

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

佳作

080210

垃圾變黃金～廚房裡隨手可得的滅火器

學校名稱：桃園縣蘆竹鄉光明國民小學

作者： 小五 詹晨彥 小五 蕭晴文 小五 顧庭語 小五 李蕙仔	指導老師： 曾玉芬 紀佳伶
---	---------------------

關鍵詞：廢棄生物殼、滅火器、二氧化碳

摘要

牡蠣殼、蛤蜊殼、蛋殼、蚬殼等廚房裡的廢棄生物殼都含有碳酸鈣的成分，它們和酸性溶液反應都會產生二氧化碳。酸性溶液的酸度越高，廢棄生物殼產生二氧化碳的量越多。在相同的酸性溶液裡，廢棄生物殼粉以牡蠣殼粉和蛋殼粉產生的二氧化碳量較多，蛤蜊殼粉次之，蚬殼粉最少。廢棄生物殼粉顆粒越細，產生二氧化碳的量越多；廢棄生物殼粉量越多，產生二氧化碳的量也越多。以 600ml 容積的汽水瓶，設計一個廚房裡最佳比例的二氧化碳滅火器，無論酸性溶液為何，和廢棄殼粉的調配滅火 30cm 距離最少比例均為小蘇打粉 < 泡打粉 < 蛋殼粉 = 牡蠣殼粉 < 蛤蜊殼粉，這與廢棄生物殼粉所含的碳酸量多寡有關。

壹、研究動機

上自然課的時候，我們利用小蘇打粉和醋製作二氧化碳，還利用這樣的原理來製作滅火器，老師還提到可以用蛋殼、蛤蜊殼或其他的東西來替代小蘇打粉，讓我們覺得很有趣，所以我們決定找一找廚房裡面有什麼物品，可以讓我們在家裡製作隨手可得的滅火器。

作品與課程單元相關性：

自然與生活科技四下第三單元 鹽消失了(牛頓版)

自然與生活科技五上第三單元 空氣與燃燒(康軒版)

貳、研究目的

- 一、找出廚房裡有哪些可產生二氧化碳材料？
- 二、探討廚房裡的廢棄殼粉與酸性溶液交互作用產生二氧化碳的量？
- 三、探討什麼因素會影響廢棄殼粉與醋反應產生二氧化碳的產生量？
- 四、以 600ml 容積的汽水瓶，設計一個廚房裡最佳比例的二氧化碳滅火器。

參、研究設備及器材

一、研究設備：

過濾抽氣瓶、錐形瓶、薊頭漏斗、洗滌瓶、橡皮管、瓶塞、塑膠水槽、量筒、燒杯、滴管、研钵及杵、計時器、電子秤、實驗固定鐵架、蠟燭、600ml 容積的汽水瓶。

二、研究器材：

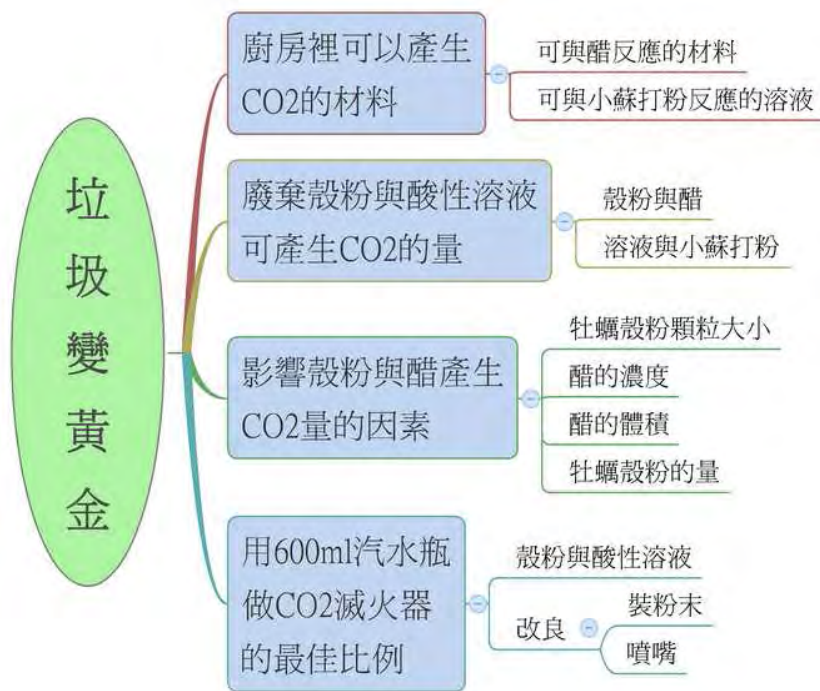
廚房裡的廢棄生物殼：牡蠣殼、蛤蜊殼、蜆殼、蛋殼、魚骨、黃豆渣

廚房裡的粉狀物：小蘇打粉、酵母粉、泡打粉

廚房裡的酸性溶液：食用醋(白醋、糯米醋、烏醋)、汽水、可樂、檸檬原汁、養樂多

肆、研究過程或方法、結果與討論

一、研究架構：

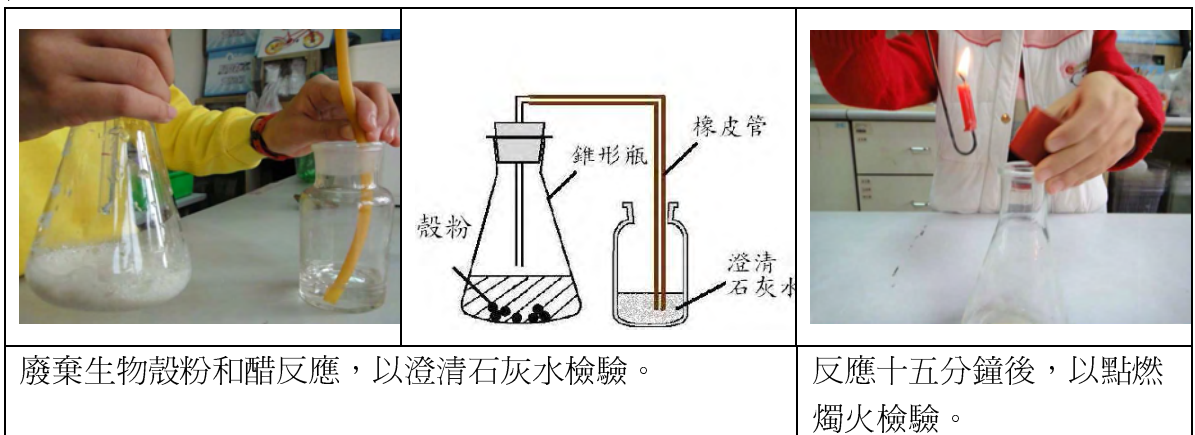


二、研究內容：

研究一：找出廚房裡有哪些可產生二氧化碳材料？

實驗一：廚房裡可與醋反應產生二氧化碳材料

(一)實驗裝置：



(二)實驗步驟：

1. 將收集的廢棄生物殼(如牡蠣殼、蛤蜊殼、蛋殼、蜆殼、魚骨)洗淨曬乾後研磨成粉末，黃豆渣向早餐店索取曬乾後備用。
2. 用電子秤稱取 5 克殼粉(渣)，放入 250ml 錐形瓶中。
3. 用量筒量取 20ml 的醋，倒入實驗步驟 2 的錐形瓶內，蓋上連結橡皮管的瓶塞，橡皮管另一端置於裝有澄清石灰水的廣口瓶，充分混合後觀察紀錄結果於表一。
4. 反應十五分鐘後，再以燭火放入錐形瓶內檢驗，紀錄結果於表一。

(三)實驗結果：

表一：廚房裡的廢棄物、粉狀物與醋反應結果

廢棄殼粉(渣)	成分	冒泡泡狀態	澄清石灰水檢驗	點燃燭火檢驗
牡蠣殼	CaCO ₃	+++	✓	✓
蛤蜊殼	CaCO ₃	++	✓	✓
蜆殼	CaCO ₃	++	✓	✓
蛋殼	CaCO ₃	+++	✓	✓
魚骨	Ca	+	✗	✗
黃豆渣	*	—	✗	✗
麵粉	碳水化合物、 鈉、蛋白質	+	✗	✗
地瓜粉	碳水化合物	—	✗	✗
小蘇打粉	NaHCO ₃	++++	✓	✓
酵母粉	乾酵母菌	+	✗	✗
酵母粉加糖水	乾酵母菌	++	✓	✓
泡打粉	NaHCO ₃ , CaCO ₃	++++	✓	✓
冒泡泡狀態：+ 表示有冒泡泡，— 表示沒有冒泡泡 澄清石灰水檢驗：✓ 表示變混濁、✗ 表示沒變化 點燃燭火檢驗：✓ 表示熄滅、✗ 表示未熄滅				








(四)討論：

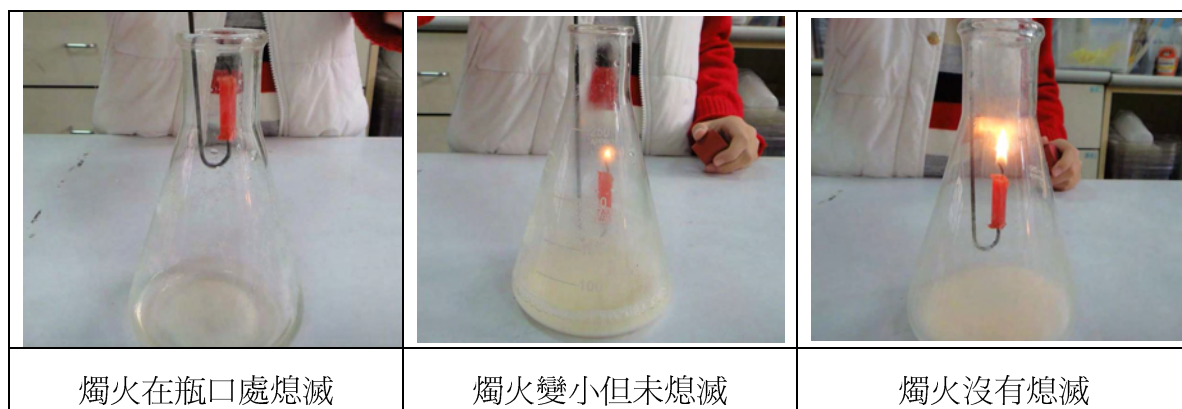
1. 廚房裡的廢棄生物殼與醋反應結果，發現牡蠣殼、蛤蜊殼、蛋殼、蜆殼均會冒出泡泡，能讓澄清石灰水變混濁，也能讓點燃的燭火很快熄滅。魚骨與醋反應，僅看見幾顆泡泡，而黃豆渣加入醋後，反而吸取醋液變黏稠狀，經由澄清石灰水檢驗沒有

產生變化，也未能讓點燃燭火熄滅。此實驗讓我們知道，含有碳酸的廢棄生物殼粉和醋反應會產生二氧化碳。

2. 廚房裡的粉狀物與醋反應結果，發現小蘇打粉與泡打粉會冒出大量泡泡，能讓澄清石灰水變混濁，也能讓點燃的燭火很快熄滅。麵粉與酵母粉反應雖然會冒出一點泡泡，但卻未能讓澄清石灰水變混濁，而且在與醋反應十五分鐘後，仍未能讓點燃的燭火熄滅。
3. 自然課本中提到，酵母菌發酵使麵包膨鬆是因為有二氧化碳存在，然而我們實驗結果，發現酵母粉與醋反應只冒出一點泡泡，不但無法讓澄清石灰水變混濁，也未能讓點燃的燭火熄滅。實驗結果與課本知識不同，因此我們決定找出原因。
4. 從網路知識得知，酵母菌與糖水反應會產生二氧化碳，我們也試試看這個方法，沒想到實驗驗證結果符合。
5. 從此實驗結果與討論，我們將以牡蠣殼、蛤蠣殼、蜆殼、蛋殼等廢棄生物殼磨成粉末，加上廚房裡的小蘇打粉、酵母粉和泡打粉等共七種粉末來進行研究二的實驗。

(六)實驗照片:

			
牡蠣殼	敲碎	研磨	用網篩篩選
			
小蘇打+醋反應產生很多泡泡，澄清石灰水檢驗變混濁	麵粉+醋反應產生一些泡泡，澄清石灰水檢驗未變混濁	地瓜粉+醋反應沒有泡泡產生，澄清石灰水檢驗沒有任何變化	



實驗二：廚房裡可與小蘇打粉反應產生二氧化碳的酸性溶液

(一)實驗步驟：

1. 量取酸性溶液：白醋、烏醋、糯米醋、雪碧汽水、無糖可口可樂、檸檬原汁及養樂多各 20ml 備用。
2. 用電子秤稱取 5 克小蘇打粉，放入 250ml 錐形瓶中。
3. 將實驗步驟 1 的酸性溶液倒入實驗步驟 2 的錐形瓶內，蓋上連結橡皮管的瓶塞，橡皮管另一端置於裝有澄清石灰水的廣口瓶，充分混合後觀察紀錄結果於表二。
4. 反應十五分鐘後，再以燭火放入錐形瓶內檢驗，紀錄結果於表二。

(二)實驗結果：

表二：廚房裡的酸性溶液與小蘇打反應結果

酸性溶液	pH 值	冒泡泡狀態	澄清石灰水檢驗	點燃燭火檢驗
白醋	2.1	++++	✓	✓
糯米醋	2.7	+++	✓	✓
烏醋	3.2	++	✓	✓
雪碧汽水	3.4	+	✓	✓
無糖可口可樂	2.5	+	✓	✓
檸檬原汁	2.8	+++	✓	✓
養樂多	5.7	—	✗	✗
蒸餾水	7.0	—	✗	✗

冒泡泡狀態：+ 表示有冒泡泡，— 表示沒有冒泡泡
 澄清石灰水檢驗：✓ 表示變混濁、✗ 表示沒變化
 點燃燭火檢驗：✓ 表示熄滅、✗ 表示未熄滅

(三)討論：

1. 酸性溶液與小蘇打粉反應的結果，冒泡泡狀態以白醋、糯米醋和檸檬原汁為最多，烏醋次之，汽水和可口可樂也都有泡泡產生，但是沒有想像中的多，而養樂多和小蘇打粉反應並沒有氣泡產生。
2. 以澄清石灰水和點燃燭火檢驗，只有養樂多那瓶無法檢驗出有二氧化碳產生。

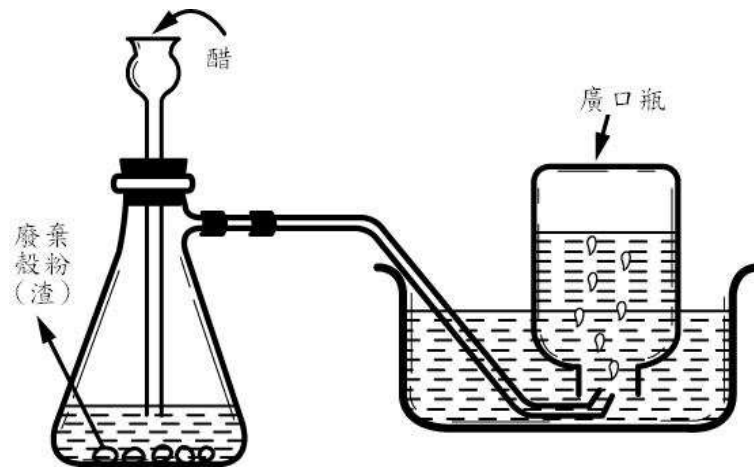
(四)實驗照片：



研究二：探討廚房裡的廢棄殼粉與酸性溶液交互作用產生二氧化碳的量

實驗三：廚房裡的廢棄殼粉和醋交互作用產生二氧化碳的量

(一) 實驗裝置



(二)控制變因：糯米醋：30ml；廢棄生物殼粉(渣)重：5g；殼的顆粒大小（細粒粉狀網目 24 目= 0.71mm）排水集氣法之水溫 20℃；水槽內水量為 4 公升；反應時間：15 分鐘。

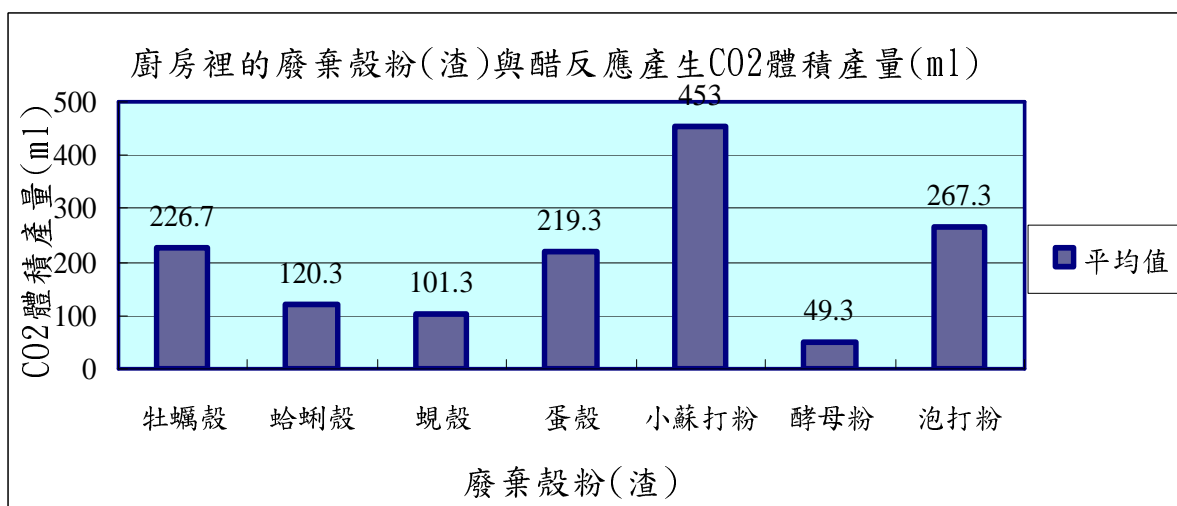
(三)實驗步驟：

1. 秤取實驗一可產生二氧化碳的廢棄生物殼粉(渣)5g 放入 500ml 過濾抽氣瓶中，並添加 50ml 的水，將薊頭漏斗放入過濾抽氣瓶中，長管底部要置於液面下。
2. 將橡皮管置於裝滿水的廣口瓶中，量取糯米醋 30ml 置於注射筒中定時定量(1 分鐘滴入 2ml)地由薊頭漏斗上方慢慢加進過濾抽氣瓶中，持續搖動過濾抽氣瓶分鐘直至沒有氣泡產生為止。
3. 利用排水集氣法收集 CO₂，反應 15 分鐘後，以量筒實際量取廣口瓶中收集到的 CO₂ 體積產量 (ml)，記錄於下表三。
4. 重複步驟 1~3，進行同種殼粉(渣)三次以求 CO₂ 產量 (ml) 平均值。

(四)實驗結果:

表三：廚房裡的廢棄殼粉(渣)與醋反應產生 CO₂ 體積產量 (ml)

廢棄殼粉(渣)	牡蠣殼	蛤蜊殼	蜆殼	蛋殼	小蘇打粉	酵母粉	泡打粉
第一次	212	124	102	220	424	48	238
第二次	243	130	98	220	462	52	296
第三次	225	107	104	218	473	48	268
平均值	226.7	120.3	101.3	219.3	453.0	49.3	267.3



(五)討論：

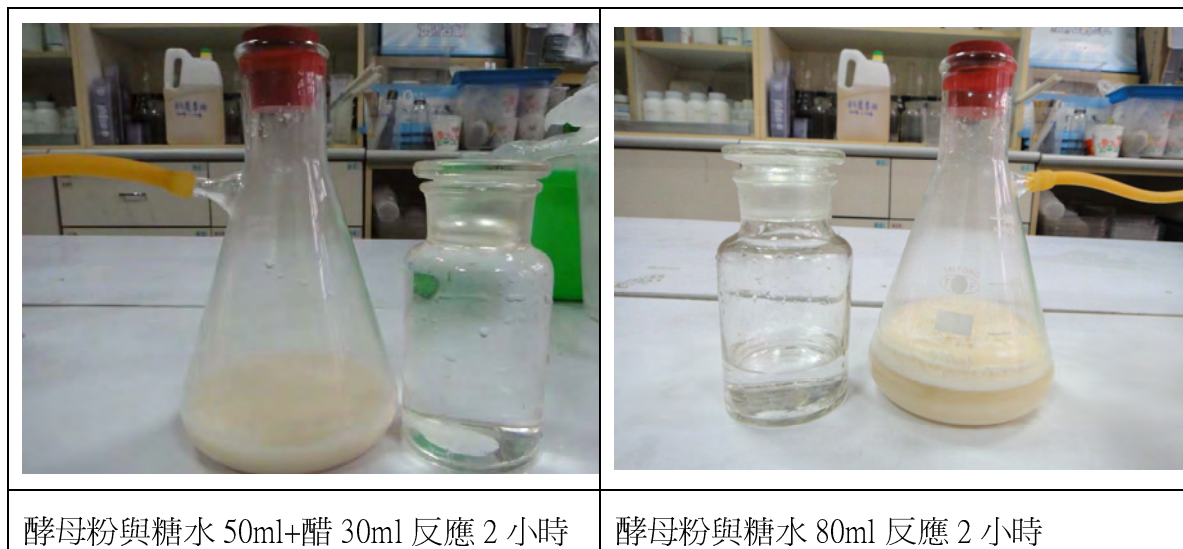
- 1.廚房裡的廢棄生物殼粉(渣)與醋反應產生 CO₂ 體積產量 (ml) 為：小蘇打粉 > 泡打粉 > 牡蠣殼 > 蛋殼 > 蛤蜊殼 > 蜆殼 > 酵母粉
- 2.廚房裡的廢棄生物殼粉(渣)與醋反應產生 CO₂ 體積產量較多的，表示牠們所含有的碳酸量較多。對於每種廢棄生物殼粉所含的碳酸量多寡，可做為下次科展延申研究課題。
- 3.酵母粉與醋反應產生 CO₂ 體積產量 (ml) 很少，因此我們決定針對酵母粉做幾個對照組實驗，反應 15 分鐘後的結果如下表四。

表四：酵母粉在不同溶液狀態產生 CO₂ 體積產量 (ml)

酵母粉	第一次	第二次	第三次	平均值
水 50ml+醋 30ml	48	52	48	49.3
糖水 50ml+醋 30ml	40	48	38	42
糖水 80ml	106	112	118	112

3. 經由實驗組與對照組比較的結果，酵母粉與醋反應並未能增加 CO₂ 體積產量 (ml)，反而酵母粉與糖水反應產生 CO₂ 體積產量 (ml) 較多。而我們因為要趕著上課，沒有立即收拾用具，沒想到兩小時後收拾用具又有意外發現：糖水 50ml+醋 30ml 產生 CO₂ 體積產量 (ml) 為 40ml，糖水 80ml 產生 CO₂ 體積產量 (ml) 為 240ml。這個意外發現，醋似乎無法增加 CO₂ 體積產量 (ml)，反而有抑制 CO₂ 體積產量 (ml)，然這個結果不是我們這次要討論的，就留待給以後的實驗者做進一步探討。

(六)實驗照片:



實驗四：探討廚房裡的酸性溶液和小蘇打粉交互作用產生二氧化碳量

(一)實驗裝置：同實驗三

(二)控制變因：小蘇打粉： 5 克；水槽內水量為 4 公升；反應時間：15 分鐘。

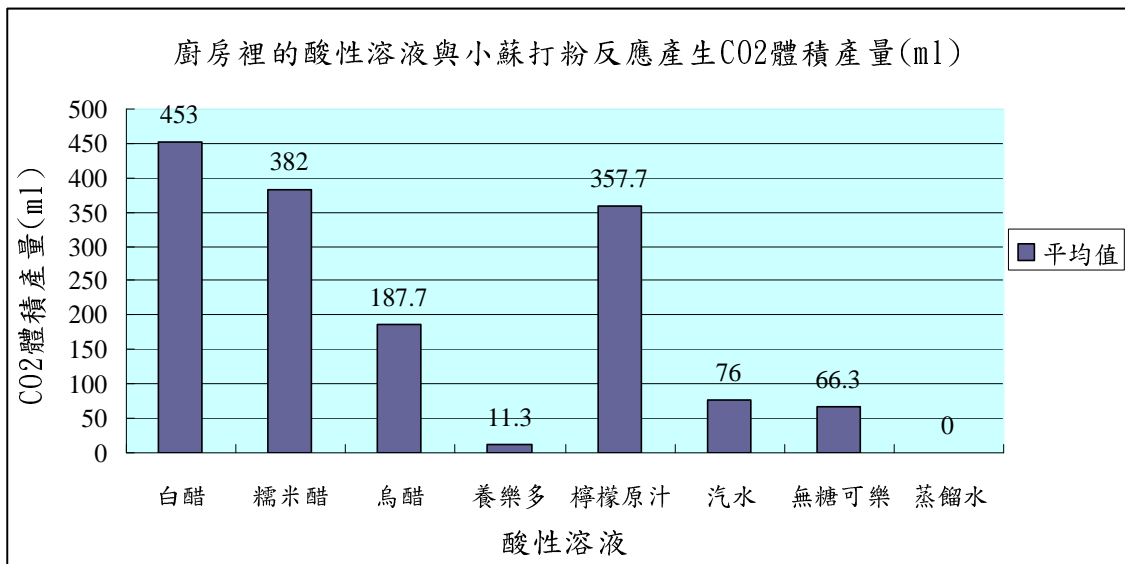
(三)實驗步驟：

1. 秤取小蘇打粉 5 克，放入 500ml 過濾抽氣瓶中，並添加 50ml 的水，將薊頭漏斗放入過濾抽氣瓶中，長管底部要置於液面下。
2. 將橡皮管置於裝滿水的廣口瓶中，量取實驗二可產生大量 CO₂ 的酸性溶液 30 ml 置於注射筒中，定時定量(1 分鐘滴入 2ml)地由薊頭漏斗上方慢慢加進過濾抽氣瓶中，持續搖動過濾抽氣瓶直至沒有氣泡產生為止。
3. 利用排水集氣法收集 CO₂，反應 15 分鐘後量取廣口瓶中收集到的 CO₂ 體積產量 (ml)，記錄於下表五。
4. 重複步驟 1~3，進行酸性溶液三次以求 CO₂ 產量 (ml) 平均值。

(四)實驗結果:

表五：廚房裡的的酸性溶液與小蘇打反應產生 CO₂ 體積產量 (ml)

酸性溶液	白醋	糯米醋	烏醋	養樂多	檸檬 原汁	汽水	無糖 可樂	蒸餾水
第一次	424	368	188	10	348	78	54	0
第二次	462	390	192	13	383	66	67	0
第三次	473	388	183	11	342	84	78	0
平均值	453.0	382.0	187.7	11.3	357.7	76.0	66.3	0



(五)討論：

1. 酸性溶液與小蘇打粉反應，產生 CO₂ 體積產量 (ml) 為：白醋 > 糯米醋 > 檸檬原汁 > 烏醋 > 無糖可口可樂 > 雪碧汽水 > 養樂多
2. 在量取雪碧汽水與無糖可口可樂時，不斷有氣泡冒出，我們必須等到氣泡跑掉一部分，才能量得 30 ml 的量，而每一次量完，都已經過 1 分 40 秒。
3. 爲了證明小蘇打粉放入雪碧汽水與無糖可口可樂中是否會增加二氧化碳量，我們另做了未加小蘇打粉的對照組實驗，反應 15 分鐘後的結果如下表六。

表六：雪碧汽水、無糖可樂在未加小蘇打時產生 CO₂ 體積產量 (ml)

酸性溶液	第一次	第二次	第三次	平均值
雪碧汽水	50	52	52	51.3
無糖可口可樂	48	50	62	53.3

4. 經由實驗組與對照組比較的結果，小蘇打粉並未能讓雪碧汽水和無糖可口可樂增加大量的 CO₂。
5. 由實驗圖表所示，白醋、糯米醋和檸檬原汁等三種酸性溶液因產生 CO₂ 體積較多，我們將以此三種酸性溶液進行研究四的二氧化碳滅火器實驗。

(六)實驗照片：



研究三：探討什麼因素會影響廢棄殼粉與醋反應產生二氧化碳的產生量

實驗五：牡蠣殼顆粒大小會影響產生二氧化碳的產生量

(一)操作變因：不同顆粒大小的牡蠣殼粉，以標準篩網分成五種。

(二)控制變因：牡蠣殼粉 5 克、酸度 4.5%的糯米醋 20ml、反應時間 5 分鐘。

(三)實驗步驟

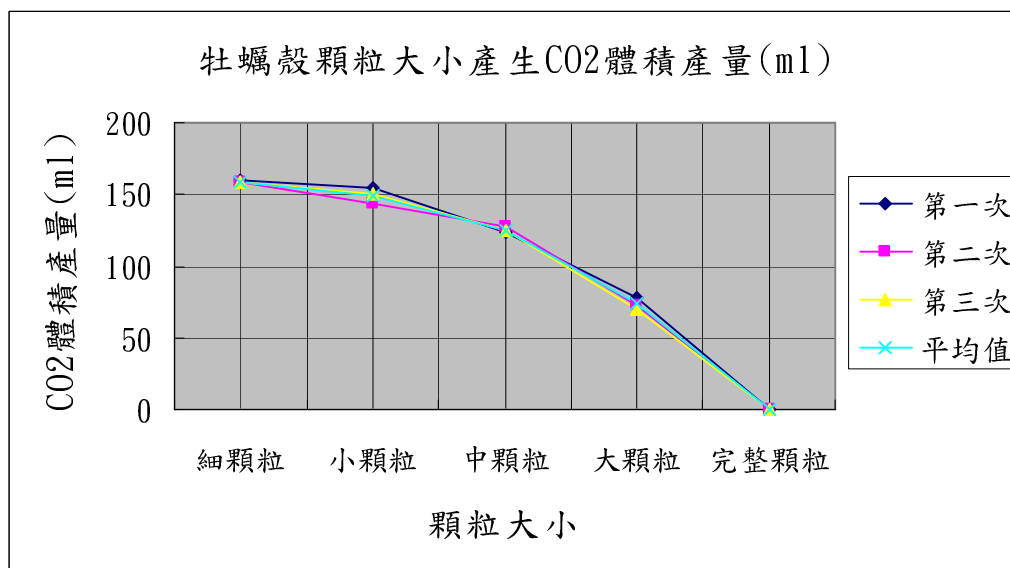
1. 將牡蠣殼研磨成不同顆粒大小，以標準篩網分成五種備用。
2. 準備 500ml 的過濾抽氣瓶，先放入 5 克的牡蠣殼粉，再加入 20ml 的醋，蓋上橡皮塞。
3. 讓牡蠣殼粉和醋充分混合以產生氣體，利用排水集氣法來收集，計時 5 分鐘收集反應產生的氣體。
4. 以瓶蓋蓋住廣口瓶後取出，利用量筒實際測量廣口瓶內剩餘的水量，計算出所製造的 CO₂ 體積產量 (ml)，記錄於下表七。
5. 重複步驟 2~4，進行同種殼粉三次以求 CO₂ 體積產量 (ml) 平均值。

(四)實驗結果:

表七：牡蠣殼顆粒大小產生 CO₂ 體積產量 (ml) 與冒出第一顆氣泡時間

顆粒大小	細顆粒	小顆粒	中顆粒	大顆粒	完整顆粒
網目數	24 目	18 目	5 目	<5 目	—
粒徑大小	0.71mm	1mm	3.96mm	10mm	—
冒出第一顆氣泡 平均時間	3" 55	7" 67	9" 72	13" 05	—
第一次	160	154	123	78	—
第二次	158	143	127	72	—
第三次	158	151	125	70	—
平均值	158.7	149.3	125.0	73.3	—

—：表示五分鐘的時間內，排水集氣法未冒出泡泡，也未收集到二氧化碳

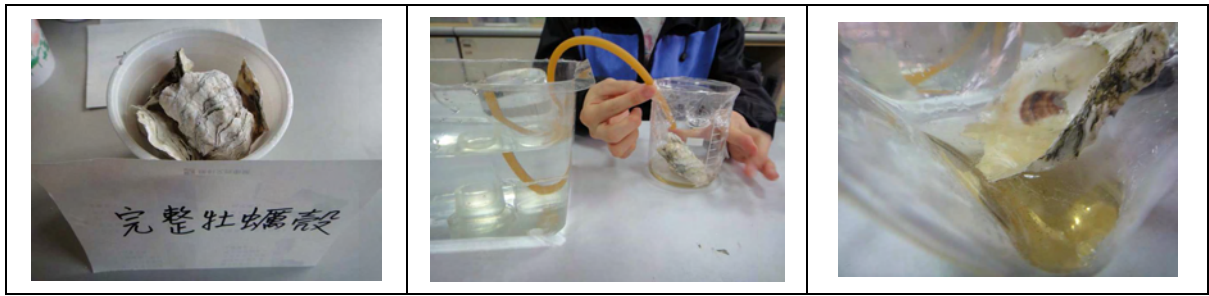


(五)討論：

1. 牡蠣殼粉顆粒越小，與醋反應冒出的氣泡速度越快，產生 CO₂ 體積產量也越多。
2. 由於完整顆粒的牡蠣殼無法放入過濾抽氣瓶內，因此我們以和過濾抽氣瓶同體積的燒杯代替，並以保鮮膜封住杯口，盡量做到不讓二氧化碳漏出燒杯外。
3. 完整顆粒的牡蠣殼與醋反應產生的 CO₂，只發現牡蠣殼周圍不斷有小氣泡產生，但是五分鐘內所產生 CO₂ 體積產量 (ml)，利用排水集氣法收集並未收集到。

(六)實驗照片：





實驗六：醋的濃度會影響產生二氧化碳的產生量

(一)操作變因：醋的濃度調配成 100%、75%、50%、25%、10%、1%。

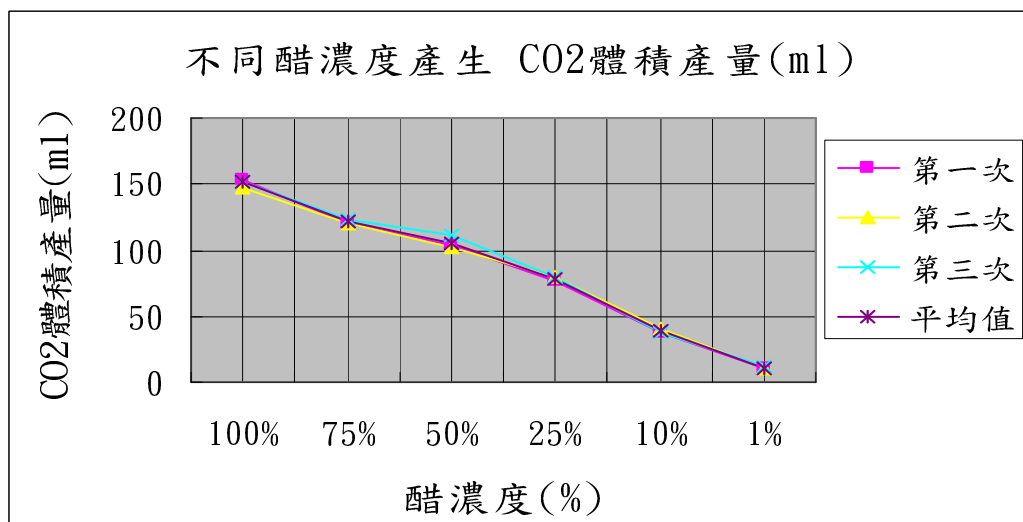
(二)控制變因：細粒粉狀(網目 24 目=0.71mm)的牡蠣殼粉 5 克、酸度 4.5%的糯米醋 20ml、反應時間 5 分鐘。

(三)實驗步驟：同實驗五

(四)實驗結果：

表八：不同醋的濃度產生 CO₂ 體積產量 (ml)

醋的濃度	100%	75%	50%	25%	10%	1%
第一次	154	121	104	76	38	10
第二次	148	120	102	80	40	11
第三次	152	124	112	80	38	12
平均值	151.3	121.7	106.0	78.7	38.7	11.0



(五)討論：

醋的濃度越高，與牡蠣殼粉反應冒出的氣泡速度越快，產生 CO₂ 體積產量也越多。

實驗七：醋的體積會影響產生二氧化碳的產生量

(一)操作變因：體積為 5ml、10ml、15ml、20ml、25ml、30ml 的醋。

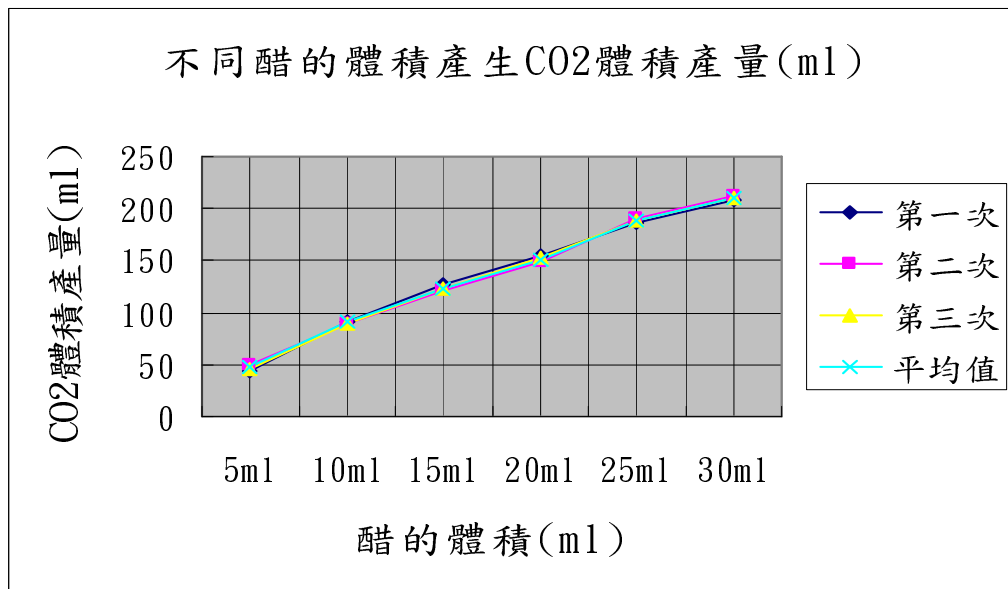
(二)控制變因：細粒粉狀(網目 24 目= 0.71mm) 的牡蠣殼粉 5 克、酸度 4.5%的糯米醋、反應時間 5 分鐘。

(三)實驗步驟：同實驗五

(四)實驗結果：

表九：不同醋的體積產生 CO₂ 體積產量 (ml)

醋的體積	5ml	10ml	15ml	20ml	25ml	30ml
第一次	44	92	126	154	186	208
第二次	50	90	122	148	190	212
第三次	46	90	124	152	188	210
平均值	46.7	90.7	124.0	151.3	188.0	210.0



(五)討論：

1. 醋的體積越多，產生 CO₂ 體積產量也越多。
2. 醋的體積為 5ml 時，牡蠣殼粉與醋呈黏稠狀態，很難搖晃攪拌均勻，產生 CO₂ 的速度也很慢。

實驗八：牡蠣殼粉的量會影響產生二氧化碳的產生量

(一)操作變因：牡蠣殼粉 1g、3g、5g、7g、9g、10g、11g。

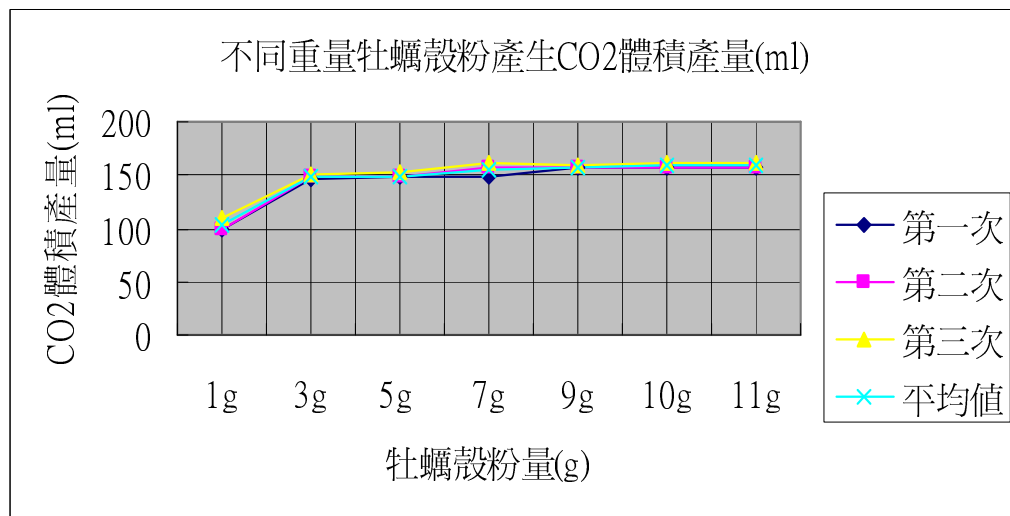
(二)控制變因：細粒粉狀(網目 24 目= 0.71mm) 的牡蠣殼粉、酸度 4.5%的糯米醋 20ml、反應時間 5 分鐘。

(三)實驗步驟：同實驗五

(四)實驗結果：

表十：不同重量的牡蠣殼粉產生 CO2 體積產量 (ml)

牡蠣殼量	1g	3g	5g	7g	9g	10g	11g
第一次	100	146	148	148	156	158	158
第二次	98	148	148	158	156	158	158
第三次	110	151	152	161	159	161	161
平均值	102.7	148.3	149.3	155.7	157.0	159.0	159.0



(五)討論：

1. 牡蠣殼粉量越多，產生 CO2 體積產量也越多。
2. 牡蠣殼粉量約 10g，與醋達到平衡。也就是牡蠣殼粉量與醋的比例為 1：2。

研究四：以 600ml 容積的汽水瓶，設計一個廚房裡最佳比例的二氧化碳滅火器

實驗九：以 600ml 容積的汽水瓶，設計一個廚房裡最佳比例的二氧化碳滅火器

根據實驗三：廚房裡的廢棄殼粉和醋交互作用產生二氧化碳的量，與實驗四：探討廚房裡的酸性溶液和小蘇打粉交互作用產生二氧化碳量的結果，來調配廚房裡殼粉與酸液產生二氧化碳的最佳比例滅火器。

(一)實驗步驟：

- 1.將吸管口用鑷子夾緊後用火烤一下，把吸管口封起來，再把吸管穿過瓶蓋中間，當作滅火器的噴管。



2.利用熱熔膠把吸管和瓶蓋間的空隙完全密閉。	
3.在 30cm 長的木板，每隔 2.5cm 釘一根鐵釘，並在鐵釘上插置蠟燭。	
4.自製一座固定架，方便讓滅火器與蠟燭固定，且調整噴嘴上畫黑線之位置與燭芯間的距離為 8 公分。	
5.先把醋 30ml 倒入汽水瓶中，再用茶包袋裝小蘇打粉後放入瓶中，迅速蓋上瓶蓋後搖勻。	
6.待醋與小蘇打粉充分混合後，迅速剪斷噴嘴黑線位置，讓二氧化碳噴出來熄滅超過 30cm 遠的蠟燭。	
7.重複 1~6 步驟，找出最佳比例的殼粉與酸性溶液量，讓殼粉與酸液產生的二氧化碳滅火器，能熄滅超過 30cm 遠的蠟燭。	

(二)實驗結果：

表十一：白醋 30ml 與廢棄殼粉當滅火器的調配比例

殼粉種類	殼粉量 (g)	滅火結果			
		第一次	第二次	第三次	平均距離(cm)
牡蠣殼	5	✘	✘	✘	26.7
	6	✓	✘	✓	32.5
	7	✓	✓	✓	36
蛤蜊殼	6	✘	✘	✘	22
	7	✓	✓	✘	32.5
	8	✓	✓	✓	36

蛋殼	4	✓	✗	✗	29
	5	✓	✓	✓	34.8
	6	✓	✓	✓	36
小蘇打粉	3	✗	✗	✗	26.7
	4	✓	✓	✓	36
	5	✓	✓	✓	36
泡打粉	3	✗	✗	✗	27.8
	4	✓	✓	✓	34.8
	5	✓	✓	✓	36

✓表示可滅火超過 30cm、✗表示無法滅火超過 30cm
滅火平均距離=8+3.5×蠟燭數
註：香積蠟燭燭芯與燭芯間的距離為 3.5cm。

表十二：糯米醋 30ml 與廢棄殼粉當滅火器的調配比例

殼粉種類	殼粉量 (g)	滅火結果			
		第一次	第二次	第三次	平均距離(cm)
牡蠣殼	5	✗	✗	✗	25.5
	6	✓	✓	✓	32.2
	7	✓	✓	✓	35.5
蛤蜊殼	6	✗	✗	✗	22.2
	7	✗	✓	✓	29.7
	8	✓	✓	✓	35.5
蛋殼	4	✗	✗	✗	28.8
	5	✓	✓	✓	33
	6	✓	✓	✓	35.5
小蘇打粉	5	✓	✓	✓	35.5
	4	✓	✗	✓	29.7
	3	✗	✗	✗	27.2
泡打粉	6	✓	✓	✓	36
	5	✓	✓	✓	34.8
	4	✗	✓	✗	29

✓表示可滅火超過 30cm、✗表示無法滅火超過 30cm
滅火平均距離=8+2.5×蠟燭數
* 泡打粉以滅火平均距離=8+3.5×蠟燭數作計算

表十三：檸檬原汁 30ml 與廢棄殼粉當滅火器的調配比例

殼粉種類	殼粉量 (g)	滅火結果			
		第一次	第二次	第三次	平均距離(cm)
牡蠣殼	5	✘	✘	✘	26.7
	6	✓	✓	✘	31.3
	7	✓	✓	✓	36
蛤蜊殼	6	✘	✓	✘	26.7
	7	✓	✘	✓	31.3
	8	✓	✓	✓	33.7
蛋殼	4	✘	✘	✘	23.3
	5	✘	✘	✘	26.7
	6	✓	✘	✓	31.3
小蘇打粉	3	✘	✘	✓	28.8
	4	✓	✓	✘	31.3
	5	✓	✓	✓	36
泡打粉	3	✘	✘	✘	26.7
	4	✘	✓	✓	29
	5	✓	✓	✓	34.8

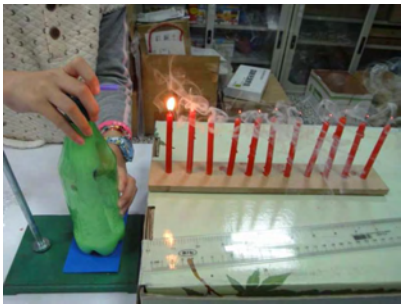

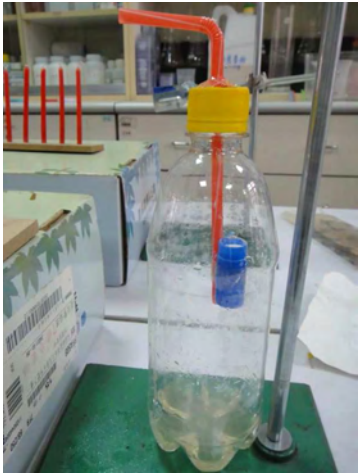


✓表示可滅火超過 30cm、✘表示無法滅火超過 30cm
 滅火平均距離=8+3.5×蠟燭數
 註：香積蠟燭燭芯與燭芯間的距離為 3.5cm。

(三)討論：

1. 無論使用哪種酸性溶液(糯米醋、檸檬原汁或白醋)，它們與廢棄殼粉量當滅火器的調配比例，均是小蘇打粉 < 泡打粉 < 蛋殼粉 = 牡蠣殼粉 < 蛤蜊殼粉。
2. 我們推論 1 的結果有兩種影響因素：(1)小蘇打粉與泡打粉的顆粒較小，而且含有碳酸量較多。(2)我們自行研磨的殼粉顆粒大小無法與市售的小蘇打粉和泡打粉一樣細小，而且殼粉裡的碳酸量也沒有比市售的小蘇打粉和泡打粉含量高，因此調配的殼粉量較多。

3. 小蘇打粉與泡打粉的粒徑較茶包袋小很多，將這兩種粉末裝入茶包袋中常會漏出而影響重量精確度，因此，這兩種粉末用小瓶子裝較好。
4. 第一輪實驗使用拜拜用的長蠟燭，由於蠟燭會越燒越短，每次進行實驗時均須大幅度調整滅火器吸管口與燭火高度，在實驗上失敗的機率很大，同一實驗要重複次數很多，因此，在第二輪以後的實驗我們將蠟燭部份改為使用香積蠟燭，來改善一般拜拜用的長蠟燭短時間內愈燒愈短的缺失。

(五)實驗照片：

		
<p>以 600ml 容積的汽水瓶，進行滅火實驗 (拜拜用長蠟燭)</p>	<p>以 600ml 容積的汽水瓶，進行滅火實驗 (香積蠟燭)</p>	
		
<p>使用方式： 以小瓶子裝粉末，汽水瓶裝酸性溶液，滅火時再將它們倒立搖晃混合。</p> <p>適用性： 可裝填粒徑較細小粉末，如小蘇打粉、泡打粉。</p>	<p>使用方式： 以底部封住的大吸管裝粉末，汽水瓶裝酸性溶液，滅火時再將它們倒立搖晃混合。</p> <p>適用性： 可裝填較多粉末。</p>	<p>使用方式： 以茶包袋裝粉末，汽水瓶裝酸性溶液，滅火時再將它們搖晃混合。</p> <p>適用性： 可裝填粒徑較茶包袋大粉末，如牡蠣殼粉、蛋殼粉。</p>

實驗十：以 600ml 容積的汽水瓶當滅火器，找出最佳的滅火器方式與最適用的噴嘴

(一)設計製作各種滅火方式與最適用的噴嘴：

1. 先以小蘇打粉和醋反應產生二氧化碳滅火，試驗各種滅火方式，整理出各種滅火方式的特色，紀錄於圖表一
2. 根據實驗九所找出的最佳滅火比例，並以吸管當噴嘴，將瓶內吸管剪到與瓶蓋齊，找出最適用於家庭當簡易滅火器的滅火實驗，將實驗結果記錄於表十四
3. 再以洗碗精瓶蓋當噴嘴，找出最適用於家庭當簡易滅火器的滅火實驗，將實驗結果記錄於表十五。

圖表一：設計製作各種滅火方式

		
<p>以長尾夾夾住吸管噴嘴。</p> <p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 操作簡易且方便 2. 可重複使用，不必更換吸管噴嘴 <p>注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 夾子夾太裡面，吸管會變形，氣體噴出口徑會改變。 2. 氣體容易從夾子縫隙漏出，氣密度不夠。(如圖：有漏氣) 	<p>以手抵住吸管噴嘴。</p> <p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 操作簡易且方便 2. 可重複使用，不必更換吸管噴嘴 <p>注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣密度受人為因素影響，抵住得緊不易漏氣，抵住不緊無法滅火。(如圖：有漏氣) 2. 實驗不慎，手易被火燙傷。 	<p>用火封住吸管噴嘴，使用時再用剪刀將噴嘴剪開。</p> <p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣密度夠，滅火效果好。(如圖：無漏氣) 2. 操作簡易且方便 <p>注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 剪刀剪噴嘴時會因用力而些微移動噴嘴位置，因此要剪噴嘴時必須固定住噴嘴。 2. 用火封住吸管噴嘴，有點技巧。 3. 吸管噴嘴會越剪越短，需要更換吸管噴嘴。

		
<p>以澆花的噴霧器當噴嘴。</p> <p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 噴霧器瓶蓋與汽水瓶口吻合。 2. 可重複使用，不必更換噴嘴 <p>注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣體容易從噴嘴頭漏出，氣密度不夠。 2. 噴嘴頭的設計是傾斜的，造成氣體往上噴射，實驗操作時，蠟燭得配合噴嘴頭斜度擺放，滅火的準度會受到操作者的影響很大。 	<p>以髮膠的噴霧器當噴嘴。</p> <p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣密度夠，滅火效果好。(如圖：無漏氣) 2. 可重複使用，不必更換噴嘴 <p>注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣體從噴嘴噴出時，噴頭會往下降約 1cm，滅火的準度會受到操作者的影響很大。 2. 瓶子的體積較小 (230ml)，實驗時所使用的量較少，滅火距離也較短。 	<p>以洗碗精瓶蓋當噴嘴。</p> <p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣密度夠，滅火效果好。(如圖：無漏氣) 2. 操作簡易且方便 3. 可重複使用，不必更換噴嘴 <p>注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用鑷子拉開噴嘴時，瓶子後方需要有人往反方向拉著，以免滑開。 2. 反應產生氣體時，瓶子會快速膨大，操作時要謹慎，以防氣爆。

(二)實驗結果：

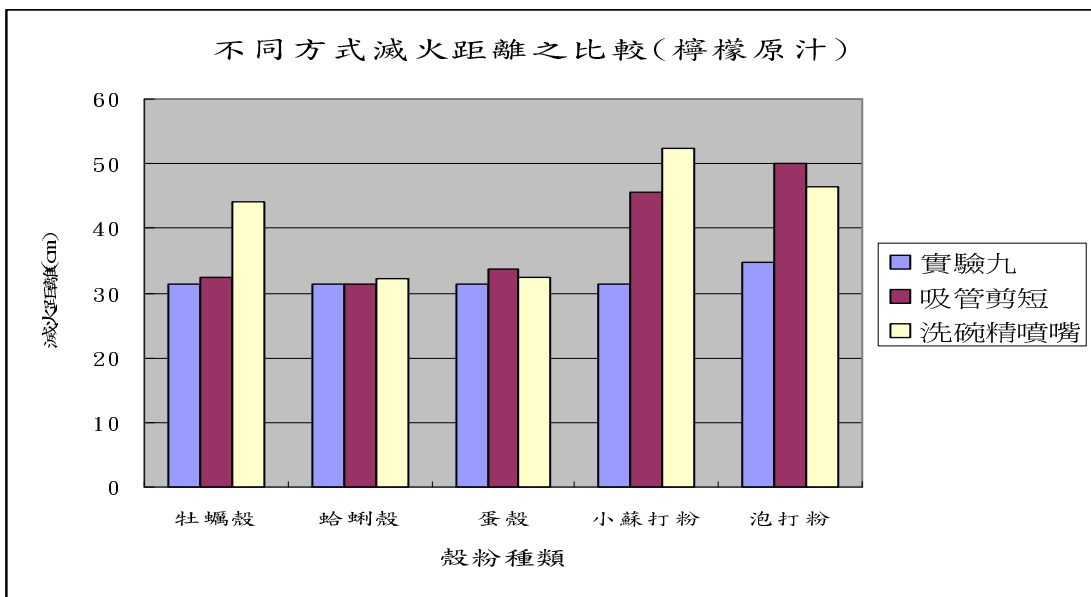
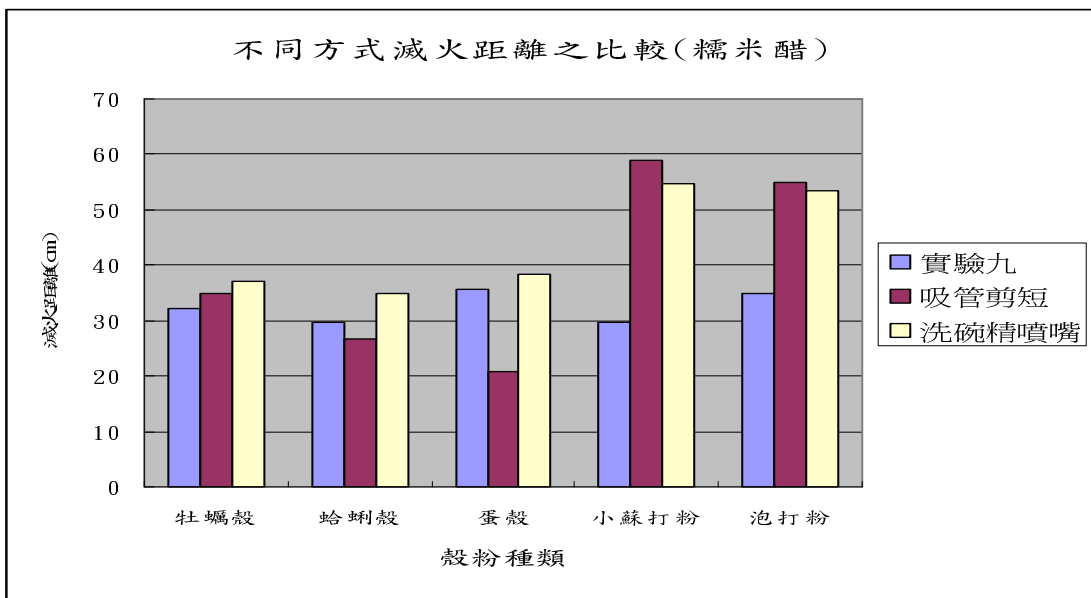
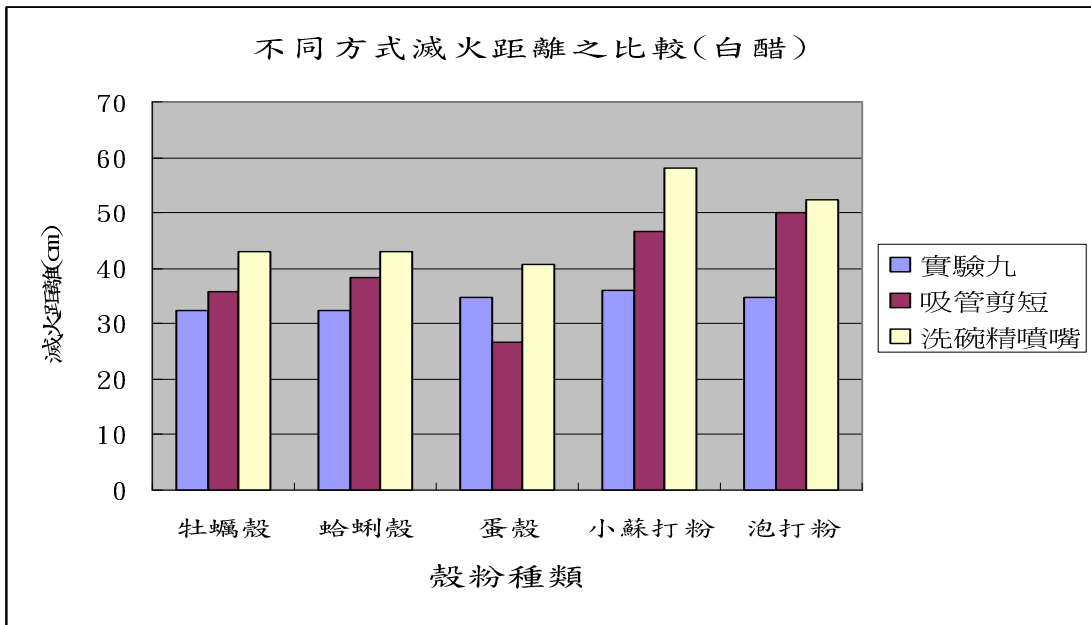
表十四：瓶內吸管剪到與瓶蓋齊，酸性溶液 30ml 與廢棄殼粉當滅火器的最遠滅火距離

殼粉種類	殼粉量 (g)	酸性溶液種類	滅火結果			
			第一次滅火距離(cm)	第二次滅火距離(cm)	第三次滅火距離(cm)	平均距離 (cm)
牡蠣殼	6	白醋	29	36	39.5	35.8
	6	糯米醋	39.5	22	43	34.8
	6	檸檬原汁	32.5	29	36	32.5
蛤蜊殼	7	白醋	36	39.5	39.5	38.3
	7	糯米醋	25.5	36	18.5	26.6
	7	檸檬原汁	36	36	22	31.3

蛋殼	5	白醋	25.5	25.5	29	26.7
	6	糯米醋	15	15	32.5	20.8
	6	檸檬原汁	39.5	32.5	29	33.7
小蘇打粉	4	白醋	39.5	53.5	57	46.7
	4	糯米醋	57	57	60.5	58.8
	4	檸檬原汁	50	43	43	45.5
泡打粉	4	白醋	43	57	50	50
	5	糯米醋	50	50	60.5	54.8
	5	檸檬原汁	43	57	50	50
滅火平均距離=8+3.5×蠟燭數						
註：小蘇打粉和泡打粉的酸性溶液用量為 20ml〔3〕						

表十五：以洗碗精瓶蓋噴嘴，酸性溶液 30ml 與廢棄殼粉當滅火器的最遠滅火距離

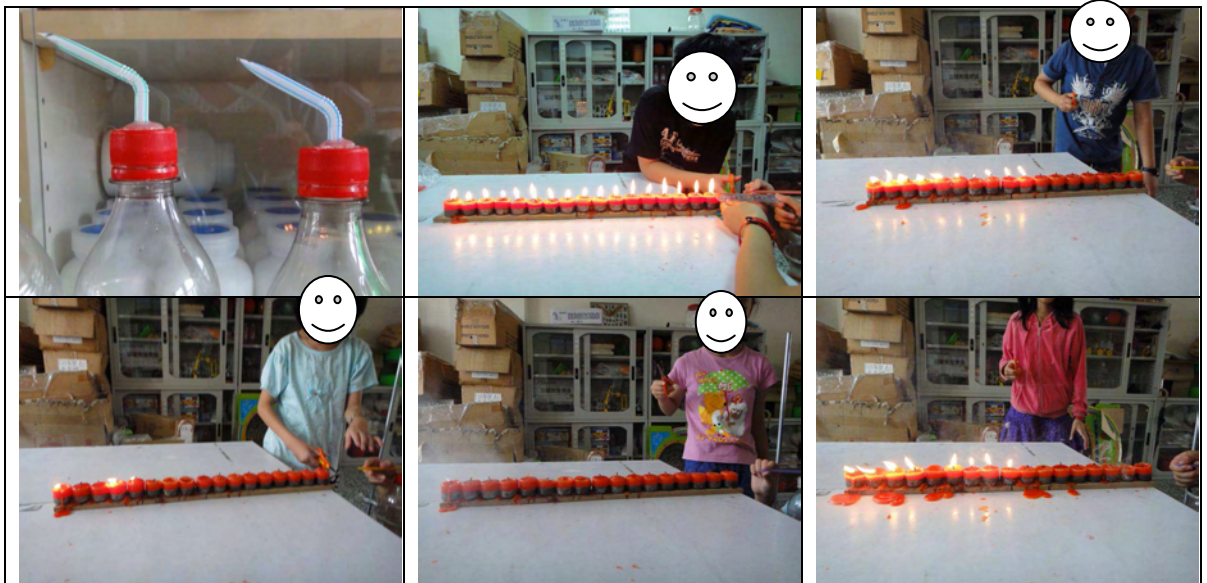
殼粉種類	殼粉量 (g)	酸性溶液種類	滅火結果			
			第一次滅火距離(cm)	第二次滅火距離(cm)	第三次滅火距離(cm)	平均距離 (cm)
牡蠣殼	6	白醋	43	50	36	43
	6	糯米醋	39.5	32.5	39.5	37.2
	6	檸檬原汁	50	43	39.5	44.2
蛤蜊殼	7	白醋	36	50	43	43
	7	糯米醋	32.5	29	34.8	34.8
	7	檸檬原汁	36	36	24.5	32.2
蛋殼	5	白醋	43	39.5	39.5	40.7
	6	糯米醋	39.5	39.5	36	38.3
	6	檸檬原汁	36	29	32.5	32.5
小蘇打粉	4	白醋	64	64	46.5	58.2
	4	糯米醋	57	50	57	54.7
	4	檸檬原汁	50	50	57	52.3
泡打粉	4	白醋	57	57	43	52.3
	5	糯米醋	43	57	60.5	53.5
	5	檸檬原汁	43	50	46.5	46.5
滅火平均距離=8+3.5×蠟燭數						
註：小蘇打粉和泡打粉的酸性溶液用量為 20ml〔3〕						

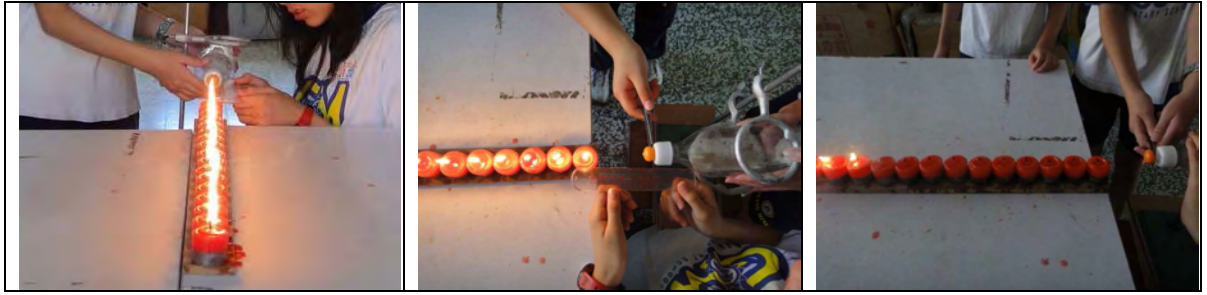


(三)討論：

1. 我們在此實驗過程中採用汽水瓶當作滅火器瓶子，是因為汽水瓶能夠承受廢棄生物殼粉與醋反應產生氣體的壓力，一般瓶子反而承受壓力較小，會有膨脹爆破危險。例如，我們前面以排水集氣法收集氣體，曾因橡皮管折到，發生產氣速度過快反應時，氣體將橡皮塞彈開事件。
2. 根據表十四實驗結果發現，瓶內吸管剪至與瓶蓋齊，僅有小蘇打粉和泡打粉的滅火距離有增加，廚房裡的生物殼粉滅火距離反而有減少的狀況。我們推測這個影響因素可能有兩個原因：
 - (1)我們自行研磨的殼粉裡的碳酸含量沒有市售的小蘇打粉和泡打粉含量高，因此產生的二氧化碳量較少，汽水瓶內二氧化碳噴出的壓力也較小蘇打粉和泡打粉小。
 - (2)二氧化碳重量比空氣重，當反應產生氣體壓力時，因距離瓶口遠，瞬間噴出的壓力反而不足。
3. 由表十五的結果發現，將汽水瓶平放，並且以洗碗精瓶蓋噴嘴做實驗，廚房裡的生物殼粉滅火距離比實驗九的滅火結果佳。
4. 在實驗精準度、穩定度上，以洗碗精瓶蓋噴嘴當作滅火器較佳，在生活應用上也較實用，而且能重複利用。

(四)實驗照片：





伍、結論

1. 廚房裡的廢棄生物殼粉(渣)與醋反應產生 CO₂ 體積產量 (ml) 為：小蘇打粉 > 泡打粉 > 牡蠣殼 > 蛋殼 > 蛤蜊殼 > 蜆殼 > 酵母粉。
2. 廚房裡的廢棄生物殼粉(渣)與醋反應產生 CO₂ 體積產量較多的，表示牠們所含有的碳酸量較多。對於每種廢棄生物殼粉所含的碳酸量多寡，可做為下次科展延申研究課題。
3. 酸性溶液與小蘇打粉反應，產生 CO₂ 體積產量 (ml) 為：白醋 > 糯米醋 > 檸檬原汁 > 烏醋 > 無糖可口可樂 > 雪碧汽水 > 養樂多。
4. 生物殼粉的顆粒越小，或是量越多，與醋反應冒出的氣泡速度越快，產生 CO₂ 體積產量(ml) 也越多。
5. 醋的濃度越高，或是酸性溶液的容積越多，與牡蠣殼粉反應冒出的氣泡速度越快，產生 CO₂ 體積產量也越多。
6. 以 600ml 容積的汽水瓶，設計一個廚房裡最佳比例的二氧化碳滅火器，無論使用哪種酸性溶液(糯米醋、檸檬原汁或白醋)，它們與廢棄殼粉量當滅火器的調配比例，均是小蘇打粉 < 泡打粉 < 蛋殼粉 = 牡蠣殼粉 < 蛤蜊殼粉。
7. 小蘇打粉與泡打粉因顆粒較小，而且含有碳酸量較多，因此與酸性溶液(糯米醋、檸檬原汁或白醋)調配成的二氧化碳滅火器，粉末用量較少。我們自行研磨的殼粉顆粒大小無法與市售的小蘇打粉和泡打粉一樣細小，而且殼粉裡的碳酸量也沒有比市售的小蘇打粉和泡打粉含量高，因此調配的殼粉用量較多。
8. 在實驗精準度、穩定度上，以洗碗精瓶蓋噴嘴當作滅火器較佳，在生活應用上也較實用，而且能重複利用。
9. 建議廠商可以大量收購廢棄生物殼(如：蛋殼、牡蠣殼、蛤蜊殼等)作為二氧化碳滅火器填充料，或是作為其他產生二氧化碳產品的原料，讓這些廢棄生物殼發揮它們的功能。家庭中要自製環保的二氧化碳滅火器，以蛋殼最佳，因為蛋殼容易捏碎成粉狀，與其他生物殼比較的話，便宜又容易取得，而且與醋反應產生 CO₂ 的體積產量也很多。

陸、參考資料及其他

1. 自然與生活科技－四下第三單元：鹽消失了，牛頓書局，民國九十九年。
2. 自然與生活科技－五上第三單元：空氣與燃燒，康軒書局，民國一百年。
3. 黃炳琛，陳紀元，葉登元，陳鼎濤，吳聿，化「生氣」為「力氣」，中華民國第 45 屆中小學科學展覽會參展作品集。
4. 何姍軒，蕭賢芳，陳冠琇，蘇宥云，「你丟我撿」－談海產外殼碳酸鹽含量分析、反應速率研究及廢棄物再利用之可能性探討，高雄市第 47 屆中小學科學展覽會參展作品集。

【評語】 080210

為求效果正確，能逐次求改進。實驗目的宜求聚焦，比較基準宜求一致。