

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(三)科

083012

渣渣變蚊香-讓咖啡豆漿再度飄香

學校名稱：彰化縣花壇鄉文祥國民小學

作者： 小五 楊承晉 小五 陳采渝 小五 蘇睿璟 小五 蘇睿瑤	指導老師： 杜明信 陳幼芬
---	-----------------------------

關鍵詞：咖啡渣、蚊香、食品廢棄物

渣渣變蚊香—讓咖啡豆漿再度飄香

摘要

咖啡渣、黃豆渣以及茶葉渣是每天會產生的高含水量食品廢棄物，造成了焚化爐的負擔並產生造成地球暖化的二氧化碳，我們結合了登革熱防治並照顧在地艾草農，成功的實驗出咖啡渣、黃豆渣與茶葉渣蚊香，其中又以咖啡渣蚊香成為我們後來製作與推廣的主力。

我們製作的咖啡渣蚊香，除了讓丟棄的咖啡渣再度被利用成為零廢棄產品外，經過我們的實驗，我們的蚊香在實驗室的蚊子擊昏實驗中，半數擊昏時間比起市售蚊香的合格標準還要短，在學校內利用帳篷做實地的驅蚊實驗 10 分鐘驅蚊率達到 83%以上，顯示我們的蚊香確實具有驅蚊效果，再者經由我們的空氣品質實驗發現，我們的蚊香在 PM2.5 及 PM10 上所產生的汙染數值都只有市售蚊香的三分之一。

壹、研究動機

我們學校一直努力在降低生廚餘造成的焚化爐負擔，所以養了十二箱的蚯蚓來分解同學家中的生廚餘，後來有同學把家中的咖啡渣拿到學校餵養蚯蚓，結果我們發現蚯蚓並不愛吃咖啡渣，我們知道咖啡渣水分含量相當高，如果丟進焚化爐，為了燃燒這些咖啡渣，將要耗費大量的燃料，也會產生它本身重量二倍的二氧化碳(環境部，2023)，蚯蚓不喜歡吃，那還有其他的方法來處理咖啡渣嗎？

查了資料才發現臺灣每天喝掉 600 萬杯咖啡，產生 30 公噸的咖啡渣，另外每天還產出 1150 公噸的黃豆渣與 822 公噸的茶葉渣，這是很可怕的垃圾量，而且經過我們的實驗，這些渣渣的含水量極高，咖啡渣含水量是 67%、茶葉渣含水量是 79.6%、黃豆渣含水量是 85%，如果我們能有效的再利用這些食品廢棄物，對地球的暖化減緩將是一大貢獻。剛好去(112)年登革熱大爆發，於是我們思考是否能利用這些渣渣來製作成驅蚊產品，如此不但解決了垃圾問題，又可以防治登革熱，減少二氧化碳的同時又可以驅蚊。

實驗之前我們在老師的引導下閱讀了課本中的生物、環境與自然資源單元(翰林出版社，2023)，決定所有的材料都要是純天然的，不能因為要處理這些渣渣再造成另一種環境問題，也閱讀了空氣與燃燒單元(翰林出版社，2023)，瞭解燃燒的要素。再來我們就

要利用實驗製作出我們的咖啡渣蚊香、黃豆渣蚊香與茶葉渣蚊香。

貳、研究目的

我們的研究目的有三個，分別敘述如下：

- 一、經由資料蒐集，瞭解蚊香的製作材料及製作方法。
- 二、經由實驗將咖啡渣、黃豆渣、茶葉渣做成蚊香。
- 三、經由實驗找出最佳的材料比例，做出既環保又能有效驅蚊的環保蚊香。
- 四、經由實驗測試我們的蚊香是否真有驅蚊效果。
- 五、經由實驗測試我們的蚊香與市售蚊香的空氣汙染差異。
- 六、經由問卷調查，瞭解使用者對於我們蚊香的使用感受。
- 七、把研究結果製成商品行銷出去，同時也加以推廣，讓更多人在家就可以自行製作咖啡渣蚊香。

經由實驗，我們將學會各種食品廢棄物(咖啡渣、黃豆渣、茶葉渣)製成蚊香的方法以及他們的最佳比例，找到最佳比例與製作方法後，我們就可以大量的製作食品廢棄物蚊香，並且把製作方法利用網路傳播出去，讓更多的人重視食品廢棄物所產生的二氧化碳排放問題。

參、研究設備及器材

- 一、不鏽鋼盆、電子秤

電子秤用以測量各種材料的重量，不鏽鋼盆用來攪拌、揉合所有材料。

- 二、紗窗、大木板

用來曬乾製作好的蚊香。

- 三、整理箱

用來存放曬乾的咖啡渣、黃豆渣及茶葉渣。

- 四、擊昏實驗箱、帳篷

用以做蚊子擊昏實驗及驅蚊效果實驗

- 五、空氣品質檢測機

用以偵測實驗環境中的空氣品質以及汙染物濃度

肆、研究過程或方法

我們的研究過程主要分為二階段，第一階段是以實驗的方法，找出最佳比例，做成咖啡渣、黃豆渣及茶葉渣蚊香，第二階段則是針對我們的蚊香進行有效性實驗，例如驅蚊實驗、擊昏實驗以及空氣汙染實驗。

研究所需的實驗內容如下所示，我們採用了實驗法、問卷調查法、資料蒐集等方法，並諮詢大學生物系教授以及借用他們的實驗室來完成全部所需的實驗。

第一階段實驗(產品研發)	第二階段實驗(產品檢驗)
1.資料蒐集。 2.各種材料基本性質實驗。 3.比例實驗（比例調整、燃燒中斷實驗、煙霧實驗）。 4.燃燒時間實驗。 5.成本計算。	1.實驗室驅蚊實驗（蚊子擊昏實驗）。 2.現場驅蚊實驗（自然吸引蚊子法、蚊子投放法）。 3.空氣汙染實驗(密閉空間、半開放空間)。 4.問卷調查。

第一階段實驗如下：

一、資料蒐集：

蚊香的製作對我們來說是個陌生的課題，目前我們只從網路上知道咖啡渣具有驅蚊效果，但效果並不會很好，因為咖啡渣是已經沖泡過後的產物，所以我們要再查詢另一種驅蚊效果比較好材料，此外，這些材料如何黏著在一起並可以定型？還有最重要的比例到底是多少，這些都是我們必需要先加查詢的：

(一)驅蚊材料

為了環保、不傷害人體同時兼顧價格成本，我們要用的驅蚊材料必需是純天然的、容易取得且價格不貴的，經過查詢，艾草除了可拿來針灸外，同時它也是廣泛被用來驅蚊的材料(行政院農業委員會—農業知識入口網，2017)，更重要的是學校所在的地區就有艾草農場，而艾草以前就是本鄉的重要農作物，所以我們決定用艾草來當作驅蚊材料！當然，網路上還有很多的精油號稱可以驅蚊，但價格十分高昂，而且也

不容易做成蚊香，所以我們就不選擇這些精油。

接著我們到艾草農場詢問門市人員，發現裡面就有販售拜拜用的艾草香，只是他們的成份與比例並沒有公開，我們也發現了他們除了販賣艾草、艾草乾外，他們也販售艾草粉（也稱艾絨），這對我們以後的實驗是個好消息。

（二）黏著劑

我們詢問附近曾經做香的師傅，做香必需有三種主要項目，分別是基材、黏著劑以及香料，那如果要做蚊香，也同樣需要基材、黏著劑以及驅蚊材料，基材我們將採用咖啡渣、黃豆渣以及茶葉渣，驅蚊材料我們已經決定要用艾草，現在我們要查詢的就是黏著劑，同樣的，我們堅持要用環保及天然的材料以保護人體，經過網路查詢及詢問附近曾經做香的師傅，我們發現生產於印尼的楠木粉是天然的黏著劑，本來我們打算上網購買，但那位做香的師傅免費的送了我們一大包楠木粉。

楠木粉是用楠樹樹皮研磨而成，具有很強的黏性，而且可以燃燒，燃燒時有一種青草香味，至於添加比例則各個網站說明不一，這點則是我們必需在後續的實驗中去找答案的。

（三）材料比例

蚊香的三種主要項目，分別是基材、黏著劑以及驅蚊材料，基材主要是提供穩定的燃燒並減少驅蚊材料成本，驅蚊材料則是在燃燒後可以達到驅蚊效果，至於黏著劑則是可以將基材與驅蚊材料結合並能提供塑形。

但最重要的是他們的合成比例是我們所不知道的，我們上網查詢了蚊香的比例，但都找不到相關資料，而最接近的答案是有一般拜拜用的香所採用的製作比例。

拜拜用的香，基材採用細竹籤，其餘的則是楠木粉與香料，根據化工工廠的建議比例是楠木粉：香料=1：4(順億化工，2023)，這比例讓我們有了大致的方向，但實際用在蚊香上則需要再做實驗才能獲得合適的比例。

二、準備材料：

為了接下來的實驗，我們必需事先把所有的材料準備好，楠木粉已經有人贈送我們了，咖啡渣我們則是直接去便利商店索取，黃豆渣則是由家裡開豆腐工廠的同學提

供，茶葉渣比較麻煩，我們採取分散收集的方式，請家中有泡茶的同學每天帶一點到學校來，當然我們也收集學校校長及老師泡茶後的茶葉，接著我們要進行以下的步驟才能在未來實驗時使用：

(一)曬乾

我們必需將咖啡渣、黃豆渣及茶葉渣分別曬乾，曬乾有二個主要目的，第一是防止發霉，第二則是更重要的，只有曬乾後，我們在未來的實驗才能精確的找出比例，如果沒有曬乾，每種材料的含水並不一樣，那麼在做實驗時就無法精準的找出真正的比例。

(二)攪碎

所有的渣渣都必需要攪碎到粉末狀，這才能在未來的實驗中充份的融合，也不會因為有大片的渣渣而導致蚊香斷裂。為了充份的攪碎這些渣渣，我們購買了一台專門研磨中藥材的攪碎機，效果比起果汁機好很多。

三、進行實驗：

我們的實驗有幾個目的：

1. 找出最佳的材料比例，做出環保又驅蚊的蚊香。這比例除了各種材料外，還要找出最佳的水量值。
2. 找出我們製作的蚊香它的物理特質，例如燃燒時間、重量等等。

(一)材料基本性質實驗

首先，我們要先找出楠木粉、艾草粉以及這些渣渣的基本特性，才能在未來的實驗中有個粗略的方向。於是我們設計了這個實驗：

我們分別以初始粉末狀、加水揉捏後(把粉末加水並加以揉捏)，以及加水曬乾後(把揉捏後的粉末糰曬乾)這三種狀態來觀察他們的特性以及燃燒情況，結果如表一(各材料基本屬性實驗表)所示：

	楠木粉	咖啡渣	黃豆渣	茶葉渣	艾草粉
初始 粉末狀	可以燃燒，會 延續燃燒	可以燃燒，會 延續燃燒	可以燃燒，會 中斷燃燒	可以燃燒，會 延續燃燒	可以燃燒，會 延續燃燒
加水 揉捏後	非常黏手，會 成糰	不會成糰	略有黏性，會 成糰	不會成糰	不會成糰
加水 曬乾後	形成一大 塊，非常硬， 不易燃燒	形成小粒 狀，可燃燒	形成一小塊 一小塊，不易 燃燒	形成小粒 狀，可燃燒	形成小粒 狀，可燃燒

表一：各材料基本屬性實驗表(本研究作者共同記錄)

這個實驗讓我們知道，楠木粉雖然可以黏合所有的材料，但在它加水並曬乾後會變得非常的硬，而且不容易燃燒，所以我們知道在接下來的蚊香製作實驗中，楠木粉的比例不能過高，否則可能會燃燒中斷；而黃豆渣則是具有黏性，所以如果使用黃豆渣時，楠木粉的比例就可以降低，而且黃豆渣比較不容易燃燒，所以未來黃豆渣的比例不能過高。

(二)比例實驗：

我們查到拜拜的香，除了竹籤之外，楠木粉與香料的比例是 1：4，我們把咖啡渣、黃豆渣、茶葉渣與艾草粉視為是我們的香料，從 1：4 開始進行實驗，為什麼可以從 1：4 開始呢？因為我們已經少了竹籤這項基材，同時考量要解決環保問題，並降低成本，要盡量的使用那三種渣渣，也就是說，渣渣的比例要盡可能的高，但也不能太高，如果渣渣比例太高，那麼少量的艾草粉將無法達到驅蚊效果。

我們從 1(楠木粉)：4(渣渣混合粉末)開始進行試做，逐次把渣渣混合粉末的比例拉高，把咖啡渣、黃豆渣與茶葉渣分別做實驗，以 1(楠木粉)：4(咖啡渣混合粉末)的情況下，我們也分別把咖啡渣與艾草粉的量從 1+3，2+2，3+1 進行配方實驗。

如前面所說，我們要考量環保、成本與驅蚊效果，所以咖啡渣使用太少的選項我們就不進行實驗，艾草粉使用太少的選項我們也不進行實驗，於是我們設計了以下的實驗，如表二（燃燒比例實驗）做好的成品曬乾後再進行燃燒，觀察結果如下表：

楠木粉 ： 其他混合粉末	楠木粉	咖啡渣 黃豆渣 茶葉渣	艾草粉	製作與燃燒結果
1 : 4	1	2	2	咖啡渣：蚊香硬，不容易燃燒 黃豆渣：蚊香硬，不容易燃燒 茶葉渣：蚊香硬，不容易燃燒
1 : 5	1	2	3	咖啡渣：燃燒容易中斷 黃豆渣：不容易燃燒 茶葉渣：燃燒容易中斷
	1	3	2	咖啡渣：燃燒容易中斷 黃豆渣：不容易燃燒 茶葉渣：燃燒容易中斷
1 : 6	1	3	3	咖啡渣：有時會燃燒中斷 黃豆渣：不容易燃燒 茶葉渣：有時會燃燒中斷
1 : 8	1	3	5	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：常常燃燒中斷 茶葉渣：可以完全燃燒
	1	4	4	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：不容易燃燒 茶葉渣：有時會燃燒中斷
	1	5	3	咖啡渣：可以完全燃燒 黃豆渣：不容易燃燒 茶葉渣：有時會燃燒中斷
1 : 9	1	4	5	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：有時會燃燒中斷 茶葉渣：可以完全燃燒○
	1	5	4	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：有時會燃燒中斷 茶葉渣：可以完全燃燒○
1 : 10	1	4	6	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：可以完全燃燒○ 茶葉渣：可以完全燃燒○
	1	5	5	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：有時會燃燒中斷 茶葉渣：可以完全燃燒○
	1	6	4	咖啡渣：可以完全燃燒○ 黃豆渣：有時會燃燒中斷 茶葉渣：可以完全燃燒○

表二：燃燒比例實驗(本研究作者共同記錄)

	
<p>製作各種比例蚊香情況</p>	<p>各種比例蚊香燃燒情況</p>
	
<p>蚊香曝曬情況</p>	<p>成員觀察蚊香燃燒情況</p>

相片由本研究指導老師拍攝

當我們做到 1：6 時，因為燃燒效果並不好，可見得楠木粉使用太多，混合粉末的比例需要再拉高，於是我們決定加快實驗進度，直接跳到 1：8 接續實驗。

當我們接著再往下做到 1：12 時，發現在塑形時，粉末不容易成糰，做好曬乾的蚊香也很容易斷裂，於是我們決定以 1：10 的比例再接著做我們的實驗

以 1：10（楠木粉：混合粉末）的結果來看，如果黃豆渣比例較高，容易產生燃燒中斷，所以黃豆渣的比例一定要比艾草粉更少，同時黃豆渣也具有黏性，所以在黃豆渣這個項目，楠木粉：混合粉末的比例是還可以再拉高而不必怕蚊香斷裂的！

由於我們的實驗產品將來是要推廣的，不能讓使用者有燃燒中斷的不愉快經驗，

我們決定把黃豆渣的這項比例拉高至 1：12。

決定了比例問題後，我們就著要做味道的實驗，畢竟蚊香不應該發出不好聞的味道，於是我們以這個比例進行味道及煙霧的實驗，如表三及表四(味道及煙霧實驗)：

楠木粉： 混合粉末	楠木粉	咖啡渣 茶葉渣	艾草粉	製作與燃燒結果
1：10	1	4	6	咖啡渣：煙霧良好，味道良好● 茶葉渣：煙霧良好，味道良好●
	1	5	5	咖啡渣：煙霧良好，味道尚可 茶葉渣：煙霧良好，味道尚可
	1	6	4	咖啡渣：煙霧良好，有臭油味 茶葉渣：煙霧良好，味道不香

表三：味道及煙霧實驗(咖啡渣及茶葉渣)(本研究作者共同記錄)

楠木粉： 混合粉末	楠木粉	黃豆渣	艾草粉	製作與燃燒結果
1：12	1	4	8	黃豆渣：煙霧良好，味道良好●
	1	6	6	黃豆渣：煙霧良好，味道不香
	1	8	4	黃豆渣：煙霧良好，有發霉酸味

表四：味道及煙霧實驗(黃豆渣)(本研究作者共同記錄)

(三)初步驅蚊實驗：

經由以上的實驗，我們找到最佳的比例，然而艾草的驅蚊效果雖然在農委會的網站說明是有效的，市面上也有很多的艾草蚊香，但實際使用時會真的有效嗎？我們決定把我們的蚊香拿到辦公室以及廁所使用，再來觀察驅蚊效果。

首先要說明的我們學校附近都是水田，所以一樓的辦公室以及廁所會有很多的蚊子，我們把點燃的蚊香放到這二個地點後，觀察蚊子的出現情況並詢問老師的反應，結果蚊子真的消失了，而且味道也深受老師的喜愛，現在老師每天都會拿我們做的蚊香去點，證明我們的蚊香真的有驅蚊效果，然而這樣的結論並沒有實驗數據加以證明，後續我們會再做嚴謹的實驗並呈現在本文中。



本研究指導老師共同拍攝

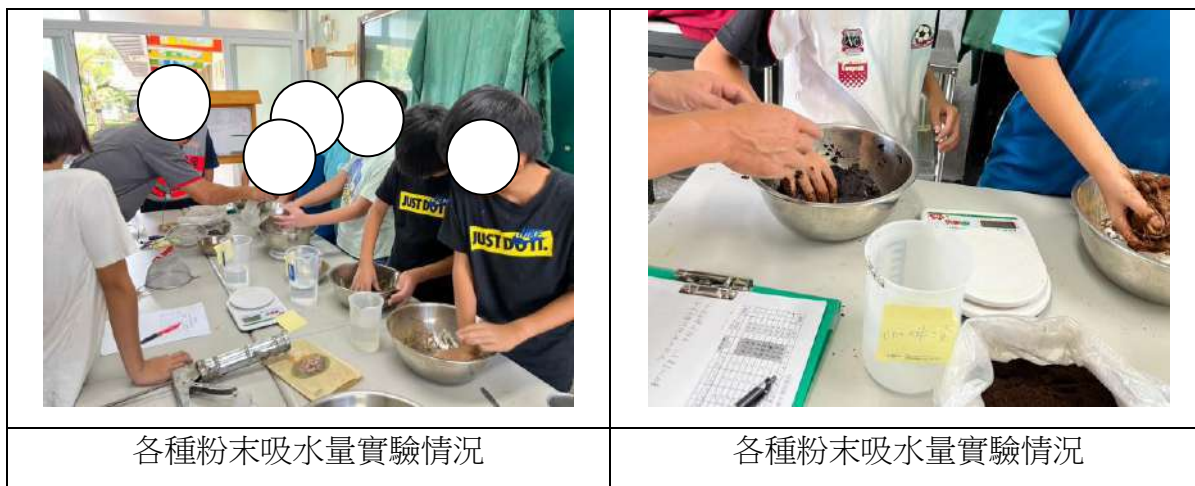
(四)吸水量實驗：

實驗成功後，我們將大量的製作蚊香，一方面可以減少這些渣渣進入焚化爐所造成的二氧化碳排放，一方面又可以防治登革熱，我們要大量製作讓每間教室都可以使用我們的環保蚊香，但每次製作時水量都無法事先得知，都要一次次少量的加入，加太少則不容易成糰，加太多則會成流體狀無法塑形，所以我們決定針對每一種材料進行需要水量的實驗。

我們把每種粉末材料都秤 100 公克，也準備量杯先秤 600 公克的水，然後慢慢把水加入粉末中，一邊加也一邊揉捏，直到粉末可以變成柔軟的，可方便塑形的糰狀為止，這時再秤量杯中剩下的水重，我們就得到這種粉末材料每 100 公克所需要的水量，經由除法，就可以到各種粉末每一公克所需的水量，為了方便觀看，我們把他進行了排名，得到了表五(各種粉末所需水量表)：

粉末名稱	每公克粉末所需水量	吸水性排名
黃豆渣	5.93 公克	1
茶葉渣	5.36 公克	2
艾草粉	3.24 公克	3
楠木粉	1.89 公克	4
咖啡渣	1.53 公克	5

表五：各種粉末所需水量表(本研究作者共同記錄)



各種粉末吸水量實驗情況

各種粉末吸水量實驗情況

本研究指導老師共同拍攝

(五)燃燒時間實驗：

使用蚊香後的老師問我們，一個蚊香可以點燃多久？我們無法回答，因為我們手工製作的蚊香有大有小，長短並不一樣，所以我們需要做一個實驗，來回答老師的問題我們決定把蚊香做成直條型，並把量測 10 公分的長度後做記號，然後進行燃燒，只要我們記錄時間就可以得到每一公分的蚊香可以燒多久，這樣以後我們只要知道蚊香的長度就可以知道這個蚊香可以點燃多久了，我們得到了表六(各種蚊香燃燒時間表)

蚊香種類	長度	燒完時間	每公分可燒時間
咖啡渣蚊香 楠 1：咖 4：艾 6	10 公分	52 分鐘	5.2 分鐘
茶葉渣蚊香 楠 1：茶 4：艾 6	10 公分	55 分鐘	5.5 分鐘
黃豆渣蚊香 楠 1：咖 4：艾 8	10 公分	61 分鐘	6.1 分鐘

表六：各種蚊香燃燒時間表(本研究作者共同記錄)

也就是我們的蚊香每公分大約可以燃燒 5 到 6 分鐘，這樣以後只要我們知道蚊香的長度，就可以告訴老師每個蚊香可以燒多久了。



蚊香燃燒時間實驗進行情況



蚊香燃燒時間實驗進行情況



製作後等待曝曬的蚊香



製作後等待曝曬的蚊香



蚊香燃燒情況



蚊香燃燒後的情況(餅形蚊香)



學生進行實驗情況



學生進行實驗情況

蚊香製作實驗相片(本研究指導老師共同拍攝)

(六)成本計算：

咖啡渣、茶葉渣及黃豆渣都是免費的，艾草粉每斤(600 公克)300 元，所以艾草粉每公克單價是 0.5 元，楠木粉每斤(600 公克)60 元，所以楠木粉每公克單價 0.1 元。不過我們要說明的是楠木粉的價差非常大，艾草粉也是，其中的品質差異性也頗大。我們選購買在地艾草農所生產的高品質艾草粉以及附近製香廠商的楠木粉，品質都相當的良好，但價格也稍微貴了一些。

	咖啡渣、茶葉渣蚊香	黃豆渣蚊香
製作比例	比例(咖啡渣與茶葉渣比例相同) 1(楠木粉):4(咖啡渣):6(艾草粉)	比例 1(楠木粉):4(黃豆渣):8(艾草粉)
每份成本	$0.1*1+0*4+0.5*6=3.1$ 元	$0.1*1+0*4+0.5*8=4.1$ 元
每份克數	11 公克	13 公克
每公克成本	0.28 元	0.32 元
市售蚊香	市售蚊香價格差異頗大，我們取中間值，並秤其重量，取得每公克的售價為 0.14 元	

表七：咖啡渣、黃豆渣、茶葉渣蚊香及市售蚊香成本表(本研究作者共同製作)

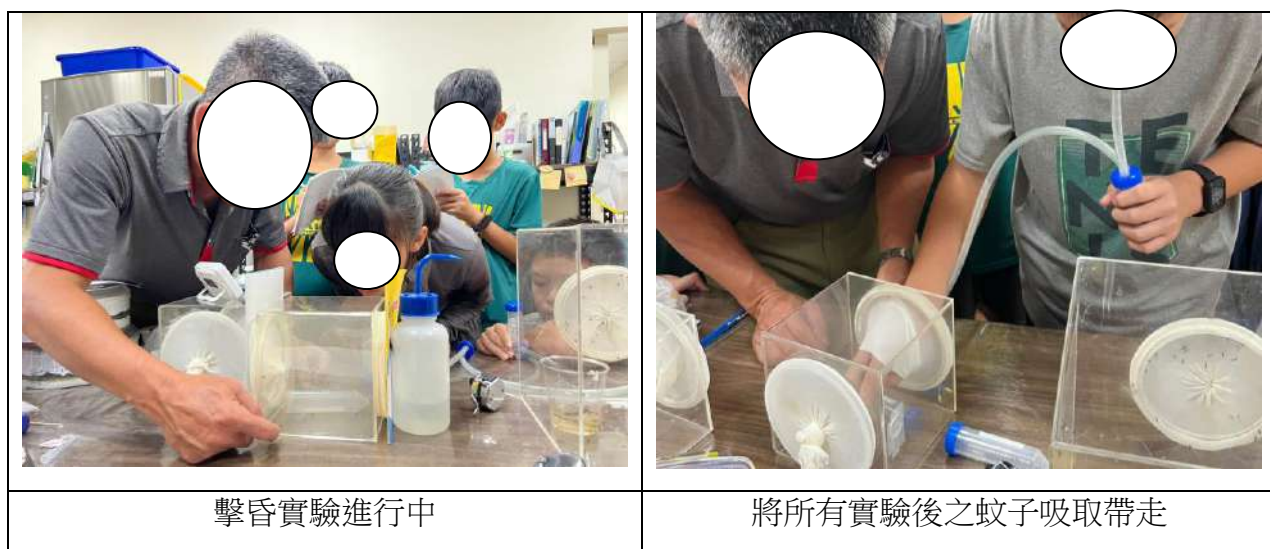
第二階段實驗如下：

一、實驗室驅蚊實驗：

為了瞭解我們咖啡渣蚊香的驅蚊效果，我們諮詢了大學生物系的教授及博士後研究員，得到了教授以及研究員很多的指導，同時因為他們實驗室正在繁殖蚊子，於是我們借用他們的實驗室進行蚊子擊昏實驗，所謂擊昏實驗，是在一個半透氣的透明箱子裡先以蚊香薰 10 分鐘，使裡面充滿煙霧，10 分鐘後取走蚊香，再把蚊子放進去，然後觀察蚊子昏倒的時間，所謂昏倒並不是說蚊子躺平了或者四腳朝天，而是指蚊子失去了反應，最簡單的方式就是觀察蚊子停止了活動，拍打箱子時蚊子也不再有反應就算擊昏，在實際生活中也就是蚊子不飛了、不再叮咬人類。

我們的實驗是在蚊子放進去後，每隔一分鐘記錄一次的方式進行，10 分鐘後停

止實驗，並把所有的蚊子取出放在飼養箱並餵食糖水，然後在 24 小時之後再觀察蚊子的擊昏狀況。實驗結果與相片如下：



擊昏實驗相片(本研究指導老師拍攝)

	第一次	第二次	第三次
投放蚊子總數	25	19	18
1 分鐘	1	4	4
2 分鐘	6	6	8
3 分鐘	7	12	12
4 分鐘	9	12	14
5 分鐘	14	13	15
6 分鐘	14	15	15
7 分鐘	22	16	16
8 分鐘	22	18	16
9 分鐘	22	18	17
10 分鐘	23	18	17
24 小時	10	5	9

表八：蚊子擊昏實驗結果表，數值為擊昏蚊子數量(本研究作者共同記錄)

針對市售蚊香，我國訂有檢測方法與標準「環境衛生用藥蚊香藥效檢測方法」(國立高雄大學，2017)，其中有一項標準是「半數擊昏時間」，指的是在這項檢測中，半數蚊子被擊昏所需要的時間，在我國的標準是 5 分鐘，由上表可以觀察出，我們的咖啡渣蚊香半數擊昏時間只要大約 3 分鐘，事實上，博士後研究員用電腦程式幫我們跑資料分析後，得到的半數擊昏時間是 2.99 分鐘，優於國家標準。

此外，在蚊子擊昏實驗中，我們觀察到蚊子被放入我們蚊香產生的煙霧箱中時，會有逃跑反應，蚊子顯得慌亂並有向外(透明箱壁)逃跑的行為，可見我們的蚊香是蚊子所排斥(懼怕)的。

再則，我們發現我們的蚊香 24 小時擊昏率 $=\frac{10+5+9}{25+19+18} \times 100\% = 38.7\%$ ，可見得我們的蚊香對蚊子並無致死性，相信這對人體是比較沒有健康危害的。

二、現場驅蚊實驗：

(一)自然吸引蚊子法：

為了模擬實際情況，我們設計了帳篷實驗，我們在學校草皮上架設了二頂帳篷（六人帳），並在內部放上蚊子誘餌（以糖水加上酵母溶液，再加上紙板上塗抹護膚乳液）吸引蚊子進入帳篷，吸引時間為 30 分鐘，30 分鐘後，我們並不取走誘餌，並在其中一頂帳篷放入咖啡渣蚊香，放置 10 分鐘後，我們將二頂帳篷紗門拉上，並在內部噴灑殺蚊劑，過了 10 分鐘後再進入帳篷內部計算蚊子屍體，計算後擦拭帳篷並通風 30 分鐘後，再重覆一次實驗，但此次我們把蚊香放到另一頂帳篷，用以中和場地因素，實驗結果與相片如下：



自然吸引蚊子法驅蚊實驗相片(本研究指導老師拍攝)

	A 帳篷	B 帳篷
第一次	0 (放蚊香)	2
第二次	3	0 (放蚊香)

表九：現場驅蚊實驗(自然吸引法)結果表，數值為蚊子屍體數量(本研究作者共同記錄)

驅蚊率我們定義為： $(\text{驅走的蚊子數} / \text{原本的蚊子數}) * 100\%$ ，我們假定自然環境下蚊子是平均分布的，同時我們也為了避免蚊子分布不均的可能性，所以我們把蚊香交換帳篷重覆一次實驗來中和掉這個可能因素。

從實驗中我們可以得知我們的驅蚊率是： $((2+3) / (2+3)) * 100\% = 100\%$ ，也就是我們的蚊香在六人帳篷的實驗條件下，10 分鐘驅蚊率為 100%。

(二)蚊子投放法：

採用自然吸引蚊子法的實驗，我們發覺吸引的蚊子數量太少，怕有失準確性，於是我們向大學生物系索取蚊子帶回學校進行實驗，實驗設計是在教室內架設二頂六人帳，中間間隔 5 公尺並且教室門窗均為開啟通風狀態，我們在二頂帳篷中均放入蚊子誘餌（以糖水加上酵母溶液，再加上紙板上塗抹護膚乳液）吸引蚊子留在帳內，接著我們同時放入蚊子，其中一頂放置蚊香，另一頂則無，10 分鐘後我們把二頂帳篷紗門拉上，同時往內部噴殺蟲劑，經過 10 分鐘後再進入帳篷內計算蚊子屍體數量，實驗相片及結果如下：



蚊子投放法驅蚊實驗相片(本研究指導老師拍攝)

	A 帳篷 (放蚊香)	B 帳篷
投放數	29	23
屍體數	5	18

表十：現場驅蚊實驗(蚊子投放法)結果表 (本研究作者共同記錄)

驅蚊率我們定義為： $(\text{驅走的蚊子數} / \text{原本的蚊子數}) * 100\%$ ，所以從以上數據，我們可以計算出二頂帳篷(一頂放蚊香，另一頂不放)的驅蚊率，放蚊香的帳篷是： $(29-5) / 29 * 100\% = 83\%$ ，不放蚊香的帳篷是： $(23-18) / 23 * 100\% = 22\%$ ，沒放蚊香的帳篷仍有部份蚊子飛出帳篷，屬於蚊子的自然移動，而有放蚊香的帳篷中很明顯的蚊子變少了，驅蚊率達到了 83%，雖然與上次自然吸引法的驅蚊率 100%有著不小的差異，但我們分析結果並檢視實驗過程，第一的可能是因為我們從大學取回蚊子到進行實驗的過程花了六個多小時，蚊子經過運送及撞擊飼養箱，可能已經造成了損傷或失去了體力，導致他們無力再飛出帳篷逃避咖啡渣蚊香，因此造成死亡在帳篷內的蚊子變多。第二種可能是因為在這次的實驗中，我們教室門窗都開著，加上當天風較大，所以蚊香被吹散導致驅蚊效果下降，但無論如何都證明了我們的蚊香確實有驅蚊效果。

三、空氣汙染實驗：

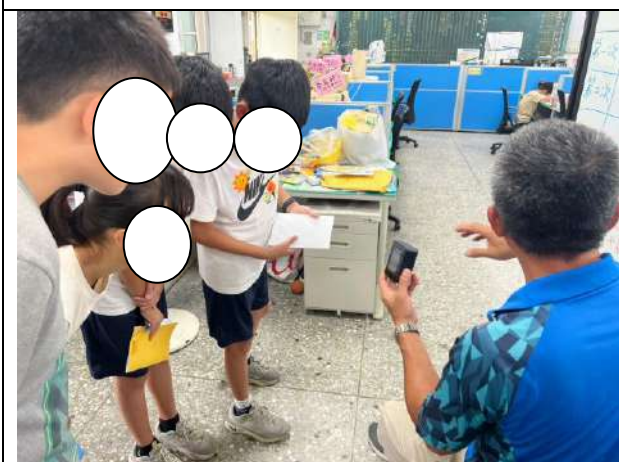
民眾使用蚊香必會關心空氣的汙染問題，於是我們購買了一部空氣品質檢測機，並進行實驗，來瞭解我們的蚊香與市售的蚊香在空氣汙染上的差異，我們總共進行二次實驗，一次是密閉教室實驗，將教室門窗完全緊閉，避免了外界空氣的干擾，另一次是將教室門窗打開，模擬真正使用蚊香的環境狀態。為了讓實驗公平，我們的實驗二種蚊香都秤 8 公克進行實驗，二次實驗結果與相片如下：



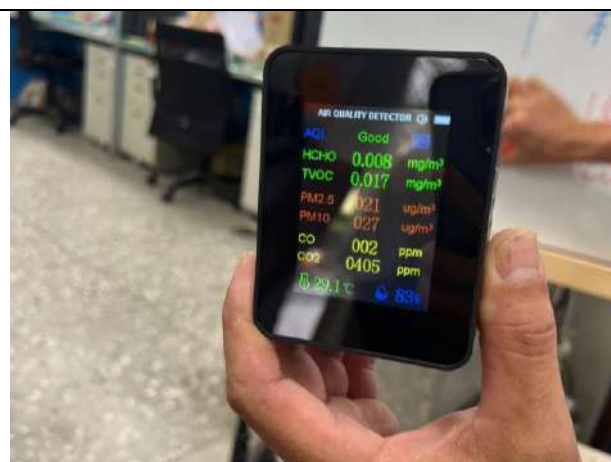
空品檢測機與計時器



市售蚊香燃燒情況



指導學生使用空氣品質檢測機



指導學生空氣品質檢測機各項數據意義

空氣汙染實驗相片(本研究指導老師拍攝)

	國家標準	咖啡渣蚊香		市售蚊香	
		使用前數值	使用後數值	使用前數值	使用後數值
AQI 空氣品質	150 以下	25	493	26	495
HCHO 甲醛	0.08ppm	0.004	0.082	0.006	0.082
TVOC 有機化合物	0.56ppm	0.015	0.987	0.013	0.990
PM2.5	35 μ g/m ³	21	82	19	248
PM10	75 μ g/m ³	27	107	24	325
CO 一氧化碳	9ppm	3	22	1	222
CO ₂ 二氧化碳	1000ppm	485	438	552	437

表十一：密閉教室空氣汙染實驗結果表，實驗地點：舞蹈教室(本研究作者共同記錄)

	國家標準	咖啡渣蚊香		市售蚊香	
		使用前數值	使用後數值	使用前數值	使用後數值
AQI 空氣品質	150 以下	171	500	26	306
HCHO 甲醛	0.08ppm	0.043	0.098	0.006	0.062
TVOC 有機化合物	0.56ppm	0.444	1.190	0.012	0.604
PM2.5	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	15	19	25
PM10	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	19	24	32
CO 一氧化碳	9ppm	9	25	1	22
CO2 二氧化碳	1000ppm	777	572	454	421

表十二：開放教室空氣污染實驗結果表，實驗地點：電腦教室(本研究作者共同記錄)

從以上空氣污染實驗看到，在密閉空間，咖啡渣蚊香的 PM2.5 及 PM10 污染數值只有市售蚊香的三分之一，而在開放空間，咖啡渣蚊香的 PM2.5 及 PM10 污染數值只有市售蚊香的二分之一，但我們檢視實驗數據，發現電腦教室原本就充斥著高空氣污染物，第一次實驗前我們未提早一小時以上將門窗打開，而是在開啟後就馬上進行實驗，殘留的空氣污染物造成我們第一次使用咖啡渣蚊香時除了蚊香所產生的污染，也加入了原有教室內空氣的污染物，所以數值提高了。如果將這個因素排除，我們的咖啡渣蚊香產生的 PM2.5 及 PM10 污染應該都只有市售蚊香的三分之一。

我們也建議使用蚊香時，人要暫時離開那個空間，或者打開窗戶再使用，因為不管是哪種蚊香，都會造成空氣污染物的增加，只不過我們的蚊香污染程度只有市售的三分之一。

四、問卷調查：

為了瞭解我們的咖啡渣蚊香購買者在使用上的成效與感受，我們組員經過討論後設計幾個問題並請老師製作線上問卷進行問卷調查，調查結果如下：

1.您覺得我們的咖啡渣蚊香的驅蚊效果如何?		
非常有效	63%	87 人
有效	35%	48 人
普通	2%	3 人
無效	0%	0 人
非常無效	0%	0 人

2.您覺得我們的咖啡渣蚊香的味道如何?		
非常不刺鼻	40%	55 人
不刺鼻	46%	64 人
普通	10%	14 人
刺鼻	3%	4 人
非常刺鼻	1%	1 人
3.您覺得我們的咖啡渣蚊香售價如何?		
非常昂貴	1%	1 人
昂貴	4%	5 人
普通	47%	65 人
便宜	34%	47 人
非常便宜	14%	20 人
4.為了環保與健康，您願意以市售蚊香六倍的價格購買環保天然的咖啡渣蚊香嗎？		
非常願意	34%	47 人
願意	46%	63 人
普通	16%	22 人
不願意	4%	6 人
非常不願意	0%	0 人
5.您願意再度回購我們的咖啡渣蚊香嗎?		
非常願意	50%	69 人
願意	43%	59 人
普通	7%	10 人
不願意	0%	0 人
非常不願意	0%	0 人
6.您願意再度回購咖啡渣蚊香的原因為何？(此題為複選題)		
驅蚊效果很好		95 人
價格很合理		56 人
支持環保與健康		118 人
支持學生畢業旅行		101 人
不願意回購		0 人

表十三：使用者問卷調查結果表(本研究指導老師協助製作)

我們採用線上問卷方式進行調查，並藉由學校臉書公布網址，請曾經購買我們蚊香或使用過我們蚊香的使用者填寫，總共有 138 人填寫問卷，從問卷的統計中可以看到 98%

的使用者認為我們的咖啡渣蚊香有驅蚊效果，86%填寫我們的咖啡渣蚊香不刺鼻，在售價上我們的蚊香有48%的使用者認為便宜，有80%的使用者認同環保與健康理念願意以六倍於市售蚊香的價格買咖啡渣蚊香，有93%的使用者願意再回購我們的咖啡渣蚊香，而願意回購的原因在「驅蚊效果很好」、「支持環保與健康」以及「支持學生畢業旅行」三個選項上有較高的回應。

伍、研究結果

我們想要解決咖啡渣、茶葉渣、黃豆渣直接丟棄焚化爐所造成的二氧化碳的排放問題，於是我們想到這些渣渣的特性都是可以燃燒，加上去年登革熱大爆發，於是我們經由實驗做成了環保蚊香。

在這個實驗的過程中，我們得到了以下的結果：

一、最佳比例：

我們知道了蚊香的三個主要組成項目分別是黏著劑、基材與驅蚊材料，黏著劑採用純天然的楠木粉，基材則是使用咖啡渣、茶葉渣與黃豆渣，而驅蚊材料則選用天然的艾草粉，經過實驗我們得了以後的結果：

蚊香名稱	比例
咖啡渣蚊香	楠木粉(1)：咖啡渣(4)：艾草(6)
茶葉渣蚊香	楠木粉(1)：茶葉渣(4)：艾草(6)
黃豆渣蚊香	楠木粉(1)：黃豆渣(4)：艾草(8)

表七：環保蚊香最佳比例表

在這個比例下製作蚊香，可得到不中斷的燃燒效果，同時得到良好的味道，最重要的是達成低成本與環保的目的，也就是可以使用最多的渣渣。

二、蚊香各種粉末水量需求表：

製作蚊香的過程，水量的多寡會決定成敗，我們經由實驗，得到各種粉末的水量需

求表，未來製作蚊香時，只要知道各種粉末的重量，就可以事前準備合適的水量，以確保製作過程可以成功，以下是各種粉末所需水量表：

粉末名稱	每公克粉末所需水量
黃豆渣	5.93 公克
茶葉渣	5.36 公克
艾草粉	3.24 公克
楠木粉	1.89 公克
咖啡渣	1.53 公克

表八：蚊香各種粉末水量需求表(本研究作者共同記錄)

三、蚊香的燃燒時間：

我們把直條形蚊香量測 10 公分並做記號，然後進燃燒實驗以取得每公分蚊香可以燃燒的時間，結果如表六所示，我們的蚊香每公分約可燃燒 5 到 6 分鐘，我們做的螺旋型蚊香長度約為 25 公分，也就是可以燃燒 125 分鐘至 150 分鐘。

四、咖啡渣蚊香的驅蚊效果：

關於驅蚊效果，我們共進行了實驗室實驗、現場實驗以及問卷調查，我們的半數擊昏時間只要大約 3 分鐘，比起商品檢驗合格標準還要更好；在採用自然吸引蚊子法的現場實驗中在六人帳篷 10 分鐘的驅蚊率可以達到 100%，而採用投放蚊子法的現場實驗中，驅蚊率可以達到 83%；而在問卷調查中，有 98% 的使用者認為我們的蚊香是有效的，綜合以上結果，我們可以確定我們的蚊香具有良好的驅蚊效果。

五、咖啡渣蚊香與市售蚊香的空氣汙染比較：

我們在這個實驗採用了二種比較方式，一種是密閉教室，另一種則是開放教室，在這項空氣汙染比較中，我們的蚊香在 PM2.5 及 PM10 的汙染數值上只有市售蚊香的三分之一，但我們也發現，如果蚊香在密閉空間使用，他所造成的空氣汙染是對人體有害的，因此建議使用蚊香時，人不要在裡面，如果要在裡面就要把門窗打開。

六、製作小技巧：

在我們實驗過程中，經歷了很多的失敗，例如一開始楠木粉比例過高，蚊香像石頭一樣的硬，根本燒不起來，還有我們堅持所有材料要用天然的，不能有化學成份，所以蚊香還沒曬乾就發霉了，以下是我們在實驗後所得到的小技巧：

1. 曝曬蚊香時，底板要用透氣的材料：一開始我們用不鏽鋼板作為底板進行曝曬，結果還沒曬乾就發霉了，經過討論我們認為不鏽鋼無法透氣，蚊香底部的水氣無法透出。後來我們改用紗窗及木板，問題就解決了，因為紗窗四面都可以通風，而木板可以吸收水分，所以不會再發霉了。
2. 製作塔香時，中間要用筷子戳一個洞：因為塔香是圓錐形，下部的直徑很大，如果沒有在中間戳一個洞，裡面的水份將無法散出，會導致發霉。
3. 粉末一定要細緻：我們分別向不同廠商採購艾草粉，有的廠商艾草粉比較粗糙，結果會導致蚊香燃燒時容易中斷，後來我們會先把這些粗糙的粉末再加以研磨，這個問題就解決了。
4. 還沒曬乾前，晚上要把蚊香放在通風處：一開始白天我們把濕潤的蚊香拿出去曬太陽，晚上收進辦公室存放，結果這些蚊香都發了霉，我們思考原因可能是因為辦公室晚上都封閉門窗，後來我們晚上改放在教室走廊就解決了這個問題。
5. 粉末攪拌要均勻：當蚊香材料的全部加在一起後，一定要充份攪拌，讓所有的粉末均勻混合，有時候我們沒有混合均勻，結果做出來的蚊香容易斷裂，也容易在曝曬的過程中變形。

陸、討論

在實驗的過程中我們針對以下問題在同學間有了不同的想法與疑問，我們的討論如下：

一、發霉的問題如何解決？

在曝曬過程以及後續的存放，我們的蚊香因為沒有添加防腐劑，所以常常會遇到發

霉的問題，在曝曬時，我們發現蚊香與盛皿的接觸面最容易發霉，我們討論後認為器皿無法透氣，導致水分無法蒸發而導致發霉，於是我們改用紗窗，讓四面八方都可以透氣，同時也嘗試用密度比較低的原木木板，發現效果都很棒，紗窗是利用四面透氣的原理，而木板有毛細孔，同時也會吸水，然後擴大水分蒸發的面積。至於後續的存放，因為我們無法保證曬到零水分，所以還是要用透氣的容器來裝蚊香，於是我們採用瓦楞紙盒來裝蚊香，目前效果也很理想。

二、蚊香的粗細會影響燃燒時間嗎？

我們實驗製作的蚊香直徑約在 0.8 公分到 1 公分之間，我們的燃燒實驗也是用這種蚊香進行的，同學就很好奇，如果粗細不同呢？是不是燃燒的時間就會不一樣？我們也試著把不同粗細(直徑 0.8~1.2 公分)的蚊香點燃觀察，發現粗細不同的蚊香燃燒速度並沒有明顯的不同，但這一點我們覺得還要再做實驗來驗證，因為我們目前觀察的蚊香粗細差異並不會太大，如果把蚊香直徑做到 2 公分，也許結果會不同，但要知道結果還是要在未來再進行實驗。

三、還有哪些食品廢棄物也可以做成蚊香？

我們知道還有很多的果皮是直接丟入焚化爐的，以學校所在地來說，柚子是當地的重要產物，於是我們嘗試把柚子皮曬乾並磨粉後，以跟咖啡渣蚊香相同的比例製作蚊香，結果效果相當好，所以我們認為其他柑橘類的果皮一定也可以做成蚊香。

四、有些人不愛用蚊香，我們這些技術還可以做出什麼產品？

在推廣蚊香製作技術時，我們發現有很多人不喜歡用蚊香，於是我們思考，我們的技術還可以做出什麼產品，我們分析這些材料的特性以及在我們實驗中的心得，我們嘗試把這些材料製作成小方塊並用絹袋裝著，把這些產品放在車內有芳香及吸收異味的效果，我們未來可能會再嘗試將這些食品廢棄物加上我們的技術做成不同的產品。

五、我們要公開我們的配方與製作方法嗎？

我們投入了大量的時間與精力進行一連串的實驗才成功的製作出咖啡渣、黃豆渣與茶葉渣蚊香，我們是可以保守配方與方式來確保我們可以販賣賺錢，但如同牛頓說的，站在巨人肩膀上可以看得更遠，為了環保與科學，我們應該將配方及方法公開，一來讓更多人在家裡就可以自己製作咖啡渣蚊香，減輕焚化爐的負擔，同時也減緩地球的暖化，

二來可以激發更多人接續進行後續的研究，研發出更好的環保蚊香。

柒、結論

經由此次的實驗，我們得出以下的結論：

- 一、咖啡渣、黃豆渣以及茶葉渣，這些食品廢棄物含水量很高，如果直接丟進焚化爐將會耗用很多的燃料或電力去燃燒，這就會產生很多的二氧化碳，依據我們查到的資料，焚化爐每處理一公斤的生廚餘將會產生大約二公斤的二氧化碳，如果能妥善的處理這些渣渣，甚至更進一步的利用它們，那麼地球的暖化就可以減緩。
- 二、我們從環保的角度考量，也就是要最大量的使用這些渣渣，並考慮成本與驅蚊效果後，設計了一連串的實驗，找出了使用這些渣渣做成蚊香的最佳比例，實驗完成後，我們教導了很多家長、老師以及同學製作環保蚊香，反應都非常的好，無論是在實驗室中做的驅蚊實驗，或者我們在學校使用以及讓同學帶回家裡使用，甚至購買我們產品的使用者都給了我們良好的回應，可見這樣的蚊香是有效果而且受到歡迎的。
- 三、不管是市售蚊香或者是我們的咖啡渣蚊香，使用時都會造成空氣上的汙染，即使我們的蚊香在 PM2.5 及 PM10 上只有市售蚊香汙染的三分之一，我們仍建議使用蚊香時要暫時離開使用空間，或者開窗使用。
- 四、我們也把蚊香製作過程及比例拍成了影片，上傳到社群媒體，我們希望有更多的人投入環保蚊香的製作，大家一起為減緩地球暖化而努力。
- 五、從 SDGs 或從 ESG 的角度來看，廢棄物再利用與減少碳排，都會是未來的重要課題，值得我們投入更多的關注與研究。

捌、參考資料及其他

- 1.環境部(2023)，清淨家園顧厝邊綠色生活資訊網一人一天至少減碳一公斤的小撇步，
<http://ecolife.epa.gov.tw>
- 2.翰林出版社(2023)，自然六下課本，生物、環境與自然資源單元
- 3.翰林出版社(2023)，自然五上課本，空氣與燃燒單元
- 4.行政院農業委員會—農業知識入口網(2017)，艾草，
<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=37352>
- 5.順億化工(2023)，楠木粉與香料比例，
https://www.sese.tw/product/P180502006058?category_sn=710
- 6.國立高雄大學(2017)，建立我國環境用藥藥效方法技術規範期末報告，計畫編號：
TCSB-106-HC04-02-A008，行政院環境保護署毒物及化學物質局委託研究

【評語】 083012

本件作品探討咖啡、黃豆、茶葉渣等食品廢棄物再利用製作成蚊香，再檢測驅蚊效果、對空氣影響、民眾接受度及成本，此研究構想對減碳及地球永續循環經濟具正向貢獻。製作過程描述詳細，研究測試出合適的調配比例，然而驅蚊實驗的設計和實施不易，實驗結果須能具有再現性，後續也可進一步探討防蚊的成分或原因。

作品簡報

渣渣變蚊香——讓咖啡豆漿再度飄香

渣渣變蚊香—讓咖啡豆漿再度飄香

摘要

※臺灣每天喝掉600萬杯咖啡，產生30公噸的咖啡渣，另外每天還會產出1150公噸的黃豆渣與822公噸的茶葉渣；這些殘渣如果進了焚化爐，每天將產生超過4000公噸的二氧化碳！

※我們成功的使用這些渣渣加上楠木粉、艾草粉做出環保蚊香，並且經由實驗確認具有驅蚊效果，且空氣汙染指數只有市售蚊香的三分之一。

壹、研究動機

※原本我們學校就有蚯蚓養殖場，用以分解高含水量的生廚餘，減少垃圾焚化爐的負擔。

※蚯蚓不愛吃咖啡渣，導致分解速度非常慢，還有其他方法可以處理咖啡渣嗎？

※除了咖啡渣，還有黃豆渣與茶葉渣，如何一併處理？

※登革熱大流行，如果能利用這些渣渣製作成蚊香，那麼不但解決這些渣渣的焚化問題，又可以防制登革熱。

貳、研究目的

- 一、找出最佳比例配方與製作方法，將這些渣渣製作成環保蚊香。
- 二、尋找相關的製作材料資訊。
- 三、經由實驗找出配方及製作方法，生產出純天然的蚊香。
- 四、經由實驗瞭解這些蚊香的驅蚊效果與空氣汙染情況。
- 五、公布配方及製作方法，讓更多人可以在家裡就可以自行製作蚊香，一起為環保付出。

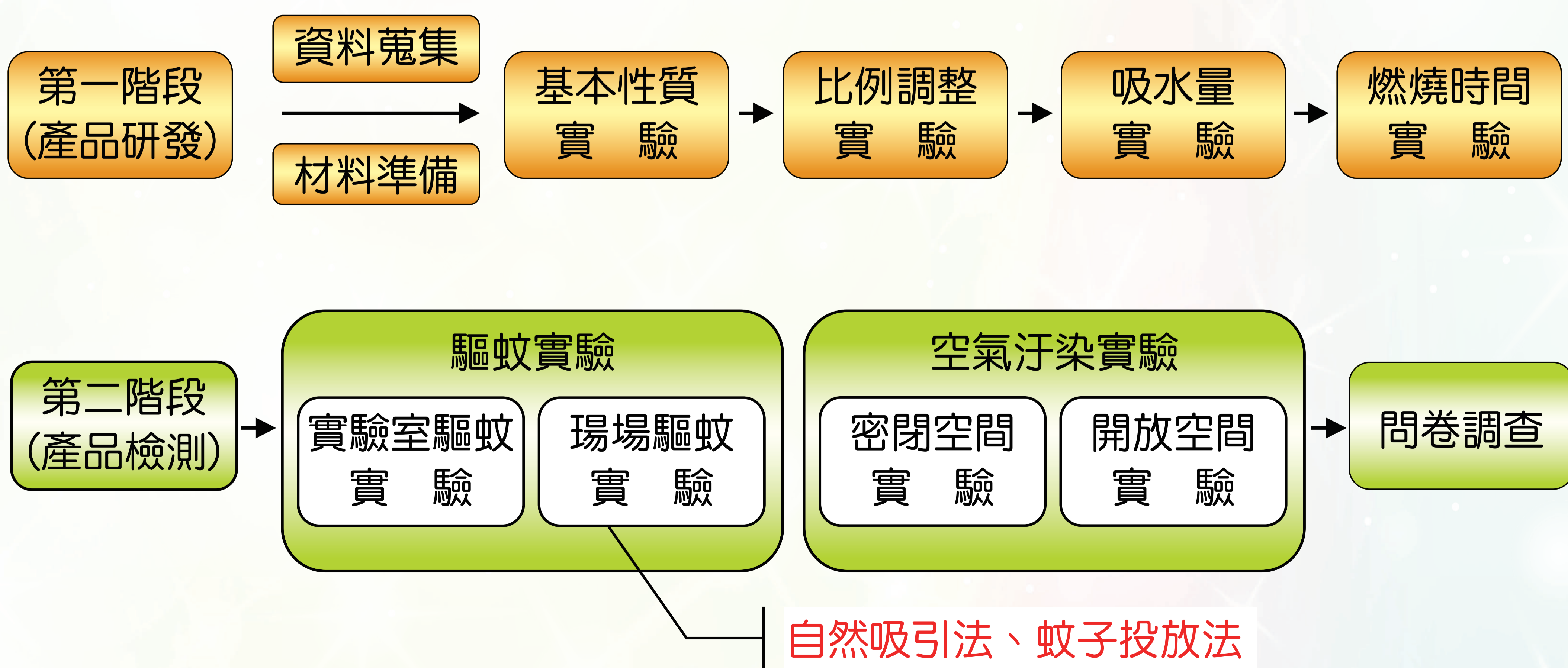


蚊香比例實驗相片(第一指導老師拍攝)

參、研究設備及器材

- 一、不鏽鋼盆、電子秤。
- 二、紗窗、大木板。
- 三、擊昏實驗箱。
- 四、帳篷。
- 五、空氣品質檢測機。
- 六、向大學借用實驗室及蚊子。

肆、研究過程或方法



圖一：研究架構圖(本研究第一指導老師製作)

伍、研究結果

一、最佳比例：

我們要求蚊香的最佳比例要滿足三項基本要求，分別是(一)燃燒不能中斷，(二)盡可能的使用掉那些渣渣，(三)要有驅蚊效果。在這三種要求下我們得出的最佳比例是：

蚊香名稱	比例
咖啡渣、茶葉渣蚊香	楠木粉(1)：咖啡渣(4)：艾草(6)
黃豆渣蚊香	楠木粉(1)：黃豆渣(4)：艾草(8)

表一：環保蚊香製作最佳比例表(本研究作者共同記錄)

而要調和這些渣渣每公克的需水量分別是黃豆渣5.93公克、茶葉渣5.36公克、艾草粉3.24公克、楠木粉1.89公克、咖啡渣1.53公克。並且以這樣配方做成的蚊香，每公分燃燒時間約為5~6分鐘。

二、驅蚊效果：

我們去大學借用實驗室及蚊子並進行擊昏實驗，市售蚊香的半數擊昏時間標準是5分鐘以內，我們蚊香實驗的結果是大約3分鐘(2.99分鐘)，優於國家標準。

	第一次	第二次	第三次
投放蚊子總數	25	19	18
1分鐘	1	4	4
2分鐘	6	6	8
3分鐘	7	12	12
4分鐘	9	12	14
5分鐘	14	13	15
...
24小時	10	5	9

表二：蚊子擊昏實驗結果表，數值為被擊昏蚊子數量(本研究作者共同記錄)

另外，我們也使用帳篷模擬生活環境並以二種方式(自然吸引蚊子法、蚊子投放法)進行驅蚊實驗，得出驅蚊率如下表：

	自然吸引蚊子法	蚊子投放法
總投入蚊子數	5	29
10分鐘驅蚊率	100%	83%

表三：生活環境驅蚊實驗結果表(本研究作者共同記錄)

三、空氣汙染：

為了瞭解我們的咖啡渣蚊香與市售蚊香在空氣汙染上的差異，我們進行了空氣汙染實驗，我們再把空氣汙染實驗分成密閉空間實驗與開放空間實驗，密閉空間的實驗結果如下表所示，其中在PM2.5、PM10上，咖啡渣蚊香的汙染數值只有市售蚊香的三分之一，在一氧化碳的汙染數值上更只有市售蚊香的十分之一。

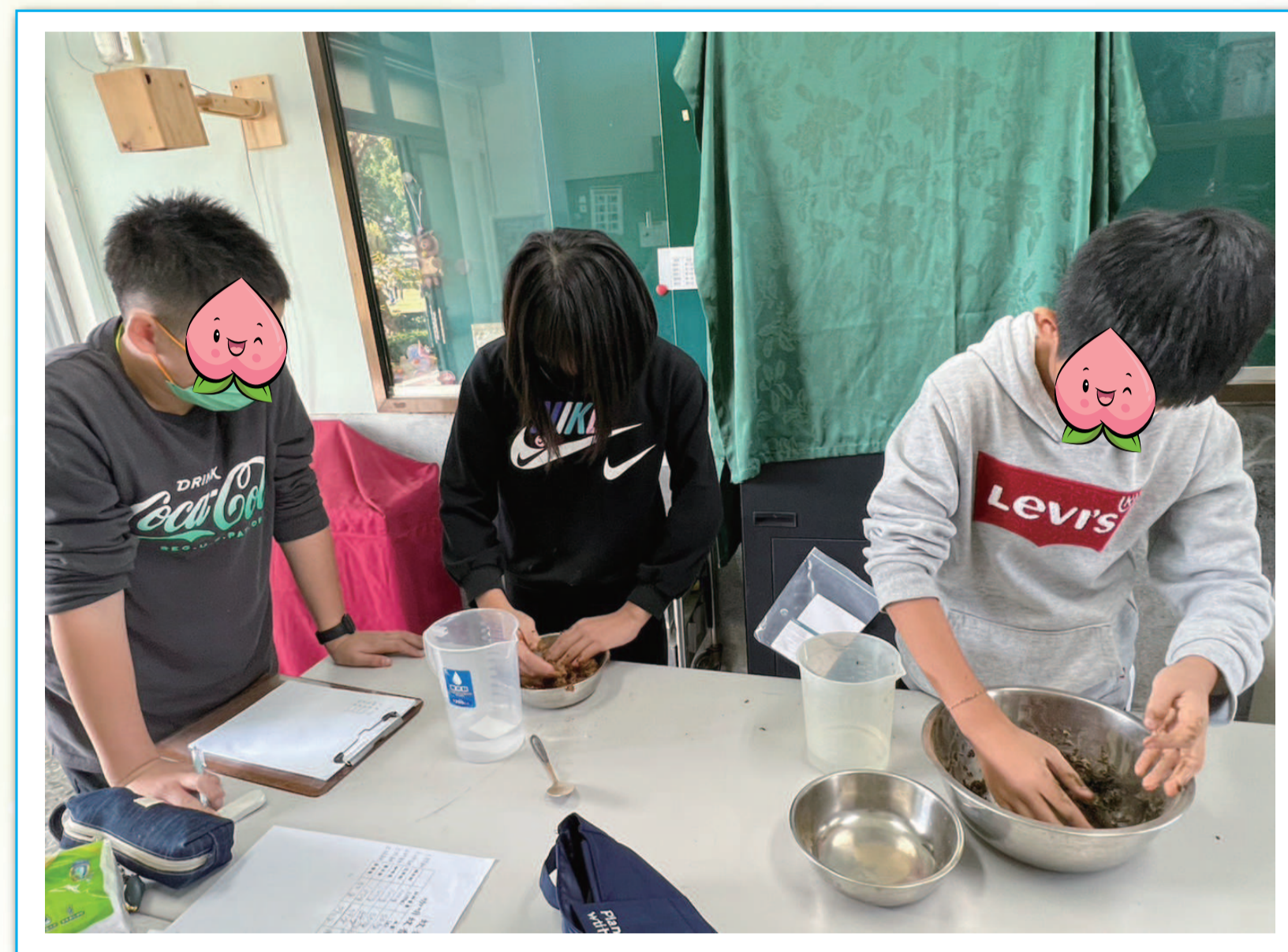
檢測項目	國家標準	咖啡渣蚊香	市售蚊香
AQI 空氣品質	150 以下	493	495
PM2.5	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	82	248
PM10	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	107	325
CO 一氧化碳	9ppm	22	222
CO ₂ 二氧化碳	1000ppm	438	437

表四：密閉空間空氣汙染實驗結果表(本研究作者共同記錄)

陸、討論

一、驅蚊實驗中二種實驗方法為何驅蚊率會有落差？

我們回顧實驗過程，發現在我們做蚊子投放法時，因為我們的蚊子是從大學用透明小箱子載回來學校，過了6小時後才實驗，蚊子受傷的受傷，沒力氣的沒力氣，就算用蚊香薰他，他也逃不出去了，因此蚊香製作相片(第一指導老師拍攝)我們認為真正的驅蚊率絕對不只如此。以後如果再做這項實驗，應該直接把器材搬到大學去，就近實驗。



二、開放空間汙染實驗為何咖啡渣的數據沒有像密閉空間實驗那麼優秀？

我們回顧後發現，因為實驗地點在新裝潢好的電腦教室，實驗前沒有提早一小時打開通風就立即做實驗，原有裝潢及電腦機器等產生的汙染物仍留在教室空間中，所以接續進行的咖啡渣蚊香實驗其汙染數值就受到原本留在空間中的汙染物影響，導致數據不是那麼好。

柒、結論

- 最近垃圾車清運問題再度成為全台熱門新聞，廚餘(食品廢棄物)的問題浮上檯面，我們的蚊香可以有效的減少這些食品廢棄物進入焚化爐的數量，同時還能防制登革熱，是防蚊時兼顧環保的最佳選擇。
- 我們諮詢大學生物系教授與博士後研究員進行嚴謹的驅蚊實驗，結果證實我們的驅蚊效果符合國家檢驗標準。
- 經由我們所做的空氣汙染實驗，在密閉空間中，燃燒等量的咖啡渣蚊香與市售蚊香，我們產生的汙染物在PM2.5、PM10上只有市售蚊香的三分之一，在一氧化碳上只有市售蚊香的十分之一，其他汙染數值差異不大，代表我們的蚊香空氣汙染比市售蚊香低。
- 我們的蚊香驅蚊但不殺蚊，少了市售蚊香含有的百滅寧、亞烈寧、第滅寧…等等，對家中寵物無害，當然對人體的傷害也會減少，因為我們的材料單純而且天然。



燃燒時間實驗相片(第一指導老師拍攝)



各種造形蚊香相片(第一指導老師拍攝)