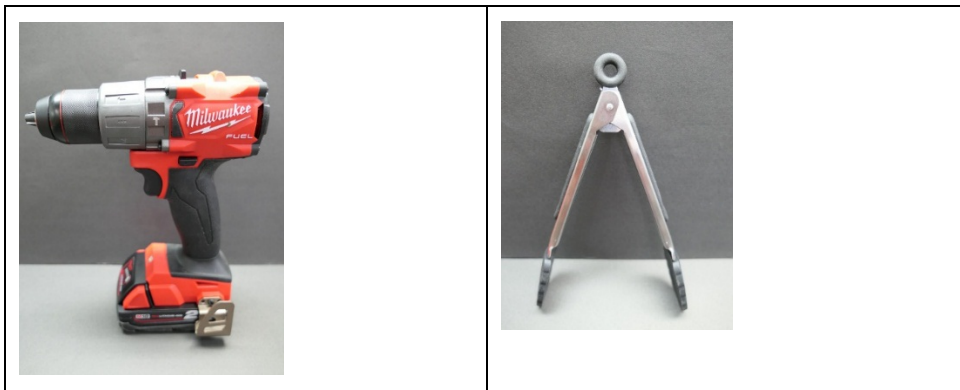
如果是放在冷水還不至於太危險，但是煮蛋時水溫會高達90多度，一直想辦法要將蛋

固定的好一些，但是不論如何調整，都無法成功，因為安全上的問題，只好找尋另一個方法。

### 研究（三） 如何將電鑽改裝成煮顛倒蛋的機器。

小馬達要固定在架子上時，因為體積小，想了很多方式來固定，最後因為蛋無法平衡而放棄，所以在想要用哪一種新方式來旋轉時，目標就放在比較大的東西著手。

爸爸常常在修東西時都會用到電鑽，就和爸爸把電鑽借來（如下左圖）；媽媽廚房裡面有一個夾子，夾子上是矽膠的（如下右圖），可以耐高溫，想用這2樣物品做成電鑽轉蛋機，如下圖。



夾子和電鑽要結合起來，加工上有點困難，就請爸爸幫忙想辦法，爸爸花了一點時間，就變成了下圖的成品。

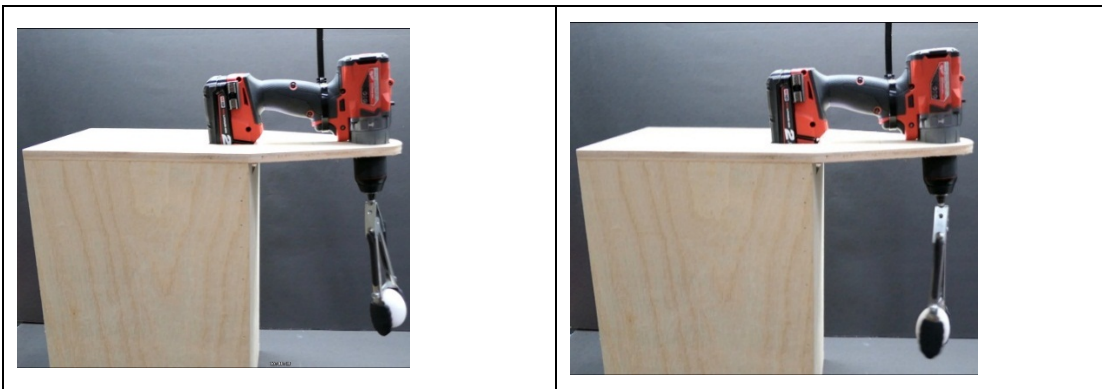


煮蛋時要讓蛋放進鍋子裡，所以做了一個木頭架子，和電鑽合在一起的照片如下圖。





做出來後發現，夾子和電鑽結合時，夾子並無法達到完全置中，導致轉動時並沒有辦法完全平衡，電鑽轉動時比四驅車小馬達速度快，電鑽轉速越快，不平衡的狀況越嚴重，如下圖。



顛倒蛋煮蛋要煮到90多度，如果電鑽有不平衡的狀況，會有安全上的隱憂，經過多次調整後還是無法調整到100%平衡，所以只好另外再找尋另一個方法。

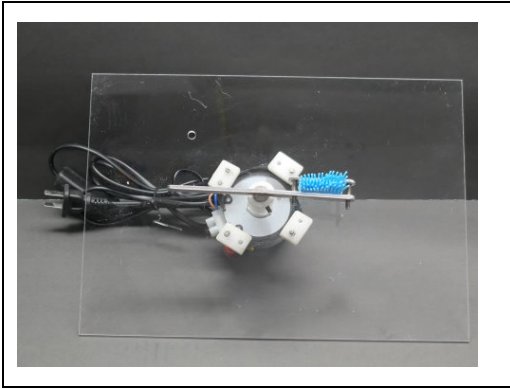
#### 研究（四）如何將快煮爐改裝成煮顛倒蛋的機器

##### 研究（四）－1 試做(壓克力)

一開始試做時，選用比較容易施作的材料，例如壓克力板、塑膠瓦楞板和塑膠蛋模型，希望透過試做，能夠達到我們想要的效果。

##### 研究（四）－1－（1） 一根刷子

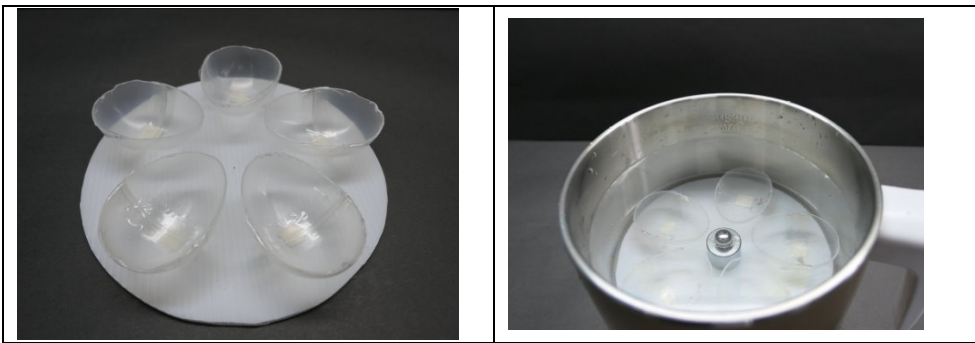
手邊有一塊透明壓克力板，煮蛋時溫度會到90多度，所以刷子使用矽膠的，請爸爸幫忙將馬達和刷子固定在壓克力板，如下圖。



矽膠刷子裝上去以後，發現蛋雖然會轉，但是蛋只是「公轉」，就是蛋被刷子推著走，無法達到想要蛋的「自轉」的情形，就趕快再想其它方法。

#### 研究（四）－ 1 －（ 2 ） 1 根刷子加蛋架

自己用塑膠瓦楞板和蛋模型在快煮爐內做了一個架子，如下左圖。

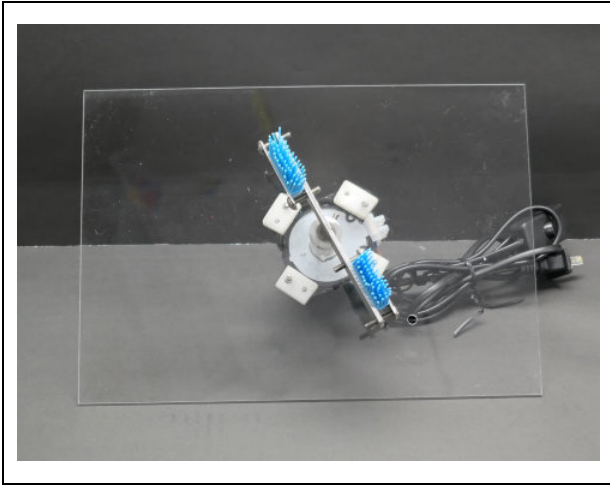


做實驗時，發現蛋真的可以「自轉」了，實驗後發現，用手拿刷子轉蛋，蛋平均一秒可以轉 1 ~ 1.5 圈，但是目前的情況蛋每秒只轉大約四分之一圈，所以就打算將刷子的數量增加。

塑膠瓦楞板和蛋模型放在水中會浮起來，就在板子的中心放了 1 0 0 公克的砝碼，如上右圖，解決板子浮起來的問題，如上圖。

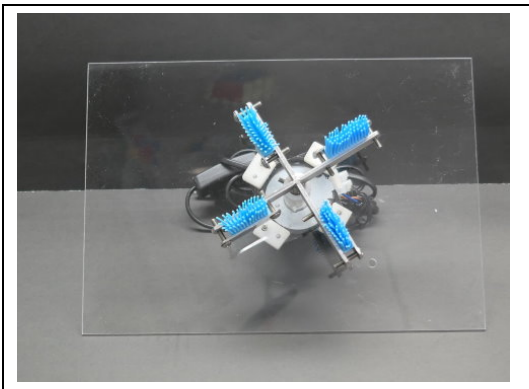
#### 研究（四）－ 1 －（ 3 ） 2 根刷子加蛋架

變成 2 根刷子後，如下圖，蛋轉動的速度變快了，每秒可以轉二分之一圈，刷子的數量增加，確定蛋轉動的速度也有增加，但是蛋的轉速還是不夠，所以就打算再增加刷子的數量。



#### 研究（四）－ 1 －（ 4 ） 4根刷子加蛋架

刷子的數量變成4根，如下圖，刷子的數量增加後，蛋轉動的速度變快了，達到每秒可以轉1圈，整體轉動和手拿刷子轉蛋已經差不多。



試做的材料已經達到我們想要的效果，試做成功。

#### 研究（四）－ 2 成品(不銹鋼)

因為煮蛋時，鍋子裡的水會達到90多度，壓克力上蓋、塑膠瓦楞板底座+蛋架是要煮食物，煮出來的蛋會有食安上的疑慮。爸爸工廠隔壁有一間不銹鋼工廠，就拿我們的實驗成品請隔壁工廠的老闆，幫我們做出一樣的東西，把材料換成不鏽鋼，做好後如下圖。

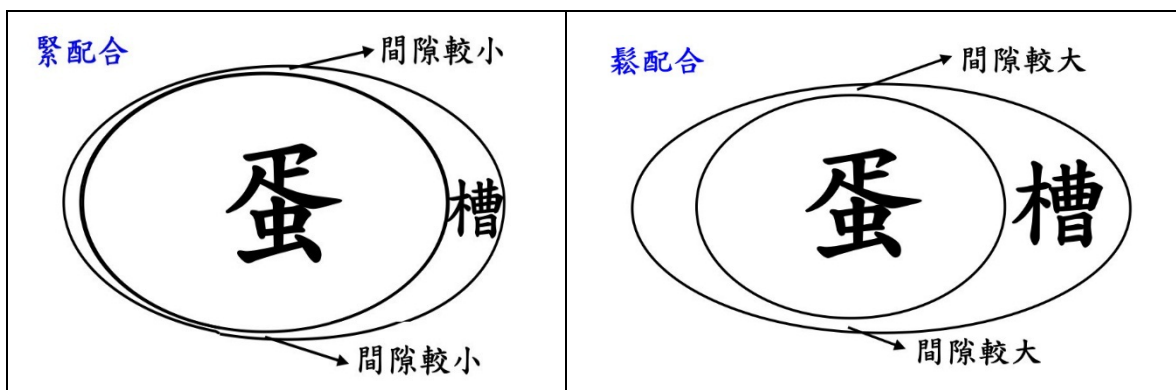


### 研究（五） 找出快煮爐選蛋 SOP

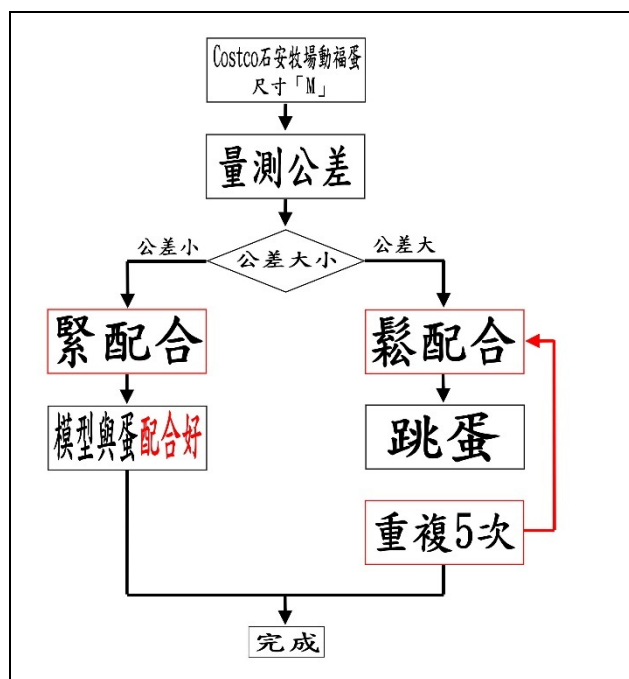
材料換成不鏽鋼之後，準備開始要煮顛倒蛋，但是在測試煮蛋的過程中，發生刷動蛋時會有「跳蛋」的情況，也就是蛋會從其中一個槽跳起來要跑到另外一個槽，這是在以前手工煮蛋時沒發生過的情形，手工煮蛋時，用的是油漆刷子，蛋都是在鍋子裡滾來滾去；但是現在用快煮爐，把蛋放在蛋的架子上，是不一樣的情形。

先從量測每個蛋的重量著手，發現蛋的重量都是介於 53.74 公克到 56.77 公克之間，每顆蛋的重量誤差不超過 6%，但是仔細再比對一下，並非是重量較輕的會發生「跳蛋」的情形，重量較重的也會發生「跳蛋」，除了重量之外，猜測應該有其它的因素。

經過觀察後，發現每個蛋的大小及形狀都略有不同，如果蛋的形狀和大小能夠剛好和不鏽鋼槽公差小的話，就可以形成緊配合，如下左圖，這樣的蛋就會乖乖待在槽裡面。反之，如果蛋的形狀和大小和不鏽鋼槽公差大的話，就形成鬆配合，如下右圖，煮到一半會發生「跳蛋」的情形。

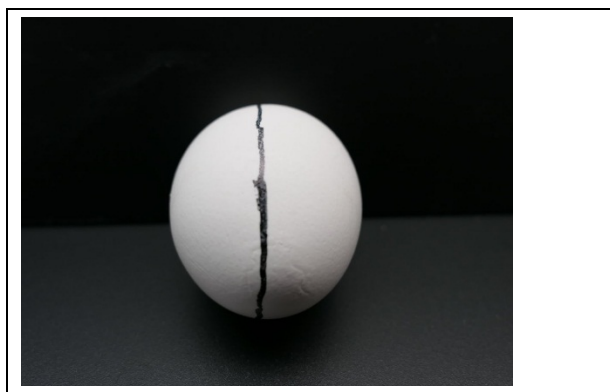


要用肉眼來觀察「鬆配合」還是「緊配合」會有誤判的可能。所以就使用將水加好後，把蛋放在槽中，將刷子馬達開啟 30 秒，如果沒有發生「跳蛋」的情形就是「緊配合」，也就是過關；如果有發生「跳蛋」的情形就是「鬆配合」，重複測試 5 次都會「跳蛋」，這個蛋就不使用，選蛋的 SOP 流程圖如下。

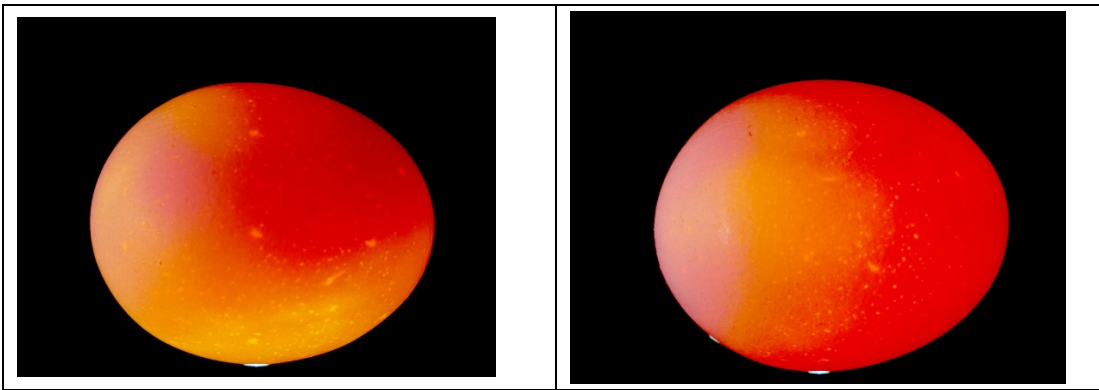


#### 研究（六） 6 · 找出顛倒蛋破蛋黃最佳百分比—影像檢測法

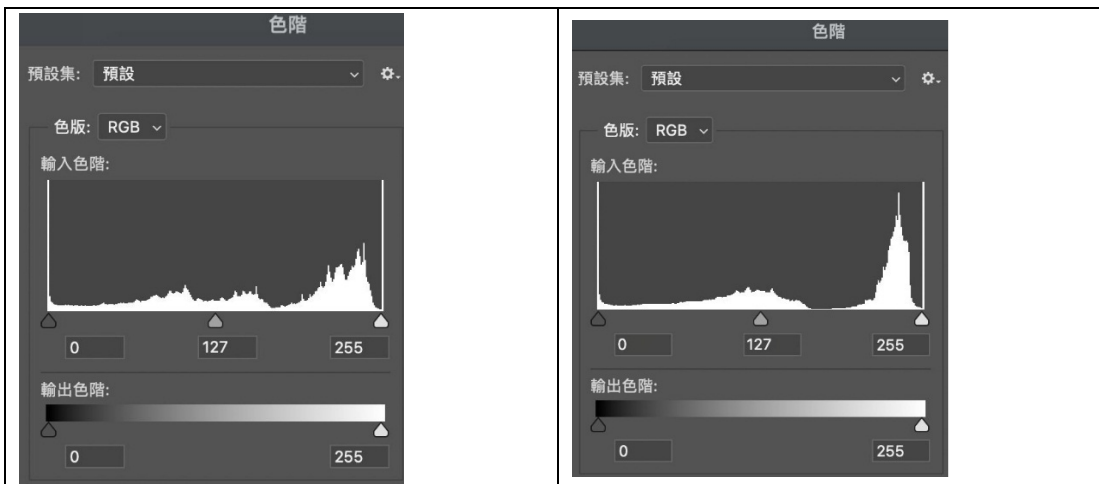
目前破蛋黃這個一個環節，都是直接用肉眼判斷，想用其它方法來驗證。先將在蛋殼上畫一條黑色，將蛋殼粗略分為左右各一半，如下圖。



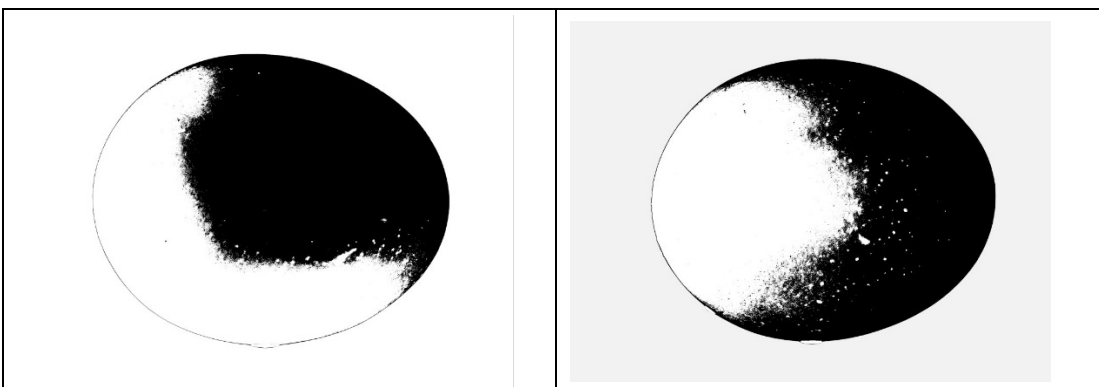
用機器 A 將蛋黃擊破到預計的狀態後，關燈將蛋分別拍攝左右兩邊，如下圖。



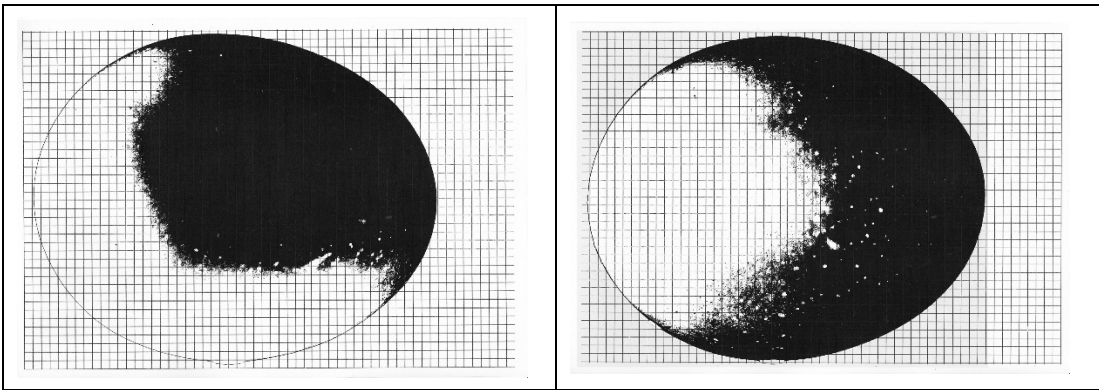
Photoshop 的色階是 0~255，將臨界值調整一半，也就是 127，Photoshop 的的設定圖如下。



想利用 Photoshop 的二值化功能，將圖片轉換為二值圖像-非黑即白，更容易判斷蛋黃所佔的比例。Photoshop 二值化的臨界值範圍是 0~255，將臨界值調整成一半，也就是將臨界值調整成 127 後，就得到下面的圖，黑色部分是蛋黃所佔的面積，白色部分是蛋白，黑色部分是蛋黃。



要計算蛋白蛋黃面積各佔多少，就利用五年級數學課學過的方格紙估算不規則面積的算法，先將圖片等比例放大成 A4 大小，再利用自製的方格紙（格子邊長 5 mm）鋪在上面，如下圖。



不足 1 格的面積就用計算成 0.5 格，經過計算蛋的面積總共是 780 格。將上面兩個圖，計算的蛋白蛋黃面積，列在下表中：

	左圖	右圖
蛋白格數	310	450
蛋黃格數	470	330
蛋白蛋黃格數	780	780
蛋黃/總面積	$(470+330) \div (780+780)=51.28\%$	

經過 Photoshop 的二值化測試，計算出蛋黃面積約佔總面積的 51.28%，雖然和之前我們所推估的 50% 不完全一樣，誤差在 5% 以內，印證蛋黃破 50% 應該是目前做顛倒蛋的最理想的狀況。

### 研究（七） 找出顛倒蛋蛋白蛋黃顛倒的原理—流速檢測儀

去年地區科展一開始做顛倒蛋時，本來沒加入邊煮邊轉蛋這一個步驟，煮出來的蛋就會是蛋黃一邊、蛋白一邊，如下圖。



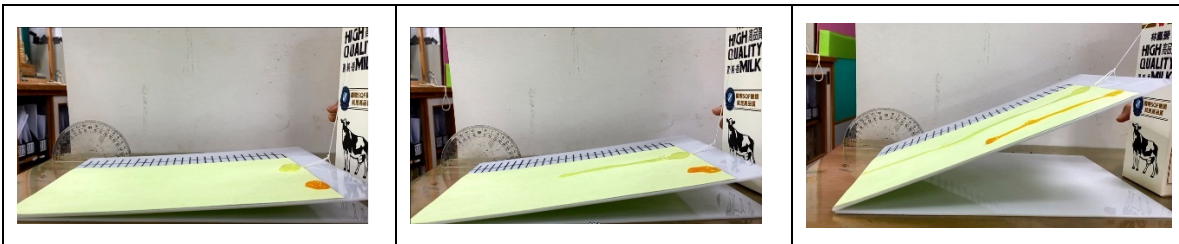
很好奇為什麼邊煮邊轉動蛋就可以煮出顛倒蛋，所以就設計了一個蛋黃、蛋白流速的實驗，自製的流速檢測儀如下圖。



牛奶盒中的筆轉動時，角度較會開始上升，左側有一個量角器，測量不同的角度下，蛋白和蛋黃的流速。

先將蛋白和蛋黃滴在靠右方，先將角度上升 5 度，蛋白蛋黃開始變形，但是還沒開始流動，如下左圖。

將角度上升到 10 度，蛋黃開始變形，從 1 公分拉長到 2 公分，時間 85 秒，而蛋白開始往下流動，如下中圖，蛋白從 1 公分流到 13 公分處就停止了，時間是 85 秒。



角度上升到 20 度時，蛋黃開始流動，從 2 公分距離流動到 18 公分停止，時間是 90 秒，而蛋白從 13 公分流動到 26 公分，時間 50 秒，如上右圖。將上數時間和距離整理成下表：

距離 ÷ 時間 = 速率		蛋白流速	蛋黃流速
流 速 檢 測 儀	5 度	0	0
	10 度	$12 \div 85 = 0.141$ (公分/秒)	$1 \div 85 = 0.012$ (公分/秒)
	20 度	$13 \div 50 = 0.26$ (公分/秒)	$16 \div 90 = 0.178$ (公分/秒)

從上表數據可以發現，蛋黃的流速和蛋白不一樣，也想證實我們的一個猜想—蛋黃的流速比蛋白慢。我們做出以下的推論—煮顛倒蛋的過程中，需要不斷的將蛋滾動旋轉，蛋黃流



動的比較慢所以會停留在蛋的外部，因為蛋黃停留在蛋的外部，所以煮出來的蛋就變成科展的實驗成品-顛倒蛋，如下圖



**研究（八）· 如何用快煮爐煮出顛倒蛋。**

去年地區科展是用電磁爐煮蛋（如下左圖），今年全國科展是用快煮爐煮蛋（如下右圖）。



快煮爐體積比之前的鍋子小，雖然快煮爐的功率比電磁爐小，煮的時候卻可以蓋上蓋子，所以溫度上升比之前用電磁爐快，下表是電磁爐和快煮爐的比較。

	電磁爐	快煮爐
功率	1500W	600W
水量	2200CC	1100CC
蓋子	無蓋	有蓋

本來很高興快煮爐溫度升高比較快，可以將煮蛋的時間縮短，沒想到結果竟然出乎意料之外。

快煮爐一樣採用溫泉蛋的煮法，但是因為升溫速度較快，所以煮蛋整體時間縮短，但是煮出來的蛋有高比例的在蛋白中心參雜著蛋黃，這是以前沒發生過的情形，如下圖。



仔細分析整個煮蛋過程，猜測是煮蛋整體時間縮短，造成這樣的情況，仔細比對電磁爐和快煮爐的煮蛋時間。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

比對一下電磁爐和快煮爐兩者煮蛋的時間，有2段時間略有不同，第一段是25~70度升溫的時間不同，少了3分30秒，第二段是70~95度升溫時間不同，少了4分鐘，如下表。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

← 少了3分鐘30秒  
← 少了4分鐘

### 研究(八) - 1 70度多停留3分30秒、95度多停留4分鐘

不同的煮蛋工具，造成升溫時間縮短，要調整升溫時間比較不容易，如果在70度加熱多停留3分鐘30秒，95度加熱多停留4分鐘，是否會改善蛋白部分參雜蛋黃。總共做了3個實驗。

(1) 增加70度多3分鐘30秒，70度從原本的15分鐘增加成18分鐘30秒。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘+3分鐘30秒=18分鐘30秒	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

(2) 增加95度多4分鐘，95度從原本的15分鐘增加成19分鐘。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘+4分鐘=19分鐘	

(3) 增加70度多3分鐘30秒和增加95度多4分鐘，70度從原本的15分鐘增加成18分鐘30秒且95度從原本的15分鐘增加成19分鐘。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘+3分鐘30秒=18分鐘30秒	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘+4分鐘=19分鐘	

實驗後發現，不論是70度多增加3分鐘30秒、95度多增加4分鐘、或是70度增加3分30秒和95度增加4分鐘，蛋白部分參雜蛋黃的情形依然沒有顯著改善，如下圖。



**研究（八）－2 70度多停留8分30秒、95度多停留9分鐘**

上個實驗70度多停留3分30秒、95度多停留4分鐘，蛋白部分參雜蛋黃的情形沒有顯著改善，在思考如果再多增加多一點時間，例如5分鐘，是否會有不一樣的結果，總共做了3個實驗。

（1）增加70度多8分鐘30秒，70度從原本的15分鐘增加成23分鐘30秒。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘+8分鐘30秒=23分鐘30秒	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

（2）增加95度多9分鐘，95度從原本的15分鐘增加成24分鐘。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘+9分鐘=24分鐘	

（3）增加70度多8分鐘30秒和增加95度多9分鐘，70度從原本的15分鐘增加成23分鐘30秒且95度從原本的15分鐘增加成24分鐘。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘+8分鐘30秒=23分鐘30秒	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘+9分鐘=24分鐘	

實驗後發現，不論是是70度多增加8分鐘30秒、95度多增加9分鐘或是70度增加8分30秒和95度增加9分鐘後，蛋白部分參雜蛋黃的情形依然沒有顯著改善，但是，95度多增加9分鐘或是70度增加8分30秒和95度增加9分鐘後蛋黃整體顏色變淡了，如下圖。



### 研究(八) – 3 70度、95度不停留

上2個實驗，多增加時間都無法改善蛋白部分參雜蛋黃，如果不要增加70度和95度的停留的時間，而是直接取消，也就是70度和95度不停留，總共做了3個實驗。

(1) 70度從原本的15分鐘減少為0分鐘。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘降為0分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

(2) 95度從原本的15分鐘減少為0分鐘。

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘降為0分鐘	

(3) 70度從原本的15分鐘減少為0分鐘和95度從原本的15分鐘減少為0分鐘

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘降為0分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘降為0分鐘	

實驗後發現，不論是是70度減少為0分鐘、95度減少為0分鐘或是70度和95度都減少為0分鐘後，蛋白部分參雜蛋黃的情形依然沒有顯著改善，而且更出現蛋黃集中在中間情形出現，如下圖。



不論增加或是減少70度和95度的時間，都無法煮出和去年地區科展一樣的顛倒蛋，難道關鍵點不是在這2個溫度的時間嗎？如果增加的時間是在70度和95度以前的時間呢？

#### 研究(八)－4 50度、80度停留4分鐘

大膽假設－「問題是出在升溫太快」，如果升溫時間拖長一點，也就是70度以前時間停留長一點，95度以前時間也停留長一點，不知道是否會有改善？所以做了3個實驗。

(1) 增加25~70度此段升溫的時間，在50度斷電先不加溫，過了3分鐘30秒後再升溫

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

50度停留3分鐘30秒

(2) 增加70~95度此段升溫的時間，在80度斷電先不加溫，過了4分鐘後再升溫

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

80度停留4分鐘

(3) 增加25~70度此段升溫的時間，在50度斷電先不加溫，過了3分鐘30秒後再升溫，且增加70~95度此段升溫的時間，在80度斷電先不加溫，過了4分鐘後再升溫

	電磁爐	快煮爐
25~70度	9分	5分30秒
70度	15分鐘	
70~95度	9分	5分
95度	15分鐘	

50度停留3分鐘30秒

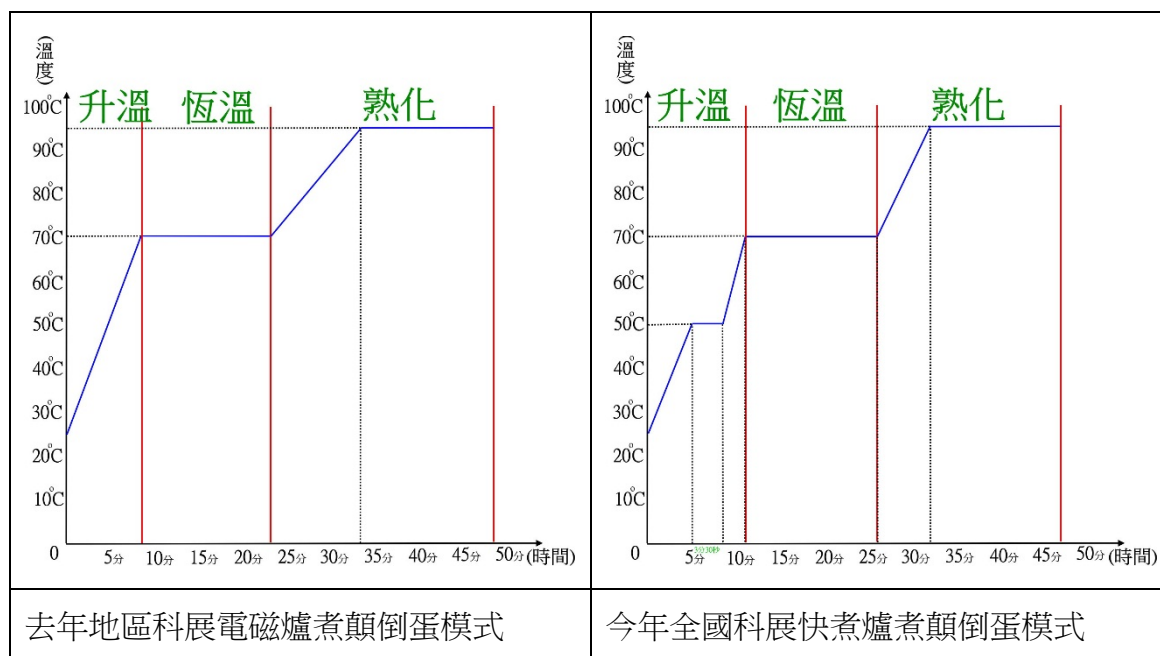
80度停留4分鐘

實驗過後發現，50度停留3分鐘30秒和50度停留3分鐘30秒、80度停留4分

鐘，煮出來的蛋，蛋白部分就不會參雜蛋黃，如下圖，但是如果只有80度停留4分鐘蛋白部分依然有高比例的參雜蛋黃，所以增加了50度的那3分鐘30秒，應該是讓顛倒蛋成功的關鍵。



將去年的煮蛋模式和今年的煮蛋模式畫成圖表，如下圖。



今年科展快煮爐煮蛋所花的時間和去年地區科展電磁爐煮顛倒蛋都是介於45分鐘~50分鐘之間，總體時間差異不大，因為電磁爐沒有蓋子，升溫的速度較慢。

經過多次實驗後，成功找出快煮爐煮顛倒蛋的方式，比較去年地區科展和今年全國科展這2次科展煮蛋的時間，沒想到煮蛋時間竟然相差不大，一套快煮爐1小時只能煮5顆顛倒蛋，所以就請工廠老闆再幫忙做2套，如下圖，這樣1個小時就可以做出15顆顛倒蛋，去年參加地區科展時，1次只能製作出6顆顛倒蛋，今年一次製作顛倒蛋的產量是去年地區科展的2.5倍。





## 伍、研究結果

### 結論（一）如何將蛋白打發器改裝成煮顛倒蛋的機器。

蛋白打發器下方的轉軸很不容易將蛋固定，常常是好不容易固定好了，轉動快一點就掉下來，加上塑膠加熱會有食安上的問題，所以這個方法就沒再延續下去。

### 結論（二）如何將四驅車小馬達改裝成煮顛倒蛋的機器。

四驅車小馬達材料便宜、容易取得，因為固定蛋的方式無法很精準，導致蛋旋轉時不平均，因為有安全上的顧慮，所以只好從找尋另一個轉蛋的工具下手。

### 結論（三）如何將電鑽改裝成煮顛倒蛋的機器。

電鑽改裝成轉蛋工具，刷子無法100%置中，所以無法達到平衡，會有安全上的顧慮，所以只好再次尋找下一個轉蛋的工具。

### 結論（四）如何將快煮爐改裝成煮顛倒蛋的機器。

（四）- 1 試做時，用比較容易施作的材料。

（四）- 1 - （1）1根刷子：蛋在裡面只會被推著「公轉」，無法「自轉」。

（四）- 1 - （2）1根刷子+蛋架：蛋會進行「自轉」，平均一秒轉四分之一圈。

（四）- 1 - （3）2根刷子+蛋架：蛋會進行「自轉」，平均一秒轉二分之一圈。

（四）- 1 - （4）4根刷子+蛋架：蛋會進行「自轉」，平均一秒轉一圈。

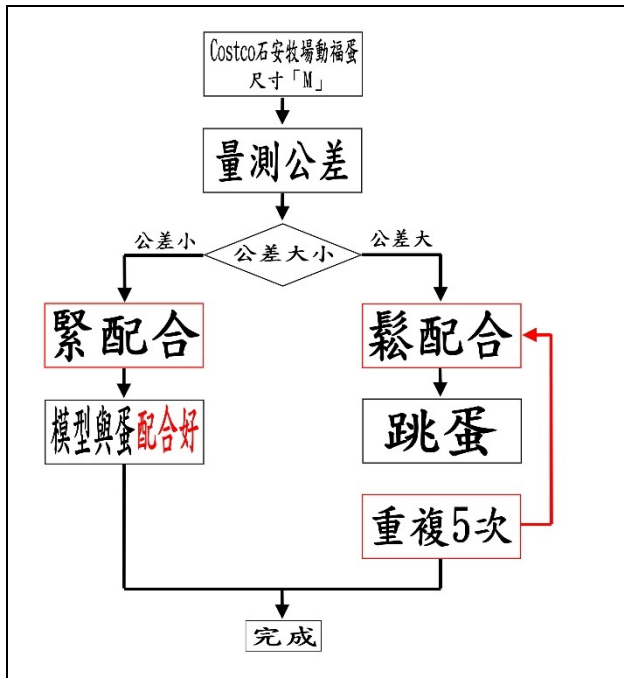
經歷了3次改良，蛋轉的效果非常好，就拿試做的成品，請工廠老闆幫我們做成不鏽鋼

的。

(四) - 2 成功將上蓋和蛋架改成不鏽鋼材質。

#### 結論 (五) 找出快煮爐選蛋 SOP。

水加好後，把蛋放在槽中，將刷子馬達開啟 30 秒，如果沒有發生「跳蛋」的情形就是「緊配合」，也就是過關；如果有發生「跳蛋」的情形就是「鬆配合」，重複測試 5 次都會「跳蛋」，這個蛋就不使用，下圖是選蛋的 SOP 流程圖。



#### 結論 (六) 找出顛倒蛋破蛋黃最佳百分比—影像檢測法。

使用 Photoshop 將破蛋黃後的照片二值化，計算出蛋黃面積約佔總面積的 51.28%，更確認蛋黃破 50% 應該是目前做顛倒蛋的最理想的狀況。

#### 結論 (七) 找出顛倒蛋蛋白蛋黃顛倒的原理—流速檢測儀。

從流速檢測儀的實驗可以發現—蛋黃的流速比蛋白慢。所以我們做出以下的推論—顛倒蛋邊煮邊轉動時，蛋黃因為流動較慢，停留在靠近蛋殼的位置，蛋黃在外層先熟了以後，蛋白就被固定在裡面，形成蛋白蛋黃顛倒的狀態。

#### 結論 (八) 如何用烘豆工具加快煮爐煮出顛倒蛋。

用原本溫泉蛋的煮法，會有高比例的蛋白參雜蛋黃的情形，於是調整煮法，找尋快煮爐煮顛倒蛋的煮法。

(八) - 1 · 70 度增加 3 分鐘 30 秒和 95 度增加 4 分鐘的煮蛋時間。

改變煮法	蛋白參雜蛋黃情形是否改善
(1) 70度多增加3分鐘30秒	否
(2) 95度多增加4分鐘	否
(3) 70度增加3分鐘30秒和 95度增加4分鐘	否

(八) - 2 · 70度增加8分鐘30秒和95度增加9分鐘的煮蛋時間。

改變煮法	蛋白參雜蛋黃情形是否改善
(1) 70度多增加8分鐘30秒	否
(2) 95度多增加9分鐘	否
(3) 70度增加8分鐘30秒和 95度增加9分鐘	否

(八) - 3 · 減少70度和95度煮蛋的時間，減少15分鐘。

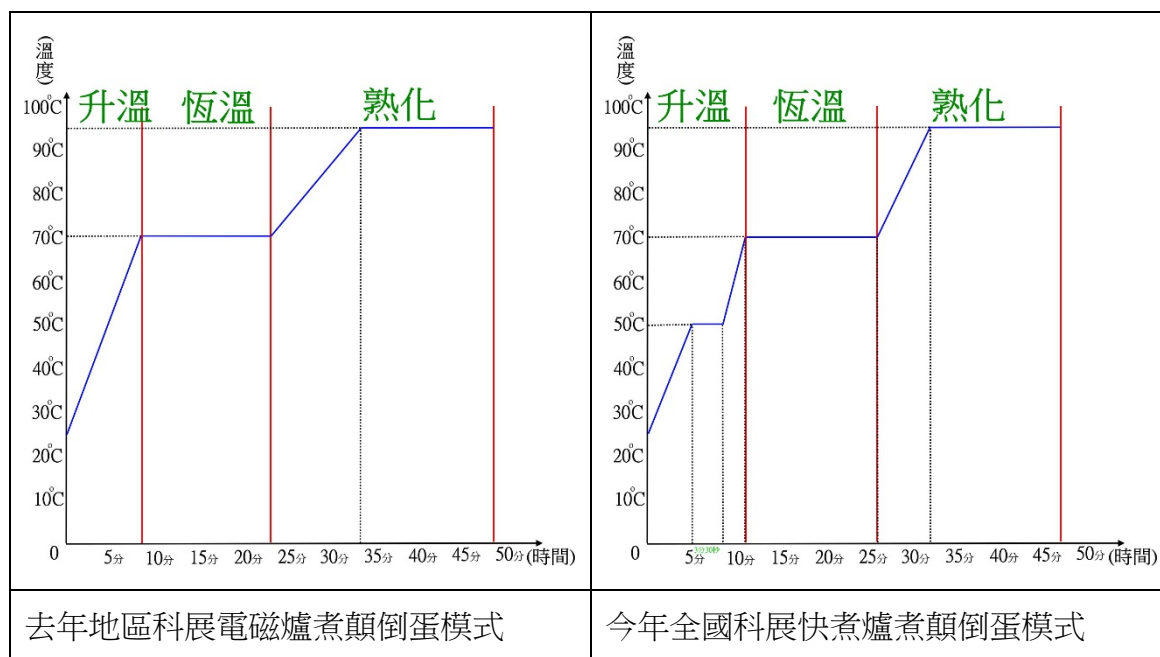
改變煮法	蛋白參雜蛋黃情形是否改善
(1) 70度不停留	否
(2) 95度不停留	否
(3) 70度和95度都不停留	否

(八) - 4 · 50度停留3分鐘30秒和80度停留4分鐘的煮蛋時間。

改變煮法	蛋白參雜蛋黃情形是否改善
(1) 50度多停留3分鐘30秒	是
(2) 80度多停留4分鐘	否
(3) 50度停留3分鐘30秒和 80度停留4分鐘	是

推論增加了50度斷電的3分鐘30秒，應該是讓顛倒蛋成功的關鍵。

去年的煮蛋模式和今年的煮蛋模式如下圖。



成功找出快煮爐煮顛倒蛋的方式後，沒想到去年和今年煮蛋時間竟然相差不大，一套快煮爐 1 小時只能煮 5 顆顛倒蛋，所以就請工廠老闆再幫忙做 2 套，1 個小時就可以做出 15 顆顛倒蛋，去年地區科展 1 次只能煮 6 顆顛倒蛋，產量是去年科展的 2.5 倍。

## 陸、討論

- 一、雖然成功將煮顛倒蛋自動化，但是也發生的新的問題，還好找出了快煮爐選蛋 SOP，讓未來在大量生產時，不會發生「跳蛋」的問題。
- 二、從實驗結果看來，顛倒蛋煮蛋過程並非是越快越好，反而是在 70 度前需要煮較長的時間，才能成功做出顛倒蛋，如同「猶太低溫煮蛋」一樣，有時候慢煮才會有完美的成品出現。
- 三、目前市面上都沒看到有煮顛倒蛋的機器，此次科展成功做出快煮爐煮顛倒的工具，確認可行也可以量產顛倒蛋。

## 柒、結論

- 一、今年科展已經將「煮蛋」的部分自動化，但是「破蛋黃」的這一個部分還是需要手動，未來希望有機會能做出一台機器，能有「破蛋黃」和「煮蛋」兩個功能，將雞蛋放入就自動做成「顛倒蛋」的機器。
- 二、今年科展已經成功找出快煮爐煮顛倒蛋的模式。目前溫度的控制是採用人工斷電的方式，未來若是能做到溫控斷電，自動化就可以再往前更邁進一步，達到無人化的方式。
- 三、今年科展用快煮爐改裝成煮顛倒蛋的機器，目前市面上都找不到類似的產品，目前已經著手申請專利，為這次科展畫下一個完美的句點。

## 捌、參考文獻資料

- 一、黄身と白身が逆転！黄身返したまごの簡単な作り方！

[https://www.youtube.com/watch?v=cvDsA7oKBr4&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=cvDsA7oKBr4&feature=emb_logo)

- 二、「溫泉蛋」和「溏心蛋」不一樣？

<https://food.ltn.com.tw/article/8392>

- 三、絲襪包雞蛋狂甩！ 變身神奇「顛倒蛋」

<https://www.youtube.com/watch?v=FXZ0WbN5U68>

- 四、烹調科學：如何控制水煮蛋，讓“蛋黃”固定在正中間不偏移？

<https://blog.icook.tw/posts/143121>

- 五、蛋 - 科學展覽

<https://science.km.edu.tw/api/pageview/team/1016?redirect=/storage/media/2226/5e89d01109da9.pdf>

- 六、黄身返し卵の製造方法および装置

<https://astamuse.com/ja/published/JP/No/1998146171>

## 【評語】 082916

1. 本件研究的探討產品相當特別且有趣，且依據製作原理設計出製作設備且進行製作驗證比較，相當難得。
2. 建議可多說明及討論此顛倒蛋的形成原因或製作原理。另外有關製作原料，如果使用不同來源或品種的蛋，是否也會有相同結果，也應探討及討論。
3. 相關產品在日本已經有專利，應再詳加收集相關訊息，加強背景知識討論及比較，以利後續可以比較本件產品的優缺點。

## 作品簡報



**作品標題：實用顛倒蛋之最佳製程研發及創新機台製作**

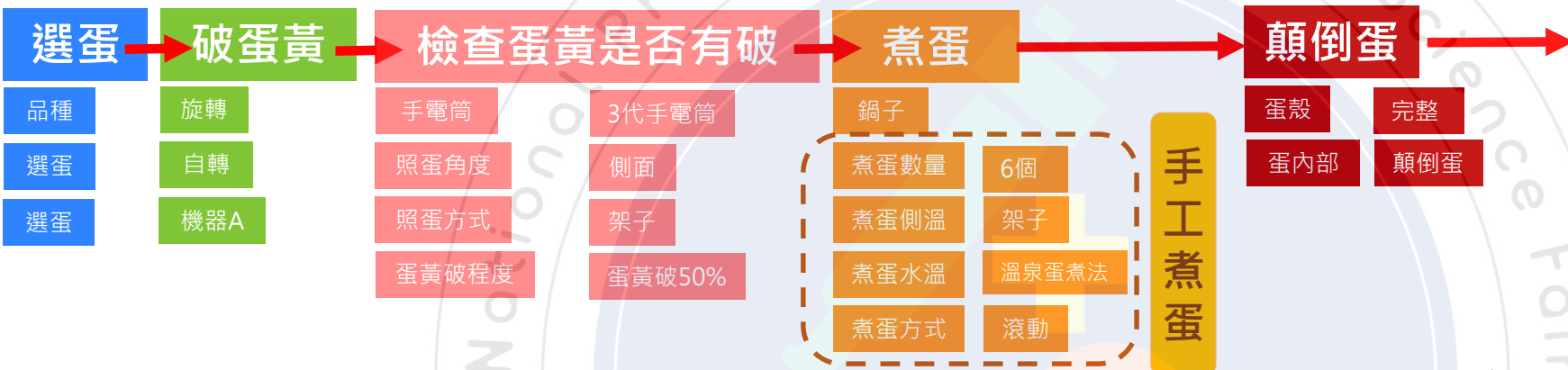
**科別：國小組**

**組別：生活與應用科學科(二)**



# 一、前言

第一年



第一年：找出顛倒蛋正確製作SOP

第二年



第二年：量產顛倒蛋 2

## 二、研究過程與方法：

### (一)選蛋

- 1.石安牧場動福蛋，尺寸：M
- 2.生產日期：1週內

### (二)破蛋黃

- 振動
  - 上下振動
  - 8字振動
- 旋轉
  - 公轉
  - 自轉



上下振動  
(上下搖搖機)



8字振動  
(8字搖搖機)



旋轉-公轉  
電風扇改裝



旋轉-自轉  
機器A

### (三)選出破蛋黃最佳工具

1. 硬體：Sony A700「SUPER SLOW MOTION」+ 軟體：「SM Player」
2. 400倍的慢動作播放計算1秒平均次數
3. 「旋轉 - 自轉」才能破蛋黃，選用「旋轉 - 自轉」中轉速最快的機器 A。

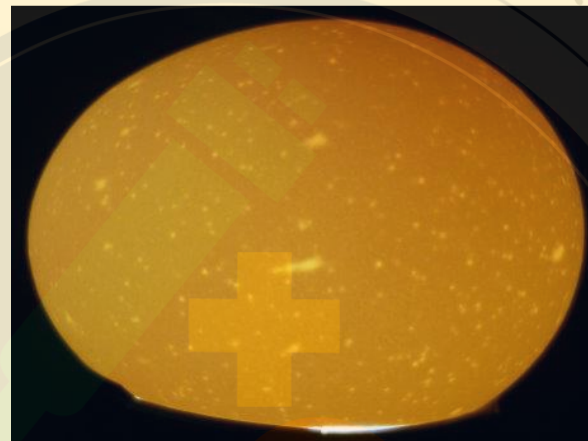
	上下振動 (上下搖搖機)	8字振動 (8字搖搖機)	旋轉-公轉 電風扇	旋轉-自轉 機器A
1秒平均次數	1秒上下振動5.94次	1秒8字振動5.86次	1秒轉9.76圈	1秒轉54.83圈
蛋黃情形		無法破蛋黃		可以破蛋黃

## (四) 檢查蛋黃破的程度

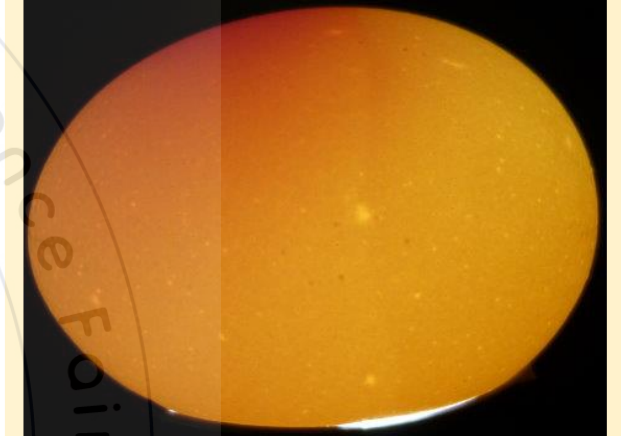


蛋要橫放

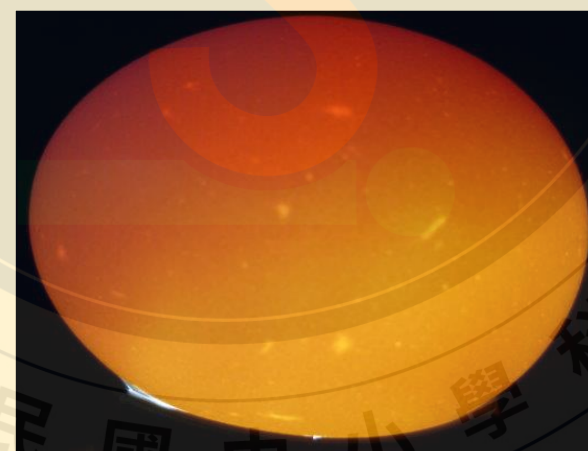
自製照蛋架  
手電筒放在  
架子裡面



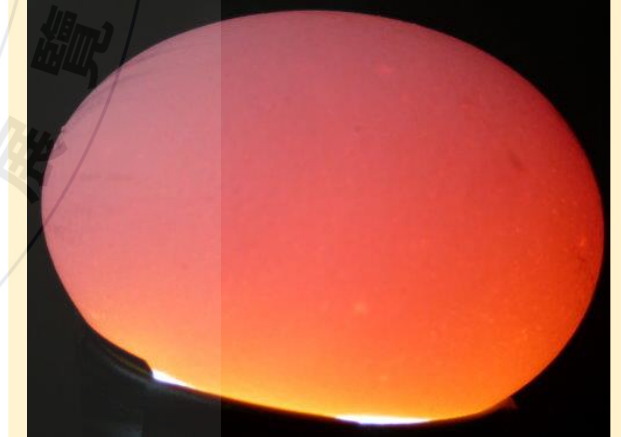
蛋黃未破



蛋黃剛破



蛋黃破50%

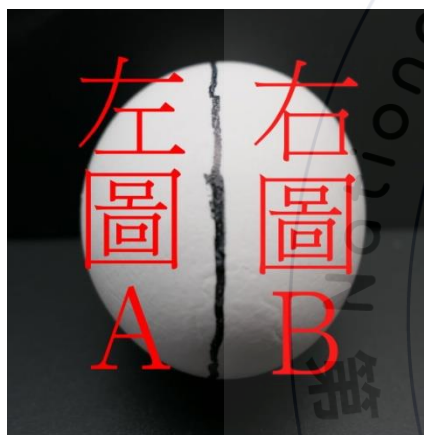


蛋黃全破

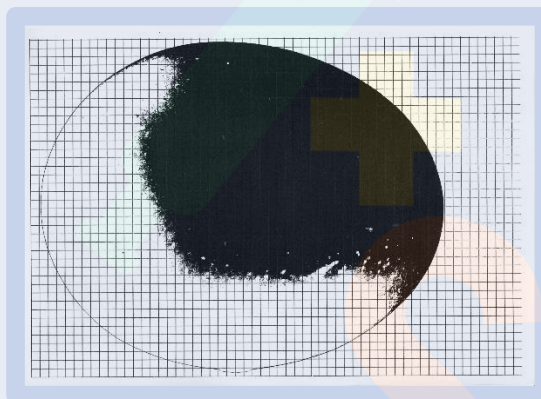
為求標準化，自製照蛋架，  
照蛋的側面，觀察蛋黃破的情形

## (五)影像檢測法

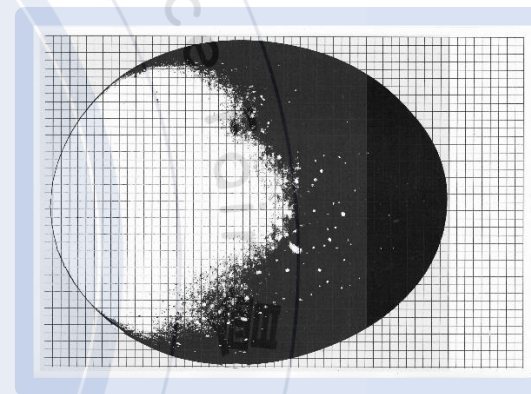
用Photoshop將圖像二值化得到的圖形，再利用自製的方格紙計算面積



左圖A



右圖B



左圖A

右圖B

蛋白格數

310

450

蛋黃格數

470

330

蛋白蛋黃格數

780

780

蛋黃/總面積

$(470+330) \div (780+780)=51.28\%$

## (六)轉蛋工具-失敗品

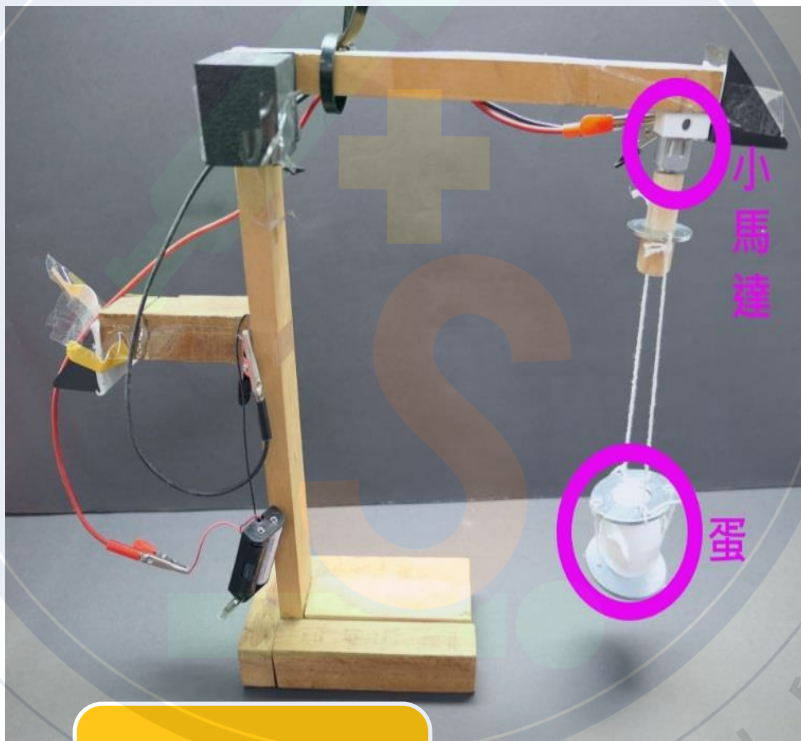
第1代：蛋白打發器



失敗原因

蛋無法固定

第2代：小馬達 + 木架



失敗原因

無法置中

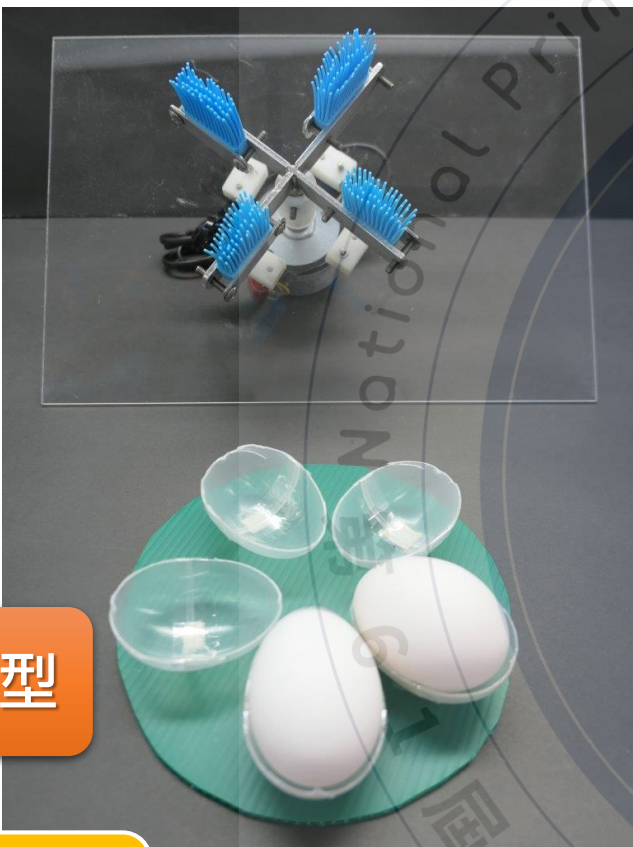
第3代：電鑽 + 木箱



失敗原因

無法置中

## (七)轉蛋工具-成功品



塑膠蛋模型

第4代試做

壓克力板、塑膠瓦楞板、塑膠蛋模型  
蛋的轉速：每秒1圈



不鏽鋼

第4代完成品

試做成功後，材料替換成不鏽鋼

# (八)煮蛋工具的差異

去年地區科展 **油漆刷 + 電磁爐** 煮顛倒蛋

今年全國科展 **蛋架 + 4根矽膠刷 + 快煮爐** 煮顛倒蛋



+



V.S



+

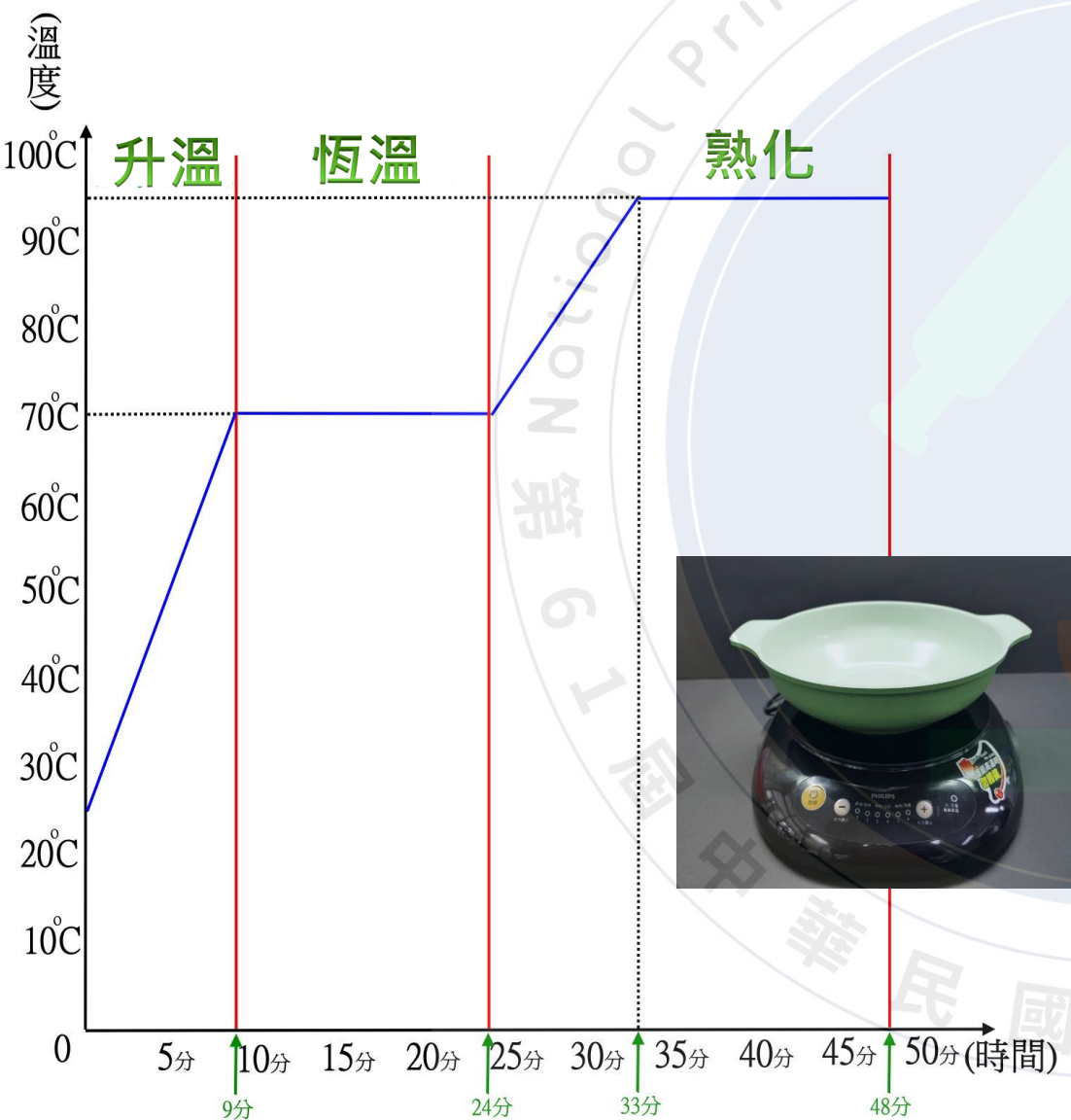


	電磁爐 ( 第一年 )	快煮爐 ( 第二年 )
25 ~ 70度	9分	5分30秒 ( 50度多停留3分30秒 )
70度		15分鐘
70 ~ 95度	9分	5分
95度		15分鐘

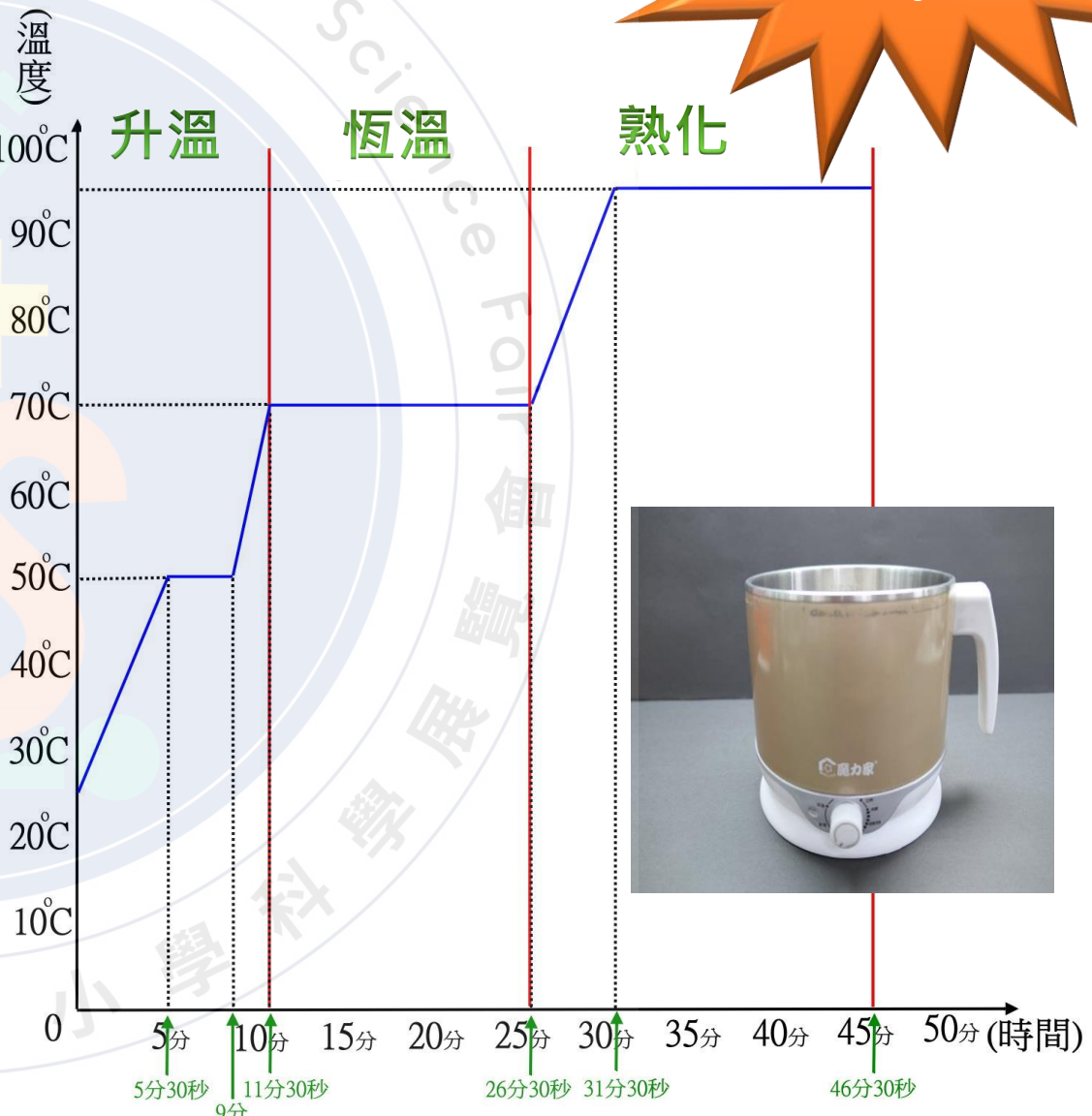


# (九)煮蛋時間的差異

去年地區科展電磁爐煮顛倒蛋時間



今年全國科展快煮爐煮顛倒蛋時間



縮短時間  
3%

# (十)100%成功顛倒蛋SOP



選蛋

破蛋黃

檢查蛋黃  
是否有破

煮蛋



成功  
顛倒蛋

**FAIL**

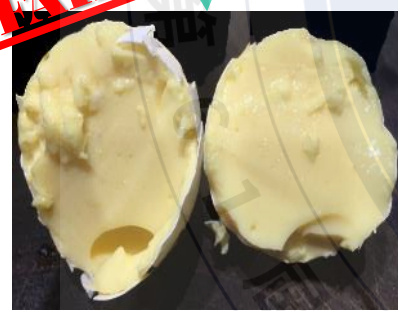


一般水煮蛋

失敗原因

蛋黃沒破

**FAIL**



黃金蛋

失敗原因

蛋黃全破

**FAIL**

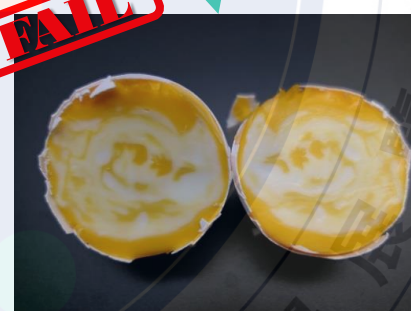


蛋白蛋黃各一邊

失敗原因

- 1.蛋黃剛破
- 2.煮蛋時轉太慢

**FAIL**



蛋黃參雜蛋白

失敗原因

升溫太快

### 三、未來展望

- (一) 希望未來能做出一台機器，能有「破蛋黃」和「煮蛋」兩個功能，雞蛋放入就自動做成「顛倒蛋」的機器。
- (二) 目前溫度的控制是採用人工斷電的方式，希望未來能做到溫控斷電，達到自動化的目的。
- (三) 就目前搜尋到的資料，尚未找到有人做出相同的機器，已經著手申請專利，替這 2 年的科展畫下一個完美的句點。

### 四、參考資料

- (一) 黄身と白身が逆転！黄身返したまごの簡単な作り方！  
[https://www.youtube.com/watch?v=cvDsA7oKBr4&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=cvDsA7oKBr4&feature=emb_logo)
- (二) 黄身返し卵の製造方法および装置  
<https://astamuse.com/ja/published/JP/No/1998146171>