

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

佳作

082914

「黍來寶」玉米廢棄物的隔熱與防撞緩衝包材應用

學校名稱：財團法人新竹縣私立康乃蘭國民中小學

作者： 小六 郭品慧 小六 趙涵湄 小六 劉以謙 小六 陳亮翎	指導老師： 蘇任泉
---	------------------

關鍵詞：玉米、隔熱、防撞

摘要

本研究以玉米廢棄物（玉米苞葉與玉米梗芯）為核心，探討其在隔熱與防撞緩衝材料方面的應用潛力，旨在促進資源再利用與環保理念。研究結果顯示，玉米廢棄物製成的隔熱板材優於市售軟木墊，特別是（0.2 ~0.5 cm）的玉米梗芯板材及其雙層設計，展現卓越的隔熱性能。而在緩衝材料實驗中，2 cm 玉米梗芯的防撞效果最佳，優於市售氣泡布及乖乖粒，顯示其作為緩衝材料的可行性。儘管玉米苞葉因結構鬆散而數據值較差，但可透過密度改良將具應用潛力。本研究證實玉米廢棄物可轉化為兼具功能性與環保性的創新材料，未來可進一步發展加工技術，提升商品價值化與市場競爭力。

壹、前言

一、研究動機

玉米在台灣種植環境，可說是一年四季都能產出，因此已成為日常飲食中的常見選擇，無論是路邊攤的烤玉米，還是各地火鍋店的配料，都可看到它們的蹤跡。然而，本組也注意到，隨著大量玉米的消費，玉米苞葉、玉米梗芯等廢棄物的產生也相當驚人。這些玉米廢棄物如果不加以利用，將會造成資源浪費與環境負擔。市面上已有一些利用玉米製作的環保產品，例如：國內就有廠商利用玉米生質材料製作餐具、牙線棒；還有個人賣家在網路上販售手工編織的玉米皮墊。在國外的部份，有設計師研發玉米皮革，將其多加運用未來還有更多創新的應用可能性。

有鑑於此，第一個發想是日常生活中，會遇到需隔熱防燙的狀況，因此想進一步了解玉米苞葉和玉米梗芯，其若具備良好隔熱效果，或許可以用此製作成價格低廉又環保的隔熱墊，與市售昂貴且很多是無法分解的隔熱墊產品相比，既經濟又環保，且能夠友善地球。第二個發想是一節一節的玉米梗芯結構，類似一般市面上俗稱「乖乖粒」的緩衝材料，因此，靈光乍現，構想若能將其切成相同大小的粒狀，進行防撞測試實驗，或許可應用於包裝緩衝的材料。

綜上所述，本組將進行實驗，比較玉米廢棄物的隔熱效果，並實驗其作為包裝緩衝材料的衝擊力。實現最終目標是把玉米廢棄物再利用，將玉米的副產品轉化為具有實用價值的環保材料，減少對環境的負擔，同時推動更多人接受並使用這些綠色產品。

二、研究目的

生活中大家所食用的玉米，其廢棄物計有玉米苞葉、玉米梗芯及玉米鬚，然而，玉米鬚是最少量的，此外，還可以曬乾後做成玉米鬚茶，其經濟價值相對高於製作成隔熱墊與緩衝材料，因此本組討論後捨棄此部份的研究。而是針對上述的「玉米苞葉」及「玉米梗芯」拿來進行研究，分為隔熱及防撞兩大方向進行實驗探究，與市面上已有的成品進行實驗，以了解其成效。

（一）探討玉米廢棄物的隔熱效果

實驗一：量測不同材質之玉米苞葉、玉米梗芯、市售軟木墊的熱傳導效果

實驗二：量測不同顆粒大小之玉米梗芯板材熱傳導效果

實驗三：量測單層及雙層玉米梗芯板材熱傳導效果

（二）探討玉米廢棄物的防撞效果：

實驗四：以玉米苞葉、玉米梗芯、市售氣泡布及乖乖粒當緩衝材料的落下衝擊力測試

三、文獻回顧

（一）認識玉米在台灣產量分布與多項用途

1.玉米又稱為番麥、玉蜀黍，是一年生禾本科植物。玉米是全世界總產量最高的重要糧食作物；而在臺灣，自民國 97 年開始推動「小地主大佃農」政策後，硬質玉米栽培面積開始逐漸增加，深入觀察硬質玉米栽種的縣市分布，依 2020 年農情報告資源網資料指出，臺南市全年作栽培面積為 8441.96 公頃，占硬質玉米總栽培面積的 52%，實屬最高。種植硬質玉米最主要的產區，是臺南市、嘉義縣及雲林縣。相較之下，食用玉米歷年栽培面積則相對穩定。觀察食用玉米的主要栽培縣市，據 2020 年農情報告資源網的資料指出，雲林縣全年作栽培面積

為 7279.79 公頃，占食用玉米總栽培面積的 46%，實屬最高。雲林縣、嘉義縣及臺南市為種植食用玉米的主要縣市。

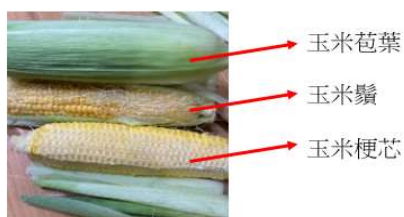


圖 1-1、玉米構造圖 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

2.玉米可直接做為飼料，全球有將近 65%的玉米被用來當作飼料，亦被稱做「飼料之王」。還能藉由加工做成許多其他用途，利用率接近 100%。玉米業者運用濕磨法生產的澱粉可再用於造紙、紡織等工業上。而澱粉也可製成糖漿和糖，做為糖果和食品之用。近年來澱粉加工為甜料，如玉米糖漿，葡萄糖以及高果糖玉米糖漿做為軟性飲料。玉米的胚芽可以提煉玉米油。玉米的乾磨業則是生產玉米花、玉米粉等。此外，玉米轉化成酒精可做為汽車的燃料，為地球提供較乾淨的能源。

(二)玉米之廢棄物在生活上與工業上的探討與應用

近年來，學者們受農業廢棄物再利用的啟發，不斷有學者對玉米苞葉中的生理活性物質進行研究，取得了一些成果，發現玉米苞葉中富含花青素、木糖醇、膳食纖維、微量元素等活性物質。學者們實驗研究玉米苞葉期望做到農業資源不浪費！而在玉米鬚和玉米梗芯方面，中醫認為，玉米鬚有很好的利尿、降壓、降糖、和胃的功效，玉米梗芯則具有良好的止汗作用，玉米鬚以及玉米梗芯都具有很好的保健作用。此外，對於玉米梗芯其可用於紙板、水泥板、水泥磚的製作；作為橡膠助劑，在輪胎製作過程加入玉米梗芯，能增加輪胎摩擦力、增加使用壽命；或拋光金屬、玻璃等應用。文獻上發現農民會將大部分的玉米梗芯打包並拿來做為牲畜飼料和墊料，而其餘部分則被置留在田間以改善土壤健康。利用一小部分之玉米梗芯廢棄物來製造可生物降解之塑料，將可產生額外的利潤。除此之外，包包品牌的業者研發製作出玉米生物基皮革，是以工業用回收玉米廢料為主原料塑形製成。綜上所述，大量的玉米廢棄物再利用是環保且應共同努力的目標。

(三)賦形劑

為了環保與人類的永續發展，本組想到新聞常提及用天然材料製作的糯米橋樑竟然可以歷經百年，且經大水的沖刷而沒被沖垮。經查詢糯米橋相關文獻資料，分析其糯米橋以糯米作為砌石填縫材料之一，並找出各材料最佳配比。糯米橋的靈感與環保的理念，以天然的糯米粉為膠結材料，加水加熱後製作花生殼隔熱磚。在江蘇及西安古城牆亦採用糯米為建造材料之一，更提及中國古代科學技術著作《天工開物》寫到砌牆或砌石時亦採用糯米糊為材料。此外，查詢文獻獲悉因糯米成份含有支鏈澱粉，煮爛冷卻後即具黏性，亦探討了各式以糯米粉製作賦形劑（黏合劑）的方法。包含以糯米加十倍水煮爛成粥、糯米磨成漿煮稠即可，及糯米以 80 至 100 度水攪拌即可等方式。在黏接脫落鞋底的各式黏著劑可能有毒素，故以糯米膠混入各式材質以探討其黏性，而糯米膠製作則為加水加熱後搗碎成漿。

(四)隔熱材料與熱傳導

1. 隔熱：隔絕熱的傳導，通常是指對建築物使用適當的隔熱材料並進行設計，以減少建築外殼的熱傳遞，從而減少熱量的損失和取得。熱量可以通過熱傳導、熱對流或熱輻射傳遞。隔熱減少了不必要的熱量損失或取得，並可以減少加熱和冷卻系統的能源需求。
2. 隔熱材料：可用於減緩熱量散失的隔熱材料，例如：纖維素，玻璃棉，木纖維，植物纖維（棉、軟木塞等），上面所列舉中的大多數材料在材料的分子之間保留了大量的空氣或其他氣體。
3. 熱傳導：指在物體內部或相互接觸的物體表面之間，由於分子、原子及自由電子等微觀粒子的熱運動，而產生的熱量傳遞現象，是熱能從高溫向低溫部分轉移的過程。
4. 散熱膠：又稱為導熱膠，是有良好熱傳導能力，散熱膠可以是膏狀的（類似散熱膏），也可以是雙面膠帶的型式。散熱膠常用在要固定集成電路和散熱片。



圖 1-2、導熱膠 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

5. 熱電偶：工業用溫度感測器又稱為「感溫棒」或是「溫度傳感器」。因為熱電偶與 PT100 感溫棒的測量範圍廣且價格實惠，因此在很多工業領域中被廣泛的使用，例如電子業、化學業、航太工業、生技業等。



圖 1-3、熱電偶 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

(五)衝擊力-G 力 (G-force)：

G 力（英語：gravitational force equivalent 或 G-force），也可稱「重力」。原為一航空專有名詞，現在廣泛作為移動或改變切線，或是加速度與減速度時承受力道的單位。G-force 是重力加速度的倍數，可用來表示物體受力時的加速度。 $G=9.8$ 公尺/平方秒。1G 代表是地球表面的重力加速度，也就是大家日常所感受到的重力大小。當人們靜止站立在地面上時，身體就承受了 1G 的重力。賽車（如 F1 賽車）在轉彎、急煞車和急加速時，可以達到 2G 至 5G。

飛行員最常經歷的持續性加速度，身體各器官、肌肉、骨骼皆會受到影響。特技飛行員可能會經歷 6G 到 9G 的加速度，這對於訓練有素的飛行員來說是可以承受的，但超過這一範圍可能會導致失去知覺。將這個 G 力換算成「相當於的重量」，就是將力 F 除以地球重力加速度 G ，得到相當於的公斤數。假設一個人體重為 70 公斤，承受 8G 的加速度， $F/9.8=70 \times (8 \times 9.8)/9.8=560$ 公斤。本組量測玉米苞葉及玉米梗芯的緩衝材 G 力研究，使用手機安裝可以量測 G-force 的應用軟體。將手機放在小紙箱內，周圍以玉米苞葉或玉米梗芯保護，在固定高度落下時，讀取手機上應用程式的 G-force 值當作手機所受的衝擊力。衝擊力越小，表示使用緩衝材料的防撞效果越好。













貳、研究設備與器材

一、研究設備

					
熱電偶	定溫烘箱	電磁爐	電湯匙	果汁機	手機

圖片來源:研究設備圖片由作者親自拍攝

二、研究器材

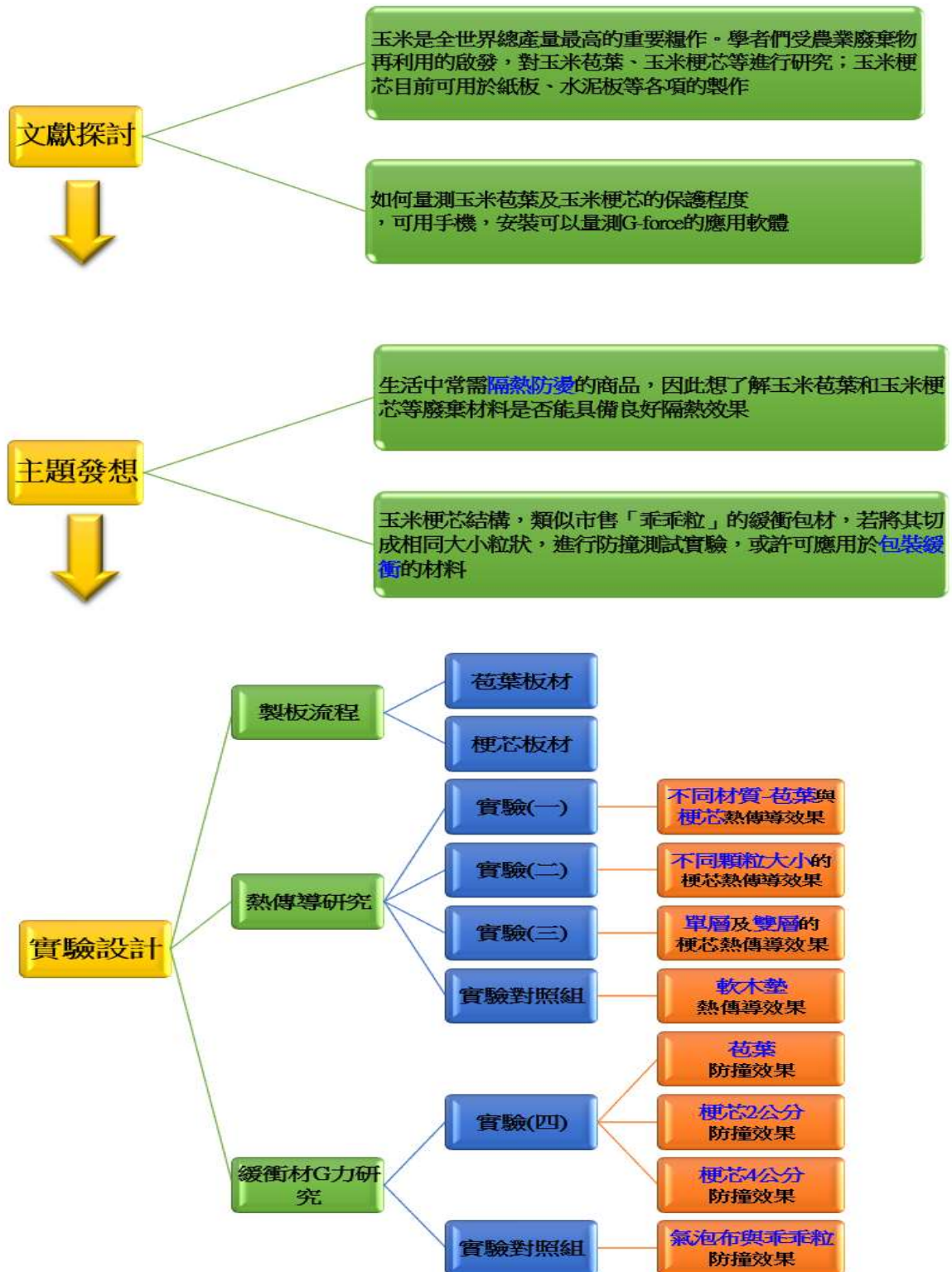
					
鐵杯 1000ml	軟木墊 厚 0.5cm	導熱膠	模具	湯匙 15ml	美工刀
					
250ml 鋼杯	電子秤	擀麵棍	保鮮膜	烘焙紙	砧板

					
刮刀	手作懸吊隔板	氣泡布	膠帶	計時器	乖乖粒
	 長 20.5cm 寬 12cm 高 11.5cm				
鍋子 1500ml	小箱子 2 個	刀子剪刀 隔熱手套	0.2cm 濾網	糯米粉 1 包 600g	廢棄材料 芭葉梗芯
					
0.5cm 湯勺	肉錘	溫度計	30cm 長尺	研磨器	廢棄大紙箱

圖片來源:研究器材圖片由作者親自拍攝

參、研究過程與方法

一、研究架構圖







圖片來源：研究架構圖由作者親自製作

二、製作糯米糊流程與自製板材流程

(一)製作糯米糊流程：

表 1 - 1：步驟 1~步驟 4 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

			
步驟 1. 準備水、糯米粉、250ml 鋼杯、湯匙	步驟 2. 水 150ml 加入 20g 糯米粉	步驟 3. 放置電磁爐加熱持續攪拌	步驟 4. 不斷攪拌避免結塊，盡快使用完畢

(二)自製玉米苞葉、玉米梗芯之板材流程：

表 1 - 2：步驟 1~步驟 12 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

					
步驟 1 取出廢棄材料玉米苞葉、玉米梗芯	步驟 2 放入定溫烘箱 40℃ 低溫烘乾	步驟 3 將烘好的玉米苞葉剪小備用	步驟 4 鋪好沾滿糯米糊的玉米苞葉壓平	步驟 5 鋪上一層保鮮膜並用擀麵棍壓平	步驟 6 進行脫模、放入定溫烘箱低溫烘乾

					
步驟 7 烘好的玉米 梗芯用果汁 機攪碎	步驟 8 攪碎好的玉 米梗芯沾滿 糯米糊放入 模具中	步驟 9 將模具中的 玉米梗芯進 行鋪平	步驟 10 鋪上一層保 鮮膜並用擀 麵棍壓平	步驟 11 將保鮮膜取 下，進行脫 模，烘乾	步驟 12 玉米苞葉、 玉米梗芯 製作完成

三、實驗設計

(一)實驗一：量測不同材質之玉米苞葉、玉米梗芯、市售軟木墊的熱傳導效果

1.實驗說明

本組想要了解玉米在不同結構上，是否會對熱傳導有著不同程度的隔熱效能？故採取以下三種作法進行實驗規劃，再與對照組市售軟木墊進行比較，以了解本研究想推廣的隔熱材料，是否具有市場競爭力。

(1)將烘乾後的玉米苞葉切割成片段，製作成板材。

(2)將烘乾後的玉米苞葉不切割，直接編織成與板材大小與厚度大約相同的墊子。

(3)將烘乾後的玉米梗芯搗碎成顆粒狀後，使用模具製成大小且厚度相同的板材。

本組將(1)~(3)待測物依序實驗，放置在導熱膠下面，上面放置維持熱度 100℃的熱水 1000ml 鐵杯，並用熱電偶測量其每分鐘的溫度，共計測量 20 分鐘並記錄。溫度上升最快又最高的，隔熱效果最差。反之，溫度上升較慢且低的，隔熱效果最好。

2.器材準備：

(1)準備隔熱材料：本組到傳統市場與賣玉米攤商取得廢棄的玉米苞葉及已無玉米粒的廢棄玉米梗芯。接下來，將這些物品放入定溫烘箱內 40℃ 低溫烘乾。

表 2-1、實驗一的隔熱材料 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

	
玉米廢材	低溫烘乾

(2)導熱墊：將其放置 1000ml 鐵杯下方，可以進行熱傳導

(3)熱電偶：測量板材的溫度

(4)電湯匙：提供恆溫讓溫度固定維持在 100℃

(5)1000ml 鐵杯、溫度計：加熱的容器與不定時測量溫度

(6)軟木墊：對照組，厚度約 0.5cm

(7)砧板、計時器：砧板防熱用；計時器為記錄板材實驗過程中的每分鐘







3.板材製作：

(1)將烘乾後的玉米苞葉切割成片段後，製作成厚度約為 0.5cm 的板材，並經過定溫烘箱烘乾後完成。

(2)將烘乾後的玉米苞葉不切割，直接編織成約 0.5cm 的墊子。

(3)用肉錘將玉米梗芯打碎成顆粒狀後剪碎，製成厚度約為 0.5cm 的板材，並經過定溫烘箱烘乾後完成。

表 2-2、板材製作完成品 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

					
切片後玉米苞 葉板材	厚度約 0.5cm	不切割，直接 編織玉米苞葉	厚度約 0.5cm	玉米梗芯顆粒 製成的板材	厚度約 0.5cm

4.實驗操作：






(1)實驗三片板材（玉米苞葉板材、編織玉米苞葉及玉米梗芯板材）進行熱傳導效果的差異，其對照組為軟木墊。首先將 1000ml 鐵杯裝滿熱水，使用電湯匙進行加熱，加熱溫度使其達 100℃ 定溫，實驗過程中要不間斷的用溫度計測量其溫度使其恆溫，而且要隨時注意水量以防電湯匙因為水量過少而電湯匙容易呈現焦黑狀態。

表 2-3、實驗待測物（圖片來源:本圖片由作者親自拍攝）

			
玉米苞葉板材	編織玉米苞葉	玉米梗芯板材	對照組軟木墊

(2)步驟一，將熱電偶置於砧板上，放上導熱膠，使熱電偶壓在中心位置；步驟二，放上待測物；步驟三，待測物上面再放上導熱膠，並將計時器準備備用，按下計時器前先測量其起始溫度，最後將 100℃ 的熱水 1000ml 鐵杯至於最上方，開始測量為時需 20 分鐘熱傳導效果的實驗，每分鐘計時人員需告知每分鐘之測量溫度，使其記錄人員方便即時的紀錄。

表 2-4、實驗一之實驗步驟（圖片來源:本圖片由作者親自拍攝）

				
熱電耦上放導熱膠	放置待測物	再放上導熱膠	側拍面	最後放上鐵杯測量

(3)重覆（2）的步驟，依序進行，總計各需 20 分鐘做測量熱傳導的實驗，並將其紀錄下來。

(4)讀取數據及處理：最後將四種待測物所量測出的溫度數據，輸入 Excel 製表，並計算出最後第 20 分鐘的溫度與最起始的溫度之差。然後繪製出折線圖，橫軸為時間（分鐘），縱軸為溫度（攝氏度）。

(二)實驗二：量測不同顆粒大小之玉米梗芯板材熱傳導效果







1.實驗說明：

由實驗一得知玉米梗芯板材隔熱效果最佳，但其顆粒大小是混合顆粒狀態，故本組進一步實驗探討將顆粒大小進行分類以(小於 0.2cm)、(0.2~0.5cm)、(大於 0.5cm)的玉米梗芯板材，量測其隔熱效果會是如何?首先將已製作出的不同顆粒大小之玉米梗芯板材做實驗並量測其熱傳導的效果，對照組市售軟木墊。本組將玉米梗芯板材放置在導熱膠下面，上面放置維持熱度 100℃的熱水 1000ml 鐵杯並用熱電偶測量其每分鐘的溫度，為時共計測量 20 分鐘並記錄。溫度上升最快又高的，隔熱效果最差。反之，溫度上升較慢且低的，隔熱效果最好。

2.器材準備：




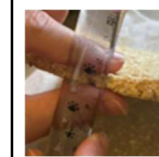
(1)準備隔熱材料：先將玉米梗芯用剪刀剪成較小顆粒再用果汁機攪碎，攪碎過程中暫停，將大於 0.5cm 顆粒先挑出，再繼續攪碎，用 0.2cm 濾網過篩分類出小於 0.2cm，剩下的再用 0.5cm 湯勺過篩分類出 0.2~0.5cm 的顆粒即完成玉米梗芯材料顆粒的分類。

表 3-1、隔熱材料顆粒分類 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

					
梗芯剪碎	梗芯攪碎	顆粒分類	小於 0.2cm	0.2~0.5cm	大於 0.5cm

(2)定溫烘箱：將分類好的玉米梗芯顆粒依照不同大小顆粒分別製成三片不同顆粒大小的玉米梗芯板材，其厚度為 0.5cm，經過定溫烘箱 40℃ 低溫烘乾後完成。

表 3-2、不同顆粒大小玉米梗芯板材 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

			
小於 0.2cm	0.2~0.5cm	大於 0.5cm	厚度 0.5cm

(3)導熱墊：將其放置鐵杯下方，可以進行熱傳導

(4)熱電偶：測量玉米梗芯板材的溫度

(5)電湯匙：提供恆溫讓溫度固定維持在 100℃

(6)1000ml 鐵杯、溫度計：加熱的容器與不定時測量溫度

(7)軟木墊：對照組，厚度約 0.5cm

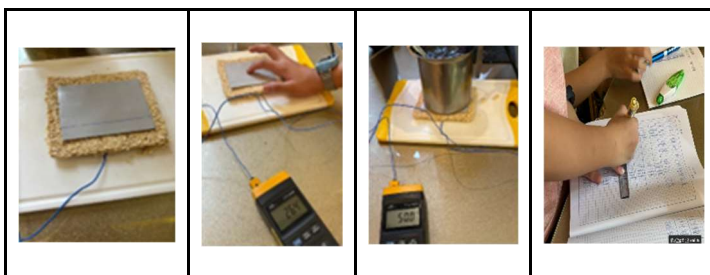
(8)砧板、計時器：砧板防熱用；計時器為記錄板材實驗過程中的每分鐘

3.實驗操作：

(1)分別實驗三片不同顆粒大小的玉米梗芯板材進行熱傳導效果的差異，其對照組為軟木墊。首先將 1000ml 鐵杯裝滿熱水，使用電湯匙進行加熱，溫度使其維持達 100℃ 定溫，實驗過程中要不間斷的用溫度計測量其溫度使其恆溫，且要隨時注意水量以防電湯匙因為水量過少而電湯匙容易呈現焦黑狀態。

(2)將熱電偶置於砧板上，放上導熱膠，然後放上第一片先測量小於 0.2cm 玉米梗芯板材，板材上面再放上導熱膠，並將計時器準備備用，按下計時器前先測量其起始溫度，最後將 100℃ 的熱水鐵杯至於最上方，開始測量為時需 20 分鐘熱傳導效果的實驗，每分鐘計時人員需告知每分鐘之測量溫度，使其記錄人員方便即時的紀錄。

表 3-3、先測量小於 0.2cm 玉米梗芯板材實驗過程步驟 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)



(3)同上實驗（2）的步驟，將 0.2~0.5cm 的玉米梗芯板材與大於 0.5cm 的玉米梗芯板材進行總計各需 20 分鐘做測量熱傳導的實驗，並將其紀錄之。

(4)讀取數據及處理：最後將三片不同顆粒大小的玉米梗芯板材所量測出的溫度數據，將其輸入 Excel 製表，並計算出最後第 20 分鐘的溫度與最起始的溫度之差。然後繪製出折線圖，橫軸為時間（分鐘），縱軸為溫度（攝氏度）。

(三)實驗三：量測單層及雙層玉米梗芯板材熱傳導效果

1.實驗說明：

實驗待測物是以顆粒(0.2~0.5cm)玉米梗芯板材，其單層厚度為 0.5cm 及雙層厚度為(0.5cm×2)來進行實驗，因為本組在實驗二的實驗過程中發現，大於 0.5cm 玉米梗芯板材隔熱效果最佳，但因其顆粒大、密合度不佳，容易分裂，故本組對(0.2~0.5cm)之玉米梗芯板材再做進一步的實驗，將(0.2~0.5cm)玉米梗芯板材重疊，即厚度(0.5cm×2)，探討雙層玉米梗芯板材之熱傳導效果。本組將雙層玉米梗芯板材放置在導熱膠下面，上面放置維持熱度 100℃的熱水 1000ml 鐵杯，自開始及每分鐘測量一次，共計測量二十分鐘。

2.器材準備：

(1)準備隔熱材料：延續實驗二所製作出的(0.2~0.5cm)玉米梗芯板材，其單層厚度為 0.5cm。本實驗欲探討在控制相同材質情況下，其雙層玉米梗芯板材即厚度(0.5cm×2)之隔熱效果會如何？並以市售軟木墊為對照組加以比較。

(2)1000ml 鐵杯：裝水加熱之容器。

(3)軟木墊：對照組。

(4)導熱膠：進行熱傳導。

(5)溫度計：測量溫度及隔熱結果。

(6)砧板、計時器：砧板防熱用；計時器為記錄板材實驗過程中的每分鐘

(7)熱電偶：測量玉米梗芯板材的溫度

3.實驗操作：

(1)將 1000ml 鐵杯加適量熱水並以電湯匙加熱至 100℃，實驗過程中使用溫度計準確測量。

(2)首先將熱電偶放置於砧板上，將導熱膠置於熱電偶上，接著放上雙層玉米梗芯板材其厚度為(0.5cm×2)，再放上導熱膠。

(3)最後將加熱後水維持 100℃ 的 1000ml 鐵杯放至導熱膠之上，並測量雙層(0.5cm×2)玉米梗芯板材之溫度。

表 4 - 1、厚度(0.5cm×2)玉米梗芯板材實驗操作 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)



(4)自(3)開始及每隔一分鐘測量並紀錄溫度，直至二十分鐘為止。過程中並以電湯匙維持溫度 100℃

表 4 - 2、實驗過程中熱電偶數據值 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)



(5)讀取數據及處理：將數據輸入 Excel 製表，並計算 20 分鐘後與起始溫度之差距。最後繪製折線圖，橫軸為時間（分鐘），縱軸為溫度（攝氏度）

(四)實驗四：以玉米苞葉、玉米梗芯、市售氣泡布及乖乖粒當緩衝材料的落下衝擊力測試

1.實驗說明：

欲得知玉米苞葉及玉米梗芯的防撞效果，將手機當作被保護的物品(待測物)，放在小箱子內，分次實驗以玉米苞葉、玉米梗芯、市售氣泡布及乖乖粒環繞其周圍。小箱子在廢棄大紙箱的固定高度 100cm 落下時，手機受到的衝擊力越小，則緩衝材料的防撞效果越好。如何知

道手機所受到的衝擊力是多少？本組運用 Google 尋找到適合本次實驗的測試系統 G-force 應用軟體，將其 G-meter APP 安裝之。實驗過程中將讀取手機裡的應用程式 G-force 數值。



圖 2-1、G-meter APP (圖片來源:作者手機螢幕之 APP 圖片)

2.器材準備：

(1)製作緩衝材料：將玉米苞葉及玉米梗芯放入定溫烘箱以 40℃ 低溫烘乾，將烘乾後的玉米梗芯，在砧板上以菜刀切成 4cm 及 2cm 兩種長度。本實驗的緩衝材料有五種：玉米苞葉、4cm 的玉米梗芯、2cm 的玉米梗芯、市售的氣泡布及乖乖粒。此實驗的對照組有兩組，以市售氣泡布及乖乖粒當作緩衝材料的對照組。

第一組對照組氣泡布：選擇氣泡布的原因是我們實地走訪書局，五金行發現大部分店家販售的是氣泡布，此材料容易取得。

第二組對照組乖乖粒：使用乖乖粒作實驗對照測試，是因為 2cm 的玉米梗芯很像市售的乖乖粒。



圖 2-2、緩衝材料 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

(2)製作落下高度基準面：將廢棄大紙箱以尺標記多處 100cm 的點，將 100cm 的點連線，標記出 100cm 的面，以美工刀裁切紙箱。以 100cm 的高度執行落下實驗。



圖 2-3、廢棄大紙箱(圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

(3)製作可平穩落下的小包裹：找到一個比手機略大的小紙箱，以較大的面當作落下的衝擊面，小紙箱內以尺和筆標記一半的高度。再將塑膠板裁出跟撞擊面相同大小，畫出兩條對角線，找出中心點，中心點鑽洞，棉繩穿過中心點用牙籤綁住，封箱前，放入手作懸吊隔板，期望小紙箱在落下前的撞擊面與地面平行。

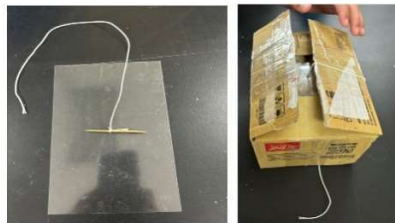


圖 2-4、手作懸吊隔板與廢棄小紙箱(圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

- (4)秤：紀錄緩衝材料的重量。
- (5)膠帶：將小紙箱封好。
- (6)美工刀：落下試驗後用美工刀拆開小紙箱。
- (7)塑膠板、棉線、牙籤：製作手作懸吊隔板材料。
- (8)廢棄大紙箱：固定 100cm 高度。

3 實驗操作：

- (1)先秤空紙箱的重量(66.78g)，再將緩衝材料放置在小紙箱內高一半的位置，秤重並紀錄，此數字減去空箱重，即為一半緩衝材料的重量。



圖 2-5、秤重 2cm 玉米梗芯並紀錄 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

(2)手機打開 G-meter 的應用程式，先重置數值再放在緩衝材料上，位置儘量置中，上面再覆蓋與(1)相同重量的緩衝材料。再放入手作懸吊隔板後，用膠帶將小紙箱封好。



圖 2-6、進行實驗操作 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

(3)手抓住棉線，將小紙箱底的高度穩定放在 100cm 高的廢棄大紙箱旁，實驗測試開始再放手讓小紙箱自由落下。



圖 2-7、小紙箱落下實驗 (圖片來源:本圖片由作者親自拍攝)

(4)以美工刀拆開小紙箱讀取手機上 G-meter 應用程式的衝擊力數值。

(5)紀錄實驗落下後的衝擊力 G 值，每做一次試驗後都要重置應用程式上的數值再執行下一次試驗。

(6)每做完一次落下測試都要檢查小紙箱，是否受到撞擊變形而影響保護力，也要檢查數據是否有 G 力值越來越大的狀況。如果有損壞情形則需更換同款式的小紙箱。

(7)重複(1)~(6)，每種緩衝材料重複七次實驗，去除最大及最小的值，以剩下五次數值取平均值。

(8)讀取數據及製圖：G 力測試共做五種緩衝材料的實驗，將數據輸入 Excel 表，計算平均值並製表，繪成長條圖。

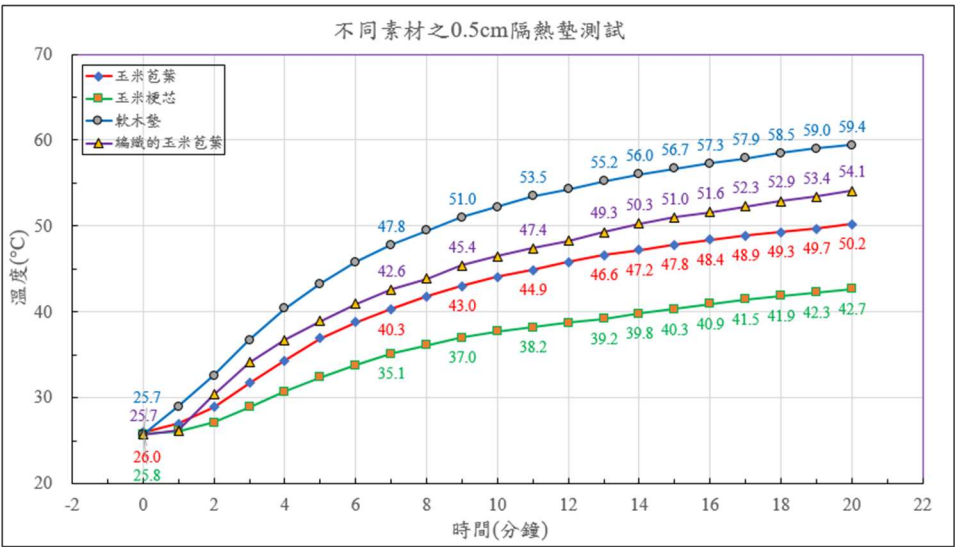
肆、研究結果

一、實驗一：量測不同材質之玉米苞葉、玉米梗芯、市售軟木墊的熱傳導效果

表 5 - 1：實驗一數據值製作成 Excel 表 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)

單位: °C				
項目 時間(分鐘)	玉米苞葉	玉米梗芯	軟木墊	編織的玉米苞葉
0	26.0	25.8	25.7	25.7
1	27.0	26.1	29.0	26.2
2	28.9	27.1	32.6	30.4
3	31.7	28.9	36.7	34.1
4	34.3	30.7	40.4	36.7
5	36.9	32.4	43.3	38.9
6	38.8	33.8	45.8	40.9
7	40.3	35.1	47.8	42.6
8	41.8	36.1	49.5	43.9
9	43.0	37.0	51.0	45.4
10	44.1	37.7	52.2	46.5
11	44.9	38.2	53.5	47.4
12	45.8	38.7	54.3	48.3
13	46.6	39.2	55.2	49.3
14	47.2	39.8	56.0	50.3
15	47.8	40.3	56.7	51.0
16	48.4	40.9	57.3	51.6
17	48.9	41.5	57.9	52.3
18	49.3	41.9	58.5	52.9
19	49.7	42.3	59.0	53.4
20	50.2	42.7	59.4	54.1
與起始溫度的差值	24.2	16.9	33.7	28.4

表 5 - 2：實驗一之折線圖 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)



實驗結論：由實驗數據製作成 Excel 表及折線圖，可看出隔熱效果優劣依序為玉米梗芯板材（升温 16.9℃）、玉米苞葉板材（升温 24.2℃）、編織玉米苞葉（升温 28.4℃），此三者的隔熱效果均優於市售軟木墊（升温 33.7℃），也正因為這個實驗結果，讓本組選擇隔熱效果最優的玉米梗芯板材，拿來進行下一步的實驗研究，想要了解玉米梗芯板材之顆粒大小是否會影響到熱傳導的效果，因此著手進行實驗二。

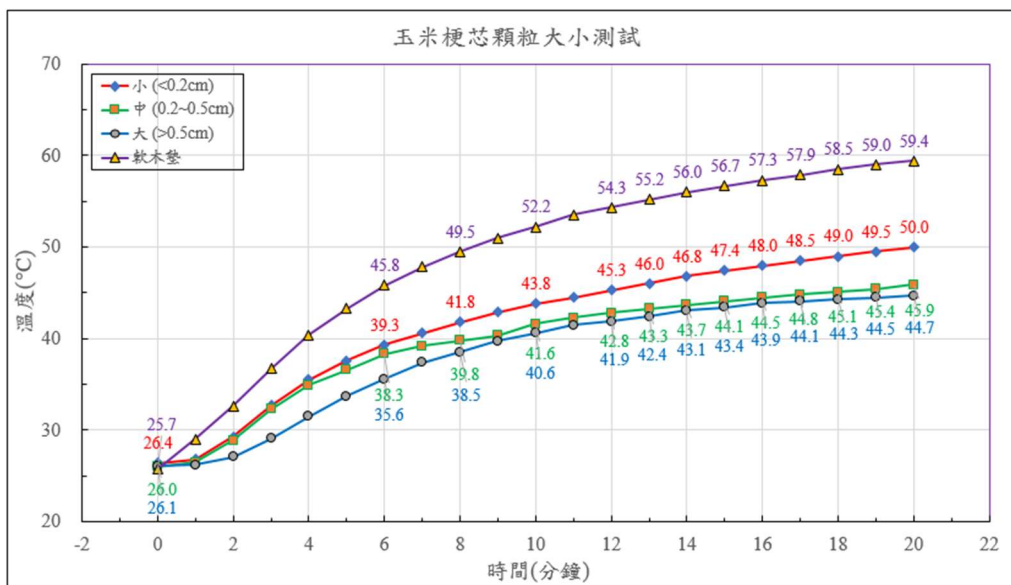
二、實驗二：量測不同顆粒大小之玉米梗芯板材熱傳導效果

表 5-3：實驗二數據值製作成 Excel 表（圖片來源:本圖片由作者親自製作）

單位: °C

項目 時間(分鐘)	小 (<0.2cm)	中 (0.2~0.5cm)	大 (>0.5cm)	軟木墊
0	26.4	26.0	26.1	25.7
1	26.8	26.5	26.2	29.0
2	29.3	28.9	27.1	32.6
3	32.7	32.3	29.1	36.7
4	35.5	34.9	31.5	40.4
5	37.6	36.6	33.7	43.3
6	39.3	38.3	35.6	45.8
7	40.6	39.2	37.4	47.8
8	41.8	39.8	38.5	49.5
9	42.9	40.3	39.7	51.0
10	43.8	41.6	40.6	52.2
11	44.5	42.3	41.5	53.5
12	45.3	42.8	41.9	54.3
13	46.0	43.3	42.4	55.2
14	46.8	43.7	43.1	56.0
15	47.4	44.1	43.4	56.7
16	48.0	44.5	43.9	57.3
17	48.5	44.8	44.1	57.9
18	49.0	45.1	44.3	58.5
19	49.5	45.4	44.5	59.0
20	50.0	45.9	44.7	59.4
與起始溫度的差值	23.6	19.9	18.6	33.7

表 5-4：實驗二之折線圖（圖片來源:本圖片由作者親自製作）



實驗結論：由實驗數據製作成 Excel 表及折線圖，可看出大於 0.5cm 玉米梗芯板材（升溫 18.6℃）隔熱效果最佳，還有 0.2~0.5cm 玉米梗芯板材(升溫 19.9℃)隔熱效果次之，而小於 0.2cm 玉米梗芯板材(升溫 23.6℃)隔熱效果較差，由實驗結果知道不同顆粒大小的玉米梗芯板材其隔熱效果皆優於對照組軟木墊(升溫 33.7℃)隔熱效果。

本組由實驗數據值了解到不同顆粒大小對熱傳導效果的影響性，且本組也著眼於日常生活中的實際應用場域，有時會看到媽媽拿著剛煮好滾燙的湯鍋準備放餐桌時，看到媽媽拿兩個同厚度同款的隔熱墊來隔熱防燙，故本組實驗設計在討論隔熱效果，不由得讓本組想把生活上會經歷到的實際狀況，也拿來進行實驗研究，因此產生實驗三，深入了解單層雙層的玉米梗芯板材，其隔熱效果數據值會差距到多少？

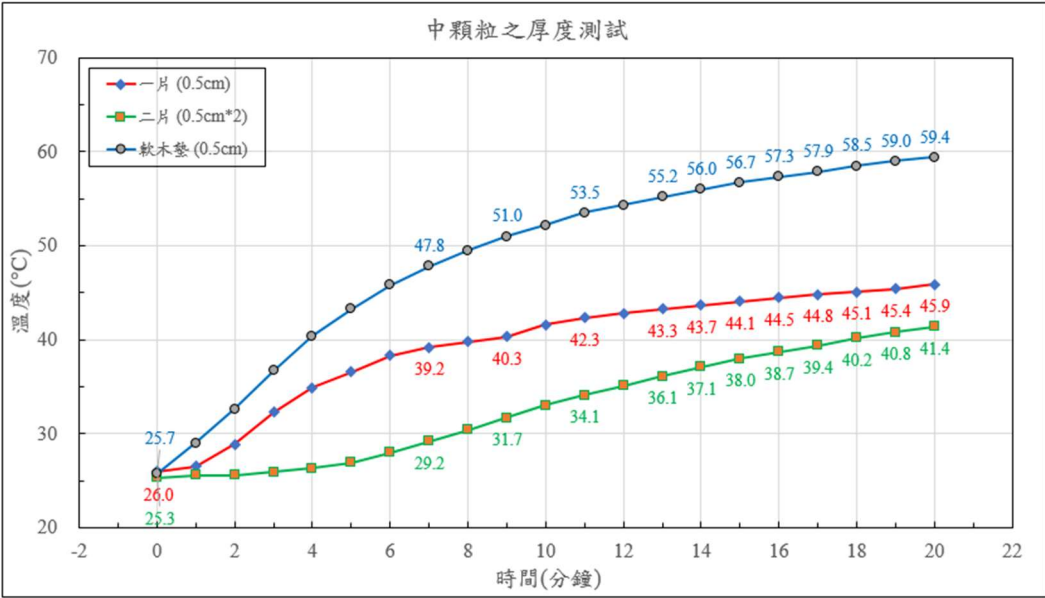
三、實驗三：量測單層及雙層玉米梗芯板材熱傳導效果

本組為了探討玉米梗芯板材在實際應用上的隔熱潛力，本實驗除了測試單層玉米梗芯板材的隔熱效果外，亦設計了雙層玉米梗芯板材作為實驗組。此設計旨在模擬日常生活中常見的雙層使用情境（例如：放置過燙熱食時習慣疊加隔熱墊材），並預期透過增加隔熱材料厚度能進一步提升其隔熱效果，以提供更優異的隔熱解決方案。

表 5 - 5：實驗三數據值製作成 Excel 表 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)

單位: °C			
項目 時間(分鐘)	一片 (0.5cm)	二片 (0.5cm*2)	軟木墊 (0.5cm)
0	26.0	25.3	25.7
1	26.5	25.6	29.0
2	28.9	25.6	32.6
3	32.3	25.9	36.7
4	34.9	26.3	40.4
5	36.6	26.9	43.3
6	38.3	28.0	45.8
7	39.2	29.2	47.8
8	39.8	30.4	49.5
9	40.3	31.7	51.0
10	41.6	33.0	52.2
11	42.3	34.1	53.5
12	42.8	35.1	54.3
13	43.3	36.1	55.2
14	43.7	37.1	56.0
15	44.1	38.0	56.7
16	44.5	38.7	57.3
17	44.8	39.4	57.9
18	45.1	40.2	58.5
19	45.4	40.8	59.0
20	45.9	41.4	59.4
與起始溫度的差值	19.9	16.1	33.7

表 5 - 6：實驗三之折線圖 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)



實驗結論：由 Excel 圖表和折線圖可看出雙層(厚度 0.5cm×2)玉米梗芯板材(升溫 16.1°C)隔熱效果優於單層(厚度 0.5cm)玉米梗芯板材(升溫 19.9°C)，而單層玉米梗芯板材之隔熱效果優於對照組之軟木墊(升溫 33.7°C)。基於實驗數據值我們合理推斷，若增加軟木墊的厚度，例如雙層 (0.5cm×2)軟木墊，其隔熱效果雖可能有所提升，但玉米梗芯板材(尤其是雙層設計)所展現出的

優異隔熱效果，預期仍將維持其領先地位。此不僅突顯了玉米梗芯板材作為高效隔熱材料的潛力，更重要的是，它提供了關於隔熱材料厚度對隔熱效果影響的量化依據，有助於未來在實際應用中，根據不同隔熱需求(例如：將單層或雙層隔熱板材使用於日常生活置放熱食)，精準選擇與配置玉米梗芯板材，以達到最佳的隔熱效果和成本效益。

四、實驗四：以玉米苞葉、玉米梗芯、市售氣泡布及乖乖粒當緩衝材料的落下衝擊力測試

(一)緩衝材料重量紀錄

表 5 - 7：實驗四重量數據值製作成 Excel 表 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)

空紙箱重量 (g)	66.78				
重量(g)	玉米苞葉	2cm玉米梗芯	4cm玉米梗芯	氣泡布	乖乖粒
空紙箱+一半材料	108.90	196.72	140.68	82.78	75.78
一半材料	42.12	129.94	73.90	16.00	9.00
所有材料	84.24	259.88	147.80	32.00	18.00

(二)衝擊力資料紀錄及分析

表 5 - 8：實驗四衝擊力 Excel 表 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)

高度：1公尺

防撞測試器具：g-meter

單位: G

項目 次數	玉米苞葉	2cm玉米梗芯	4cm玉米梗芯	氣泡布	乖乖粒
1	5.65	2.43	4.21	4.24	4.87
2	5.38	2.85	3.91	3.99	4.10
3	5.08	2.90	7.24	3.56	5.65
4	5.36	2.86	3.87	3.61	4.54
5	4.77	2.55	3.26	4.01	5.44
6	5.12	3.14	4.51	4.19	4.21
7	4.95	1.69	3.59	3.57	5.97
平均	5.18	2.72	4.02	3.87	4.94

註： 1. 紅字代表有側翻

2. 黃底代表刪除太高或太低的差值

表 5 - 9：實驗四衝擊力長條圖 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)

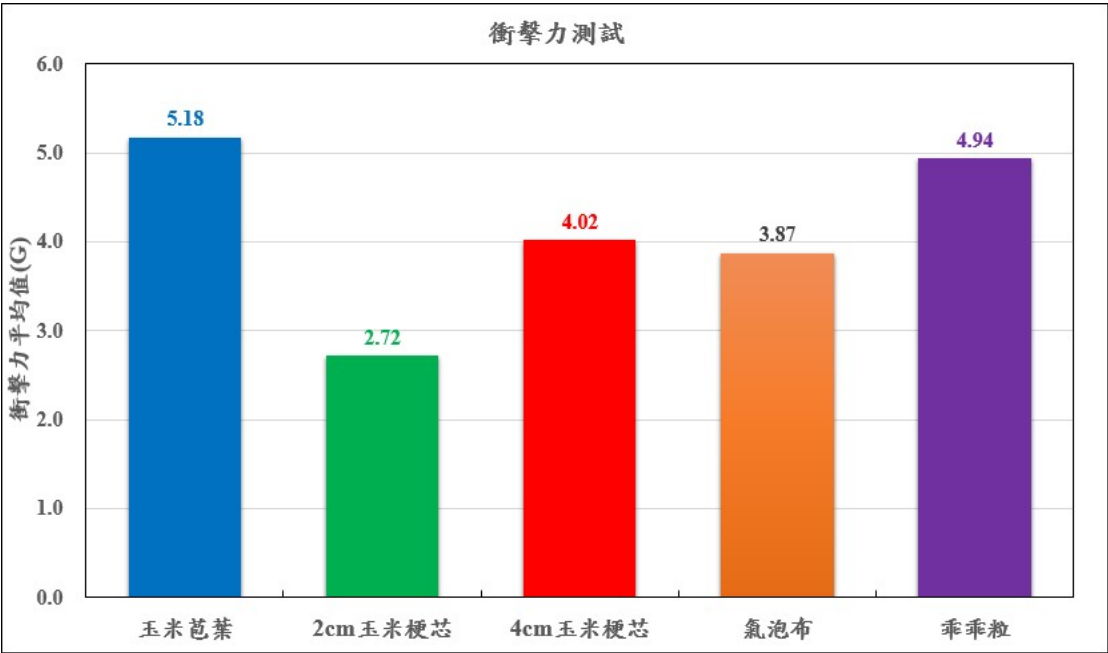


表 5 - 10：實驗四衝擊力平均值比較表 (圖片來源:本圖片由作者親自製作)

項目	玉米苞葉	2cm玉米梗芯	4cm玉米梗芯	氣泡布	乖乖粒
測評					
衝擊力平均值(G)	5.18	2.72	4.02	3.87	4.94
名次	5	1	3	2	4

實驗結論：

1. 記錄緩衝材料重量：因為包裹的重量與運費有關，因此記錄本實驗緩衝材料在控制其紙箱大小及被保護物品(待測物)之下緩衝材料之重量，由重至輕排序為
2 cm 玉米梗芯 > 4 cm 玉米梗芯 > 玉米苞葉 > 市售氣泡布 > 市售乖乖粒
2. 緩衝材料的衝擊力：由小至大依序為
2 cm 玉米梗芯 > 市售氣泡布 > 4 cm 玉米梗芯 > 市售乖乖粒 > 玉米苞葉
3. 小紙箱可重複性使用：實驗過程中發現，小紙箱每次落下後，邊、角、面都沒有明顯凹損痕跡，G 力數據也沒有漸漸攀升趨勢，其原因是我們規劃實驗時，固定同一面方向落下，落下高度固定 100cm 高，經多次落下實驗小紙箱皆未有明顯受損情形，故小紙箱繼續沿用之。

伍、討論

一、實驗一：量測不同材質玉米苞葉、玉米梗芯、市售軟木墊的熱傳導效果

實驗討論發現：

- (一)由實驗數據發現，不管是玉米苞葉或玉米梗芯製成的隔熱板材，均優於市售的軟木墊，故以減碳與環保的議題來看，具有市場競爭力。
- (二)玉米梗芯顆粒製成的板材之隔熱效果優於玉米苞葉製成的板材（溫度差 $24.2^{\circ}\text{C}-16.9^{\circ}\text{C}=7.3^{\circ}\text{C}$ ）與編織玉米苞葉（ $28.4^{\circ}\text{C}-16.9^{\circ}\text{C}=11.5^{\circ}\text{C}$ ），因此更適合推廣成為取代對環境成本比較高的不環保材質。
- (三)對未來研究建議，透過此次實驗，本組對於同樣是玉米苞葉材質，因為「製成」亦或「組成的架構/結果」的方式不同，進而影響到隔熱效果，是值得未來繼續研究。

二、實驗二：量測不同顆粒大小之玉米梗芯板材熱傳導效果

實驗討論發現：

- (一)由實驗數據與折線圖發現，不同顆粒大小的玉米梗芯所製成的板材其隔熱效果均優於市售的軟木墊，故以相對較低成本與兼具廢棄物再利用的環保概念，值得推展研究。
- (二)實驗過程中發現大於 0.5cm 的玉米梗芯板材，在經過定溫烘箱 40°C 低溫烘乾後，因顆粒較大，密合度不足，結構也不夠緊密，容易造成分裂，雖其隔熱效果最佳，故後續值得繼續研究探討，如何改善之議題。
- (三)由實驗數據觀察發現，(0.2~0.5cm)玉米梗芯板材與大於 0.5cm 玉米梗芯板材其隔熱效果差異不大(溫度差 $19.9^{\circ}\text{C}-18.6^{\circ}\text{C}=1.3^{\circ}\text{C}$)，(0.2~0.5cm)玉米梗芯板材次優於大於 0.5cm 玉米梗芯板材，而且發現(0.2~0.5cm)的玉米梗芯板材，其密合度足，結構也較為緊密，不易分裂，故本組對於(0.2~0.5cm)的玉米梗芯板材進行下一步的實驗研究。

三、實驗三：量測單層及雙層玉米梗芯板材熱傳導效果

實驗討論發現：

(一)由實驗數據可知，雙層玉米梗芯板材的隔熱效果優於單層玉米梗芯板材，證明增加厚度可以進一步提升隔熱性能，本組以（0.2 ~0.5 cm）的玉米梗芯板材其實驗結果厚度的倍增效果顯著。

(二)單層及雙層玉米梗芯板材的隔熱效果均顯著優於市售軟木墊，這不僅突顯了玉米梗芯材料作為一種環保永續材料的優越隔熱效果，也彰顯其在市場上的應用潛力，特別是對於追求減少碳足跡的綠色產品設計而言。

(三)儘管雙層玉米梗芯板材展現出優異的隔熱效果，然而在實際製造與應用中，需考量其最佳的厚度與密度平衡。過厚的厚度可能影響隔熱材料的實用性、加工便利性以及潛在的生產成本，這將是未來優化研究的重要方向。

四、實驗四：以玉米苞葉、玉米梗芯、市售氣泡布及乖乖粒當緩衝材料的落下衝擊力測試 **實驗討論及發現：**

(一)緩衝材料的防撞效果最佳的是 2 cm 玉米梗芯，本組觀察與討論後，推論 2 cm 玉米梗芯大小及緊密度可以將手機四周環繞保護得最好。2 cm 玉米梗芯外觀上也較接近俗稱「乖乖粒」的緩衝包材。

(二)實驗前置，本組推論氣泡布及乖乖粒的防撞效果會最好，但實驗後結果與實驗前的推論截然不同，因此本組探究其原因，本組發覺在實驗進行時，與放置緩衝包材的方式有關，因為實驗操作是上下各放一卷氣泡布，可能造成待測物手機會橫向滑動，導致這項實驗落下時較容易側翻，故由這個實驗現象進行推論。而市售乖乖粒的外觀是蓬鬆且容易被擠壓，裝箱時即使將其放滿，小紙箱內仍有明顯空隙，手機在小紙箱內撞擊到地面當下，推論手機在小紙箱裡移動，故對照組乖乖粒防撞效果不佳。

(三)玉米苞葉衝擊力測試實驗數據不佳，本組認為是玉米苞葉緩衝材過於鬆散，像棉花一樣會被手機下壓，特別是在撞擊地面瞬間，由於慣性，手機會更往下墜、導致待測物更接近地面。實驗探討改善，若有更多的玉米苞葉緩衝材料，且將其放置得更緊密，對其緩衝效果應該能進一步提升。

(四)實驗過程發現 4 cm 的玉米梗芯，由於長度太長，擺放時不容易將手機固定穩並出現多處空隙，因此影響防撞效果。

(五)本組將緩衝材料的重量列入實驗評估，因為以包裹重量的觀點，玉米梗芯當作緩衝材料，在國內便利商店的店到店、蝦皮店到店或是郵局小包，重量在 5 kg 內運費都相同的狀況下，玉米梗芯相對氣泡布環保，且對消費者而言，節省運費符合經濟原則又能達到環保效益。然而在現實生活中有些運送方式的重量限制，特別是國際包裹，它是以秤重為主，故在國際包裹方面則是建議採用氣泡布或乖乖粒等緩衝材料。

陸、結論

本研究以玉米廢棄物（包含玉米苞葉與玉米梗芯）為主題，探討其在隔熱與防撞緩衝材料應用上的可行性與效能，透過實驗數據顯示，未來很有潛力可以成為替代不能再生的木頭（軟木墊）及塑膠類製品（氣泡布及乖乖粒），不但能達成環保愛地球的目標，又兼顧實用價值，有別於之前的文獻探討，提供具有市場潛力的創新解決方案，達成本研究的終極目標，將「廢棄物」轉換成「寶物」的願景。

在隔熱方面，實驗結果顯示，玉米廢棄物的隔熱效果均優於市售軟木墊，特別是(0.2~0.5 cm) 玉米梗芯板材，其隔熱效果最佳，有效降低熱量傳遞，使其成為理想的隔熱材料。此外，透過實驗證明，雙層玉米梗芯板材的隔熱效果相較於單層有顯著提升，顯示厚度與結構設計對產品效用的重要性，實驗數據也為實際應用提供了設計依據，例如在日常生活中放置高溫物品時，可透過疊層使用雙層板材以達到更佳的隔熱效果，這同時也能為未來量產提供標準化模具的考量，提升成本效益。

在防撞效果實驗結果顯示 2cm 玉米梗芯在衝擊力方面表現出色，優於市售氣泡布及乖乖粒，展現了優異的防撞效果與應用潛力。然而，玉米苞葉因結構鬆散導致防撞效果數據值較差，這一缺點可由填充其密度來進行改善。此外，緩衝包材重量的考量，雖然 2cm 玉米梗芯

相較於氣泡布或乖乖粒重，但在運費限制範圍內，重量在 5 kg 內運費都相同的狀況下，仍具實用性，例如在臺灣的便利商店，蝦皮店到店寄送包裹就很適合運用。玉米梗芯當緩衝材料的製程只需烘乾與裁切，相較於氣泡布或乖乖粒的製程提供更環保與便利性。地球只有一個，且塑膠製品是不容易被環境分解的，為了友善大自然，或許消費者心中都有一把尺可衡量，透過本實驗結果，2cm 的玉米梗芯對貴重物品的保護力，是有著越的表現！

整體而言，本研究的實驗數據證實玉米廢棄物具備良好的環保與功能性優勢，可望成為減少塑膠使用、促進資源再利用的環保材料。另外，在實驗過程中，我們觀察到幾點值得未來進一步繼續研究探討，可針對玉米材料的加工技術（防水耐用性、美觀性）、結構改良（研究顆粒板材的密合度、耐用度）以及商品化應用（有製作板材的經驗後，銷售房子的樣品屋的磚牆是否也可拿來應用？減少建築廢棄物）進行深入探討，進一步提升產品性能與市場接受度。

柒、參考文獻資料

一、參考文獻

- (一)謝禮臣（2021 年 12 月）。國產玉米產銷策略分析及行動方案。
- (二)Stockfeel 編輯團隊（約 2020 年）。玉米：全球產量最多的糧食作物。Stockfeel
- (三)未具名作者（n.d.）。小小玉米苞葉也有大作用。看新聞。
- (四)大紀元時報（2009 年 4 月 27 日）。*別把玉米的「精華」丟掉了！*大紀元。
- (五)楊明人（2007）。恆春古城破壞原因調查與版築夯土城牆之研究（碩士論文）。中原大學文化資產研究所。
- (六)蘇承宏、林仲甫、林昱廷（2011）。環保糯米膠（第 51 屆中小學科展作品說明書）。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/080805.pdf>
- (七)許淳媛、張佑瑄、洪麒政（2014）。小米立大功—糯米橋秘辛之探究（第 54 屆中小學科展作品說明書）。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/091202.pdf>

(八)「磚」牛「腳」尖～自製花生殼五腳隔熱磚之探究（第 58 屆中小學科展作品說明書）。

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-082925.pdf>

(九)維基百科（n.d.）。建築隔熱。

<https://zh.wikipedia.org/zhtw/%E5%BB%BA%E7%AF%89%E9%9A%94%E7%86%B1>

(十)維基百科（n.d.）。熱傳導。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%83%AD%E4%BC%A0%E5%AF%BC>

(十一)維基百科（n.d.）。散熱膠。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%A3%E7%86%B1%E8%86%A0>

(十二)CY 電子（n.d.）。熱電偶。<https://www.cy2010w.com/cate-250244.htm>

(十三)維基百科（n.d.）。G 力。<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/G> 力

(十四)計算 Blog 文（n.d.）。G 力人體承受計算機。<https://0123456789.tw/計算blog文/g-force-%EF%B8%8F%E9%9A%94%E7%86%B1%E8%86%A0g力人體承受計算機/>

(十五)萬有科技（n.d.）。衝擊指示器規格的【G】代表甚麼意思。<https://wan-yo.com/zh-hant/what-is-g-of-shock-watch-indicator/>

(十六)國防醫學院（n.d.）。簡談 G 力的重要性。

<https://www.ndmc.ndmctsg.edu.tw/news/191/100020/3997/4775>

二、其他參考資料

(一)中華郵政（n.d.）。國際包裹資費。中華郵政全球資訊網。

<https://www.post.gov.tw/post/internet/Postal/index.jsp?ID=2050401>

(二)中華郵政（n.d.）。國內包裹資費。中華郵政全球資訊網。

<https://www.post.gov.tw/post/internet/Postal/index.jsp?ID=2030103>

(三)全家便利商店（n.d.）。店到店物流服務公告。全家 FamiPort。

https://fmec.famiport.com.tw/FP_Entrance/Uc/NoticeDetail?NTNO=202210120124456

(四)蝦皮購物（n.d.）。店到店物流費用說明。蝦皮賣家教育中心。

<https://seller.shopee.tw/edu/article/18325>

【評語】 082914

1. 本研究以玉米廢棄物（玉米苞葉與玉米梗芯）為核心，探討其在隔熱與防撞緩衝材料方面的應用潛力。研究結果顯示，以玉米廢棄苞葉與梗芯自製之隔熱板及防撞材料優於常見市售軟木墊及氣泡布、乖乖粒，有助於資源永續利用。
2. 研究主題明確，廢棄物資源利用，具實用價值，和環保意義。
3. 然為食物廢棄物再利用，考量微生物及衛生安全疑慮。未來可進一步考慮製程之清潔消毒處理加工技術，提升商品價值化與市場競爭力。

作品海報

「**泰來寶**」

兩難防挫緩衝包材

玉米廢棄物的



與



應用

壹、研究動機

海報中圖皆為作者親自拍攝與使用Microsoft Office軟體製作

問題

隨著大量玉米的消費，玉米苞葉、梗芯等廢棄物如果不加利用，將造成環境負擔。

思考

市面上已有一些利用玉米製作的環保產品，如玉米生質材料餐具、玉米皮革等，但本研究想探討更多創新的應用可能性。

探究

發想1：日常生活會用到隔熱，若玉米苞葉和梗芯具備良好隔熱效果的話，或許可製作成價格低廉又環保的隔熱墊，取代市售無法分解的隔熱墊產品，既經濟又環保，且能友善地球。

發想2：玉米梗芯結構，類似一般市面上俗稱「乖乖粒」的緩衝包材，因此，若能將其切成相同大小的粒狀，進行防撞測試實驗，或許可應用於包裝緩衝的材料。

貳、研究目的&實驗設計

海報中圖與表皆為作者親自拍攝與使用Microsoft Office軟體製作



玉米苞葉

玉米鬚

玉米粒撥除是梗芯



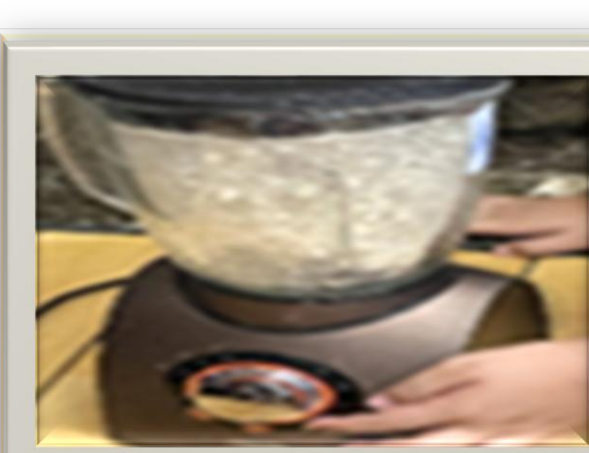
玉米廢棄物計有玉米苞葉、梗芯及鬚，然而，鬚是少量，且曬乾後做成玉米鬚茶，其經濟價值相對高於製作成隔熱墊與緩衝材料，故捨棄不用，只針對「苞葉」及「梗芯」進行研究，與市面上已有的成品進行比對，了解其成效。



參、實驗器材&前置工作

海報中圖皆為作者親自拍攝與使用Microsoft Office軟體製作

實驗設備



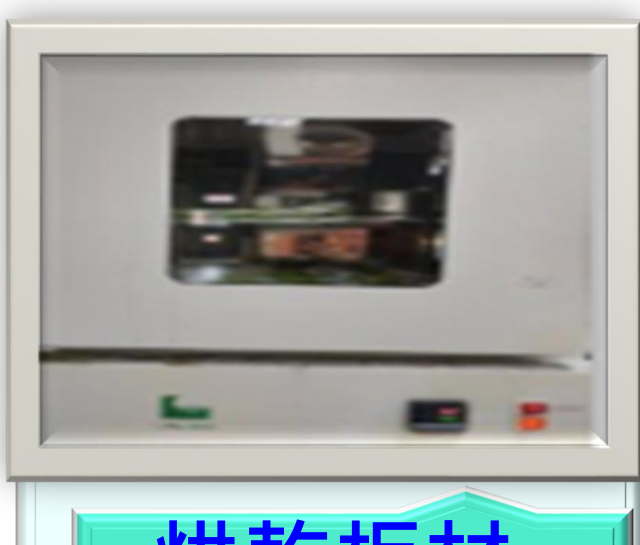
顆粒製造-果汁機



加熱用具-熱湯匙



量測工具-熱電偶



烘乾板材-定溫烘箱



加熱用具-電磁爐

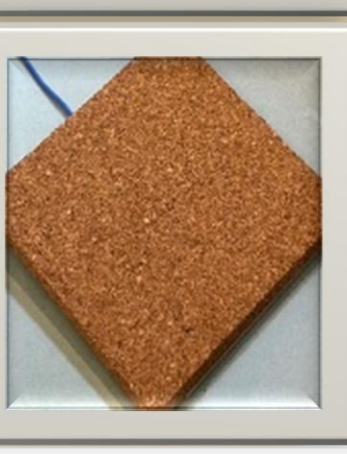
自製板材之器材

糯米粉、保鮮膜、烘焙紙、鋼杯、鍋子電子秤、砧板、刮刀擀麵棍、模具



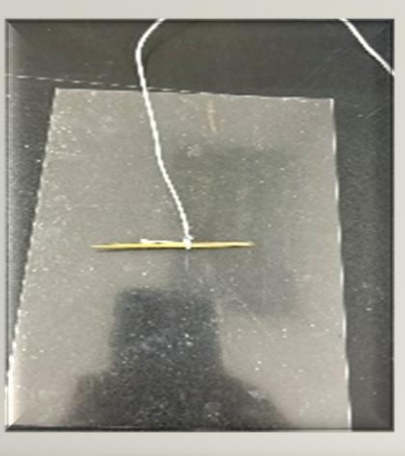
實驗熱傳導之器材

1,000ml鐵杯、軟木墊、導熱膠、手錶



緩衝材測試之器材

小箱子、氣泡布、乖乖粒、膠帶、剪刀、美工刀、手機、尺、手作懸吊隔板



前置工作（1）：製作糯米糊流程

步驟1



準備水、糯米粉、250ml 鋼杯、湯匙

步驟2



水 150ml 加入20g 糯米粉

步驟3



放置電磁爐加熱 持續攪拌

步驟4



不斷攪拌避免結塊，盡快使用完畢

前置工作（2）：自製玉米苞葉、玉米梗芯之板材流程

海報中國皆為作者親自拍攝與使用Microsoft Office軟體製作

步驟1

玉米苞葉、玉米梗芯取出

步驟2

放入定溫烘箱以 40℃ 烘烤

步驟3

將烘好的玉米苞葉剪小 備用

步驟4

鋪好沾滿糯米糊的玉米苞葉壓平

步驟5

鋪上一層保鮮膜並用擀麵棍壓平

步驟6

進行脫模、放入定溫烘箱 低溫烘乾

步驟7

烘好的玉米梗芯用果汁機攪碎

步驟8

攪碎好的玉米梗芯沾滿糯米糊放入板模中

步驟9

將模板中的玉米梗芯進行鋪平

步驟10

鋪上一層保鮮膜並用擀麵棍壓平

步驟11

將保鮮膜取下，進行脫模、烘乾

步驟12

玉米苞葉、玉米梗芯製作完成

肆、實驗結果與探討-不同部份的材質、顆粒、疊層的隔熱效果

海報中國與表皆為作者親自拍攝與使用Microsoft Office軟體製作

實驗一：材質-量測玉米苞葉、玉米梗芯、市售軟木墊的熱傳導效果

項目	玉米苞葉	玉米梗芯	軟木墊	編織的玉米苞葉
時間(分鐘)				
0	26.0	25.8	25.7	25.7
1	27.0	26.1	29.0	26.2
2	28.9	27.1	32.6	30.4
3	31.7	28.9	36.7	34.1
4	34.3	30.7	40.4	36.7
5	36.9	32.4	43.3	38.9
6	38.8	33.8	45.8	40.9
7	40.3	35.1	47.8	42.6
8	41.8	36.1	49.5	43.9
9	43.0	37.0	51.0	45.4
10	44.1	37.7	52.2	46.5
11	44.9	38.2	53.5	47.4
12	45.8	38.7	54.3	48.3
13	46.6	39.2	55.2	49.3
14	47.2	39.8	56.0	50.3
15	47.8	40.3	56.7	51.0
16	48.4	40.9	57.3	51.6
17	48.9	41.5	57.9	52.3
18	49.3	41.9	58.5	52.9
19	49.7	42.3	59.0	53.4
20	50.2	42.7	59.4	54.1
與起始溫度的差值	24.2	16.9	33.7	28.4

苞葉板材



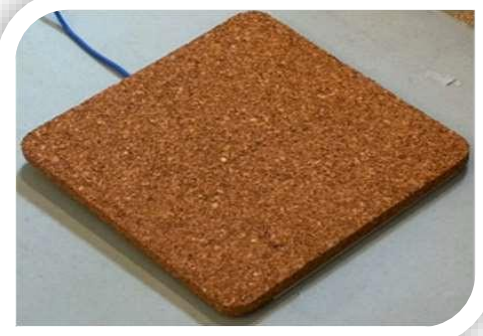
編織苞葉板材



梗芯板材



市售軟木墊



結果

- 由數據製成 Excel 表及折線圖可看出其優劣依序為**玉米梗芯板材**（升溫 16.9 °C ）>玉米苞葉板材（升溫 24.2 °C ）>編織的玉米苞葉墊子（升溫 28.4 °C ）
- 三者的**隔熱效果均優於市售的軟木墊**（升溫 33.7 °C ）

結論

- 不管是玉米苞葉或玉米梗芯製成的隔熱板材，**均優於市售的軟木墊**，故以減碳與環保的議題來看，是**具有市場競爭力**
- 玉米梗芯顆粒製成的板材**隔熱效果最優，因此更**適合推廣**成為取代對環境成本比較高的不環保材質

探討

- 對未來研究建議，在**同樣玉米苞葉材質情況下**，因為「**組成的方式**」不同（**編織/黏膠**），進而影響到**隔熱效果**（**中間的空氣/空隙**），是值得深入研究

我思...
觀察到的現象

- 隔熱效果最優的**玉米梗芯**板材

故我在...
進行下一步實驗探究

- 想了解是否**玉米梗芯顆粒大小**會影響到熱傳導的效果

實驗二：顆粒-量測不同顆粒大小之玉米梗芯板材熱傳導效果

項目	小 (<0.2cm)	中 (0.2~0.5cm)	大 (>0.5cm)	軟木墊
時間(分鐘)				
0	26.4	26.0	26.1	25.7
1	26.8	26.5	26.2	29.0
2	29.3	28.9	27.1	32.6
3	32.7	32.3	29.1	36.7
4	35.5	34.9	31.5	40.4
5	37.6	36.6	33.7	43.3
6	39.3	38.3	35.6	45.8
7	40.6	39.2	37.4	47.8
8	41.8	39.8	38.5	49.5
9	42.9	40.3	39.7	51.0
10	43.8	41.6	40.6	52.2
11	44.5	42.3	41.5	53.5
12	45.3	42.8	41.9	54.3
13	46.0	43.3	42.4	55.2
14	46.8	43.7	43.1	56.0
15	47.4	44.1	43.4	56.7
16	48.0	44.5	43.9	57.3
17	48.5	44.8	44.1	57.9
18	49.0	45.1	44.3	58.5
19	49.5	45.4	44.5	59.0
20	50.0	45.9	44.7	59.4
與起始溫度的差值	23.6	19.9	18.6	33.7

< 0.2cm



0.2~0.5 cm



> 0.5cm



結果

- 由數據製成 Excel 表及折線圖可看出玉米梗芯優劣依序**大於 0.5cm**（升溫 18.6 °C ）>0.2~0.5 cm（升溫19.9 °C）>小於 0.2 cm（升溫23.6 °C ）
- 不同顆粒大小玉米梗芯板材其隔熱效果皆優於市售軟木墊**（升溫 33.7 °C ）隔熱效果

結論

- 三者均優於市售軟木墊，故具有未來發展性與促進資源再利用的優勢。

探討

- 實驗發現**大於 0.5 cm**梗芯板材隔熱效果最佳，但其顆粒大，**密合度不足**，結構不夠緊密，容易分裂，故後續**值得繼續探討如何改善**
- 0.2~0.5 cm**的玉米梗芯板材，其**密合度足**，結構也較為緊密，不容易分裂，且兩者溫差不大（1.3 °C），故本組**以0.2~0.5 cm的玉米梗芯板材進行下一步的實驗研究**

我思...
觀察到的現象

- 現實生活會用**二層隔熱**
- 節省**製模成本**

故我在...
進行下一步實驗探究

- 想了解玉米梗芯**單雙層**板材，**隔熱效能**會差距到多少？

實驗三：疊層-量測單層及雙層玉米梗芯板材熱傳導效果

海報中圖與表皆為作者親自拍攝與使用Microsoft Office軟體製作

項目 時間(分鐘)	單位: °C		
	一片 (0.5cm)	二片 (0.5cm*2)	軟木墊 (0.5cm)
0	26.0	25.3	25.7
1	26.5	25.6	29.0
2	28.9	25.6	32.6
3	32.3	25.9	36.7
4	34.9	26.3	40.4
5	36.6	26.9	43.3
6	38.3	28.0	45.8
7	39.2	29.2	47.8
8	39.8	30.4	49.5
9	40.3	31.7	51.0
10	41.6	33.0	52.2
11	42.3	34.1	53.5
12	42.8	35.1	54.3
13	43.3	36.1	55.2
14	43.7	37.1	56.0
15	44.1	38.0	56.7
16	44.5	38.7	57.3
17	44.8	39.4	57.9
18	45.1	40.2	58.5
19	45.4	40.8	59.0
20	45.9	41.4	59.4
與起始溫度的差值	19.9	16.1	33.7

二層(0.5cm*2) 玉米梗芯



一層 0.5cm 玉米梗芯



結果

- 以(0.2~0.5cm)玉米梗芯板材進行單層雙層厚度實驗，由數據製成 Excel 表及折線圖可知其隔熱效果優劣依序為**雙層** (0.5cm*2) (升溫 16.1 °C) > **單層** (升溫 19.9 °C) > **軟木墊** (升溫 33.7 °C)

結論

- 單層及雙層玉米梗芯板材隔熱效果均優於市售軟木墊**，突顯其可成為環保永續材料與減少碳足跡的綠色產品設計
- 玉米梗芯板材**厚度的實驗**，其對隔熱效果影響的**量化數據**，有助未來依據不同隔熱效果需求，達到**最佳的成本效益**

探討

- 雙層玉米梗芯板材隔熱效果最佳，但在製作過程中需考量其厚度與密度的平衡，以免因增加厚度影響材料的實用性與可加工性。

肆、實驗結果與探討-玉米廢棄物不同材料的防撞效果

海報中圖與表皆為作者使用Microsoft Office軟體製作

實驗四：以苞葉、梗芯及市售氣泡布/乖乖粒當緩衝材料的落下衝擊力測試

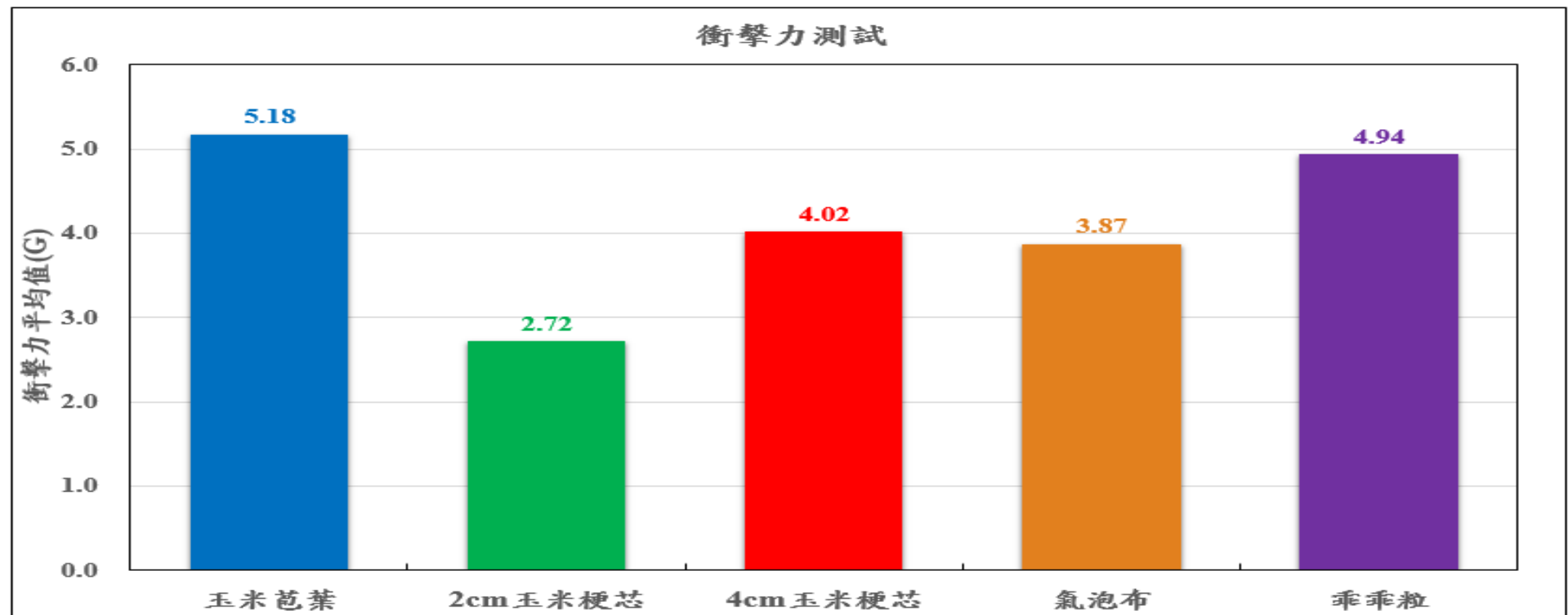
緩衝材料重量紀錄

空紙箱重量(g)	66.78				
重量(g)	玉米苞葉	2cm玉米梗芯	4cm玉米梗芯	氣泡布	乖乖粒
空紙箱+一半材料	108.90	196.72	140.68	82.78	75.78
一半材料	42.12	129.94	73.90	16.00	9.00
所有材料	84.24	259.88	147.80	32.00	18.00

衝擊力資料紀錄及分析

項目 次數	單位: G				
	玉米苞葉	2cm玉米梗芯	4cm玉米梗芯	氣泡布	乖乖粒
1	5.65	2.43	4.21	4.24	4.87
2	5.38	2.85	3.91	3.99	4.10
3	5.08	2.90	7.24	3.56	5.65
4	5.36	2.86	3.87	3.61	4.54
5	4.77	2.55	3.26	4.01	5.44
6	5.12	3.14	4.51	4.19	4.21
7	4.95	1.69	3.59	3.57	5.97
平均	5.18	2.72	4.02	3.87	4.94

註： 1. 紅字代表有側翻
2. 黃底代表刪除太高或太低的差值



項目	玉米苞葉	2cm玉米梗芯	4cm玉米梗芯	氣泡布	乖乖粒
測評					
衝擊力平均值(G)	5.18	2.72	4.02	3.87	4.94
名次	5	1	3	2	4

結果

- 緩衝材料重量**，由重至輕排序為：2 cm 玉米梗芯 > 4 cm 玉米梗芯 > 玉米苞葉 > 氣泡布 > **乖乖粒**
- 防撞效果**，由小至大排序為：**2 cm 玉米梗芯** > 氣泡布 > 4 cm 玉米梗芯 > 乖乖粒 > 玉米苞葉

結論

- 防撞效果最好的是 2 cm 玉米梗芯**，可以將手機四周環繞保護得最好，擺放得較緊密

探討

- 2 cm玉米梗芯**將手機待測物固定得最緊密，**防撞效果最佳**，但其**重量最重**，後續進一步研究改善
- 推測玉米苞葉、氣泡布、乖乖粒可能因呈現**蓬鬆狀**，故導致**防撞效果略差**，但材料的重量相對較輕
- 國內**便利商店的店到店、蝦皮店到店或是郵局小包，**包裹重量5 kg 內的運費都相同的狀況下**，建議採用**2 cm的玉米梗芯當緩衝材**，相較氣泡布、乖乖粒更為**環保**；故以目前所知的緩衝材料還不完全具有環保材質，這方面建議未來可以進一步研究環保且重量輕的緩衝材料
- 相較於氣泡布或乖乖粒的製程，玉米梗芯緩衝材料的**製程只需乾燥與裁切**，**少用塑料**，較為**友善環境**

伍、結論

- 本研究以玉米廢棄物 (**玉米苞葉**與**玉米梗芯**) 為核心，探討其在**隔熱**與**防撞緩衝材料**方面的應用潛力，旨在**促進資源再利用與環保理念**。研究結果顯示：
 - 玉米廢棄物製成的隔熱板材均優於市售軟木墊**，特別是 (0.2 ~0.5 cm) 的玉米梗芯板材及其雙層設計，展現卓越的隔熱性能。
 - 衝擊力測試實驗，**2 cm 玉米梗芯的防撞效果最佳**，優於市售氣泡布及乖乖粒，顯示其具備作為未來緩衝材料的可行性。
- 玉米苞葉方面因結構鬆散而數據值不佳，若未來透過密度改良後應具有潛力。本研究**證實玉米廢棄物可轉化為兼具功能性與環保性的創新材料**，未來可進一步發展加工技術，提升商品價值與市場競爭力。

陸、參考資料 (列舉)

海報中圖為作者使用 Microsoft Office軟體製作

- 蔡政翰、黃奕凱、廖偲妍、許家瑜、沈盟格、賴思羽 (2018) ，「磚」牛「腳」尖~自製花生殼五腳隔熱磚之探究，中華民國第 58 屆中小學科展作品說明書。 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-082925.pdf>
- 維基百科熱傳導 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%83%AD%E4%BC%A0%E5%AF%BC>
- 維基百科散熱膠<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%95%A3%E7%86%B1%E8%86%A0>
- 維基百科建築隔熱<https://zh.wikipedia.org/zhtw>
- G力 <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/G力>
- G力人體承受計算機<https://0123456789.tw/計算blog文/g-force-%EF%B8%8Fg力人體承受計算機/>
- 衝擊指示器規格的【G】代表甚麼意思 <https://wan-yo.com/zh-hant/what-is-g-of-shock-watch-indicator/>
- 簡談G力的重要性 <https://www.ndmc.ndmctsgh.edu.tw/news/191/100020/3997/4775>



- 國產玉米產銷策略分析及行動方案 <https://book.tndais.gov.tw/Brochure/176/176-4.pdf>
- 玉米全球產量最多的糧食作物<https://www.stockfeel.com.tw/>
- 小小玉米苞葉也有大作用<https://kknews.cc/zh-tw/agriculture/yp8j65b.html>
- 蘇承宏、林仲甫、林昱廷 (2011) ，環保糯米膠，中華民國第 51 屆中小學科展作品說明書。 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/080805.pdf>

- 郵局國際包裹運費 <https://www.post.gov.tw/post/internet/Postal/index.jsp?ID=2050401>
- 全家店到店包裹運費 https://fmec.famiport.com.tw/FP_Entrance/Uc/NnoticeDetail?NTNO=202210120124456
- 蝦皮店到店包裹運費 <https://seller.shopee.tw/edu/article/18325>