

屏東縣第 65 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活應用科學科(三)(含化學工程/環境科學)

組 別：國中組

作品名稱： 隔牆阻火
-農業廢棄物發展隔熱阻火建材的可行性-

關 鍵 詞：隔熱效果、耐燒程度、果皮材料（最多三個）

編號：B8012

目錄

■ 摘要-----	01
■ 壹、研究動機-----	01
■ 貳、研究目的-----	01
■ 參、文獻探討-----	02
■ 肆、實驗材料與實驗步驟-----	03
■ 伍、實驗結果-----	05
■ 陸、討論-----	28
■ 柒、結論-----	29
■ 捌、參考文獻-----	30

摘要

本研究目的為開發一種環保且具隔熱、耐燒效果的材料，選用小花蔓澤蘭、柚子皮、百香果皮作為纖維來源，並搭配太白粉、樹薯粉、玉米粉作為黏著劑。實驗結果顯示，隔熱效果最佳的組合為太白粉與小花蔓澤蘭 11 克，隔熱率 48.5%。耐燒度最佳的為太白粉與百香果 10 克，點火後正反面溫差達 201.7 度。燃燒後重量損耗率最低的為樹薯粉與小花蔓澤蘭 14 克，損耗率 3.72%。以高溫噴燈燃燒 50 秒測試耐燒效果，當黏著劑為樹薯粉，果皮成分為百香果與小花蔓澤蘭 14 克時，正反面溫差可達 130 度，重量損耗率為 8.3%。本研究結果顯示，農業廢棄物可製作出隔熱、耐燒材料，具替代傳統隔熱材料的潛力，並增加應用於防火牆及防火門的可行性。

壹、研究動機

地球逐漸暖化，人們為了隔熱去使用了許多傳統的人工隔熱材料例如泡沫塑料、石棉等，雖然確實具備良好的隔熱效果，但對於地球的負擔卻極大，且許多的隔熱材料難以被分解和回收，為了解決這個問題，我們尋找大自然中是否有具有隔熱和環保的材料。我們找了具有高纖維的植物。我們發現水果皮，是農業廢棄物，但擁有有機成分和高纖維的結構，理論上具有這些特質就能有一定的隔熱性。本研究希望能透過百香果皮和柚子皮作為隔熱的主要材料，如果能將其轉化成有用的隔熱材料不僅能減少廚餘廢棄物，還能提升資源的再利用，本實驗還有加入外來種小花蔓澤蘭作為隔熱的主要材料，小花蔓澤蘭具有獨特的結構和快速生長特性，俗稱綠癌。本研究旨在探索百香果皮、柚子皮與小花蔓澤蘭作為天然隔熱材料的可行性，並進一步比較它們的隔熱效果。期望透過這些環保、低成本的材料，開發出一種既具實用性又符合可持續發展需求的隔熱材料。

貳、研究目的

農業廢棄物多半為有機物質多為熱的不良導體，我們期待找出好的隔熱配方。但是防火的部分，因為是有機質，所以可能會碳化。但是，市售的耐火磚等磚瓦多半是陶瓷或鋁礬土(Al_2O_3)、矽石(SiO_2)、菱鎂礦(MgO)等原料製成，雖然現在有回收機制，但是亂倒建築廢棄物的消息時有耳聞，造成環境或農田髒亂，所以我們希望利用農業廢棄物來製作防火耐燒且隔熱的建材，並且能被生物分解。以下是我們的實驗目的：

- 一、探討利用不同植物和果皮材料(百香果、小花蔓澤蘭、柚子)在不同黏著劑(太白粉、玉米粉、樹薯粉)，自製環保材料，測試其隔熱及耐燒能力
- 二、探討環保材料不同添加量對環保材料隔熱及耐燒能力的影響
- 三、測試高溫噴燈定點燒灼測試環保材料耐燒能力的影響

參、文獻探討

一、參考 61 屆科展「殼」以隔熱，「殼」以隔音，得知：在熱帶地區，對建材的選擇很關鍵。熱帶地區傳統建築中，許多居民會用天然材料來製作建材，如椰子殼、椰子莖和葉片這類高纖維的植物來製做可以隔熱的屋頂，除了用椰子殼他們的實驗還加入了花生殼、龍眼殼、咖啡渣、葵瓜子殼來製作隔熱材料，他們是分兩種黏著劑，一種是加白膠，白膠塗在塑膠板，再將五種材料倒入果汁機，打成粉狀 後覆蓋在白膠，壓模成形並烘乾，使殼板凝固後完成。第二種黏著劑是使用糯米粉，將糯米粉、水依照比例放進鍋子，並以小火烹煮成黏稠狀，加入等量的各種殼粉 (先磨 成粉末狀)，搓揉均勻放入大小相同的模板中，壓模成形並烘乾。測量方法：(一)將殼板在室外陽光下側式隔熱效果。(二)室內將殼板放在室內燈光下測式隔熱效果

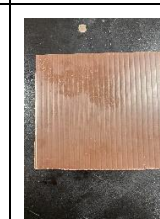
二、參考上述的歷屆科展得知殼中的纖維具有隔熱的效果，但其中的黏著劑有使用到白膠，但熱帶地區會使用到的隔熱材料會選擇全天然的例如：椰殼屋頂。歷屆做出來的隔熱材料會使用室外陽光照的方式進行測量，但室外陽光照會受到天氣和時間的影響導致熱源的不穩定，讓實驗解果有所誤差。

由以上兩點，我們的實驗使用了百香果殼、柚子皮、小花蔓澤蘭，烘乾打成粉來製作隔熱材料，我們為何選用這些材料呢？**1 可持續性和環保**：這些材料都是來自自然界的植物或果實，具有可再生特性，不像傳統的合成隔熱材料使用到人工的成分，可能對環境造成負擔。使用天然材料減少了對塑料或其他化學材料的依賴。**2 百香果殼**：百香果的殼堅硬且輕，具有很好的熱隔離性，尤其是它的空隙結構可以有效減少熱量傳遞。**3 柚子皮**：柚子皮的纖維結構具有較高的隔熱性。這種纖維可以吸收和隔絕熱能，尤其是當它乾燥後，會變得更具結構性。**4 小花蔓澤蘭**：這是一種外來種植物，可能具有快速生長、強韌且富有彈性的特性。這種植物的生長特性使得它有可能能夠作為一個低成本的天然隔熱材料。它的纖維結構也能幫助防止熱傳遞，並且因為其生長迅速，可以輕鬆取得。

我們實驗的黏著劑也是使用天然的材料：樹薯粉、玉米粉、太白粉。我們為何選用這些材料呢？**1 樹薯粉**：樹薯粉是一種天然澱粉，且具有很好的黏合性。在製作隔熱材料時，樹薯粉能夠提供粘結力，使材料之間能夠緊密結合，從而增強整體結構的穩定性。**2 玉米粉**：玉米粉與樹薯粉類似，具有較高的黏著性。玉米粉的黏合效果可以提升材料的整體結構，保持各層材料的穩定性，從而幫助保持隔熱效果不受外界干擾。**3 太白粉（馬鈴薯澱粉）**：太白粉在加熱後能夠形成濃稠的膠體，這使得它在黏結時更具強度，並且有助於固定其它材料。由於它的天然性質，使用太白粉不會對環境造成負擔，也避免了化學黏著劑帶來的潛在危害。

肆、實驗材料與實驗步驟

一、實驗材料

						
百香果粉	柚子粉	小花蔓澤蘭粉	玉米粉	樹薯粉	太白粉	沙拉油
						
電子天平	烘焙紙	PP 板	燒杯	加熱攪拌器	酒精溫度計	滴定管架
						
烘箱	抽風櫃	打火機	噴燈	鑷子	紅外線溫度計	磨粉機

二、研究方法與步驟

(一)、植物和果皮材料的製備

- 1.將百香果果皮、柚子皮和小花蔓澤蘭，洗淨、剪成小塊。
- 2.將步驟(1)的材料放入烘箱中，溫度 150 ℃，烘 4 小時。
- 3.將乾燥後的植物和果皮，以磨粉機磨成粉，過篩。

(二)、製備環保型隔熱、防火材料

1. 將植物和果皮粉依照比例加入 40 克的水和 10 克的黏著劑(太白粉、玉米粉、樹薯粉)混合在一起，把防烤紙鋪在 11*12.5 公分的 PP 板上，再塗上油，接著把混合溶液塗在防烤紙上鋪平，最後將塗過油的另一張防烤紙平鋪在混合溶液上，放進 140 ℃ 烤箱，烘 1 小時。

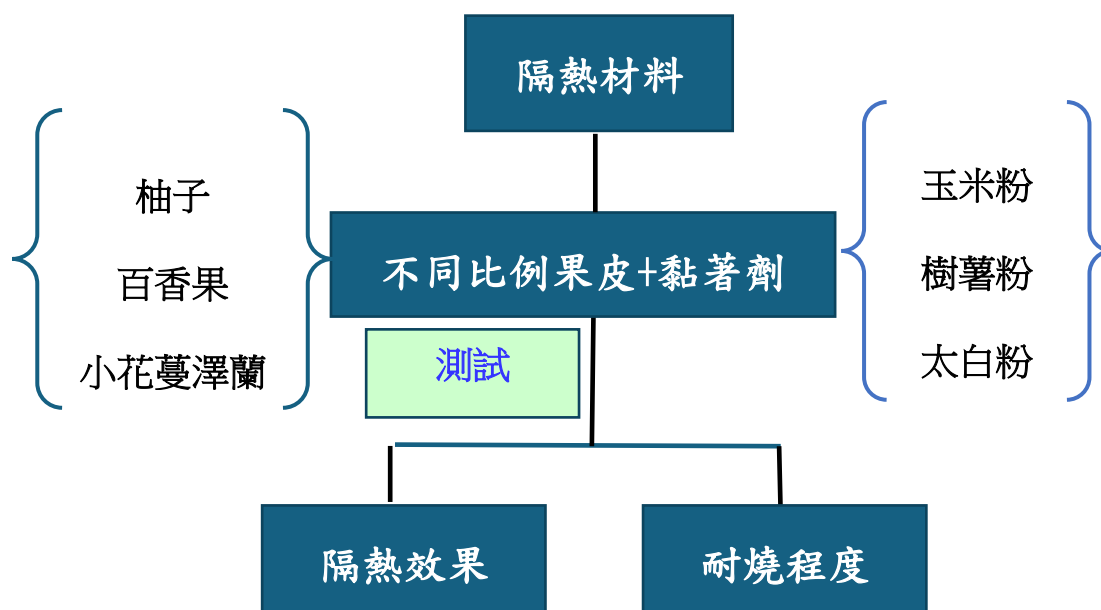
(三)測量隔熱能力

- 1 將已經烤好的隔熱材料從烘箱取出
- 2 把隔熱材料放在加熱板上
- 3 測量 100 毫升的水放入燒杯，把燒杯放在已鋪好的隔熱材料上
- 4 把溫度計夾滴定管架，再來放進隔熱材料上的燒杯中測量溫度
- 5 將加熱板調至 120 °C 放進抽風櫃，每 1 分鐘測量一次，測量 20 分鐘

（四）測量耐燒能力

- 1 測量在室溫下隔熱材料正反兩面的溫度
- 2 用夾子夾隔熱材料，進入不會被風干擾的箱子中進行測量
- 3 測量時將噴火槍和隔熱材料間隔 2 公分
- 4 分別在五個不同的點測量 10 秒、20 秒、30 秒、40 秒、50 秒，中間間隔 30 秒
- 5 測量燒後的隔熱材料其正反兩面的溫度，以及測量其重量改變得知碳化程度

三、研究流程圖



圖一

伍、研究結果

實驗一、探討植物和果皮材料在不同黏著劑下的隔熱效果

針對隔熱效果，我們將不同植物和果皮材料，按比例製作隔熱墊，在電熱板上以溫度

120 度連續加熱 20 分鐘之溫度變化。植物和果皮材料的成份分別為百香果、小花蔓澤蘭、柚子、小花蔓澤蘭+百香果、小花蔓澤蘭+柚子、百香果+柚子之隔熱結果。其實驗裝置如(圖二)。隔熱墊成品如(圖三)。



圖二、不同隔熱材料隔熱墊置於電熱板上，調整溫度至 120 度，測試燒杯內水的溫度變化量

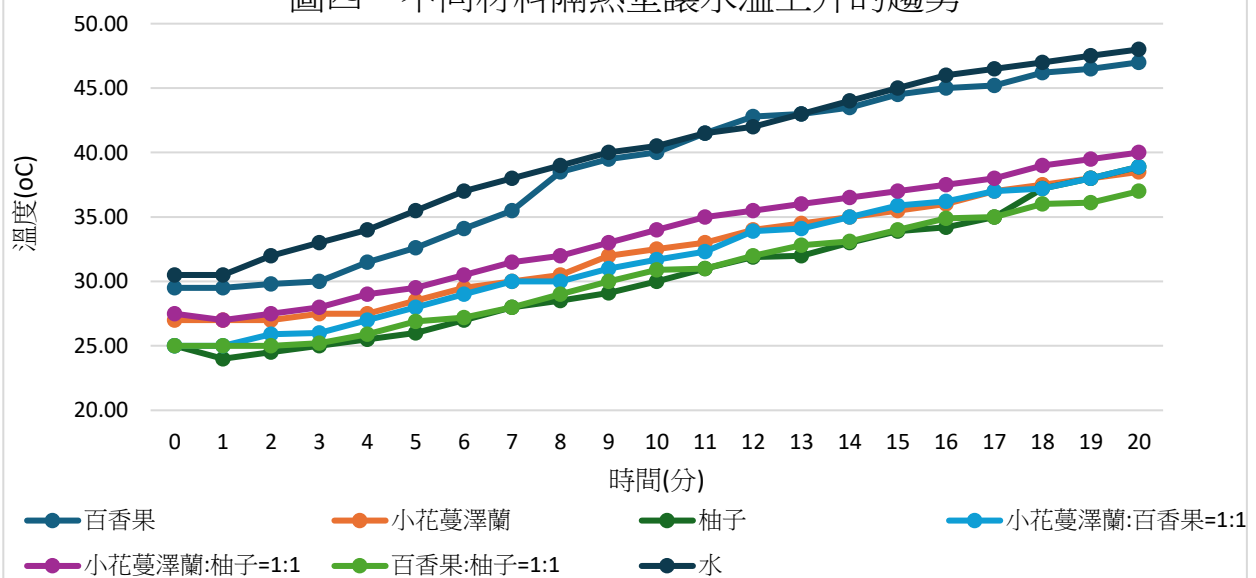


圖三、小花蔓澤蘭+百香果做成之隔熱墊

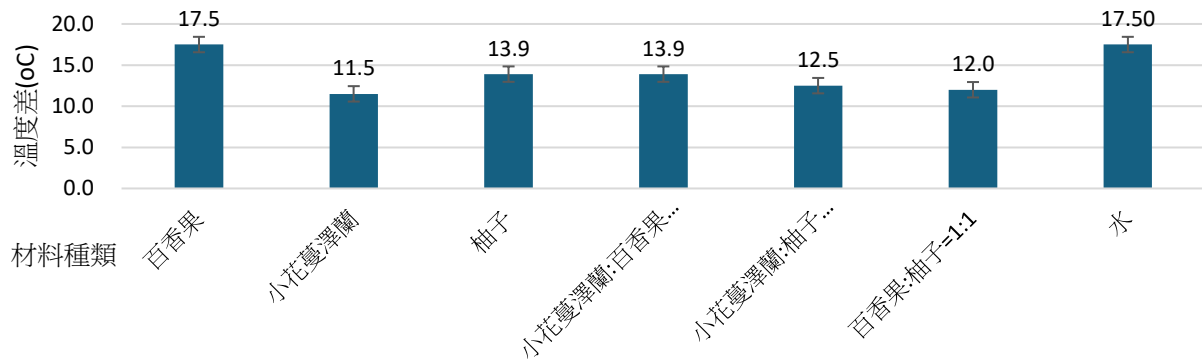
我們依照不同的黏著劑，分別加入植物和果皮粉進行實驗，其實驗結果如以下分析：

黏著劑為太白粉

圖四、不同材料隔熱墊讓水溫上升的趨勢



圖五、不同材料隔熱墊加熱100g水20分鐘之溫差變化圖



- 1.由圖四發現水溫上升的情形為加熱時間越久，溫度上升越高。
- 2.實驗將水溫上升的溫差作成圖五，發現水溫上升的溫差依序為純**百香果**為添加物的最高，其次是純柚子和**小花蔓澤蘭**：百香果=1:1，再來是**小花蔓澤蘭**：柚子=1:1，然後是百香果：柚子=1:1，升溫最差的是純添加物**小花蔓澤蘭**。
- 3.這個初步結果讓我們驚喜，得知，當黏著劑為太白粉時，有**小花蔓澤蘭**粉末添加物的隔熱墊燒杯內水溫上升幅度很小，僅 11.5° C，表示此隔熱墊阻止電熱板傳遞熱量至水杯內的水裡的效果最佳，緊迫在後的還有百香果：柚子=1:1 的溫差為 12° C、**小花蔓澤蘭**：柚子=1:1 的 12.5° C

我們以直接加熱水 20 分鐘的溫差作為對照組，對照其它隔熱墊的溫差，用以下公式算出其隔熱率

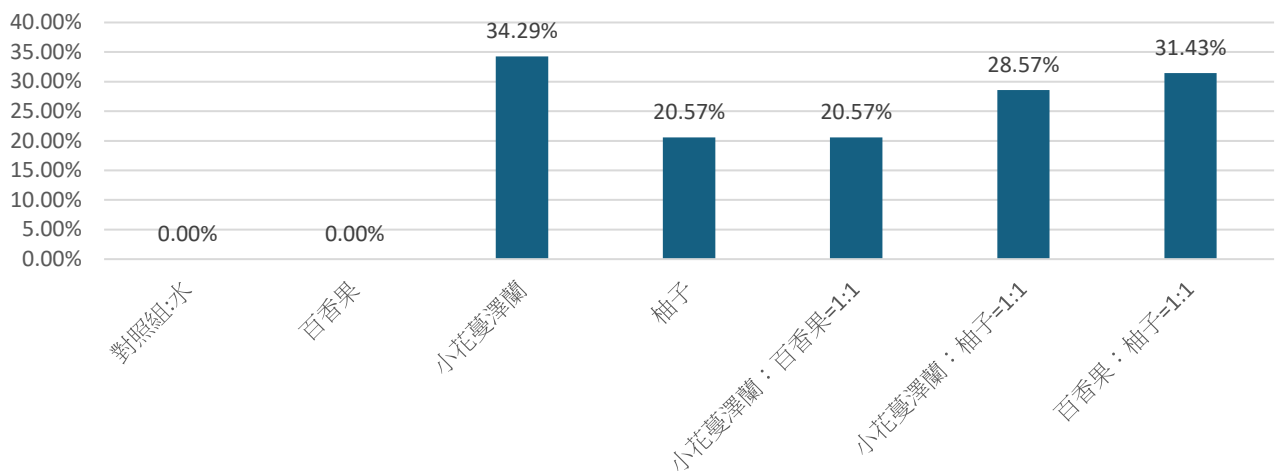
$$\text{隔熱率}\% = \frac{\text{水溫差} - \text{隔熱墊溫差}}{\text{水溫差}} \%$$

黏著劑為太白粉

表一、不同材料隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
百香果	17.5	0.00%
小花蔓澤蘭	11.5	34.29%
柚子	13.9	20.57%
小花蔓澤蘭：百香果=1:1	13.9	20.57%
小花蔓澤蘭：柚子=1:1	12.5	28.57%
百香果：柚子=1:1	12	31.43%

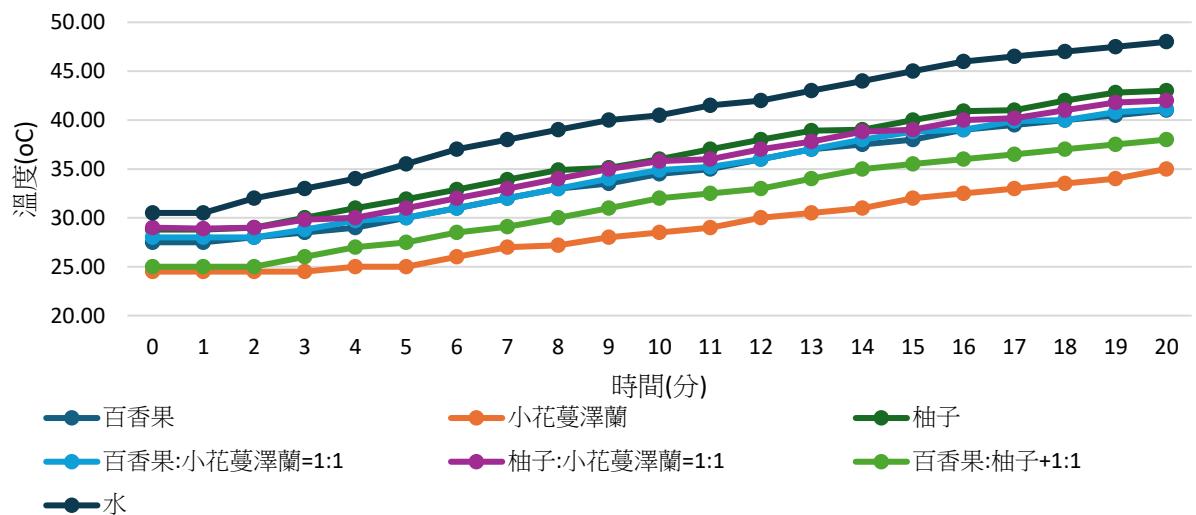
圖六、不同材料隔熱墊隔熱率 %



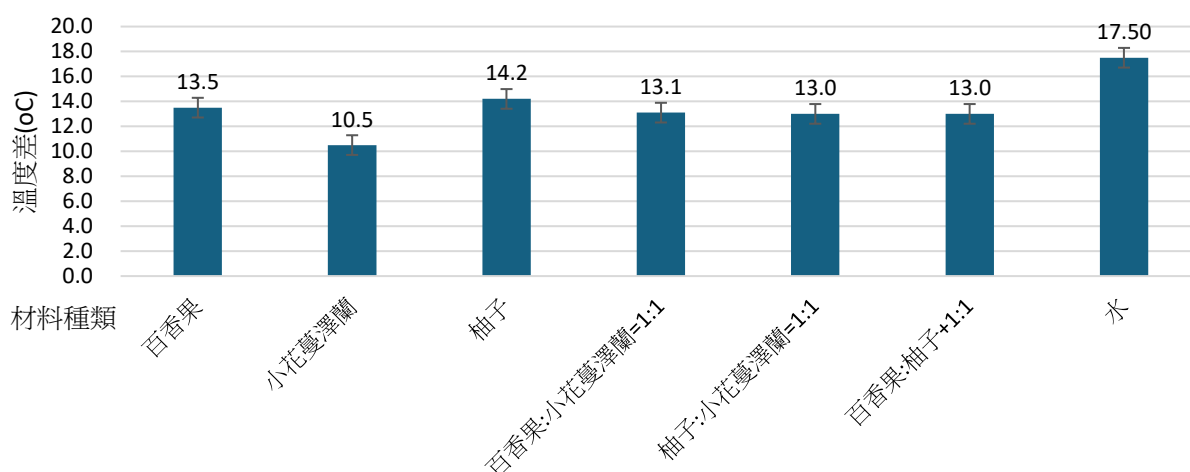
- 1.由圖六的隔熱百分率來看，小花蔓澤蘭的隔熱墊阻熱達 34.29%，其次是百香果：柚子=1:1。整體依序阻熱效果為小花蔓澤蘭 > 百香果：柚子=1:1 > 小花蔓澤蘭：柚子=1:1 > 柚子和小花蔓澤蘭：百香果=1:1 隔熱效果相當，百香果則最差
- 2.本次實驗，黏著劑為太白粉的，隔熱效果或阻熱效果最佳的是小花蔓澤蘭隔熱墊。

黏著劑為樹薯粉

圖七、不同材料之隔熱效果



圖八、不同材料加熱20分鐘的溫差圖



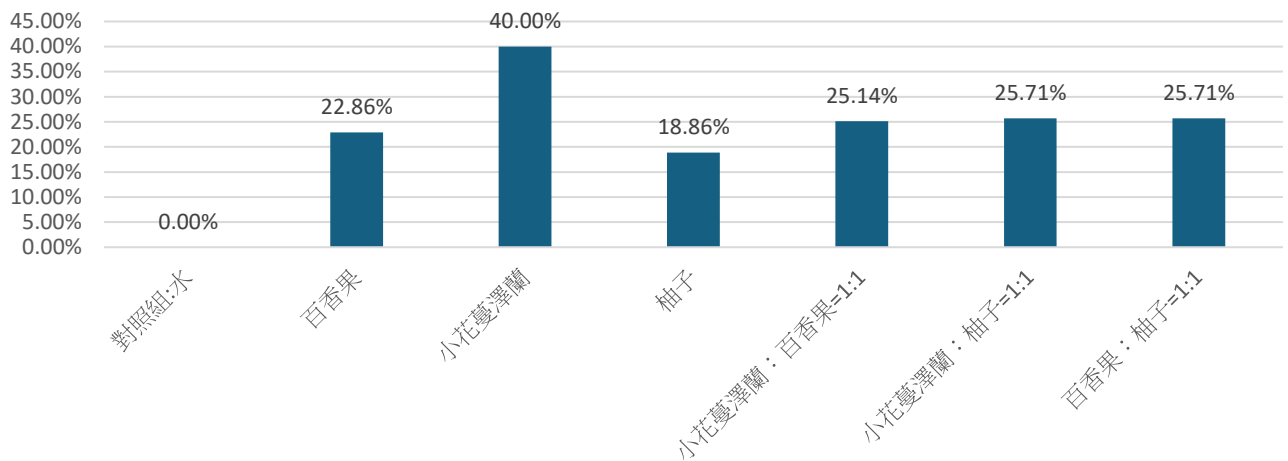
- 1.由水溫溫差做成圖八得知添加物為純小花蔓澤蘭的隔熱能力最好，其次是柚子:小花蔓澤蘭 1:1 和百香果:柚子 1:1，再來是百香果:小花蔓澤蘭 1:1，然後是純百香果，隔熱能力最差的是添加物為純柚子。
- 2.實驗結果讓我們知道，當黏著劑為樹薯屬粉時，添加物為小花蔓澤蘭的隔熱墊燒杯內水溫上升幅度很小，僅上升了 10.5 ° C，表示小花蔓澤蘭有助於隔熱墊阻止電熱板傳遞熱量至水杯內的水裡的效果最佳。

黏著劑為樹薯粉

表二、不同材料隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差 ° C	隔熱率%
對照組:水	17.5	0.00%
百香果	13.5	22.86%
小花蔓澤蘭	10.5	40.0%
柚子	14.2	18.86%
小花蔓澤蘭：百香果=1:1	13.1	25.14%
小花蔓澤蘭：柚子=1:1	13.0	25.71%
百香果：柚子=1:1	13.0	25.71%

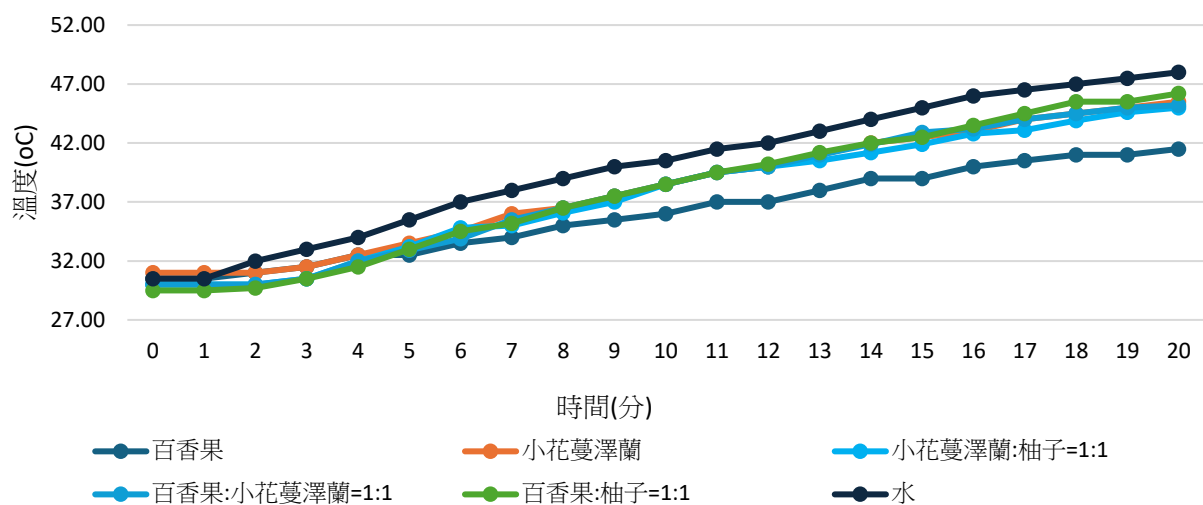
圖九、不同材料隔熱墊隔熱率 %



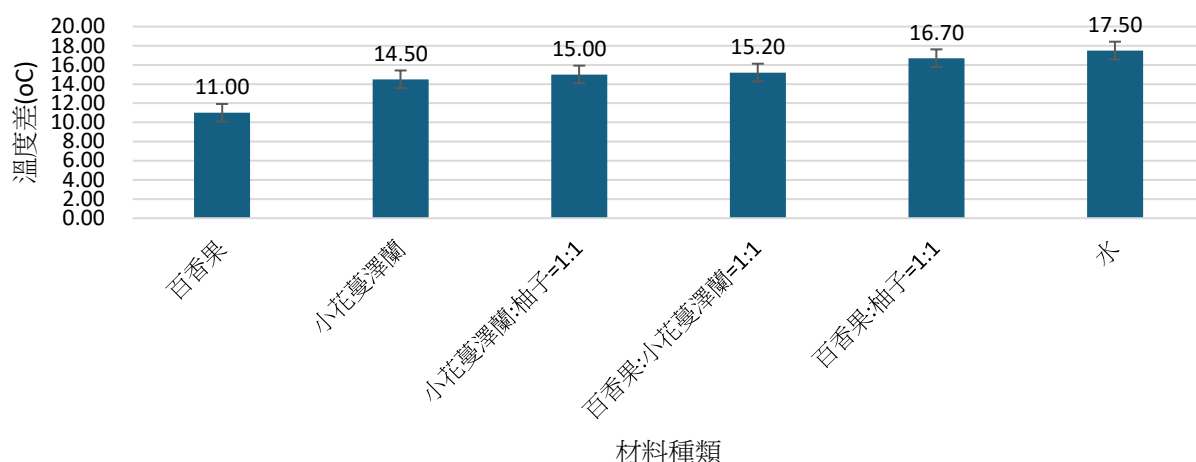
- 1.由圖九的隔熱百分率來看，小花蔓澤蘭的隔熱墊阻熱達 40.0%，其次是小花蔓澤蘭：柚子=1:1 和百香果：柚子=1:1 達 25.71%。
- 2.整體依序阻熱效果為小花蔓澤蘭 >小花蔓澤蘭：柚子=1:1 和百香果：柚子=1:1 相當 >小花蔓澤蘭：百香果=1:1，百香果則最差。
- 3.本次實驗，黏著劑為樹薯粉的，隔熱效果或阻熱效果最佳的是小花蔓澤蘭隔熱墊。

黏著劑為玉米粉

圖十、不同材料之隔熱效果



圖十一、不同材料加熱20分鐘的溫差圖

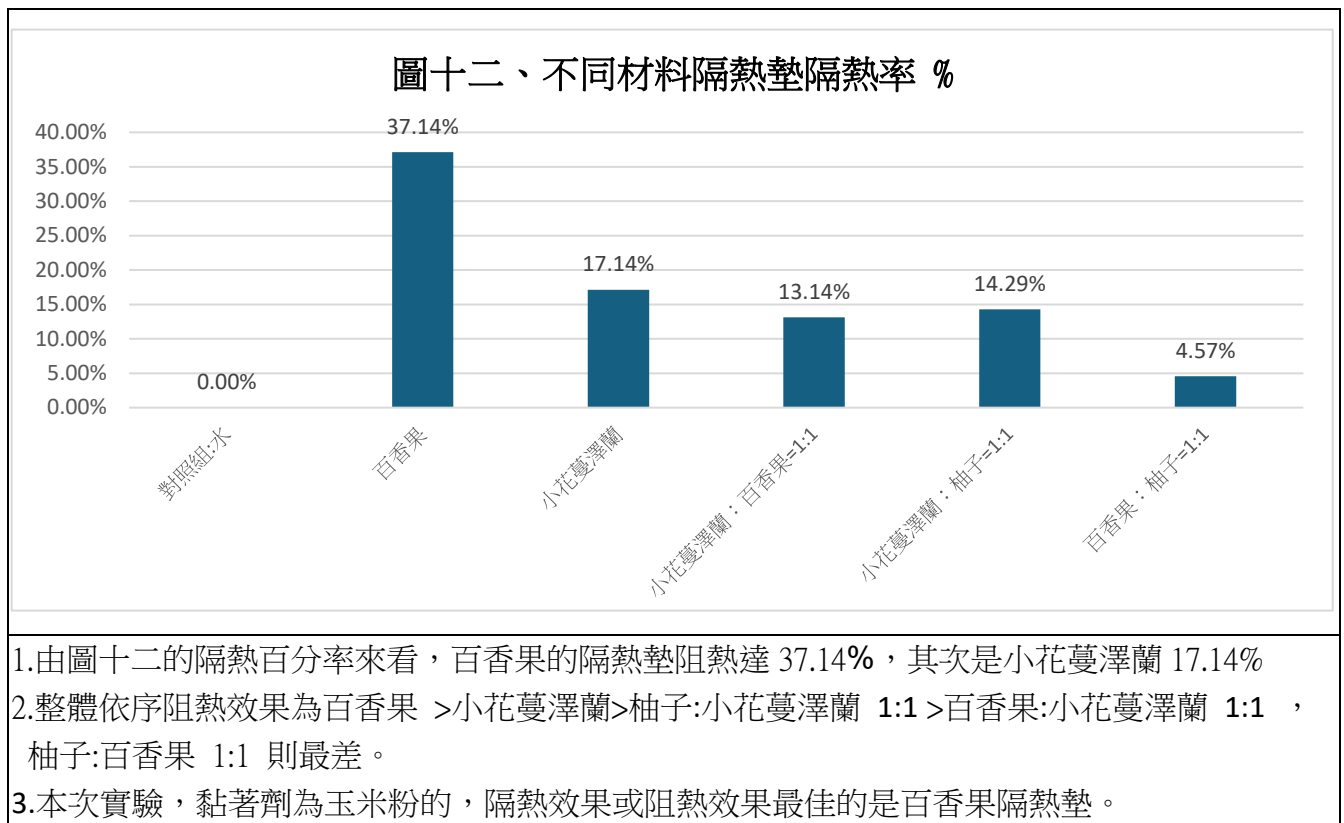


- 1.由水溫溫差做成圖十一得知添加物為純百香果的隔熱能力最好，其次是小花蔓澤蘭，再來是柚子:小花蔓澤蘭 =1:1，然後是百香果:小花蔓澤蘭 =1:1，隔熱能力最差的柚子:百香果= 1:1。
- 2.實驗結果得，當黏著劑為玉米粉時，添加物為百香果的隔熱墊燒杯內水溫上升幅度很小，僅上升了 11° C，表示百香果有助於隔熱墊阻止電熱板傳遞熱量至水杯內的水裡的效果最佳。

黏著劑為玉米粉

表三、不同材料隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
百香果	11	37.14%
小花蔓澤蘭	14.5	17.14%
小花蔓澤蘭：百香果=1:1	15.2	13.14%
小花蔓澤蘭：柚子=1:1	15	14.29%
百香果：柚子=1:1	16.7	4.57%



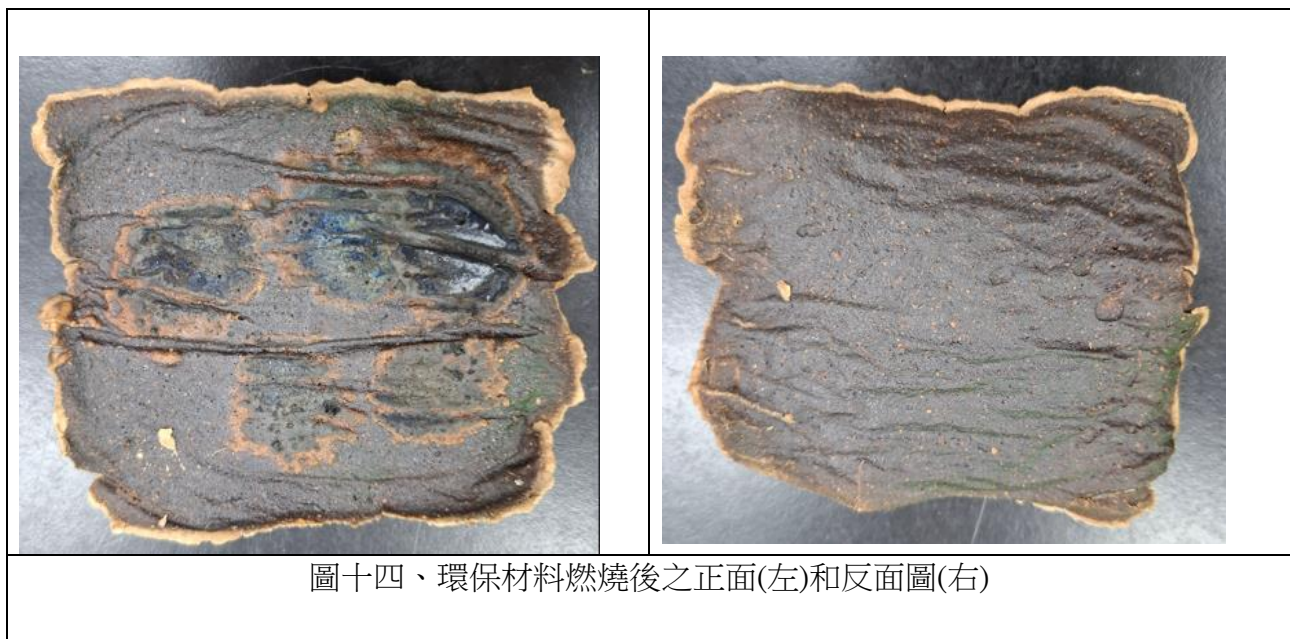
在實驗一當中，不同黏著劑、同比例的隔熱程度，我們都發現太白粉和樹薯粉，都是純小花蔓澤蘭最佳，隔熱率分別為 34.9%和 40%，而玉米粉則是純百香果的 37.14%。

實驗二、探討植物和果皮材料在不同黏著劑下的耐燒程度

不同植物和果皮材料作為耐燒材料，分別以打火機距離耐燒材料 2 公分處點火燃燒，測試點火時間分別為 10 秒、20 秒、30 秒、40 秒、50 秒，以紅外線溫度計偵測耐燒材料正、反面之溫度差，及重量損耗率。植物和果皮材的成份分別為百香果、小花蔓澤蘭、柚子、小花蔓澤蘭+百香果、小花蔓澤蘭+柚子、百香果+柚子。其實驗裝置如(圖十三)，材料燃燒後之正反面圖如(圖十四)。

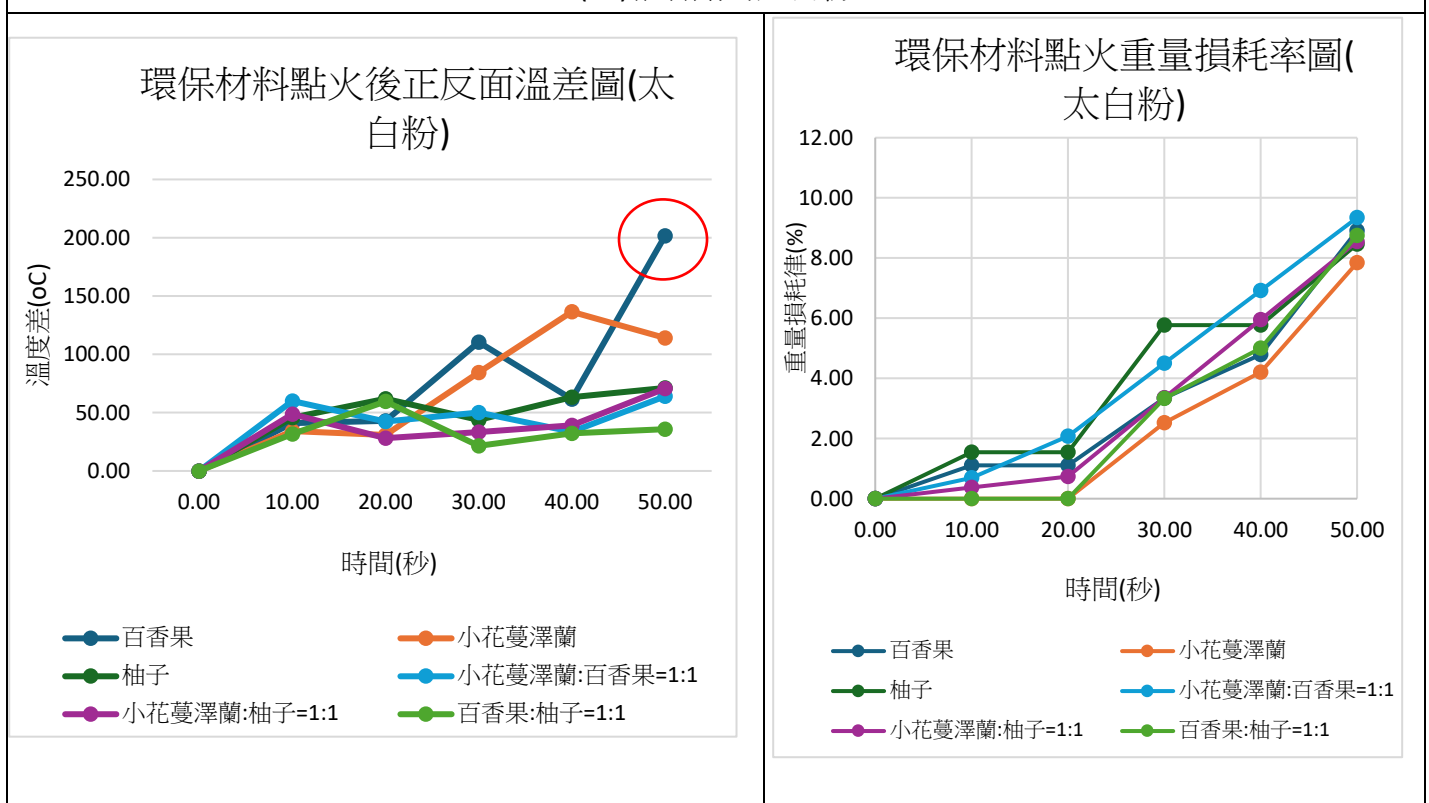


圖十三、不同環保材料以打火機點火燒，測試其材料正反面的溫度差及重量損耗率



綜合實驗二的分析，我們可以得到以下結果：

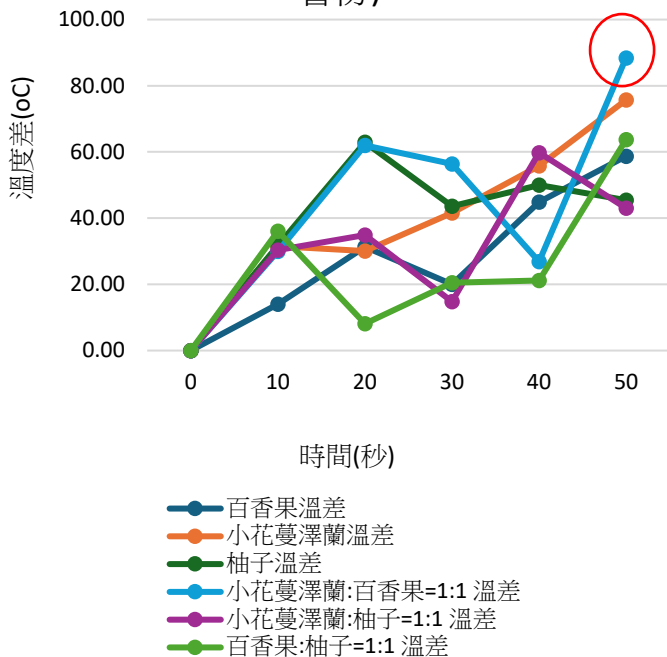
(一)黏著劑為太白粉



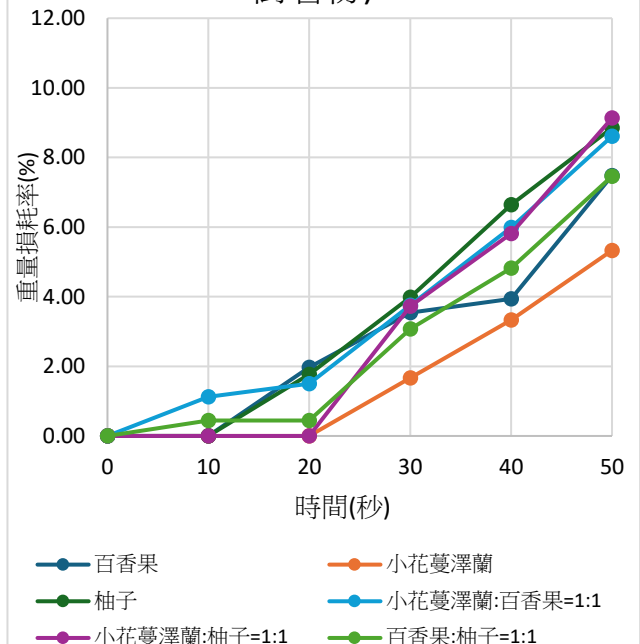
黏著劑為太白粉，環保材料為百香果時，其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 201.7 度，小花蔓澤蘭正反面的溫度差可達 114.2 度。所有環保材料燃燒 50 秒後的質量損耗率均差不多，均低於 10.0%。

(二)黏著劑為樹薯粉

環保材料點火後正反面溫差圖(樹薯粉)



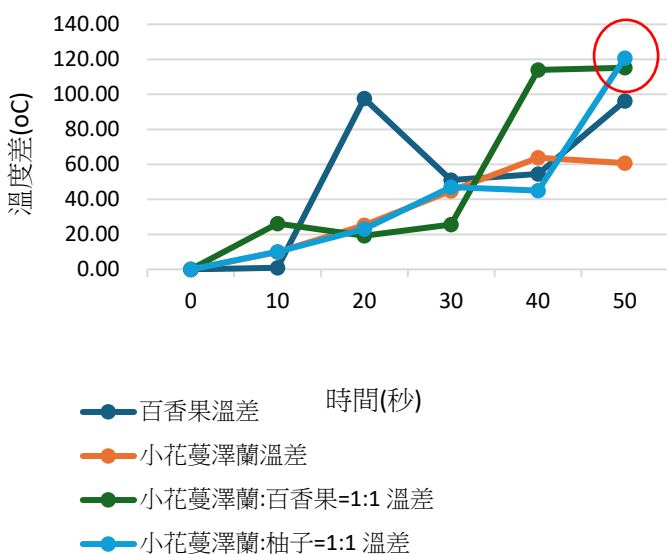
環保材料點火重量損耗率圖(樹薯粉)



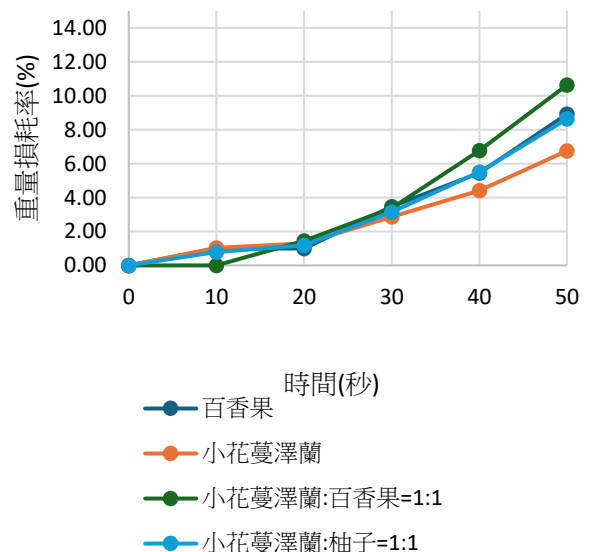
黏著劑為樹薯粉，環保材料為小花蔓澤蘭+百香果時，其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 **88.4 度**，小花蔓澤蘭正反面的溫度差可達 **75.7 度**。所有環保材料燃燒 50 秒後的質量損耗率均差不多，均低於 10.0%。

(三)黏著劑為玉米粉

環保材料點火後正反面溫差圖(玉米粉)



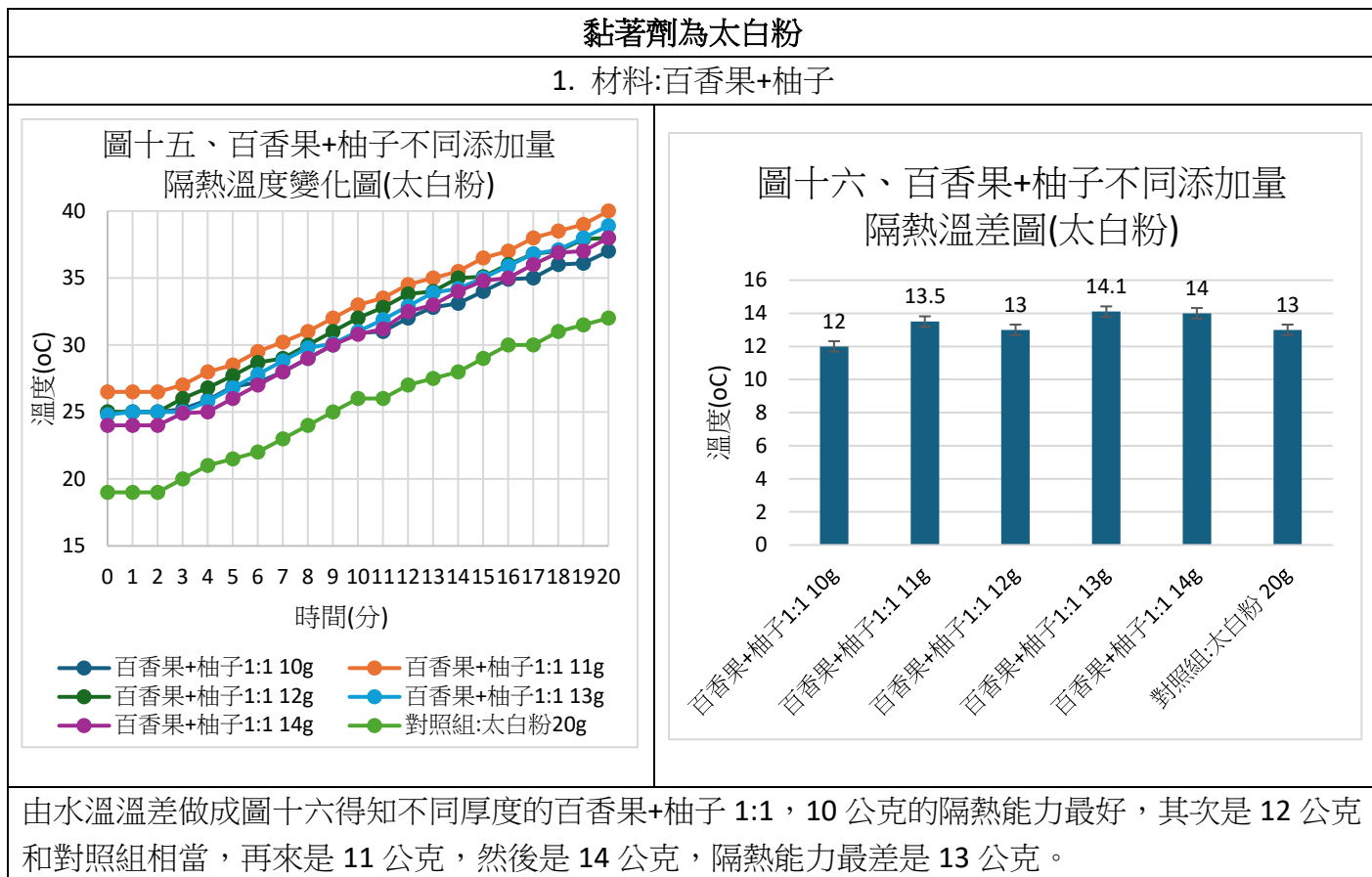
環保材料點火重量損耗率圖(玉米粉)



黏著劑為玉米粉，環保材料為小花蔓澤蘭+柚子和小花蔓澤蘭+百香果時，此二者其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 **120.8 度**。所有環保材料燃燒 50 秒後的質量損耗率均差不多，均低於 10.5%。

實驗三 探討植物和果皮材料在不同添加量下的隔熱效果

由實驗一、二中找出隔熱效果最好的環保材料和黏著劑，探討植物和果皮材料在不同添加量下的隔熱效果。

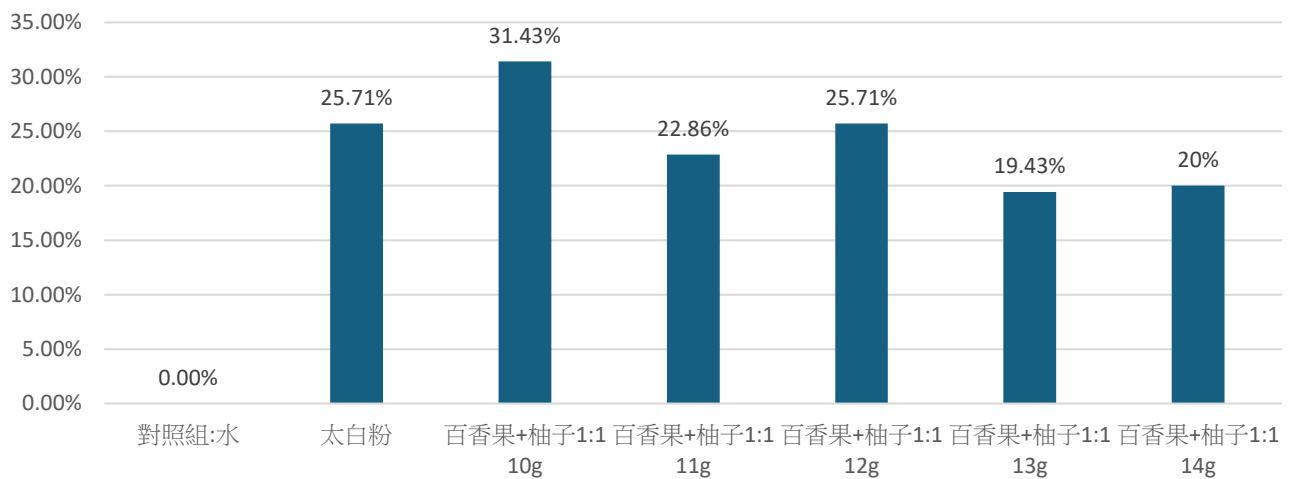


黏著劑為太白粉

表四、不同添加量百香果+柚子 1:1 隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
太白粉	13	25.71%
百香果+柚子 1:1 10g	12	31.43%
百香果+柚子 1:1 11g	13.5	22.86%
百香果+柚子 1:1 12g	13	25.71%
百香果+柚子 1:1 13g	14.1	19.43%
百香果+柚子 1:1 14g	14	20%

圖十七、不同添加量百香果+柚子1:1隔熱墊隔熱率 %

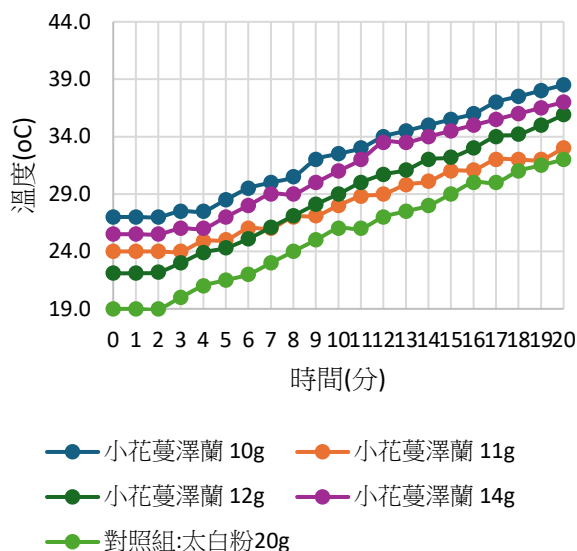


由圖十七的隔熱百分率來看，最好的是百香果+柚子 1:1 10g 阻熱達 31.43%，其次純太白粉 25.71%。整體依序阻熱效果為 10 公克> 12 公克和太白粉相當> 11 公克>14 公克> 13 公克。

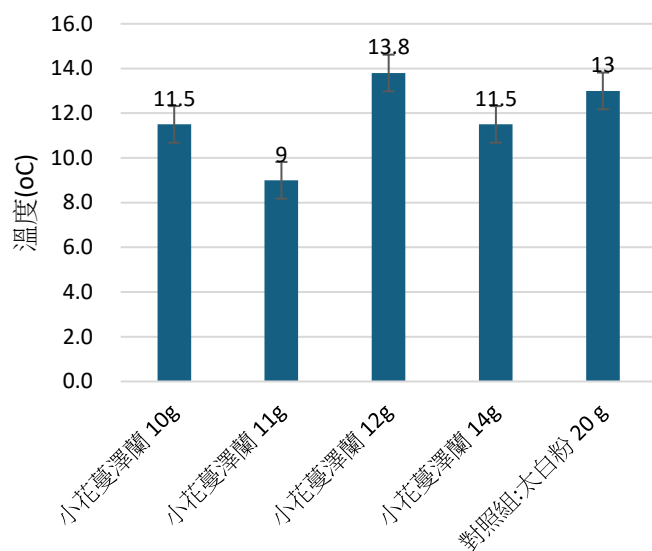
黏著劑為太白粉

2. 材料:小花蔓澤蘭

圖十八、小花蔓澤蘭不同添加量隔熱溫度變化圖(太白粉)



圖十九、小花蔓澤蘭不同添加量隔熱溫差圖(太白粉)



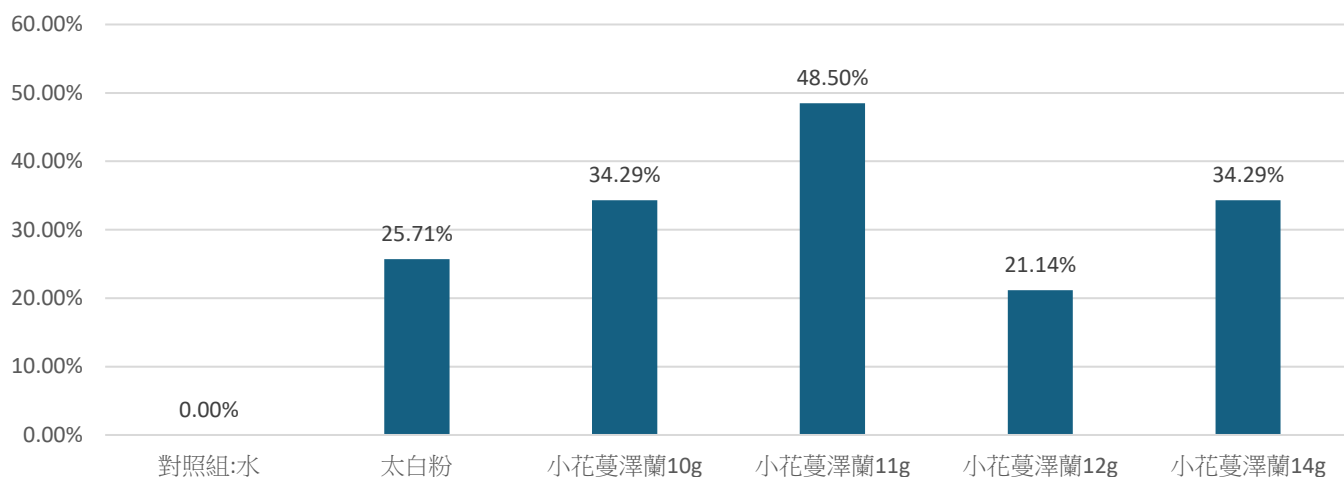
由水溫溫差做成圖十九得知不同厚度的小花蔓澤蘭，11 公克的隔熱能力最好，其次是 10 公克和 14 公克，再來是太白粉，隔熱能力最差的是 12 公克。

黏著劑為太白粉

表五、不同添加量小花蔓澤蘭隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差 °C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
太白粉	13	25.71%
小花蔓澤蘭 10g	11.5	34.29%
小花蔓澤蘭 11g	9	48.5%
小花蔓澤蘭 12g	13.8	21.14%
小花蔓澤蘭 14g	11.5	34.29%

圖二十、不同添加量小花蔓澤蘭隔熱墊隔熱率 %

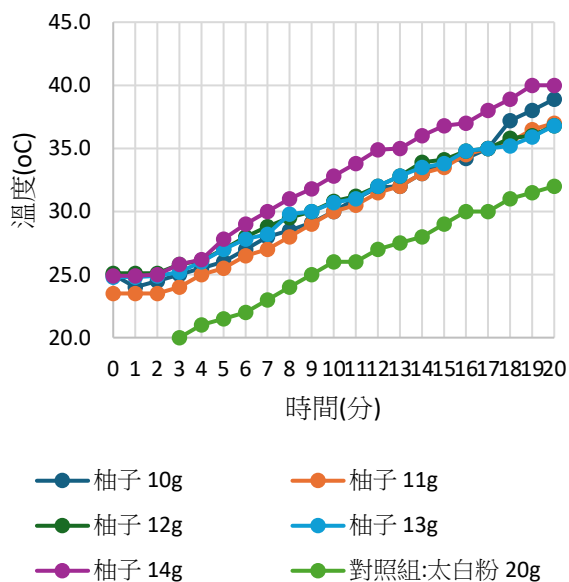


由圖二十的隔熱百分率來看，最好的是小花蔓澤蘭 11 公克阻熱達 48.5%，其次 10 公克和 14 公克的 34.29%。整體依序阻熱效果為 11 公克>10 公克=14 公克>太白粉>12 公克。

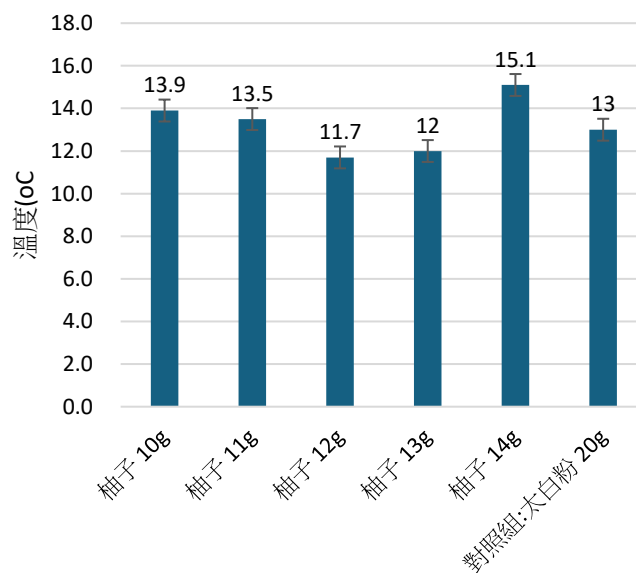
黏著劑為太白粉

3. 材料：柚子

圖二十一、柚子不同添加量隔熱溫度變化圖(太白粉)



圖二十二、柚子不同添加量的隔熱溫差圖(太白粉)



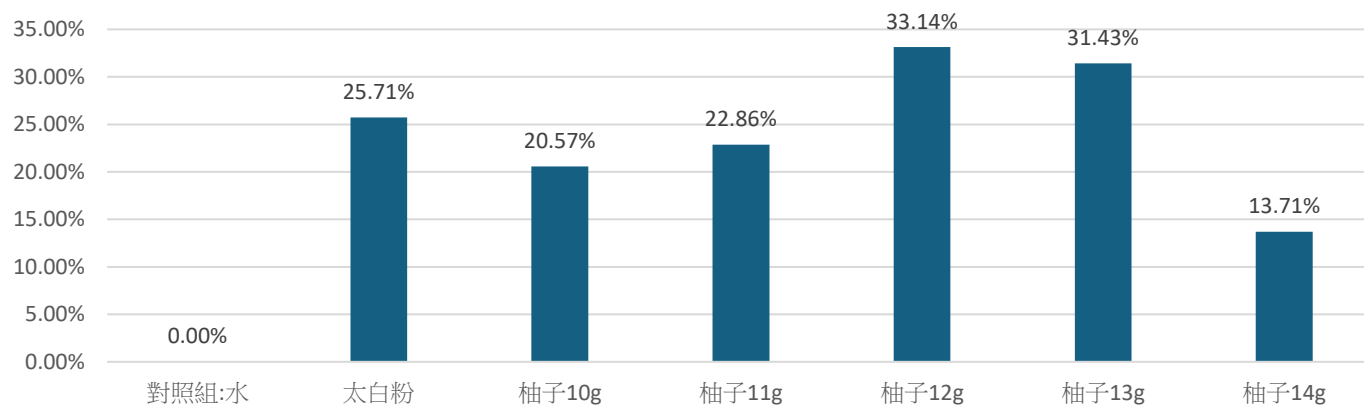
由水溫溫差做成圖二十二得知不同厚度的柚子，12 公克的隔熱能力最好，其次是 13 公克，再來是太白粉，然後是 11 公克，接著是 10 公克，隔熱能力最差的是 14 公克。

黏著劑為太白粉

表六、不同添加量柚子隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
太白粉	13	25.71%
柚子 10g	13.9	20.57%
柚子 11g	13.5	22.86%
柚子 12g	11.7	33.14%
柚子 13g	12	31.43%
柚子 14g	15.1	13.71%

圖二十三、不同添加量柚子隔熱墊隔熱率 %

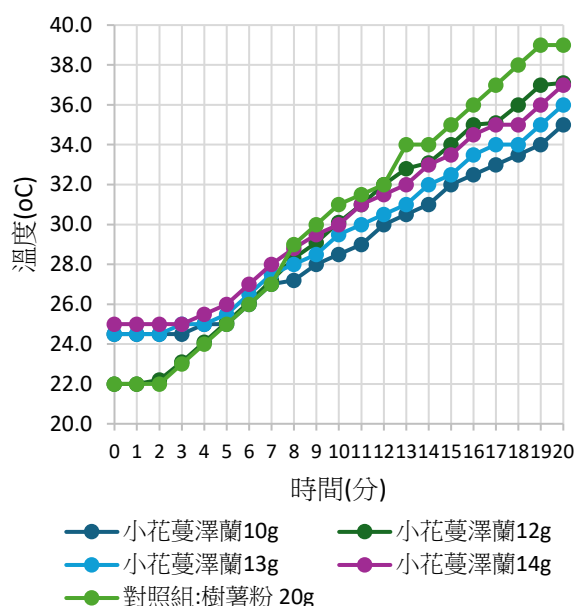


由圖二十三的隔熱百分率來看，最好的是柚子 12 公克阻熱達 33.14%，其次 13 公克 31.43%。整體依序阻熱效果為 12 公克>13 公克>太白粉>11 公克>10 公克>14 公克。

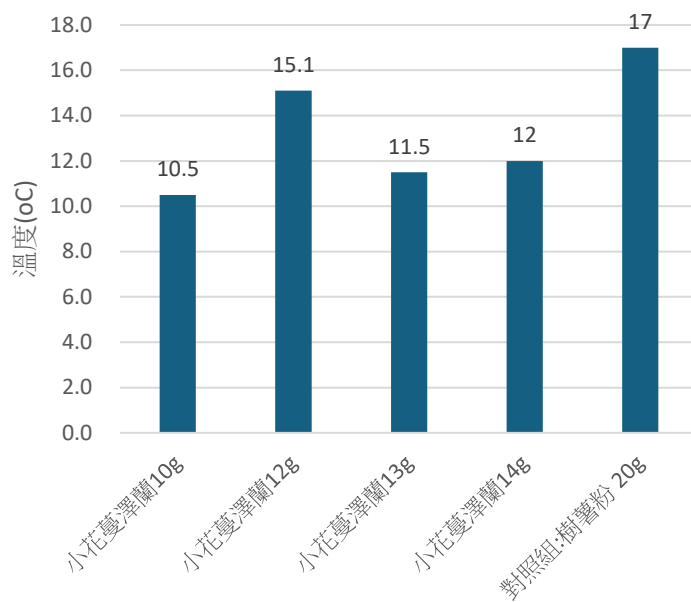
黏著劑為樹薯粉

1. 材料：小花蔓澤蘭

圖二十四、小花蔓澤蘭不同添加量隔熱溫度變化圖(樹薯粉)



圖二十五、小花蔓澤蘭不同添加量加熱20分鐘的溫差圖(樹薯粉)



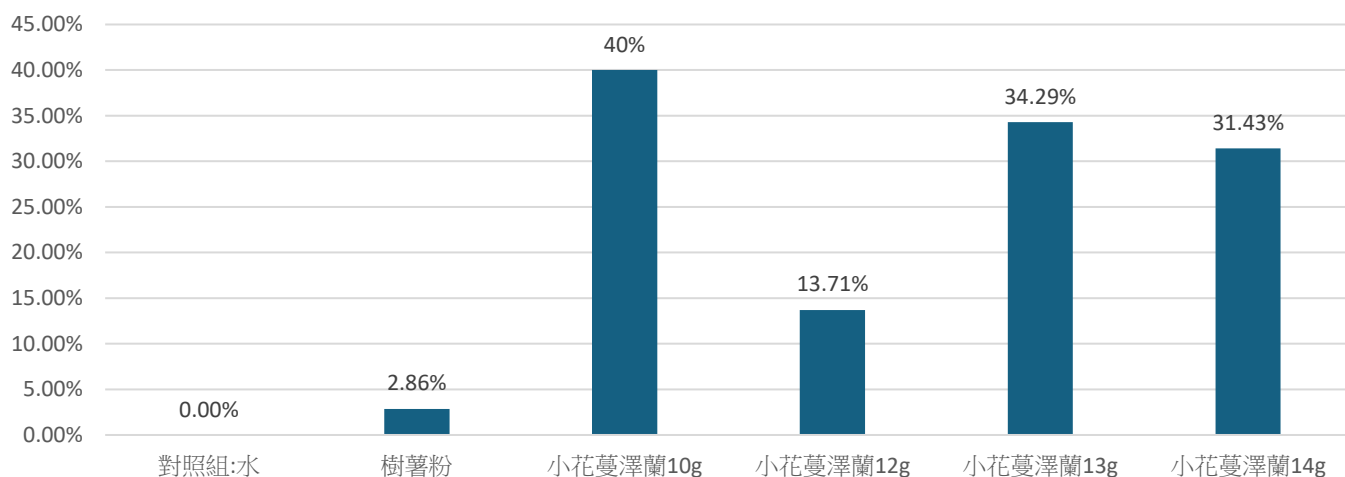
由水溫溫差做成圖二十五得知不同厚度的小花蔓澤蘭，10 公克的隔熱能力最好，其次是 13 公克，再來是 14 公克，然後是 12 公克，隔熱能力最差的是樹薯粉。

黏著劑為樹薯粉

表七、不同添加量小花蔓澤蘭隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
樹薯粉	17	2.86%
小花蔓澤蘭 10g	10.5	40%
小花蔓澤蘭 12g	15.1	13.71%
小花蔓澤蘭 13g	11.5	34.29%
小花蔓澤蘭 14g	12	31.43%

圖二十六、不同添加量小花蔓澤蘭隔熱墊隔熱率 %

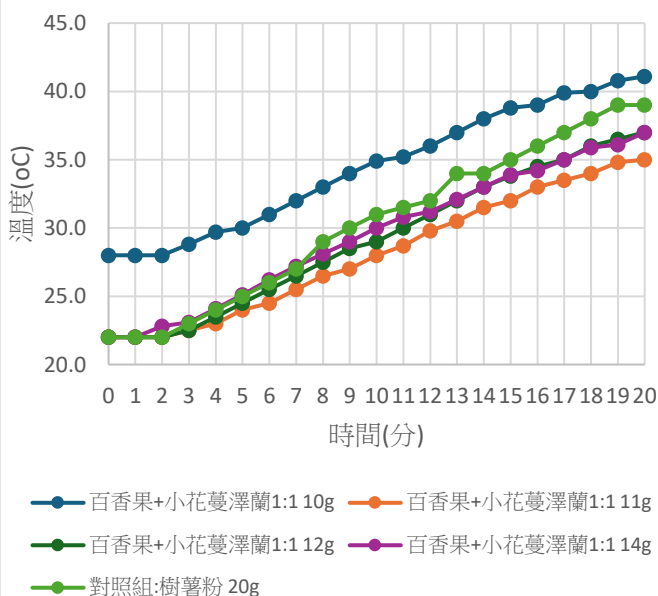


由圖二十六的隔熱百分率來看，最好的是小花蔓澤蘭 10 公克阻熱達 40%，其次 13 公克 34.29%。整體依序阻熱效果為 10 公克>13 公克和 14 公克相當>12 公克>樹薯粉。

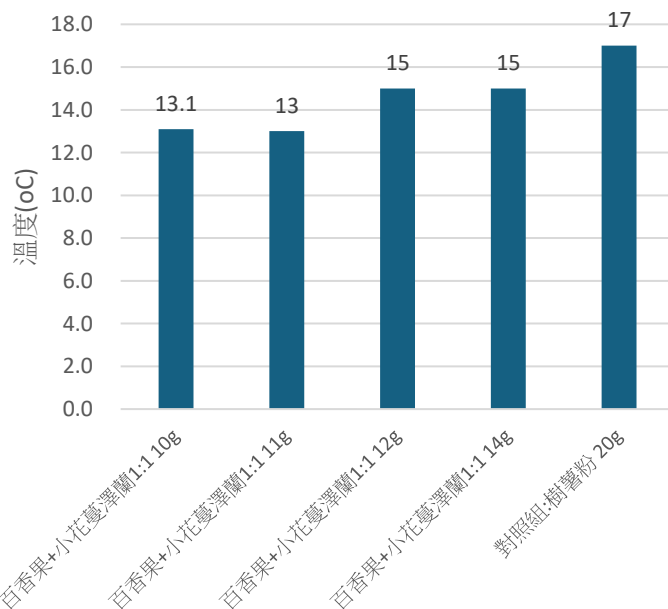
黏著劑為樹薯粉

2. 材料：百香果+小花蔓澤蘭

圖二十七、百香果+小花蔓澤蘭不同添加量隔熱溫度變化圖(樹薯粉)



圖二十八、百香果+小花蔓澤蘭不同添加量加熱20分鐘的溫差圖(樹薯粉)



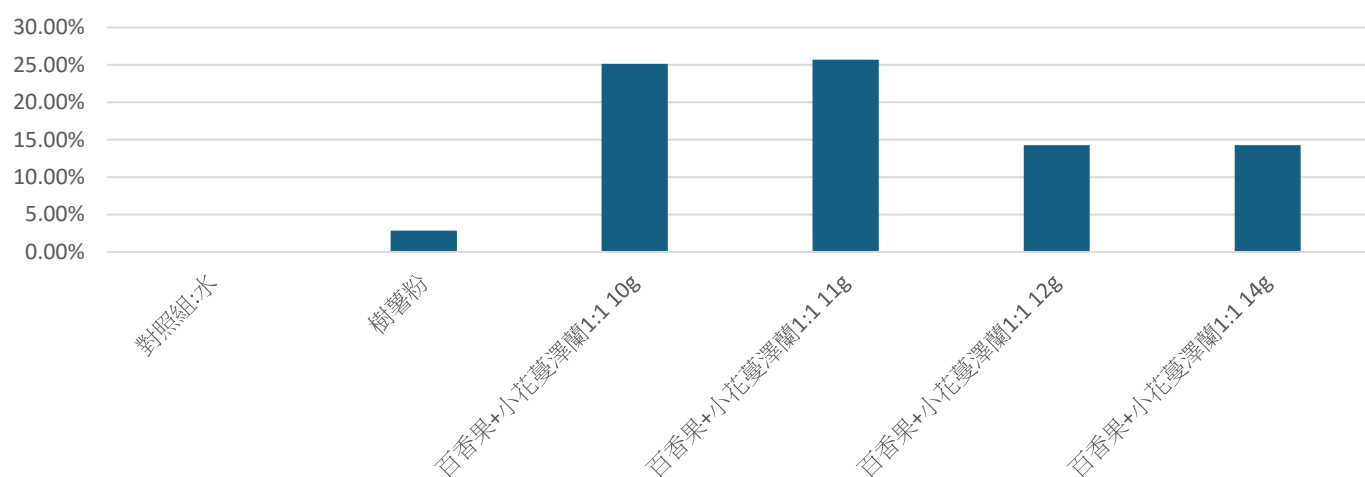
由水溫溫差做成圖二十八得知不同厚度的百香果+小花蔓澤蘭 1:1，11 公克的隔熱能力最好，其次是 10 公克，再來是 12 公克和 14 公克相當，隔熱能力最差的是樹薯粉。

黏著劑為樹薯粉

表八、不同添加量百香果+小花蔓澤蘭 1:1 隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
樹薯粉	17	2.86%
百香果+小花蔓澤蘭 1:1 10g	13.1	25.14%
百香果+小花蔓澤蘭 1:1 11g	13	25.71%
百香果+小花蔓澤蘭 1:1 12g	15	14.29%
百香果+小花蔓澤蘭 1:1 14g	15	14.29%

圖二十九、不同添加量百香果+小花蔓澤蘭1:1隔熱墊隔熱率 %

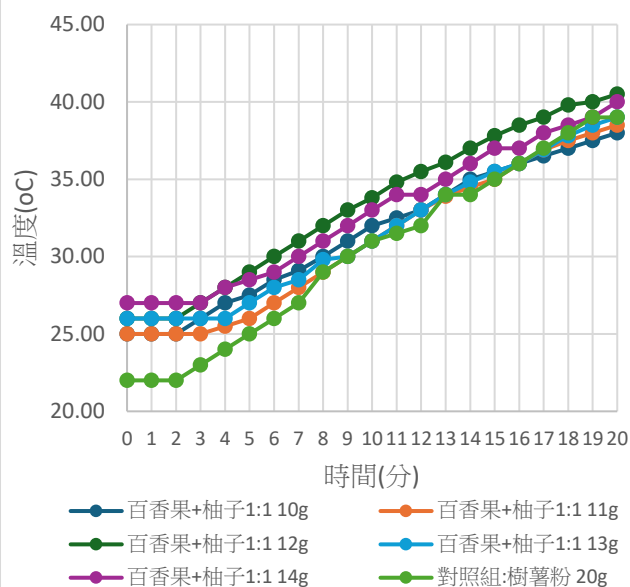


由圖二十九的隔熱百分率來看，最好的是小花蔓澤蘭 11 公克阻熱達 25.71%，其次 10 公克 25.14%。整體依序阻熱效果為 11 公克>10 公克>12 公克=14 公克>樹薯粉。

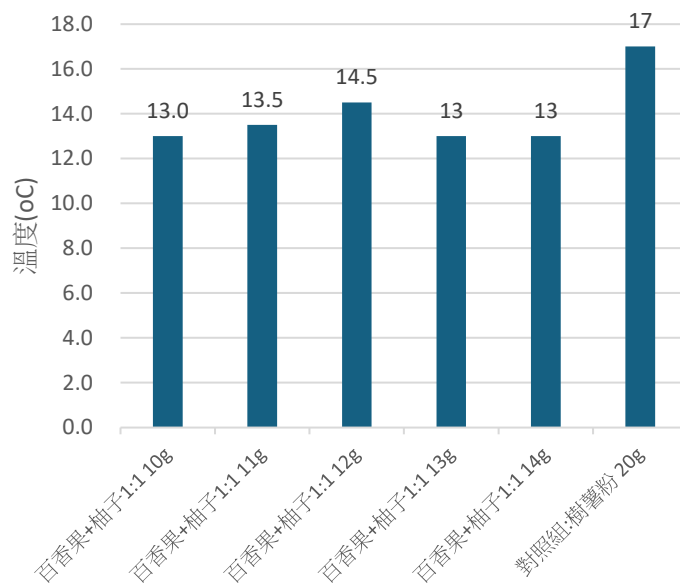
黏著劑為樹薯粉

3. 材料：百香果+柚子

圖三十、百香果+柚子不同添加量隔熱溫度變化圖(樹薯粉)



圖三十一、百香果+柚子不同添加量加熱20分鐘的溫差圖(樹薯粉)



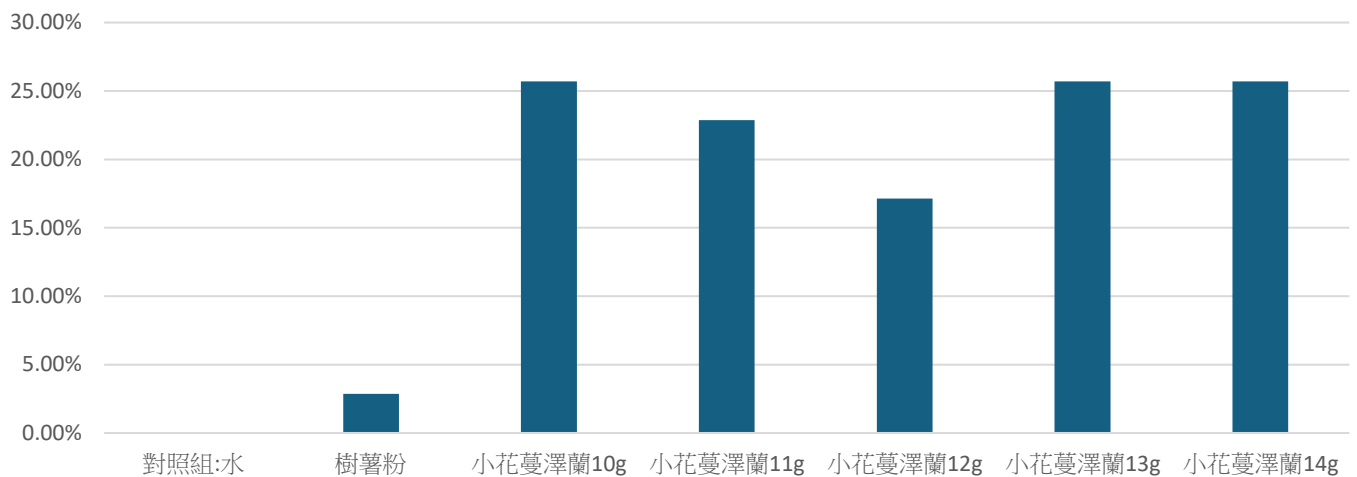
由水溫溫差做成圖三十一得知不同厚度的百香果+柚子 1:1，10 公克、13 公克、14 公克的隔熱能力最好，其次是 11 公克，再來是 12 公克，隔熱能力最差的是樹薯粉。

黏著劑為樹薯粉

表九、不同添加量百香果+柚子 1:1 隔熱墊與對照組的隔熱率

	溫差° C	隔熱率
對照組:水	17.5	0.00%
樹薯粉	17	2.86%
百香果+柚子 1:1 10g	13	25.71%
百香果+柚子 1:1 11g	13.5	22.86%
百香果+柚子 1:1 12g	14.5	17.14%
百香果+柚子 1:1 13g	13	25.71%
百香果+柚子 1:1 14g	13	25.71%

圖三十二、不同添加量百香果+柚子1:1隔熱墊隔熱率 %



由圖三十二的隔熱百分率來看，最好的是百香果+柚子 1:1 10 公克、13 公克、14 公克阻熱達 25.71%，其次 11 公克 22.86%。整體依序阻熱效果為 10 公克=13 公克=14 公克>11 公克>12 公克>樹薯粉。

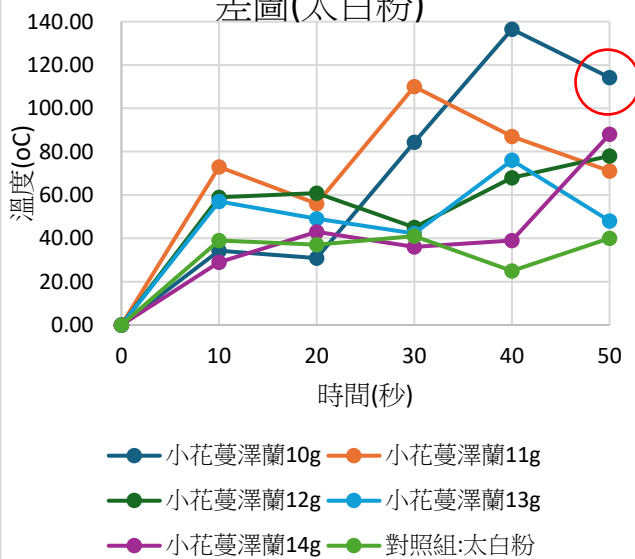
實驗四 探討植物和果皮材料在不同添加量下的耐燒效果

由實驗一、二中找出耐燒效果最好的環保材料和黏著劑，探討植物和果皮材料在不同添加量下的耐燒效果。

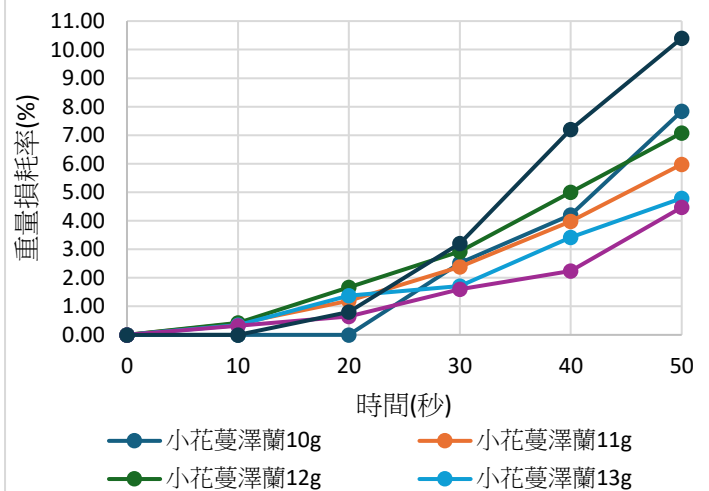
(一) 黏著劑為太白粉

1. 材料：小花蔓澤蘭

小花蔓澤蘭不同添加量耐燒溫度差圖(太白粉)



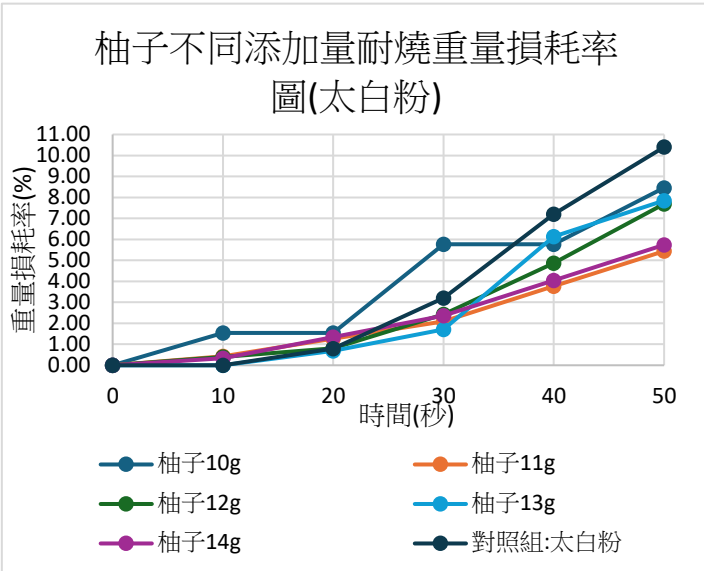
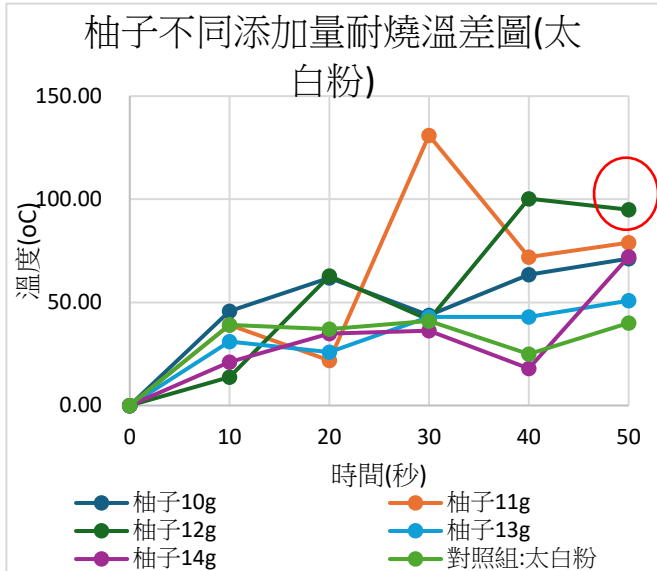
小花蔓澤蘭不同添加量耐燒重量損耗率圖(太白粉)



黏著劑為太白粉，環保材料為小花蔓澤蘭時，10 公克其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 114.2 度。且耐燒重量損耗率，以 14 公克小花蔓澤蘭的重量損耗率最少，點火燃燒 50 秒後，質量損耗率均差不多，均低於 4.47%。

(一) 黏著劑為太白粉

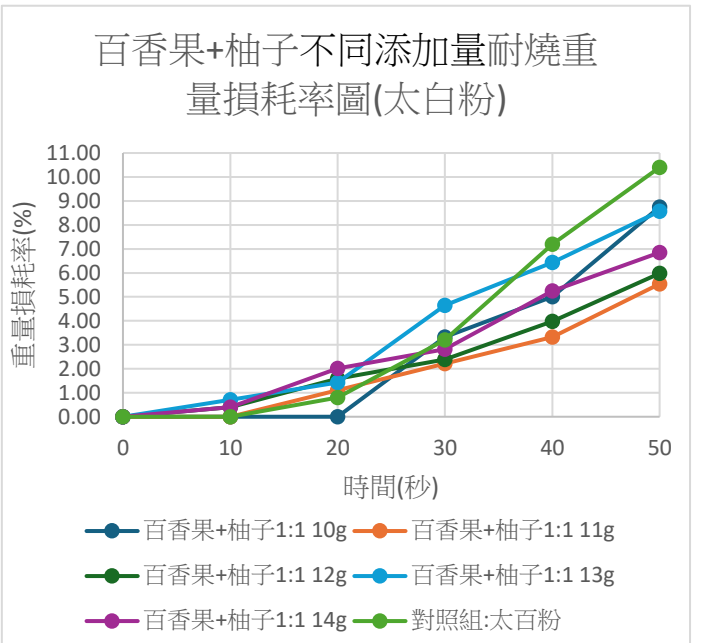
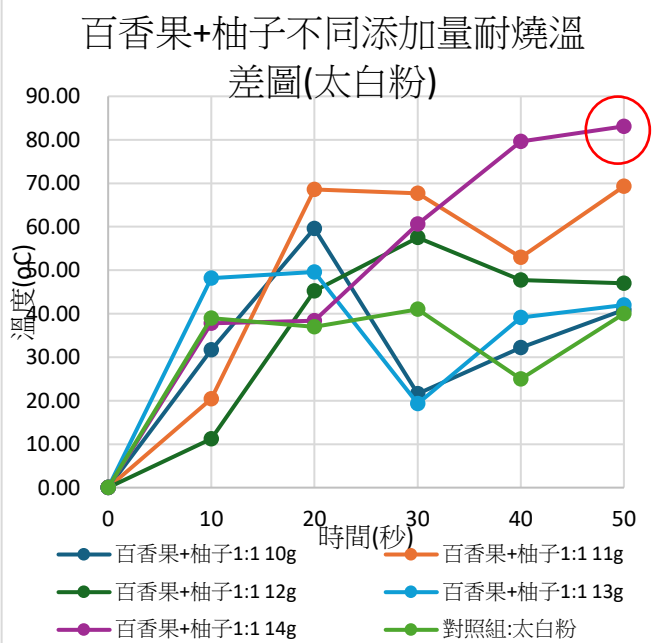
2. 材料：柚子



黏著劑為太白粉，環保材料為柚子時，12 公克其耐燒效果最好，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 94.9 度。且耐燒重量損耗率，以 11 公克的柚子其重量損耗率最少，點火燃燒 50 秒後，質量損耗率均差不多，均低於 5.44%。

(一) 黏著劑為太白粉

3. 材料：百香果+柚子

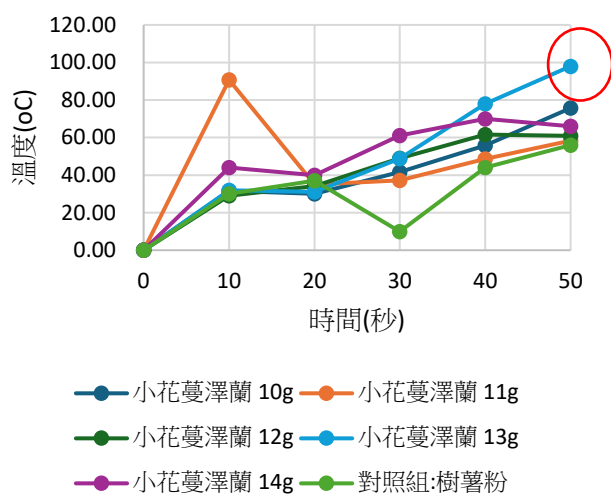


黏著劑為太白粉，環保材料為百香果+柚子時，14 公克其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 83.1 度。且耐燒重量損耗率，11 公克其重量損耗率最少，點火燃燒 50 秒後，質量損耗率均差不多，均低於 6.58%。

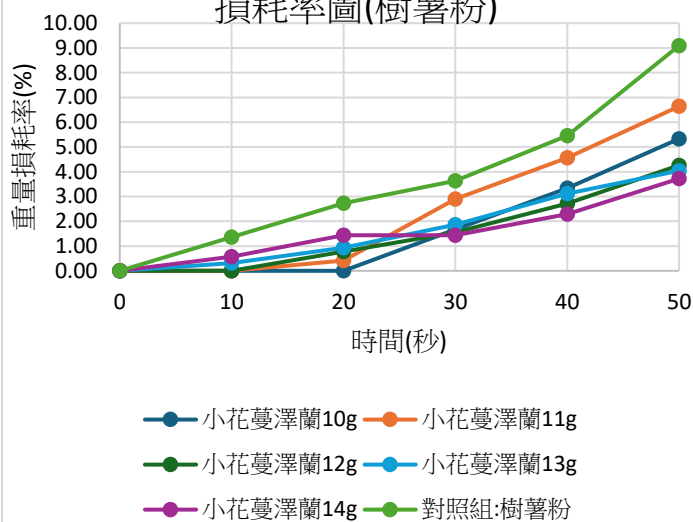
(二) 黏著劑為樹薯粉

1. 材料：小花蔓澤蘭

小花蔓澤蘭不同添加量耐燒溫差圖(樹薯粉)

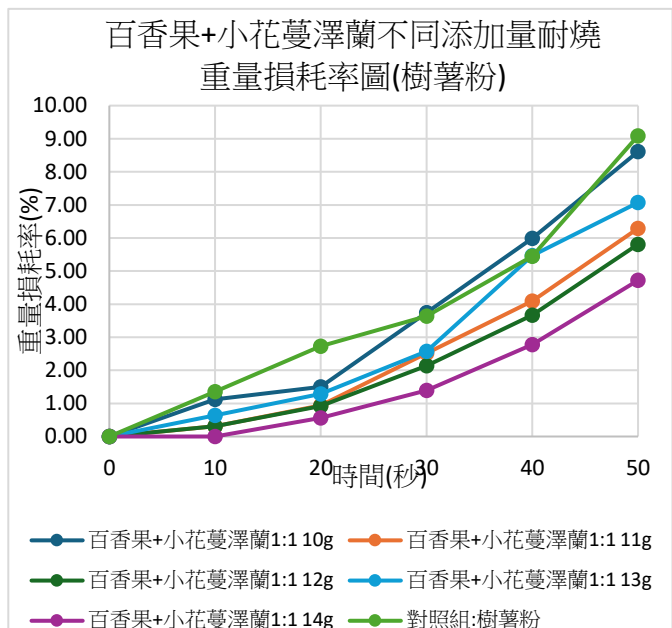
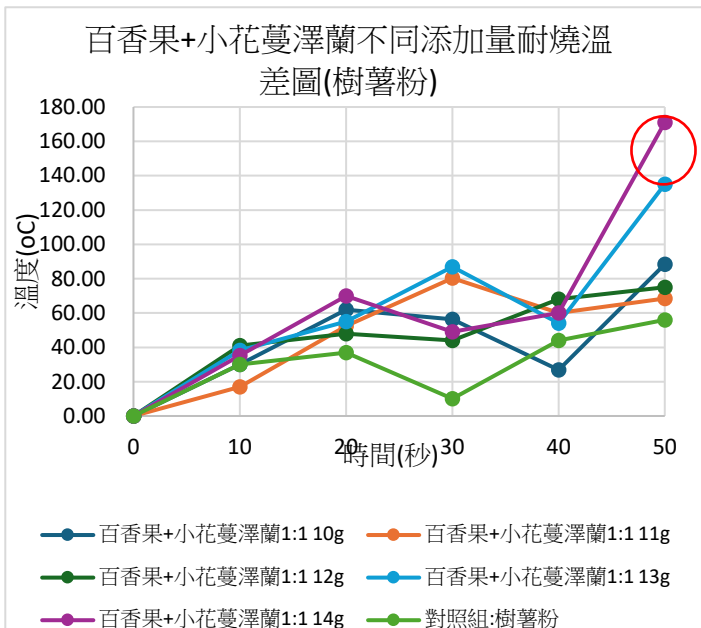


小花蔓澤蘭不同添加量耐燒重量損耗率圖(樹薯粉)



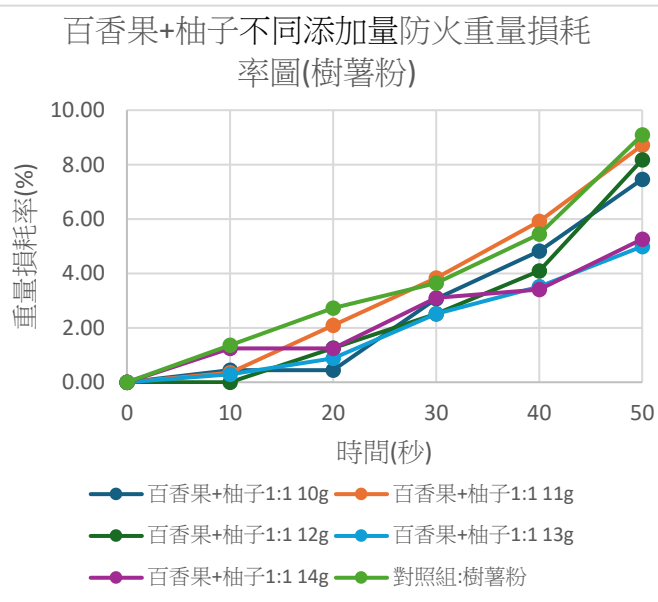
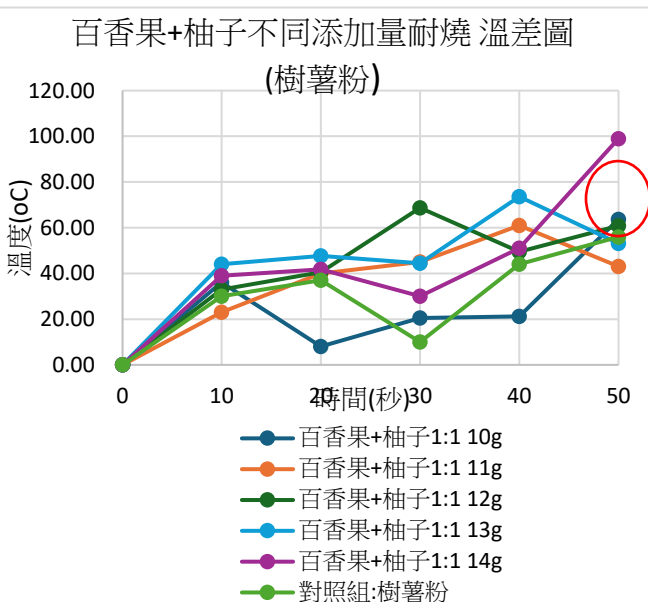
黏著劑為樹薯粉，環保材料為小花蔓澤蘭時，14 公克其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 90.8 度。且耐燒重量損耗率，以 14 公克其重量損耗率最少，點火燃燒 50 秒後，質量損耗率均差不多，均低於 3.72%。

(二) 黏著劑為樹薯粉
2. 材料：百香果+小花蔓澤蘭



黏著劑為樹薯粉，環保材料為百香果+小花蔓澤蘭時，13 公克其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 171.0 度。且耐燒重量損耗率，以 14 公克其重量損耗率最少，點火燃燒 50 秒後，質量損耗率均差不多，均低於 4.72%。

(二) 黏著劑為樹薯粉
3. 材料：百香果+柚子



黏著劑為樹薯粉，環保材料為百香果+柚子時，14 公克其耐燒效果最佳，點火燃燒 50 秒後，正反面的溫度差可達 99.0 度。黏著劑為樹薯粉，環保材料為百香果+柚子時，13 公克其重量損耗率最少，點火燃燒 50 秒後，質量損耗率均差不多，均低於 4.99%。

實驗五 利用高溫噴燈測試環保材料的耐燒效果

利用高溫噴燈定點燒灼，溫度約 700-900 度，對上述實驗中耐燒效果最好的環保材料(黏著劑：樹薯粉，果皮成份：百香果+小花蔓澤蘭 14 克)進行耐燒度測試，實驗裝置如(圖三十三)，燃燒正反面相片如(圖三十四)。



燃燒時間(秒)	10	50
正面溫度(°C)	137	213
背面溫度(°C)	37	83
正反面溫度差(°C)	100	130
重量損耗率(%)	2.20	8.30

由實驗五得知，在 700~800(°C)的高溫噴燈點火下，雖然正面有些碳化，但背面完好無損，且正反面溫差達到 130(°C)，能作為天然耐燒及防火材料。

陸、討論

一、我們將各組黏著劑的隔熱和耐燒最佳結果整理如下表格：

果皮材料 \ 黏著劑		太白粉	樹薯粉	玉米粉
小花蔓澤蘭	隔熱率	34.29%	—	—
小花蔓澤蘭	隔熱率	—	40%	—
百香果	隔熱率	—	—	37.14%
百香果	耐燒度 (材料正反面溫差)	201.7 度	—	—
小花蔓澤蘭+百香果	耐燒度 (材料正反面溫差)	—	88.4 度	—
小花蔓澤蘭+柚子	耐燒度 (材料正反面溫差)	—	—	120.8 度
小花蔓澤蘭	重量損耗率	7.84%	—	—
小花蔓澤蘭	重量損耗率	—	5.33%	—
小花蔓澤蘭	重量損耗率	—	—	6.75%

1. 我們發現當黏著劑為太白粉和樹薯粉，都是純小花蔓澤蘭最佳，隔熱率分別為 34.9%和 40%，而玉米粉則是純百香果，隔熱率為 37.14%。
2. 以太白粉為黏著劑、百香果為果皮材料的耐燒程度最好，其點火後材料正反面的溫度差為 201.7 度，正反面溫差遠遠高過樹薯粉和玉米粉的第一名。
3. 黏著劑為太白粉、樹薯粉和玉米粉時、小花蔓澤蘭的重量損耗率最低，分別為 7.84%、5.33%和 6.75%。

二、不同果皮材料添加量的最佳隔熱、耐燒結果：

果皮材料	性質	黏著劑（太白粉）	黏著劑（樹薯粉）
小花蔓澤蘭 11 公克	隔熱率	48.5%	—
小花蔓澤蘭 13 公克	隔熱率	—	34.29%
小花蔓澤蘭 10 公克	耐燒度 (材料正反面溫度差)	114.2 度	—
百香果+小花蔓澤蘭 14 公克	耐燒度 (材料正反面溫度差)	—	171.0 度

小花蔓澤蘭 14 公克	重量損耗率	4.47%	3.72%
-------------	-------	-------	-------

1. [黏著劑為太白粉、小花蔓澤蘭 11 公克，隔熱率最好，達 48.5%](#)，而黏著劑為樹薯粉時、小花蔓澤蘭 13 公克，隔熱率最好，達 34.29%。
2. 黏著劑為太白粉時、小花蔓澤蘭 10 公克，耐燒度最好，材料正反面溫度差達 114.2 度，而黏著劑為樹薯粉時、百香果+小花蔓澤蘭 14 公克，耐燒度最好，材料正反面溫度差達 171.0 度。
3. 黏著劑為太白粉和樹薯粉時、小花蔓澤蘭 14 公克，重量損耗率最低，分別為 4.47%和 3.72%。

柒、結論

根據以上的實驗，我們歸納出以下的結論：

- 1、所有材料和黏著劑中隔熱率最好的為:太白粉、小花蔓澤蘭 11 公克的隔熱能力最好，隔熱率 48.5%。
- 2、耐燒度最好的為: 太白粉、百香果 10 公克點火燃燒後其正反面的溫度差為 201.7 度。
- 3、以打火機燃燒環保材料後重量損耗率最小的為: 樹薯粉、小花蔓澤蘭 14 公克點火燃燒後其重量損耗率為 3.72%。
4. 利用高溫噴燈燃燒 50 秒，測試環保材料的耐燒效果，其黏著劑為樹薯粉，果皮成份為百香果+小花蔓澤蘭 14 克時，進行耐燒度測試，正反面溫度差可達 130 度，重量損耗率為 8.3%。
5. 綜合以上的實驗結果，我們發現無論是哪一種黏著劑，小花蔓澤蘭的各項表現都很優秀，這個被稱為綠癌的外來種植物十分具有防火隔熱建材的開發價值
6. 利用農業廢棄物的優勢製作出隔熱、耐火燒片，期待取代傳統隔熱材料。

捌、參考文獻

- 1.曾禾沄;陶湘霓;陳婷恩（2021）。生活與應用科學，「殼」以隔熱，「殼」以隔音，中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 2.施宏錯 朱家呈 林宸（2024）。中小學生物科，甲殼下的清涼—黑水虻蛹殼的隔熱效果分析，中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 3.蔡涵羽 王凱強 陳玟萱（2019）。高級中等學校組工程學，再次抓住棉臍的 WALL，中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 4.蔡璩賢 王顥霈 陳俞霖第（2011）。地球親善大使之隔熱杯套篇，中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書
- 5.黃長承 廖峻淞 詹綺臻 陳育群（2021）。生活與應用科學(二)科，「蛋」然處之~探討以黃豆餅蛋白與小花蔓澤蘭 製成複合材料修飾牆面裂縫之可行性，中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書