

# 2023 年【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：「蓋」厲害~模擬蛤蜊開合方式製作新式防溢器

### 一、摘要：

我們模擬蛤蜊的開合方式自製出能在沸水中持續開合的防溢器，比市售防溢器更有效，也提出實用的使用建議，同時具有節能又防溢的雙重效果。依據實驗結果提出建議如下：可小火慢煮的食物(粥)，放入自製或市售的防溢器，搭配鍋蓋 95% 的覆蓋面積，且將 5% 的開放處對準發泡處皆可有效防止撲鍋；而需要中大火以上快煮的食物(水餃或麵)，置入我們自製的防溢器於未加蓋時能有效防止撲鍋，明顯勝過市售防溢器(已撲鍋)，而在澱粉含較高的食材中(和 2% 糯米粉水類比)，搭配鍋蓋 70% 的覆蓋面積能明顯延長達撲鍋的時間，以利使用者及時處理調整火源大小。



取自天下雜誌



### 二、探究題目與動機

一日，我們在煮麵線時發現有大量泡沫產生並溢出，且清理起來很麻煩，很好奇是否有方法可以防止撲鍋，上網一查，發現國外有人針對此現象做出來號稱能防止撲鍋的「kokukoku 君」，民間也有小妙招說只要放一根湯匙或筷子即可避免溢出，甚至還有人覺得只要放金屬物進去一起煮就可以阻止撲鍋。因此我們很好奇為什麼會撲鍋？不同的食材是否撲鍋狀況也不相同呢？而到底什麼方法最可避免撲鍋？在大家七嘴八舌的討論下，我們展開了一系列實驗。

### 三、探究目的與假設

- (一) 不同澱粉水溶液的撲鍋表現比較
- (二) 觀察市售防溢器的工作表現以及成效
- (三) 針對撲鍋原理提出假設(和 61 屆國展原理做對照)
- (四) 自製防溢器並針對假設進行驗證
  - 1. 氣泡大小對泡沫上升之影響~以打氣機初步驗證
  - 2. 開孔分布對氣泡形成之影響
    - (1) 各種廚房用具之比較
    - (2) 開三個洞，其分布對氣泡形成之比較(共 8 種)
    - (3) 自製防溢器最終版
  - 3. 鍋蓋覆蓋面積對防撲鍋效果之比較
- (五) 防溢器總比較並提出使用建議



上方為小碟子，中間為大碟子  
左下為喉糖蓋子，  
右下為(蛋糕模+大碟子)

### 四、探究方法與驗證步驟

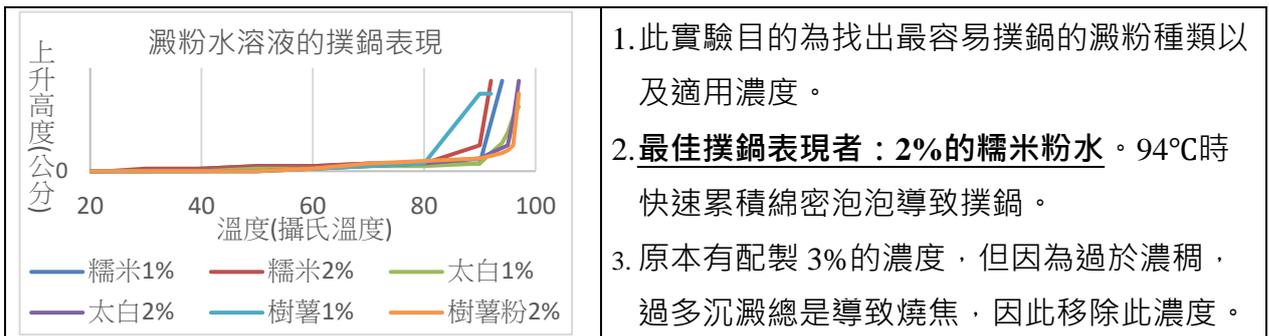
澱粉是由葡萄糖組成的長鏈分子，在冷水中的溶解度不大，會形成懸浮液。而加熱時，分子間的氫鍵因受熱被破壞，產生較大的空隙，使水分子進入結構中與澱粉分子結合，導致澱粉粒吸水軟化、膨脹變形，進而破裂使得顆粒內的物質散入水中使水溶液變得濃稠，此過程稱為

澱粉糊化，常見於台灣的勾芡料理。澱粉糊化增加黏稠度也降低了水溶液的表面張力，有利於泡泡生成，造成了快速上升溢鍋的現象，便是煮粥、煮麵食會伴隨的「撲鍋」。

上網查詢之後，找到已有市售的防溢器宣稱能夠防止撲鍋，觀察其形狀後我們假設其工作原理應為提供空間收納小氣泡並合併為大氣泡後再進行釋放，破壞泡沫的形成，但也從參考文獻中找到和我們假設相反的論述(將大氣泡變成小氣泡)，於是著手設計實驗來驗證我們的假設並進一步自製防溢器支持我們的想法便是我們本項探究的重點。

### (一) 不同澱粉水溶液的撲鍋表現比較

我們準備了樹薯粉、太白粉、糯米粉，共三種，配製濃度 1% 以及 2% 的水溶液分別進行加熱，記錄下撲鍋表現並選擇表現最佳者進行後續實驗。



### (二) 觀察市售防溢器/方法的工作表現以及成效

方法	對照組(無)	市售防溢器(大)	市售防溢器(小)	湯勺置於上方	湯勺放入杯中
2% 糯米粉水					
無論有無放置防溢器或湯勺，在 2000ml 的燒杯中均會造成撲鍋現象。					

	對照組(無)	市售防溢器(大)	市售防溢器(小)
照片記錄			
說明	底部氣化的水蒸氣小氣泡，一顆顆沿著直線上升，但氣泡明顯較市售防溢器釋放的氣泡小很多。	大防溢器收集覆蓋面積的氣泡後，由側邊開口釋放，且因為重量足夠，持續沸騰時仍有效	小防溢器也是收集氣泡後，由側邊開口釋放，但因為重量太輕，持續沸騰會被大量氣泡抬起而失去效果

### (三) 針對撲鍋原理提出假設(並和 61 屆國展原理做對照)

我們根據實驗(二)的結果觀察到市售防溢器收集覆蓋面積的水蒸氣小氣泡，合併至一定體積

再由側孔釋放出去，即便澱粉糊化後的溶液黏度增加及表面張力下降，大氣泡也不利泡沫的產生，因而抑制了撲鍋的發生。但 61 屆國展作品中提及的作用原理卻和我們的假設相反，因而促使我們思考，設計實驗來驗證消泡作用應為小氣泡→大氣泡，而且是否有比上方孔洞更好的設計方法。

### 1. 氣泡大小對泡沫上升之影響

#### (1) 實驗設計：

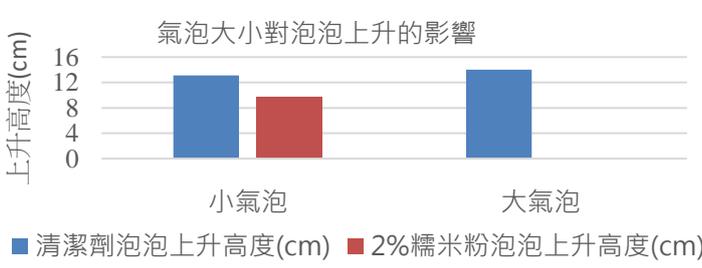
- ①以打氣機搭配氣泡石製造小氣泡和大氣泡，並透過排水集氣法測量排氣量。
- ②以清潔劑水溶液模擬糊化後的糯米粉水，透過電子式定時器進行持續 10 秒鐘的打氣，紀錄小氣泡與大氣泡造成的泡沫上升高度，共重複 10 次。
- ③將清潔劑水溶液更換為 2% 糯米粉水，重複實驗②。

#### (2) 裝置與說明：

		
<p>打氣機接上氣泡石製造小氣泡，移除氣泡石製造大氣泡，分別通入清潔劑和糯米粉水中 10 秒</p>	<p>清潔劑中打入小氣泡，導致泡泡迅速上升。</p>	<p>2% 糯米粉水中打入小氣泡，導致泡泡迅速上升。</p>

#### (3) 數據分析與結果

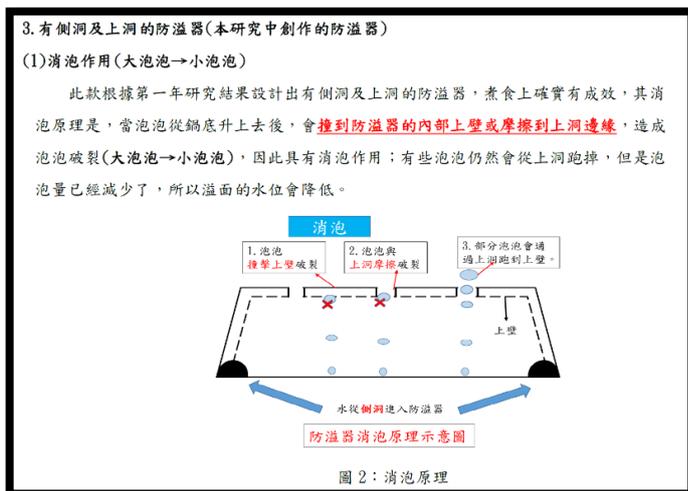
比較項目	小氣泡	大氣泡
打氣量(毫升/10 秒)	12.9	416.0
清潔劑泡泡上升高度(cm)	13.1	14
2% 糯米粉泡沫上升高度(cm)	9.7	0
清潔劑泡泡直徑(cm)	0.27	2.7



氣泡大小對泡泡上升的影響

■ 清潔劑泡泡上升高度(cm) ■ 2%糯米粉泡泡上升高度(cm)

結果顯示，小氣泡的出氣量為大氣泡的 1/32 倍，在清潔劑中形成的泡泡直徑約為 2.7cm；大氣泡造成的泡泡直徑則與管徑相同。因為清潔劑的表面張力小，形成的泡沫得以快速上升 14 公分。而在糯米粉水中的小氣泡形成泡沫上升近 10 公分，大氣泡則因無法產生泡泡而無法上升，證實小體積的空氣有助於泡泡形成，足夠大的氣體體積不利於泡泡形成，與我們的假設相符。



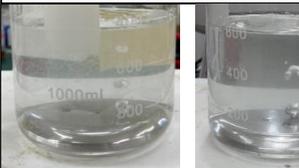
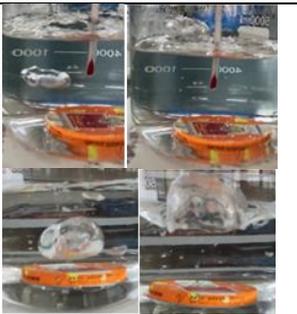
## 2. 開孔分布對氣泡形成之影響

經由實驗二確認氣體體積愈大愈能抑制泡沫產生，接著觀察常見的廚房用具在水中合併氣體的表現，找出靈感，自製出更有效的防溢器

### (1) 各種廚房用具之比較：放入水中，觀察加熱過程中孔洞對於釋放氣體的影響

 <p>多種容器</p>	 <p>大醬油碟收集氣體一次釋放過程記錄，大氣泡對水面的擾動非常大</p>
 <p>過多的孔洞似乎無效，僅從少數孔釋放，且氣泡不大</p>	 <p>小醬油碟收集氣體一次釋放過程記錄，氣泡對水面的也造成明顯擾動，但因重量不足，碟子本身會被氣體推至容器邊緣，甚至卡在內壁造成排氣不順，讓我們<b>確認重量足夠為重要條件</b>。</p>
<p>結果：從流理臺過濾盤釋放的氣泡發現，過多孔洞是無效的。不如大醬油碟收集足夠氣體後一次釋放，對水面造成劇烈擾動。給了我們進一步的想法：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 孔洞數量限制在 3 個，安排不同的孔洞分布進行下一階的探究。</li> <li>2. 增加容器容積，收集更多氣體，嘗試提升水面擾動程度。</li> </ol>	

### (2) 開三個洞，其分布對氣泡形成之比較(共 8 種)

小醬油碟，三孔分布	大醬油碟，三孔分布	喉糖盒蓋	蛋糕模+大醬油碟
 <p>碟子無論大小，<u>三孔位置分布對於釋放氣泡的大小差異不大</u>，但可觀察到<u>隨著孔洞外移，釋放氣泡體積有增加的趨勢</u>，推測水蒸氣多累積於中央，且未達足夠量便會由中心開孔釋放出去；反之，若開孔位於外側，會有利累積至較大體積再釋放出去，形成較大的氣泡。</p>		 <p>過程中會釋放出甜甜圈狀的氣泡，和持續沸騰時釋放的大氣泡一樣劇烈擾動水面。</p>	 <p>蛋糕模上覆蓋鑽孔醬油碟的氣泡體積明顯小於喉糖蓋子。</p>
<p>1. 容器上方鑽孔排列對於釋放氣泡的大小影響不大，反而是<u>未鑽孔的蓋子得以累積足量體積釋放大氣泡，對水面造成劇烈擾動，應能有效抑制撲鍋</u>。而這一發現帶給我們一個靈感，可從蛤蜊的開合方式進行自製防溢器。</p>			

2. 過程中形成的甜甜圈泡泡讓我們印信深刻，也感到好奇，待以後有機會繼續研究。
3. 我們也同步以俯拍方式，記錄到由鑽孔處釋出的氣泡小且對水面擾動不足。而側邊釋出的氣泡大又能對劇烈擾動水面。



### (3) 自製防溢器最終版



(a)(b)為配重測試；(c)(d)為開合測試；

(e)自製防溢器(大)，下方不鏽鋼圓片(內徑 10cm，外徑 13.5cm)，上方配置螺帽以及墊片；

(f)自製防溢器(小)，下方不鏽鋼圓片(內徑 7.8cm，外徑 8.8cm)，上方小醬油碟

我們從上個實驗獲得靈感，設計出類似蛤蜊的裝置，透過開合釋放大氣泡，嘗試消泡並避免撲鍋的發生。過程中，改變重物排列方式，找出最佳配重模式，取得穩定的開合頻率(頻率約為 1~2 秒開合 1 次)，以利下一階段實驗，也就是放入糯米粉水中一起加熱，檢驗其防止撲鍋的能力。

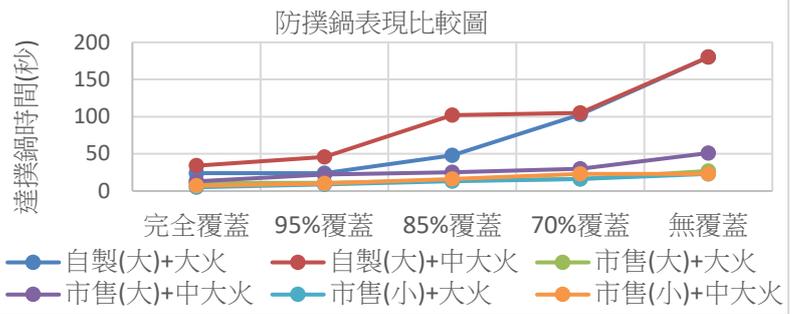
### (四) 鍋蓋覆蓋面積對防撲鍋效果之比較

1. 實際上，我們煮粥和煮麵食時多會蓋上鍋蓋以節省能源，因此我們利用塑膠瓦楞板作為鍋蓋，並切割出 5%、15%以及 30%的空間，於加熱時對準泡泡冒出的方位，進行鍋頂覆蓋面積對抑制撲鍋的影響。
2. 熱源方面，我們選用電磁加熱板開至最高溫度作為小火，調整卡式爐火焰大小作為大火以及中大火，共三種熱源模式。再透過將等量水加熱的實驗，計算出供熱的功率。我們分別得到小火、中大火以及大火的熱功率依序為每分鐘提供 6300 卡、16750 卡以及 20100 卡，其比例為 1 : 2.7 : 3.2。
3. 進行對照組(沒有防溢器)、實驗組 1(置入市售大防溢器)以及實驗組 2(置入自製大防溢器)在無覆蓋、70%覆蓋、85%覆蓋、95%覆蓋及完全覆蓋，共 5 種覆蓋條件下的防撲鍋表現。
4. 最後，將市售防溢器(大)和自製防溢器(大)實際用於煮麵上，比較兩者的防撲鍋效果。

	發生撲鍋所需時間 (按小火 / 中大火 / 大火之順序，其中達 180 秒表示不會撲鍋)(單位：秒)				
	完全覆蓋	95%覆蓋	85%覆蓋	70%覆蓋	無覆蓋
無置入	41 / 11 / 5	57 / 16 / 16	不上升 / 21 / 11	不上升 / 21 / 14	不上升 / 25 / 15
自製(大)	134 / 34 / 24	不上升 / 46 / 24	不上升 / 102 / 48	不上升 / 105 / 103	不上升 / 180 / 180
市售(大)	94 / 13 / 11	不上升 / 22 / 11	不上升 / 25 / 14	不上升 / 30 / 16	不上升 / 51 / 27
市售(小)	74 / 7 / 5	維持 8 公分 / 10 / 9	不上升 / 16 / 13	不上升 / 23 / 16	不上升 / 23 / 23



實際煮麵，防溢器表現為：大火時，  
自製(大)141 秒 < 自製(大)344 秒



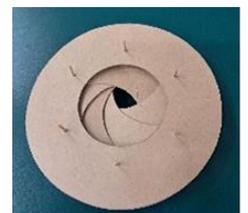
1. 實驗顯示，鍋蓋覆蓋面積減少能減緩發生撲鍋的時間，尤其是小火加熱的情形之下，以要有 5%的空隙，便能有效防止撲鍋發生，呼應了鍋蓋下方擱置一雙筷子製造空隙的做法。
2. 上升高度設定在 6cm，我們的自製防溢器(大)能在大火和中大火的情形下的將上升高度控制在 6cm 以下，有效防止撲鍋的發生，表現優於市售的防溢器。

#### (五) 防溢器總比較並提出使用建議

1. 可小火加熱之食物(粥)，搭配筷子將鍋蓋架高即可有效防止撲鍋。
2. 但需要中大火以上加熱之食物，例如屬水餃、麵，我們自製的防溢器在鍋蓋覆蓋 70%時能有效延遲撲鍋時間，或是移除鍋蓋時更能有效防止撲鍋。

#### 五、結論與生活應用

1. 我們以打氣機搭配氣泡石製造小氣泡與大氣泡，分別通入清潔劑和 2%糯米粉水中，驗證小氣泡會導致泡沫快速累積，大氣泡則不利於泡泡產生。
2. 加熱過程中觀察到未鑽孔的容器更有利氣體合併，待體積足以抬開碟子後便由側邊一起釋放，且上升的大氣泡造成水面劇烈擾動，破壞了泡沫的形成和累積。
3. 底部具有孔洞的容器表現則不佳，例如：流理臺濾盤孔洞釋放出的氣泡遠小於由側邊釋出的結果，且在 2%糯米粉中仍會造成撲鍋，並無防溢效果。
4. 我們模擬蛤蜊開合方式製作新型防溢器，透過配重得到在水中順利開合的效果，約每 1~2 秒開合一次，搭配開蓋的情形，更能有效防止撲鍋的發生，且效果優於市售防溢器。
5. 結合研究結果，我們歸納出實用的使用建議
  - (1)需要中大火以上快煮的食物，例如：水餃或麵，置入自製防溢器(大)於未加蓋時不會發生撲鍋現象，能有效防止撲鍋，效果勝過市售防溢器。
  - (2)可小火慢煮的食物，例如：白粥，放入自製或市售的防溢器，搭配鍋蓋 95%的覆蓋面積，且將 5%的開放處對準發泡處皆可有效防止撲鍋。
6. 過程中，我們發現到氣體釋放可形成甜甜圈般的迷人氣泡，更嘗試運用快門運作模式設計出能調整覆蓋面積的進階防溢器，可於下一階段繼續研究。



我們利用厚紙板製作的快門裝置

#### 參考資料

1. 董子寬、許育桓、蘇柔希、賴昱翔、陳芃睿(2021)。防「溢」國家隊-自製防溢器對防溢成效之研究。中華民國第 61 屆中小學科學展覽會作品說明書。
2. 煮麵會撲鍋是為何？。取自 <https://www.foodnext.net/science/knowledge/paper/5616547763>