

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中 (職) 組 成果報告表單

題目名稱：廚房裡的化學-探究簡易防火材質製作

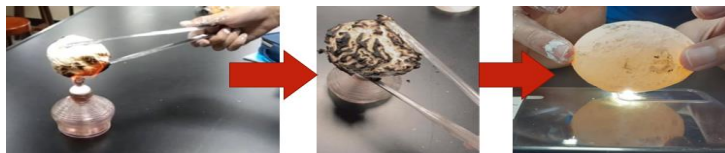
一、摘要：

新聞上常會看到火災發生後所帶來的嚴重傷害，現代建築物也都配有專業防火設備；而物質的燃燒需要具備三要素：可燃物、助燃物和熱源使可燃物達到燃點，若能有效阻斷燃燒要素絕對是製作防火材質的基本原理。我們嘗試自製防火材質，材料為膠水、玉米澱粉和小蘇打粉，並用此材質來防止紙張的燃燒。

材質遇熱後，膠水中含有水分會吸收熱量，玉米澱粉和小蘇打粉產生水和二氧化碳氣體，材質表面會碳化。經多次實驗後，當膠水：玉米澱粉：小蘇打粉比例為 2：1：1，厚度 0.3cm，噴燈固定烘烤火力和 10cm 的距離，烘烤時間 1 分鐘後，材質溫度高達 501⁰C，但是底下的紙張沒有燃燒，溫度也僅僅上升 5⁰C，有驚人的防火效果。分析自製防火材質能成功有下列兩個原因：第一點，釋放二氧化碳氣體屬於不助燃也不可燃，第二點，碳化後的材質能有效隔絕熱，使可燃物質無法達到燃點。

二、探究題目與動機

火是生活中不可或缺的，可是火災發生後常帶來嚴重的傷害，所以現代建築物都配有防火設備。我們曾在探究與實作課程中，嘗試製作簡易防火材質；當初只是依照網路上的步驟實驗，結果包覆的生雞蛋都不受影響(圖一)！因此，想更深入了解這個防火材質。



(圖一)酒精燈烤防火材質包覆的雞蛋，10 分鐘後還是生的

簡易防火材質當然不可能和那些專業配備相比，網路上自製防火材質，都是用膠水+小蘇打粉+玉米澱粉；經由本次的探究，我們想了解防火需要那些要素？為何這些材料的組合後可以防火？自己改變材料或改變材料比例，來探討最佳的防火效果！

三、探究目的與假設

- (一)了解阻擋物質燃燒的方法及膠水、小蘇打粉和玉米澱粉為何遇熱時能防火
- (二)改變材料：比較(水+小蘇打粉+玉米澱粉)和(膠水+小蘇打粉+玉米澱粉)的防火效果
- (三)改變膠水、小蘇打粉和玉米澱粉三種材料的比例，探討防火效果

四、探究方法與驗證步驟

(一)實驗設備與器材：

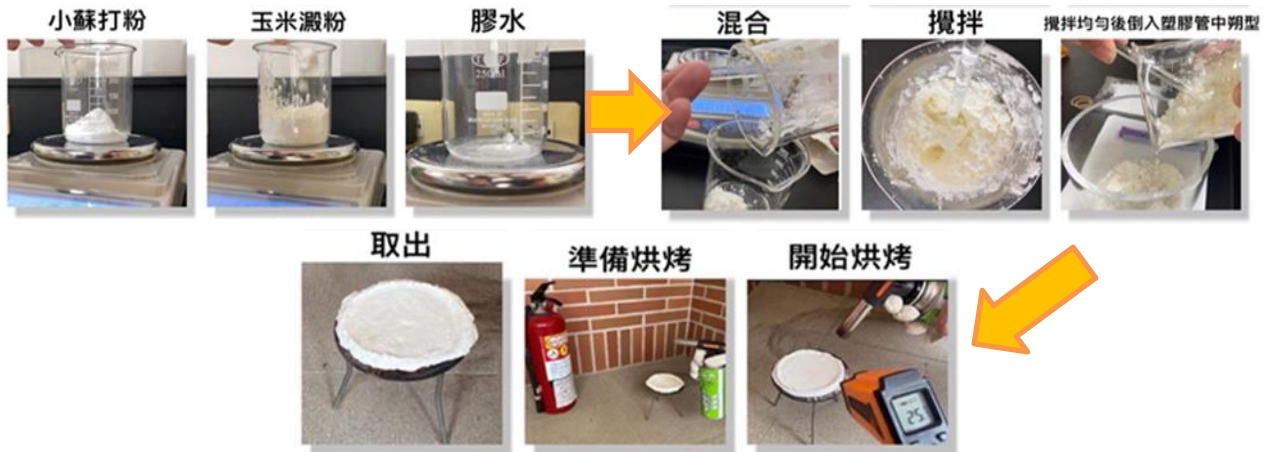
- 1.玉米澱粉 2 包、膠水 2 瓶、小蘇打粉 5 盒、紙張(考試使用過的答案卡)若干張
- 2.燒杯 4 個、攪拌棒 2 支、壓克力透明管(模具)2 個、酒精燈三腳架 1 個
- 3.噴燈 1 支、電子天平 1 台、紅外線溫度槍 1 支、手機架 2 個、手套多雙、滅火器 1 支



(圖二)所有的實驗設備與器材

(二)實驗方法：

1. 網路資料大家都使用膠水，我們想試試能不能用水取代膠水，因此分別製作(水+小蘇打粉+玉米澱粉)和(膠水+小蘇打粉+玉米澱粉)兩種材質，製作方式為量取相同的材料克數加以混合並均勻攪拌。再將紙張放置壓克力透明管(模具)下，然後分別將兩種防火材質倒入模具內，靜置 2 分鐘使其能凝固在紙張上；之後把模具拿起，紙張移至酒精燈三腳架上用噴燈在防火材質上方烘烤 2 分鐘，觀察紙張是否燃燒。烘烤需在室外通風處且準備滅火器，過程中以紅外線溫度槍測量實驗前後紙張溫度和錄影記錄。



(圖三) 製作方法 與 實驗流程

2. 若上述實驗驗證水可以取代膠水，達到更好的防火效果，接下來的防火材質製作就以水來替代膠水；反之，則繼續使用膠水。
3. 改變膠水(或水)、小蘇打粉和玉米澱粉的材料比例(克數)，重複實驗方法 1 的製作和實驗方式，烘烤時間改為 1 分鐘且需在室外通風處並準備滅火器，過程中需拿紅外線溫度槍測量實驗前後紙張溫度和錄影記錄。
4. 記錄防火材質烘烤時溫度變化，統整所有實驗結果，再整理出最佳的簡易防火材質。

(三)實驗驗證：

1. 了解阻擋物質燃燒的方法及膠水、小蘇打粉和玉米澱粉為何遇熱時能防火：

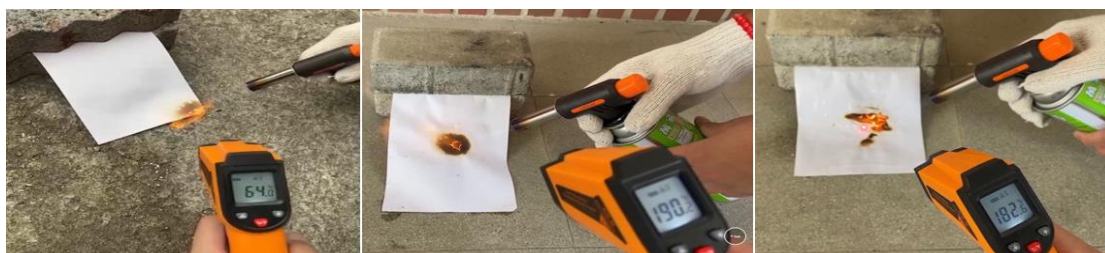
(1) 物質燃燒需要可燃物(如紙張)、助燃物(如氧氣)和熱源使可燃物質達到燃點(噴燈為熱源)，所以要阻止燃燒發生，必須阻擋前述三者並存，就可以阻止燃燒達成防火效果。

(2)玉米澱粉和小蘇打粉(即為碳酸氫鈉)，遇熱都會產生水和二氧化碳氣體，其中二氧化碳氣體會讓材質變成具有孔隙，且孔隙內含有二氧化碳氣體；材質烘烤後表面會碳化呈現焦黑狀。表面的碳化能減緩起火燃燒，達到隔熱效果使可燃物質無法達到燃點，且二氧化碳氣體是不助燃也不可燃的，使物體不易燃燒(圖四)。最後，不管是膠水或水都含有水分，在噴燈持續的加熱狀況之下水會相變，過程中會吸收熱量也使物體更不易燃燒。



(圖四) 燃燒後，左為表面碳化現象，右為內部具有孔隙結構

(3)我們先做了三個小實驗，第一個為乾燥紙張的燃燒，發現 2 秒後就開始燃燒；第二個為泡水紙張的燃燒，結果才 3 秒就開始燃燒；第三個為表面塗佈膠水的紙張，發現也只需要 3 秒就開始燃燒。實驗告訴我們紙張的燃燒是很容易的(圖五)！



(圖五)由左至右分別為，乾燥紙張、泡水紙張、塗佈膠水紙張

2.改變材料：比較(水+小蘇打粉+玉米澱粉)和(膠水+小蘇打粉+玉米澱粉)的防火效果：材質靜置 2 分鐘，厚度 0.5cm，烘烤 2 分鐘，噴燈固定火力大小和 10cm 的烘烤距離，數據整理如表一。

(表一) 比較(水+小蘇打粉+玉米澱粉)和(膠水+小蘇打粉+玉米澱粉)的防火效果

材質比例、克數 1(50g)：1(50g)：1(50g)	實驗前 紙張溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	實驗後 材質溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	實驗後 紙張溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	紙張是 否燃燒	紙張 上升溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
水：玉米澱粉：小蘇打粉	23	403	60	否	37
膠水：玉米澱粉：小蘇打粉	23	503	37	否	14



(圖六)水+玉米澱粉+小蘇打粉：無法凝固成液狀 (圖七)膠水+玉米澱粉+小蘇打粉：可凝固塑形

3.改變膠水、小蘇打粉和玉米澱粉三種材料的比例，探討防火效果：

材質靜置 2 分鐘，厚度 0.3cm，烘烤時間 1 分鐘，噴燈固定火力大小和 10cm 的烘烤距離

(1)改變膠水克數，實驗結果如表二。

(表二) 改變膠水克數探討防火效果

材質比例、克數 膠水：玉米澱粉：小蘇打粉	實驗前 紙張溫度 (⁰ C)	實驗後 材質溫度 (⁰ C)	實驗後 紙張溫度 (⁰ C)	紙張是 否燃燒	紙張 上升溫度 (⁰ C)
1 (25g) : 1(25g) : 1(25g)	21	496	38	否	17
1.5(37.5g) : 1(25g) : 1(25g)	20	470	34	否	14
2 (50g) : 1(25g) : 1(25g)	20	501	25	否	5
2.5(62.5g) : 1(25g) : 1(25g)	25	481	35	否	10



(圖八)膠水：玉米粉：小蘇打粉 為 1：1：1



(圖九)毫髮無傷的紙張

(2)改變玉米澱粉克數，實驗結果如表三。

(表三) 改變玉米澱粉克數探討防火效果

材質比例、克數 膠水：玉米澱粉：小蘇打粉	實驗前 紙張溫度 (⁰ C)	實驗後 材質溫度 (⁰ C)	實驗後 紙張溫度 (⁰ C)	紙張是 否燃燒	紙張 上升溫度 (⁰ C)
1(25g) : 1(25g) : 1(25g)	21	496	38	否	17
1(25g) : 1.5(37.5g) : 1(25g)	19	438	30	否	11
1(25g) : 2(50g) : 1(25g)	20	471	41	否	21
1(25g) : 2.5(62.5g) : 1(25g)	26	539	70	否	44

(3)改變小蘇打粉克數，實驗結果如表四。

(表四) 改變小蘇打粉克數探討防火效果

材質比例、克數 膠水：玉米澱粉：小蘇打粉	實驗前 紙張溫度 (⁰ C)	實驗後 材質溫度 (⁰ C)	實驗後 紙張溫度 (⁰ C)	紙張是 否燃燒	紙張 上升溫度 (⁰ C)
1(25g) : 1(25g) : 1(25g)	21	496	38	否	17
1(25g) : 1(25g) : 1.5(37.5g)	20	534	36	否	16
1(25g) : 1(25g) : 2(50g)	20	492	51	否	31
1(25g) : 1(25g) : 2.5(62.5g)	25	370	63	否	38

(4)只使用膠水和玉米澱粉，實驗結果如表五。

(表五) 只使用膠水和玉米澱粉探討防火效果

材質比例、克數 膠水：玉米澱粉	實驗前 紙張溫度 (⁰ C)	實驗後 材質溫度 (⁰ C)	實驗後 紙張溫度 (⁰ C)	紙張是 否燃燒	紙張 上升溫度 (⁰ C)
1(25g)：1(25g)	24	331	69	否	45
1(25g)：1.5(37.5g)	27	384	58	否	31
1(25g)：2(50g)	26	480	59	否	33
1(25g)：2.5(62.5g)	無法均勻攪拌，成粉末狀，完全無法成形！				

(5)只使用膠水和小蘇打粉，實驗結果如表六。

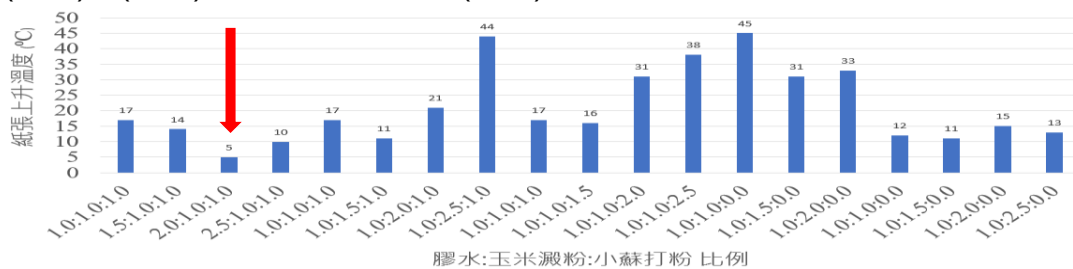
(表六) 只使用膠水和小蘇打粉探討防火效果

材質比例、克數 膠水：小蘇打粉	實驗前 紙張溫度 (⁰ C)	實驗後 材質溫度 (⁰ C)	實驗後 紙張溫度 (⁰ C)	紙張是 否燃燒	紙張 上升溫度 (⁰ C)
1(25g)：1(25g)	25	443	37	否	12
1(25g)：1.5(37.5g)	24	441	35	否	11
1(25g)：2(50g)	25	536	40	否	15
1(25g)：2.5(62.5g)	24	487	37	否	13

(四)、實驗分析：

- 1.用水取代膠水製作材質時，過程中難以攪拌，最後呈現液態狀也較沒有黏稠性不好塗抹；相較之下，膠水雖然也不好攪拌，但是最後呈現黏土狀較容易塗抹。此外，根據(表一)的數據顯示，使用膠水製作時，紙張溫差較小。所以，用水取代膠水還是有防火效果，只是使用膠水製作時呈現黏土狀且紙張溫差小，是更好的選擇。
- 2.決定使用膠水後，因為發現材質防火效果很好，所以我們也改變材質厚度為 0.3cm，烘烤時間為 1 分鐘。
- 3.清楚了阻擋物質燃燒的方法，知道膠水、小蘇打粉和玉米澱粉遇熱所發揮的功效，以及確定使用膠水、小蘇打粉和玉米澱粉來製作防火材質之後，我們開始改變各種材質比例。根據(表二)到(表六)的實驗數據，膠水：玉米澱粉：小蘇打粉的比例為 2：1：1 時，做出本次實驗最佳紀錄，紙張不燃燒且只上升 5⁰C，實驗結果讓我們超級驚訝！
- 4.依據(表三)和(表四)，發現提高玉米澱粉或小蘇打粉比例也能增加防火效果，但是再加入更多時防火效果反而下降。原因是過多的玉米澱粉或小蘇打粉會難以均勻混合，反而讓防火效果下降(我們攪拌時還因此斷了兩根攪拌棒)。
- 5.分析(表五)和(表六)，發現只使用膠水+玉米澱粉或膠水+小蘇打粉製作時，也有防火效果，證明產生二氧化碳不助燃不可燃和碳化層隔熱的真實效果。

6.根據(表二)到(表六)的實驗數據，繪製(圖十)清楚看到最佳比例為 2 : 1 : 1。



(圖十)不同材質比例下，紙張的上升溫度

五、結論與生活應用

(一)結論

- 1.燃燒三要素為：可燃物、助燃物和使可燃物質達到燃點。本材質中膠水含有水分遇熱會吸收大量熱量，玉米澱粉和小蘇打粉遇熱產生水和二氧化碳氣體，而二氧化碳氣體會讓材質變孔隙狀，且孔隙內含有二氧化碳氣體；材質烘烤後表面會碳化，能減緩起火燃燒，達到隔熱效果使可燃物質無法達到燃點。自製防火材質能成功的最大原因在於，釋放二氧化碳氣體屬於不助燃也不可燃，其次，碳化後的材質成功隔絕熱使可燃物質無法達到燃點。
- 2.使用水來取代膠水製作材質時，為液態狀也不好塗抹在紙張上，且耐熱效果沒有比較好。
- 3.經過二十種材質比例的變化後，最佳的搭配是使用膠水：玉米澱粉：小蘇打粉的比例為 2 : 1 : 1 時，紙張不燃燒達到最佳防火效果。

(二)生活應用

- 1.自製材質跟居家防火塗層概念相似，只是我們是廚房簡易版，利用膠水、玉米澱粉、小蘇打粉做出防火塗層。現代建築物也都配有防火設備或是牆壁塗上防火塗層，如薄塗膨脹型防火塗料適用於室內、厚塗膨脹型防火塗料適用於室外；而我國工研院更成功開發出新型防火材料且為環保綠色隔熱材料。
- 2.簡易的自製防火材質當然不能跟現實生活中的專業材質相比，但是透過本次探究，我們徹底了解有效阻斷燃燒要素絕對是防火材質的基本原理。

參考資料

3000 度噴槍直接燒手?! 用玉米粉做出耐超高溫材質! : 檢索日期:2022 年 1 月 3 日，

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

「星」火相傳 - 星光黏土與自製耐火配方之研究 : 檢索日期:2022 年 1 月 3 日，

<https://reurl.cc/EpEeNm>

防火塗料的發展與應用 : 檢索日期:2022 年 1 月 4 日， <https://reurl.cc/rQplMr>

防火材料 : 檢索日期:2022 年 1 月 4 日， <https://reurl.cc/oeWAGj>

日常什麼防火材料效果最佳? : 檢索日期:2022 年 1 月 4 日， <https://reurl.cc/nEeAkn>

燃燒-維基百科 : 檢索日期:2022 年 1 月 4 日， <https://reurl.cc/Mbqg7X>

火災與地震應變觀念 07 : 關門避難 : 檢索日期:2022 年 1 月 4 日， <https://reurl.cc/k7m293>