

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

(鄉土)教材獎

082912

「菇」「助」一擲—菌絲體防撞材料之研究

學校名稱：臺中市南屯區惠文國民小學

作者：	指導老師：
小六 張乃茵	陳俊明
小五 陳亮仔	郭榮
小五 杜逸宸	
小五 陳宥均	
小五 陳炤瑒	
小五 黃敬惟	

關鍵詞：蘑菇、菌絲體、太空包

摘要

經媒體得知有人利用蘑菇菌絲體製作出防撞包裝材料，在台灣，菇類的產量大品種多，每年都產生大量的太空包農業廢棄物。因此，我們想透過研究協助解決問題，達到循環經濟的目的。研究結果顯示：不論是使用過的或是未使用過的秀珍菇和藍寶石菇太空包，所製作出的材料都有很好的防撞效果，若摻入 30% 的咖啡渣，耐撞力更好。拿我們製作的材料和市面上的保麗龍、瓦楞紙板與泡泡紙包裝材料相比，在耐撞性、防火性及熱絕緣性都有很好的效果，在潮濕的環境下容易發霉，代表易被微生物分解對環境友善。我們以燒杯作為實際物品測試，當燒杯以我們製作的材料包覆時，可耐 50 次以上銅球的撞擊，且從 180 公分高度落下也毫髮無傷，證明是很好的防撞包裝材料。

壹、研究動機

聯合國於 2015 年提出永續發展方針(SDG)，其中包含「負責任的生產消費循環」，強調循環經濟的重要。有一次在和爸爸觀賞 TED 影片時，剛好報導到一位先生利用蘑菇產生的菌絲體製作出防撞材料，IKEA 公司還要跟他合作，這讓我覺得很有趣也很有意義。查了網頁，他說他所使用的蘑菇種類是商業機密，我想台灣也有很多菇類生產，或許我也可能找到適合製作的蘑菇也不一定。

貳、研究目的

- 一、了解菇類的生長條件。
- 二、探討菌絲體生長需要哪些條件。
- 三、研究如何測試防撞能力。
- 四、學習滅菌的方法。
- 五、比較不同防撞材料的性質與防撞能力。
- 六、解決生活中遭遇的問題。

參、研究設備與材料

一、研究器材設備:

- | | | | | |
|---------|--------|--------|---------|--------|
| 1.燒杯 | 2.電子秤 | 3.容器 | 4.美工刀 | 5.剪刀 |
| 6.塑膠杯 | 7.噴霧器 | 8.量筒 | 9.手套 | 10.攪拌器 |
| 11.照相機 | 12.藥匙 | 13.銅球 | 14.壓克力管 | 15.棉線 |
| 16.熱塑塑膠 | 17.木板 | 18.計數器 | 19.計時器 | 20.微波爐 |
| 21.溼度計 | 22.吹風機 | 23.溫度計 | 24.三腳架 | 25.酒精燈 |
| 26.擋風板 | 27.蒸籠 | 28.勺子 | 29.玻璃皿 | 30.切割器 |

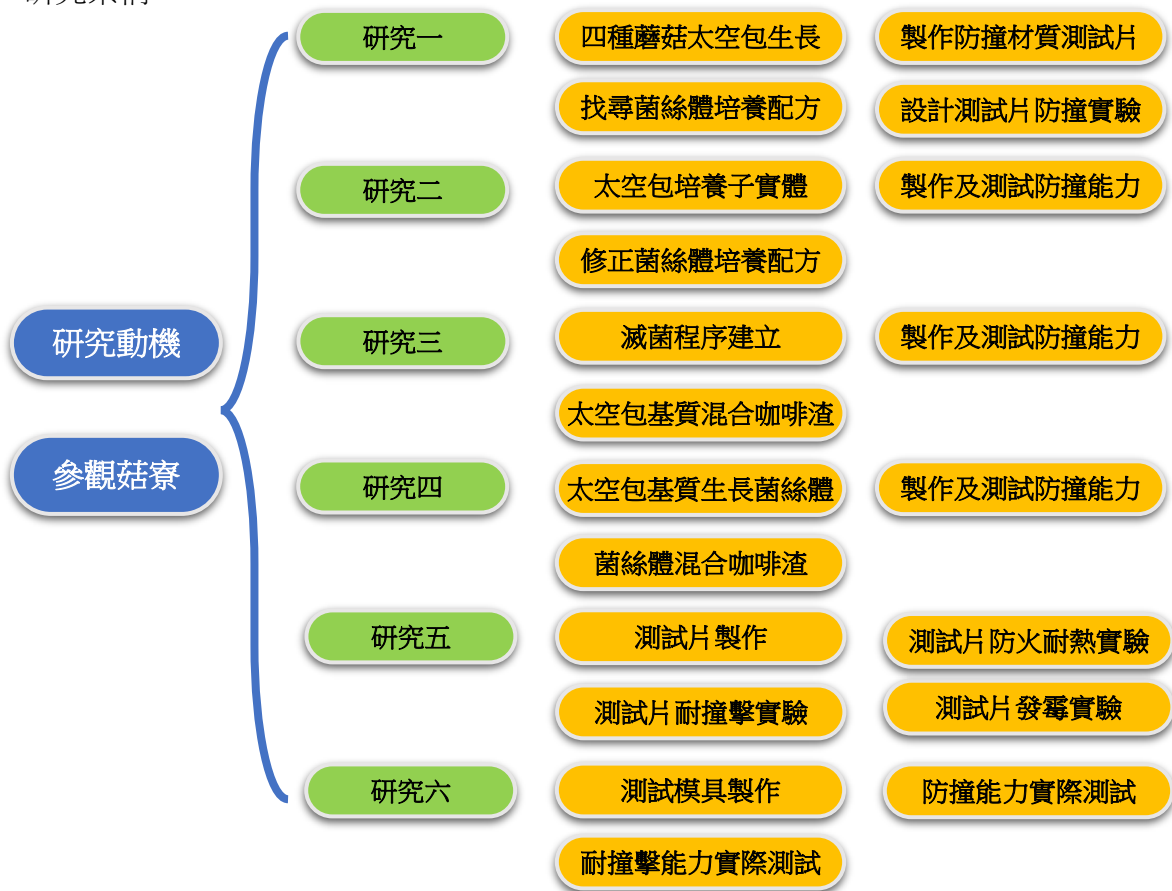
二、研究材料:

- | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1.秀珍菇太空包 | 2.藍寶石菇太空包 | 3.茶樹菇太空包 | 4.珊瑚菇太空包 |
| 5.中筋麵粉 | 6.水 | 7.酒精 | 8.咖啡渣 |
| 9.瓦楞紙板 | 10.保麗龍 | 11.泡泡紙 | 12.珍珠板 |



肆、研究方法、結果與討論

一、研究架構






二、研究內容




研究一以太空包基質作為防撞材料可行性初探

我們在網路影片上看到有人用蘑菇來製作防撞材料，申請專利並與家具公司合作覺得很有趣，於是我們上網蒐集資料，實地參訪菇寮，了解太空包的製作與生長過程，經由負責人的介紹，我們選用了四種太空包來進行實驗。

(一)Covative 公司以蘑菇包裝材料製作說明

在網路上，我們看到 Covative 公司利用蘑菇製作出易生長、易降解，對環境友善的防撞包裝材質，影片中說只要跟他們公司買一包含有特殊蘑菇孢子的木屑、加入水和麵粉後，經過一段時間就能長出菌絲體來包覆木屑，作成防撞包裝材質。

		
1.將所有器具以酒精消毒	2.加入養分(麵粉、水)	3.用手搖均勻，密封放置

		
4.放置 10 天後取出捏至粉碎	5.放入盒子、包上保鮮膜後將保鮮膜戳洞	6.放入熱風乾燥機烘乾

(二)SDG(聯合國全球永續發展目標)

聯合國於 2000 年發布「千禧年發展目標」，期盼透過努力落實八項目標：消滅貧窮飢餓、普及基礎教育、促進兩性平等、降低兒童死亡率、提升產婦保健、對抗病毒、確保環境永續與全球夥伴關係。到了 2015 年，召開「聯合國發展高峰會」，再提出「翻轉我們的世界：2030 年永續發展方針(SDG)」，規畫出 17 項永續發展目標及 169 項追蹤指標，這份方針同時兼顧了「經濟成長」、「社會進步」與「環境保護」等三大面向，17 項永續發展目標中包含了「負責任的生產消費循環」。

(三)文獻探討

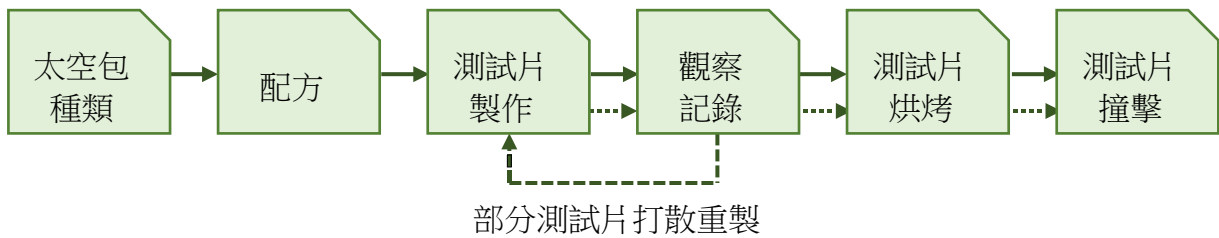
篇名	作者	主要內容
『渣』很大—殼殼渣渣站起來-探討椰子殼、茶渣、甘蔗渣等廢棄物再利用 (49 屆國小生活應用科學)	劉冠妤、鄭元皓、吳欣融、張澤、莊凱歲、陳為京	利用椰子殼、甘蔗渣與茶渣，混合最低的回收紙來製造成紙張，並研究紙的隔熱性、吸油性、吸水性與燃燒效能。
爆米花屠龍記 (49 屆國小生活應用科學)	袁苙芸、徐暉傑、李瑞軒、梁少彥	以外型長的很像保麗龍的爆米花跟保麗龍做比較。爆米花更是容易分解、易再生的天然材質,百利而無一害。
「啡」長「菇」得~Very Good (51 屆國小生活應用科學)	黃釧雲、紀榮翔、張鴻文、陳洛藜	台灣沒有咖啡渣種菇的相關研究資料，因此想找出以咖啡渣種菇的模式，在家就可種出具有抗疲勞、提高免疫力及延緩衰老作用的珊瑚菇。
火龍吸水、柚造奇蹟-探討果皮製成可生物降解的吸水材 (58 屆國中生活應用科學)	葉欣彰、楊晨麟、謝昕燁	本研究利用火龍果皮與柚子皮交聯反應後，成功製成可生物降解的吸水材，進而應用在生活中的吸水杯墊與吸水。

(四)參觀菇寮

		
<p>菌絲生長的溫度範圍較廣，在 5~34℃ 均能生長；而以 22~26℃ 為最合適。</p>	<p>太空包主要成分為 95% 天然木屑，添加米糠、玉米粉、麥粉等五穀類有機物混合。</p>	<p>有各種品種的太空包</p>

(五)研究方法


1. 實驗流程



2. 太空包種類

秀珍菇	藍寶石菇	茶樹菇	珊瑚菇
-----	------	-----	-----




3. 測試樣本製作

		
<p>1. 將所有器具以酒精消毒</p>	<p>2. 將太空包基質倒出秤重、捏至粉碎</p>	<p>3. 把太空包基質按照配方加入已消毒杯子中</p>
		
<p>4. 按照配方加入水、麵粉</p>	<p>5. 將所有配方搖勻</p>	<p>6. 蓋上杯蓋，拍照記錄</p>

4.實驗配方

編號	太空包基質 (克)	中筋麵粉 (克)	水 (克)	編號	太空包基質 (克)	中筋麵粉 (克)	水 (克)
1	50	0	0	7	50	10	10
2	50	0	5	8	50	10	15
3	50	0	10	9	50	20	0
4	50	0	15	10	50	20	5
5	50	10	0	11	50	20	10
6	50	10	5	12	50	20	15

5 測試片種類：

未經過烘烤測試片	烘烤過測試片	重新打散菌絲體 再製測試片
		

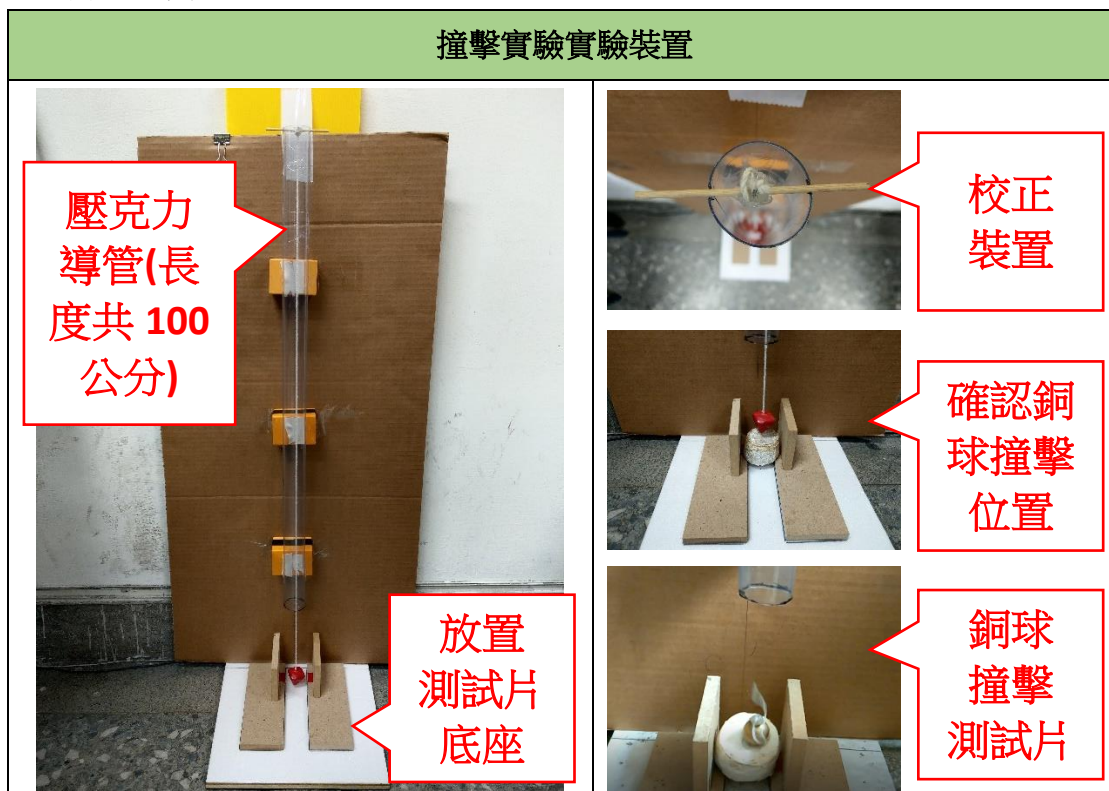
6.實驗觀察：

硬度變化	菌絲體生長	黴菌生長	拍照記錄
每日以手捏方式觀察基質變硬情形	每日以目視法觀察基質表面菌絲體生長情形	每日以目視法觀察基質表面黴菌體生長情形	菌絲體表面有任何變化，紀錄在紀錄紙並拍照

7.測試片烘乾程序：為比較測試片耐撞程度是否受有無烘烤的影響，一部分測試片未經過烘烤程序製作。

			
製作完成尚未烘烤測試片	放入微波爐加熱去除水分並增加強度	測試片烘烤完靜置降溫	測試片烘烤前後皆須秤重

8. 測試片撞擊實驗



9. 撞擊實驗評估：以銅球進行撞擊(銅球重量 68.56 克，撞擊高度 100 公分)，每次撞擊後，依據評估表觀察測試片的破壞情形。

小裂痕或凹陷	大裂縫或小块剝落	測試片破裂

(四) 研究結果

1. 四種太空包菌絲體生長情形

秀珍菇	藍寶石菇	茶樹菇	珊瑚菇
菌絲體最多	菌絲體次之	完全無法長出菌絲體	

2.未生長子實體太空包基質(未使用過太空包)

(1)秀珍菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 是否 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	4	2	-	49.6	19.44	2	5	11	否
2	-	2	-	53.8	20.18	1	10	11	否
3	-	2	-	55.2	20.50	2	11	13	否
4	-	2	-	60.4	24.21	2	8	14	否
5	4	2	-	57.2	22.21	2	12	28	否
6	4	2	-	61.6	22.81	3	7	9	否
7	4	2	-	65.7	25.95	6	7	10	否
8	-	2	-	68.1	27.45	5	24	>30	是
9	3	2	-	65.7	30.44	1	14	>30	是
10	3	2	-	70.6	34.22	1	13	>30	是
11	3	2	-	73.7	32.79	1	29	>30	是
12	4	2	-	79.9	41.45	9	8	>30	是

註：「-」代表未發生

(2)藍寶石菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 是否 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	-	3	-	50.2	21.97	1	-	4	否
2	-	3	-	52.6	15.92	1	-	3	否
3	-	3	-	56.0	16.88	2	-	6	否
4	-	3	-	59.1	17.04	2	-	4	否
5	2	3	-	59.4	19.65	2	-	4	否
6	2	3	-	63.1	22.91	3	-	6	否
7	2	3	-	64.5	24.96	6	19	>30	是
8	2	3	-	69.5	23.55	5	28	>30	是
9	2	1	-	69.0	31.83	1	15	>30	是
10	2	1	-	70.9	30.00	1	22	>30	是
11	2	1	-	74.6	31.05	1	20	25	否
12	2	1	-	77.1	27.88	9	19	>30	是






3. 未生長子實體太空包基質未使用過太空包)再打散重製

(1)秀珍菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 是否 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	4	2	-	48.5	33.94	1	-	2	否
2	-	2	-	53.6	37.41	1	2	3	否
3	-	2	-	56.0	36.79	-	-	1	否
4	-	2	-	59.4	40.94	-	-	2	否
5	4	2	-	54.2	35.84	8	23	>30	是
6	4	2	-	59.8	39.75	9	18	>30	是
7	4	2	-	64.6	45.58	12	15	17	否
8	-	2	-	67.3	48.93	1	16	>30	是
9	3	2	-	57.9	39.28	4	24	>30	是
10	3	2	-	64.7	40.12	3	3	>30	是
11	3	2	-	67.6	49.30	5	19	>30	是
12	4	2	-	72.6	53.31	1	11	>30	是

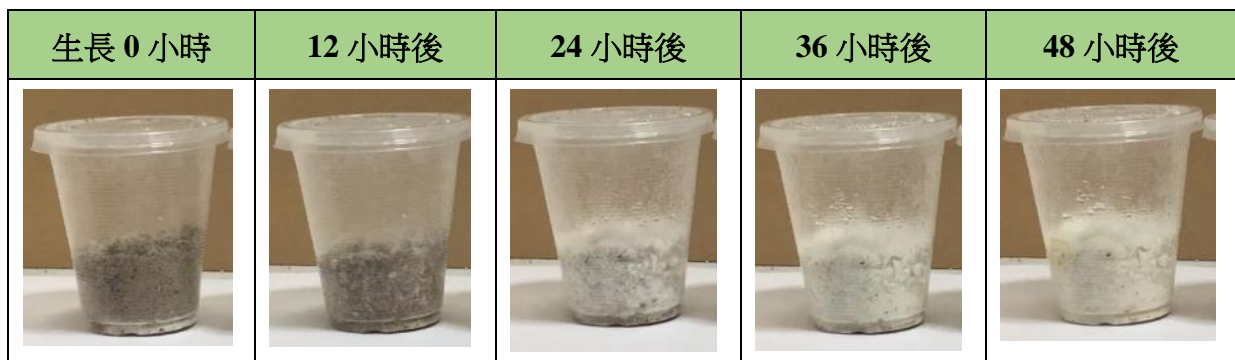
(2)藍寶石菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 是否 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	-	3	-	48.8	35.0	-	-	1	否
2	-	3	-	52.1	38.9	-	-	1	否
3	-	3	-	54.7	41.6	-	-	1	否
4	-	3	-	59.5	46.0	-	-	1	否
5	3	3	-	56.8	31.7	2	13	22	否
6	3	3	-	60.9	32.0	1	19	21	否
7	3	3	-	64.1	35.3	1	15	16	否
8	3	3	-	66.7	41.4	2	12	>30	是
9	3	3	-	62.1	51.9	1	-	2	否
10	3	3	-	67.9	46.8	2	6	7	否
11	3	3	-	70.5	44.7	4	23	29	否
12	3	3	-	73.3	42.6	1	2	3	否

秀珍菇 (未打散編號 5)	秀珍菇 (未打散編號 3)	秀珍菇 (打散編號 11)	藍寶石菇 (未打散編號 9)	藍寶石菇 (未打散編號 6)
				
第 30 次僅小裂縫	第 13 次已破裂	第 30 次僅小裂縫	第 30 次有大裂縫	第 21 次已破裂





(五)研究發現、觀察與討論

- 以太空包基質製作防撞材料時，過程中所使用的容器、器具及操作者的手都必須以酒精徹底的消毒，以避免黴菌的生長。製作測試片時，先將材料秤重，所加入的乾料必須充分混和，切記不需要壓實，讓菌絲體有空間可以生長。最後才將水均勻灑在基質表面自然滲透。
- 完成填料後，我們每日觀察菌絲體的生長情形，為避免杯子內水分逸散及發生汙染，過程中不會將杯蓋打開，透過杯蓋觀察基質表面的變化以幾以手按壓的方式判斷是否已經變硬，基質變硬是菌絲體生長的訊號。經過一個星期，四種蘑菇太空包基質中，茶樹菇與珊瑚菇都沒有長出菌絲體，秀珍菇與藍寶石菇則是在第 2 天以後慢慢變硬，也長出白色的菌絲體，隨著生長時間增加，菌絲體的覆蓋越密集。



- 將測試片烘烤是重要的，烘烤可以去除基質裡的水分，增加測試片的強度，還可以殺死菌絲體避免繼續生長。如果能使用熱風乾燥機以較低溫的方式烘烤效果一定最好，也能使水分的比例固定。我們測試了兩種測試片烘烤的方式，先採用烤箱烘烤，但溫度極不容易控制，常常使測試片烤焦甚至從內部悶燒。後改採用微波爐加熱，其優點是內部的水分也能被去除，我們採用分段加熱的方式，大約加熱 8~9 分鐘。
- 在烘烤前後，我們會測量測試片的重量，未再將菌絲體打散重製的情形下，秀珍菇與藍寶石菇的水分去除率皆可達 50%以上，藍寶石菇測試片甚至達 70%；將菌絲體打散重製所製作的測試片水分去除率比較低，大約在 25%~40%。

5. 在撞擊實驗部分，我們設計了撞擊測試裝置，以一顆 68.56 克重的銅球，在 100 公分的高度向測試片撞擊，我們也設置了校正裝置來確保每次撞擊的位置相同，實驗觀察的部分則是以測試片是否能保護物體分為三種等級。由實驗結果可以發現：秀珍菇測試片比藍寶石測試片的耐撞性更好。

秀珍菇(未打散) 編號 12	藍寶石菇(未打散) 編號 12	秀珍菇(打散重製) 編號 10	藍寶石菇(打散重製) 編號 12
			

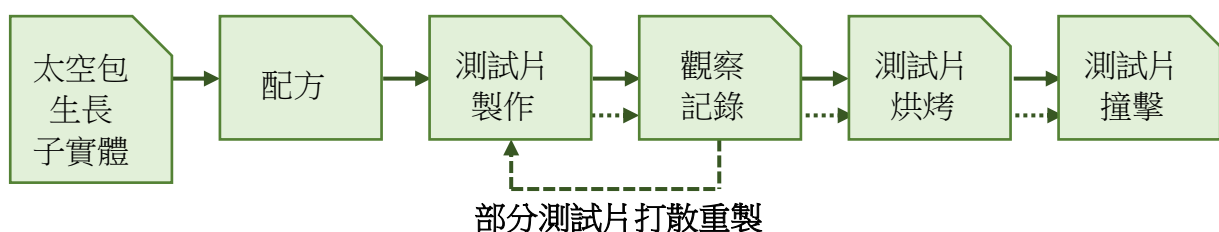
6. 綜合以上的實驗結果，可以用秀珍菇或藍寶石菇太空包的基質來製作防撞材料，基質及中筋麵粉的比例為 5：2，可添加 15% 以內的水，生長期間約 7 天，也可以將第一階段生長菌絲體再次打散重新生長菌絲體，最後將測試片以微波爐分段烘烤 8 分鐘，可獲得耐撞擊能力佳的材料。

研究二 以使用過的太空包基質作為防撞包裝材料研究

在研究一我們採用全新太空包基質來做為材料，可以成功製得具耐撞能力的材質，但如果要達到循環經濟的概念，就必須嘗試以使用過的太空包基質來作為防撞包裝材料，本研究以秀珍菇及藍寶石菇來進行實驗。

(一)研究方法

1.實驗流程



2.太空包生長子實體

		
1.製作箱子	2.把太空包放入箱子	3.長出子實體

- 3.測試樣本製作：參考研究一步驟。
- 4.實驗配方：同研究一(7~12)。
- 5.測試片種類：同研究一。
- 6.實驗觀察：參考研究一步驟。
- 7.測試片烘乾程序：參考研究一步驟。
- 8.測試片撞擊實驗：參考研究一步驟。

(四)研究結果

1.使用過太空包基質且未打散重製

(1)秀珍菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
7	4	1	-	59.2	27.3	4	5	13	否
8	4	1	-	64.4	29.1	1	4	7	否
9	4	1	-	59.2	32.4	3	-	>30	是
10	4	1	-	54.8	27.2	1	13	16	否
11	4	1	-	64.7	33.1	1	10	20	否
12	4	1	-	68.4	33.4	2	-	>30	是

(2)藍寶石菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
7	3	1	-	56.62	28.5	1	2	>30	是
8	3	1	-	61.97	44.9	7	19	>30	是
9	3	1	-	59.45	36.4	5	18	>30	是
10	3	1	-	64.49	29.5	1	12	>30	是
11	3	1	-	70.24	37.3	11	11	>30	是
12	3	1	-	73.0	39.6	7	-	>30	是

2.使用過太空包基質且打散重製

(1)秀珍菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
7	4	1	-	50.17	31.32	1	7	8	否
8	4	1	-	60.41	38.54	-	2	3	否
9	4	1	-	51.43	34.10	1	-	>30	是
10	4	1	-	55.35	35.31	2	-	>30	是
11	4	1	-	54.78	35.05	5	11	23	否
12	4	1	-	61.59	37.56	11	25	>30	是

(2)藍寶石菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
7	3	1	-	61.16	29.07	2	3	>30	是
8	3	1	-	62.82	28.85	10	28	>30	是
9	3	1	-	62.34	33.50	2	9	>30	是
10	3	1	-	64.42	32.80	-	6	>30	是
11	3	1	-	72.98	39.00	-	-	>30	是
12	3	1	-	77.04	40.18	-	30	>30	是

3. 使用過太空包基質且未打散重製(未烘乾)

(1) 秀珍菇

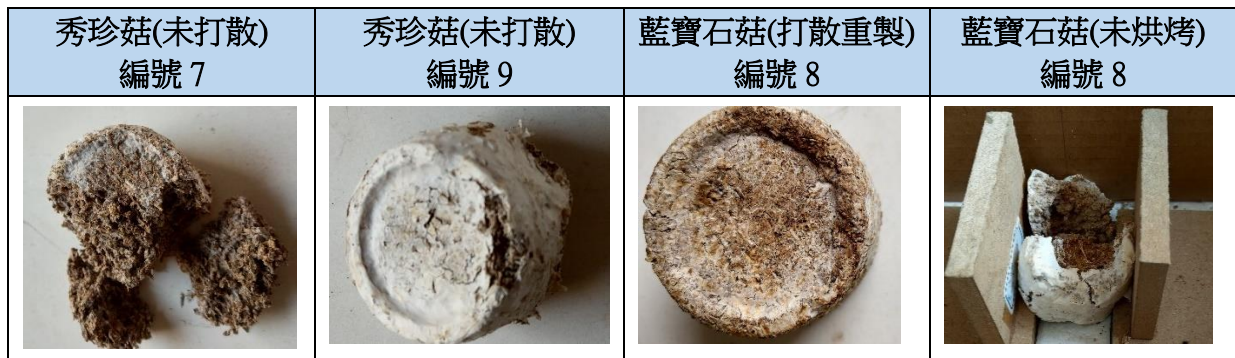
編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
7	4	1	-	50.29	-	1	2	4	否
8	4	1	-	55.64	-	1	2	4	否
9	4	1	-	51.21	-	1	9	14	否
10	4	1	-	52.84	-	1	10	12	否
11	4	1	-	55.19	-	1	3	6	否
12	4	1	-	60.3	-	1	7	13	否

(2)藍寶石菇

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
7	3	1	-	56.62	-	1	1	4	否
8	3	1	-	61.97	-	1	3	3	否
9	3	1	-	59.45	-	1	7	8	否
10	3	1	-	64.49	-	1	6	8	否
11	3	1	-	70.24	-	1		4	否
12	3	1	-	73.00	-	1	2	5	否

(五)研究發現、觀察與討論

1. 經由研究一的實驗，我們發現中筋麵粉是是否能長出菌絲體的重要關鍵，所以我們捨棄研究一配方表 1~6，只進行 7~12。
2. 在測試片烘烤重量變化的部分，如同研究一的結果，未打散重製的測試片經過烘烤後，重量減輕的幅度較打散重製測試片大。
3. 由撞擊實驗結果可以發現，烘烤過的藍寶石菇測試片全部都可以抵抗銅球 30 次撞擊而沒有破裂，烘烤過的秀珍菇測試片則只有 41%通過測試。從實驗過程觀察，藍寶石菇有那麼好的耐撞能力應該和菌絲體生長茂密有關，每個測試片都被菌絲體所包覆。
4. 在比較烘烤對測試片是否有影響部分，由數據可明顯看出，秀珍菇和藍寶石菇都無法抵擋銅球的撞擊，秀珍菇測試片最好的是 14 次，藍寶石菇則全低於 8 次。



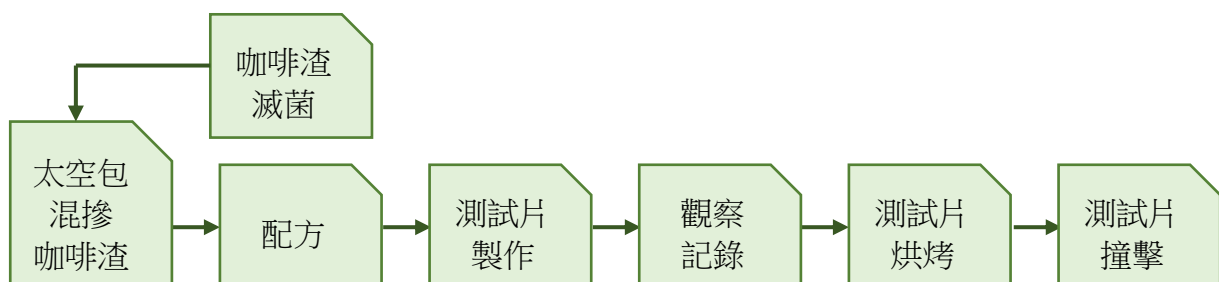
6. 綜合以上結論：將太空包打開生長子實體後，所留下的基質可以用來製作具耐撞性的材料，且藍寶石菇製作的耐撞性比秀珍菇的好。未經烘烤的測試片不堪一擊，顯示烘烤程序對測試片耐撞能力的強化是重要的。

研究三 在太空包基質混加咖啡渣作為防撞包裝材質探究

從研究一我們發現使用全新太空包基質可以製作出防撞材料，在研究二我們進一步獲得以使用過的太空包基質也可以製作出防撞材質，能力和研究一不相上下。本研究將進一步測試是否可在太空包基質中摻入咖啡渣，提高農業廢棄物的使用價值。

(一)研究方法

1. 實驗流程



2.咖啡渣滅菌

		
1.先秤取所需咖啡渣，應注意至少要多出所需量的30%。	2.將咖啡渣放入蒸籠殺菌，每次30分鐘，15分鐘翻攪一次。	3.將蒸過的咖啡渣放入微波爐進行第二次殺菌程序，共計3分鐘。

3.實驗配方

(1) 第一次

編號	太空包基質(克)	中筋麵粉(克)	咖啡渣(克)	水(克)	編號	太空包基質(克)	中筋麵粉(克)	咖啡渣(克)	水(克)
1	15	10	35	0	7	25	20	25	10
2	15	10	35	5	8	25	20	25	15
3	15	10	35	10	9	35	30	15	0
4	15	10	35	15	10	35	30	15	5
5	25	20	25	0	11	35	30	15	10
6	25	20	25	5	12	35	30	15	15

(2) 第二次

編號	太空包基質(克)	中筋麵粉(克)	咖啡渣(克)	水(克)	編號	太空包基質(克)	中筋麵粉(克)	咖啡渣(克)	水(克)
1	25	30	25	0	7	35	30	15	10
2	25	30	25	5	8	35	30	15	15
3	25	30	25	10	9	40	30	10	0
4	25	30	25	15	10	40	30	10	5
5	35	30	15	0	11	40	30	10	10
6	35	30	15	5	12	40	30	10	15

4.測試樣本製作：參考研究一步驟。

5.實驗觀察：參考研究一步驟。

6.測試片烘乾程序：參考研究一步驟。

7.測試片撞擊實驗：參考研究一步驟。

(四)研究結果

1.第一次

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	-	-	-	*	*	*	*	*	否
2	-	5	-	*	*	*	*	*	否
3	-	5	-	*	*	*	*	*	否
4	5	5	6	*	*	*	*	*	否
5	-	-	6	64.9	56.8	-	1	2	否
6	5	5	6	64.5	55.6	1	2	5	否
7	5	5	6	66.7	54.3	8	10	16	否
8	5	5	6	69.3	56.7	3	7	>30	是
9	5	5	6	61.1	54.7	8	3	>30	是
10	5	5	6	70.3	53.7	6	-	>30	是
11	5	5	6	76.0	44.3	19	3	>30	是
12	5	5	6	78.8	43.6	11	6	>30	是

註：「*」代表測試片無法成形。

2.第二次

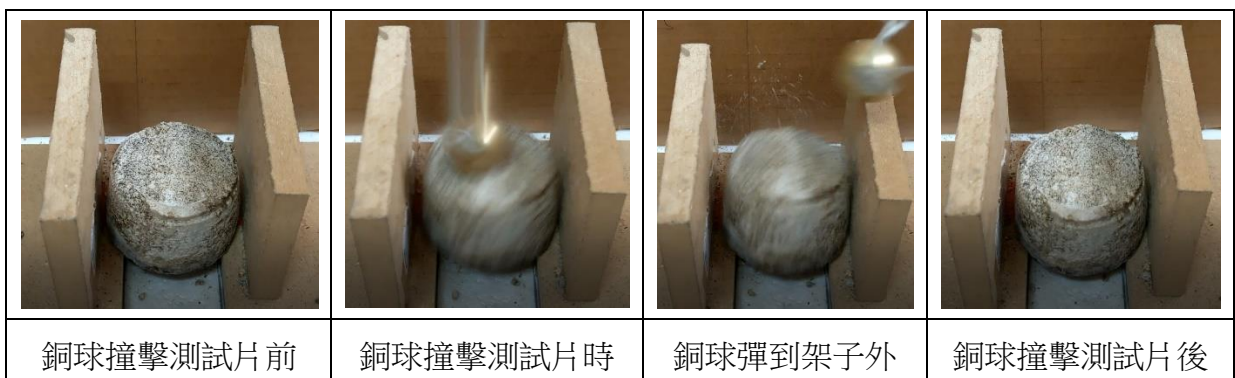
編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片 完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	4	3	5	*	*	*	*	*	否
2	4	3	5	80.7	69.3	1	1	4	否
3	4	3	5	86.3	71.6	4	8	14	否
4	4	3	5	86.7	70.7	-	1	30	否
5	4	3	-	78.9	65.3	-	2	>30	是
6	3	3	5	81.5	65.5	-	8	>30	是
7	3	3	5	85.7	68.0	-	1	>30	是
8	3	3	5	88.7	70.5	-	-	>30	是
9	3	3	-	77.6	62.0	-	10	>30	是
10	3	3	5	81.6	64.7	-	-	>30	是
11	3	3	5	84.9	67.3	-	-	>30	是
12	3	3	5	89.6	68.7	1	-	>30	是

(五)研究發現、觀察與討論

1. 我們觀察發現大部分的樣本都會發霉，比例達到 79%，且在第五天開始產生，顯然在太空包基質添加咖啡渣時，如何滅菌是重要的關鍵。有極少部分樣本沒有發霉的情形，由配方表可以發現這兩個樣本沒有加水，因此要降低發霉就必須不添加水分。
2. 我們的配方分成兩次，第一次將咖啡渣的比例訂在 70%、50%及 30%，結果發現當咖啡渣的比例達 70%時，測試片無法成形，一拿起來就散了。在第二次的配方調降咖啡渣比例。



3. 測試片重量在烘烤前後下降的比例比前兩個研究少，大部分都在 10%~20%之間，這可能是因為咖啡渣與木屑不容易吸水的緣故，這也代表如果用含咖啡渣的防撞材料重量會增加，可能會使運費增加。
4. 由撞擊實驗可以發現，24 個樣本中扣除 5 個無法成形的測試片後，竟然有 14 個能夠承受 30 次銅球的撞擊，比例高達 74%，這可能是因為咖啡渣顆粒較小剛好填滿木屑間的空隙，由實驗的觀察也發現測試片表面比較光滑。雖然耐撞力提升，但是由實驗時銅球撞擊到測試片時都彈得很高，會不會反而使材料的吸震能力下降，可能可以進一步探討。



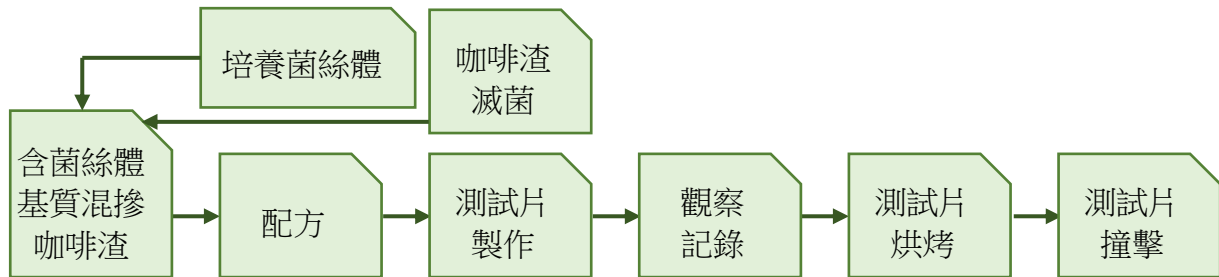
5. 綜合以上討論，可在太空包基質中摻入咖啡渣，但比例不可超過 30%。製作含有咖啡渣的防撞材料時，殺菌程序一定要徹底，最好不要加水，以降低發霉的機會。所得到的測試片表面光滑，防撞能力很好，但也會使重量增加提高運送成本。由基質表面更加堅固是否對吸震能力有影響，需要進一步探討。

研究四 以包含菌絲體基質混加咖啡渣作為防撞包裝材質探究

在前一個研究中發現，咖啡渣做出來的樣本結構較密，較耐撞，但咖啡渣在基質裡所佔的比例較低，較沒有經濟效益。所以本研究探討先將基質培養出菌絲體後再混入咖啡渣，以提高咖啡渣的比例，觀察是否可符合經濟效益又耐撞菌絲體保護材料。

(一)研究方法

1.實驗流程



2.培養菌絲體

		
1.將太空包基質放容器中培養菌絲體。	2.放置七天後，將長滿菌絲體的基質取出。	3.將步驟2的菌絲體母片搓揉打散備用。

3.咖啡渣滅菌：參考研究三。

4.實驗配方

編號	含菌絲體母片(克)	中筋麵粉(克)	咖啡渣(克)	水(克)	編號	含菌絲體母片(克)	中筋麵粉(克)	咖啡渣(克)	水(克)
1	5	30	45	0	6	15	30	35	10
2	5	30	45	10	7	20	30	30	0
3	10	30	40	0	8	20	30	30	10
4	10	30	40	10	9	25	30	25	0
5	15	30	35	0	10	25	30	25	10

5. 測試樣本製作：參考研究一步驟。
6. 實驗觀察：參考研究一步驟。
7. 測試片烘乾程序：參考研究一步驟。
8. 測試片撞擊實驗：參考研究一步驟。

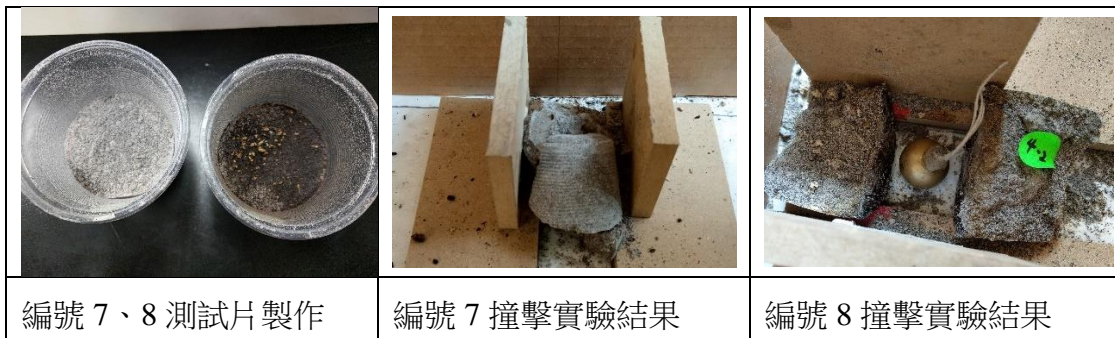
(四) 研究結果

編號	實驗觀察(天數)			重量(克)		撞擊實驗(次數)			測試片完整
	硬度	菌絲體	黴菌	烘乾前	烘乾後	凹陷	裂縫	破裂	
1	-	-	-	*	*	*	*	*	否
2	-	6	6	*	*	*	*	*	否
3	-	-	-	*	*	*	*	*	否
4	-	6	-	*	*	*	*	*	否
5	-	-	-	*	*	*	*	*	否
6	-	-	-	*	*	*	*	*	否
7	-	7	-	82.6	71.6	-	-	1	否
8	-	7	5	88.8	78.3	1	-	8	否
9	-	6	7	75.4	66.0	-	1	2	否
10	-	6	5	84.2	73.5	-	6	9	否

*代表取出時破損嚴重無法成形

(五) 研究發現、觀察與討論

1. 為了提高咖啡渣的比例，我們想到先讓基質長出菌絲體的方法，我們發現雖然可利用含菌絲體的母片混咖啡渣來做出樣本，但樣本很重且非常脆弱又容易發霉。咖啡渣比例 90%、80%及 70%的測試片(編號 1~6)完全無法成形，60%及 50%的測試片(編號 7~10)的生長情形也不佳，顯示咖啡渣的比例有其上限。
2. 本研究樣本的發霉情形與研究三比較可以發現，發霉的樣本數比較少，顯見利用菌絲體可以抑制黴菌的產生。測試片硬度的觀察則是發現只有接觸到水的部分變硬，這使得測試片很脆弱，耐撞能力皆比研究三測試差。

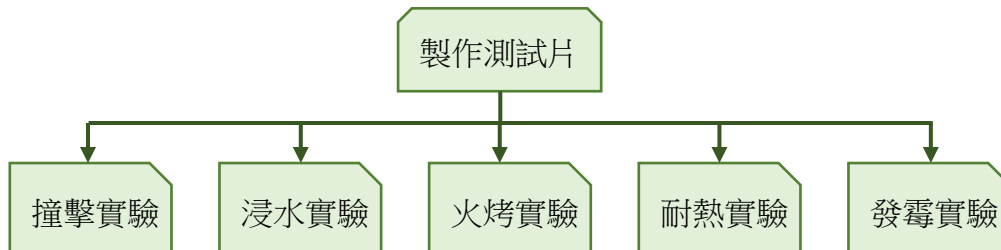


研究五 自製防撞材質性質探討

我們在前幾個研究已獲得利用太空包基質或摻入咖啡渣來製作防撞材料的方法與配方，本研究將以三種不同比例配方的自製防撞材料測試片與常見的保麗龍、瓦楞紙板以及泡泡紙包裝材料進行撞擊、防火耐熱和發霉測試，以了解我們製作的防撞材料是否耐用。

(一)研究方法

1.實驗流程



1.測試樣本種類

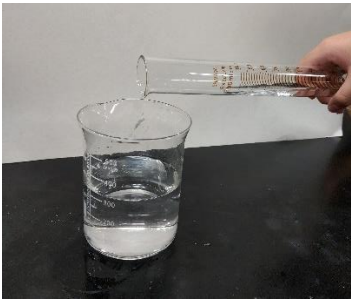


純基質	基質+咖啡渣	母片+咖啡渣	保麗龍	瓦楞紙板	泡泡紙

2.實驗裝置圖

火烤測試	耐熱測試	浸水測試
撞擊實驗	發霉實驗	

3.撞擊實驗：參考研究一撞擊實驗步驟。



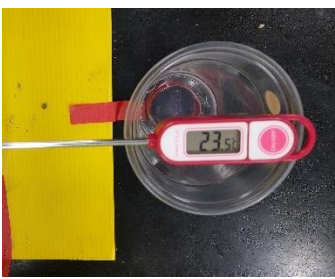
4.浸水實驗：

		
1.將燒杯內裝入 150 毫升水。	2.將測試片放入燒杯，測試片要完全浸入水中。	3.靜置 1 小時後，取出進行撞擊測試



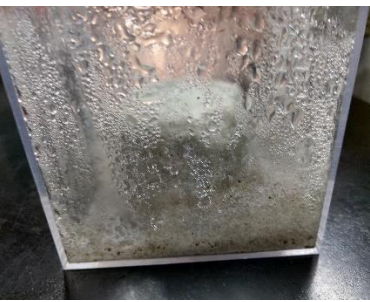
5.火烤實驗：

		
1.將測試片放到三角架上。	2.點火開始燃燒，以計時器計時。	3.到測試片冒煙或融化實驗結束，記錄所需時間。

6.耐熱實驗：

		
1.將測試片放到測試台上，與吹風機保持 2 公分距離。	2.溫度計插進測試品(約 0.3cm)開啟吹風機，並以計時器計時 5 分鐘。	3.每 30 秒紀錄一次溫度，觀察溫度變化。

7.發霉實驗：

		
1.先在塑膠盒裡噴水 12 毫升。	2.將測試片放入塑膠盒，上層以重物壓住。	3.靜置約 7 天，觀察測試片發霉情形。

(二)研究結果

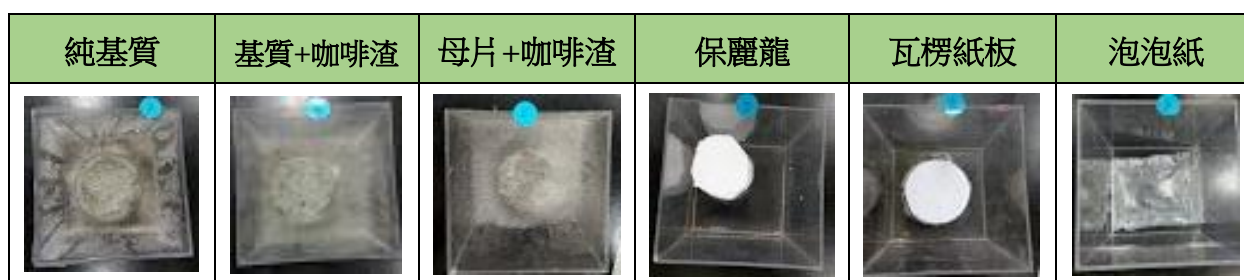
1.撞擊實驗與浸水實驗

測試片種類	浸水前			浸水後		
	撞擊實驗(次數)			撞擊實驗(次數)		
	凹陷	剝落	破裂	凹陷	剝落	破裂
純基質	6	34	>50	7	19	>50
基質+咖啡渣	2	8	>50	3	-	6
母片+咖啡渣	-	-	1	-	-	-
保麗龍	-	41	>50	22	4	>50
瓦楞紙板	-	1	>50	-	1	分離
泡泡紙	-	-	4	-	-	35

2.火烤實驗與耐熱實驗




測試片種類	火烤實驗	耐熱實驗		
	測試片著火時間	實驗前溫度	實驗後溫度	溫度差
純基質	1分36秒	25.0度	37.1度	12.1
基質+咖啡渣	1分35秒	22.9度	35.3度	12.4
母片+咖啡渣	4分1秒	24.8度	34.6度	9.8
保麗龍	22秒	24.6度	60.3度	35.7
瓦楞紙板	46秒	25.4度	31.4度	6.0
泡泡紙	20秒	24.0度	76.4度	52.4

3.發霉實驗



(三)研究發現、觀察與討論

- 在撞擊實驗與浸水實驗中，純基質與保麗龍測試片在浸水前後的撞擊次數皆大於 50 次最佳，摻入 30%咖啡渣的測試片在浸水前可耐撞擊 50 次以上，但浸水後只有撞擊 6 次就破裂了。各種測試片中以「菌絲體母片+咖啡渣(咖啡渣 50%)」的結果最差，應該是因為加入太多咖啡渣導致的黏性差，在前一個實驗的實驗效果就不好了。此外紙板則因為浸水後吸水、膨脹、變軟，就分離了，泡泡紙因為充氣無法掌握每個樣本的狀況，所以浸水後的數據較不穩定。

		
以圓形容器製作測試片(直徑 4 公分，高度 6 公分)。	製作完成的純基質防撞材料測試片(烘烤前)	測試片烘烤前後大小比較(依序是：製作容器、烘烤前、烘烤後)
		
(未浸水)撞擊實驗後各種測試片。	有無浸水撞擊實驗純基質測試片照片(左：未浸水，右：浸泡水)。	菌絲體母片+咖啡渣(咖啡渣 50%)測試片撞擊實驗照片。

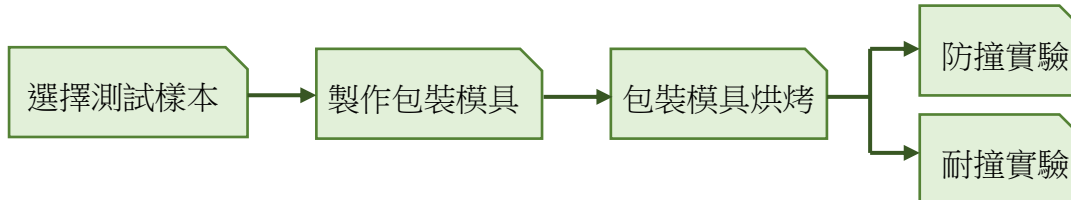
- 在火烤實驗中，我們發現三種自製菌絲體防撞材料測試片與瓦楞紙板都有遇火燃燒現象，其他保麗龍和泡泡紙測試片則是出現熔化現象，但保麗龍熔化時，還會慢慢纖維化。自製菌絲體防撞材質測試片會先燒焦、冒出小火星，再起火燃燒，以「菌絲體母片+咖啡渣(咖啡渣 50%)」最不容易燃燒，加熱四分鐘才燃燒，另兩種菌絲體材料其次，約一分半鐘。
- 在耐熱實驗中，最有隔熱效果的材質是紙板(吹風機口的溫度大約 100 度)，僅上升 6°C，最沒有隔熱效果的是泡泡紙，保麗龍則排倒數第二。在自製菌絲體測試片中，最有隔熱效果的是「菌絲體母片+咖啡渣(咖啡渣 50%)」溫度上升 9.8°C，而其他兩種自製菌絲體測試片效果也不錯，也僅上升 12°C。
- 在發霉實驗中，保麗龍、紙板、泡泡紙因為材質的關係，並沒有發霉的現象，不過，紙板因吸水的關係，有明顯的膨脹現象，菌絲體較容易發霉，尤其是基質+咖啡渣(有加咖啡渣的菌絲體發霉都會比較嚴重)還長出黃、綠、灰、紅、黑及白色的黴菌，但也代表這幾種菌絲體防撞材料在自然界中都容易被微生物所分解。
- 綜合以上的實驗可以知道，自製菌絲體防撞材料有不錯的防撞性質，即使泡水後仍然保有良好的耐撞能力。相較其他包裝材料自製菌絲體防撞材料的防火性佳，也不易導熱，暴露在潮濕環境下容易發霉，被微生物分解，是友善環境的材質，以農業廢棄物來製作，還能達到循環經濟的效益。

研究六 以自製防撞材質進行實測

經由前幾項研究我們確立了以太空包基質製作防撞材料的可行性，為了測試實驗樣本能否保護物品，本研究我們進行利用燒杯用來模擬需要運送的商品。研究採用純基質培養的菌絲體，使其在模具中成長成所需要的形狀，再以耐撞與防撞(落下)實驗以進行實測。

(一)研究方法

1.實驗流程



2.包裝模具製作




		
<p>1.運送的燒杯和製作防撞物的模具。</p>	<p>2.以研究一的配方進行混料。</p>	<p>3.將混料好的基質填入燒杯和模具之間。</p>
		
<p>4.將測試品放置 7 天以生長菌絲體</p>	<p>5.將菌絲體脫模。</p>	<p>6.將菌絲體以為微波爐烘烤成形。</p>

3.防耐撞實驗

耐撞實驗	防撞實驗
	
<p>將測試樣本放在撞擊裝置下方，持銅球從塑膠管頂端垂直落下，記錄菌絲體的剝落，破裂等變化之次數。</p>	<p>以紙箱高度(12公分)的0.5-15倍落下，從落下第五倍起，每次開箱檢查菌絲體與燒杯有無破損情況並記錄。</p>

(二)研究結果







1.包裝模具製作

		
<p>脫模前，菌絲體生長完成</p>	<p>完成脫模程序</p>	<p>烘烤完成(三種尺寸)</p>

2.耐撞實驗：

		
<p>撞擊 50 下後底部完好</p>	<p>撞擊 50 下後側邊有裂縫</p>	<p>撞擊 50 下後燒杯未破損</p>

3.防撞實驗

		
紙箱高度的 6 倍落下	紙箱高度的 11 倍落下	紙箱高度的 15 倍落下
		
菌絲體與燒杯皆未破損	菌絲體與燒杯皆未破損	菌絲體與燒杯皆未破損

(三)研究發現、觀察與討論

1. 研究六欲保護的商品選擇易碎的玻璃燒杯，菌絲體實驗樣本採用研究一成長速度較快的養分配方來進行製作，樣本分為大、中、小三種，用以測試不同大小的商品保護。菌絲體的樣本約 7 天長成，質地緻密，顏色與外觀符合研究一成長良好的定義。脫模後成品完全成形，呈現圓筒狀，硬度適中。樣本側邊厚度約 1 公分，底部厚度：大樣本為 2 公分，中樣本為 1.5 公分，小樣本為 1 公分，經烘烤後防撞模具完成。
2. 耐撞實驗，實驗樣本採橫置，以銅球垂直落下的方式撞擊。菌絲體發生變化時會拍照，記錄。撞擊到第 50 下時，樣本有從側邊裂開，露出內部的燒杯，但是底部完好，燒杯也並未破損。

		
銅球撞擊前。	銅球掉落在防撞材質上。	銅球撞擊後。

3. 在防撞實驗，初時測試時並未每次打開包裝的紙箱檢查，實驗中途發現無法得知樣本何時裂開，所以改為落下第五次後開始每次打開紙箱檢查。從最高高度(180 公分)落下後，第二個樣本(燒杯和菌絲體)沒有破損狀況。
4. 經以上實驗，菌絲體會依照模具的形狀生長，成品的品質符合研究一良好的定義。防撞模具成品可用來保護易碎物品，有相當不錯的耐撞能力，從高處(180 公分)落下仍能保護易碎商品，是實用的環保包材。

伍、結論

一、菌絲體防撞材料研究方法的確立：

- 1.在製作菌絲體防撞材料時，殺菌程序非常重要，所使用的容器、器具及操作者的手都必須以酒精測底的消毒，以避免黴菌的生長。
- 2.在菌絲體防撞材料測試片製作時，從三個部份去觀察外表的變化，以手捏確認測試片是否變硬、觀察有無黴菌菌絲產生和蘑菇菌絲體的生長。
- 3.測試片的烘乾是製作菌絲體防撞材料非常重要的步驟，我們使用微波爐加熱的方式，以確保測試片內外的水分可以同時被去除。實驗發現，經烘烤的測試片不僅可提升耐撞能力，也能殺死菌絲體不再生長。
- 4.我們設計一個高度為 100 公分、利用銅球撞擊測試片的實驗裝置，為了確保撞擊的位置，還加入校正系統。

二、以蘑菇太空包製作菌絲體防撞材料：

- 1.我們測試了秀珍菇、藍寶石菇、茶樹菇和珊瑚菇四種太空包的基質製作菌絲體防撞材料，只有秀珍菇、藍寶石菇兩種蘑菇可以成功長出菌絲體。
- 2.在太空包基質加入適當比例的中筋麵粉是菌絲體是否能生長的重要因素，以基質：中筋麵粉=5：2 生長的最好，水分的部分應低於 15%，水分增加容易長出黴菌。
- 3.不論是未使用的太空包或是以使用過的太空包基質都能夠製作出菌絲體防撞材料，成功率與防撞能力都不相上下。
- 4.在太空包基質摻入咖啡渣能夠強化菌絲體防撞材料的耐撞強度，但是摻入的比例不可超過 30%。摻入咖啡渣的測試片非常容易發霉，添加的水量要再降低。

三、菌絲體防撞材料性及應用探討：

- 1.自製菌絲體防撞材料有不錯的防撞性質，即使泡水後仍然保有好的耐撞能力。相較其他包裝材料自製菌絲體防撞材料的防火性佳，也不易導熱，暴露在潮濕環境下容易發霉，被微生物分解，是友善環境的材質，以農業廢棄物來製作，還能達到循環經濟的效益。
- 2.以實物製作防撞材料時，菌絲體會依照模具的形狀生長。成品可用來保護易碎物品，有相當不錯的耐撞能力，從高處(180公分)落下仍能保護易碎商品，是實用的環保包材。

陸、參考資料

一、書籍：

- 1.國小自然與生活科技領域課本(五下)，翰林出版社。2019。
- 2.清野裕幸等。逛超級市場學生物。世茂出版社。2009。
- 3.中村三郎。圖解資源回收與再生利用。世茂出版社。2003。

二、科展報告：

- 1.劉冠妤、鄭元皓、吳欣融、張澤、莊凱崑、陳為京。『渣』很大—殼殼渣渣站起來-探討椰子殼、茶渣、甘蔗渣等廢棄物再利用。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。2009。取自<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/index.htm?a=630>
- 2.袁苙芸、徐暉傑、李瑞軒、梁少彥。爆米花屠龍記。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。2009。取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/index.htm?a=630>
- 3.黃鈞雲、紀榮翔、張鴻文、陳洛藜。「啡」長「菇」得~Very Good。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。2011。取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/?a=830>
- 4.葉欣彰、楊晨麟、謝昕燁。火龍吸水、柚造奇蹟探討果皮製成可生物降解的吸水材。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會。2018。取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/index.html>
- 5.姚劭琦、盧湘霖、洪愷澤、張乃茵、鄭祐丞、林承曄。速塑來澱—澱粉塑膠的製作、性質與應用。107 學年度臺中市中小學科學展覽會。2019。

三、網路資料：

- 1.Are mushrooms the new plastic?
https://www.ted.com/talks/eben_bayer_are_mushrooms_the_new_plastic/up-next
- 2.ECOVATIVE DESIGN
<https://ecovatedesign.com/>
- 3.Mushroom[®]Packaging
<https://mushroompackaging.com/>
- 4.農業知識入口網-農業主題館
<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/index.php?id=131>
- 5.Ecovative 蘑菇包裝材料簡介與 FAQ
<https://www.circular-taiwan.org/single-post/2014/12/05/>
- 6.How to Grow Mycelium Material(step1-3)
<https://www.youtube.com/watch?v=04kN81MHT0o>

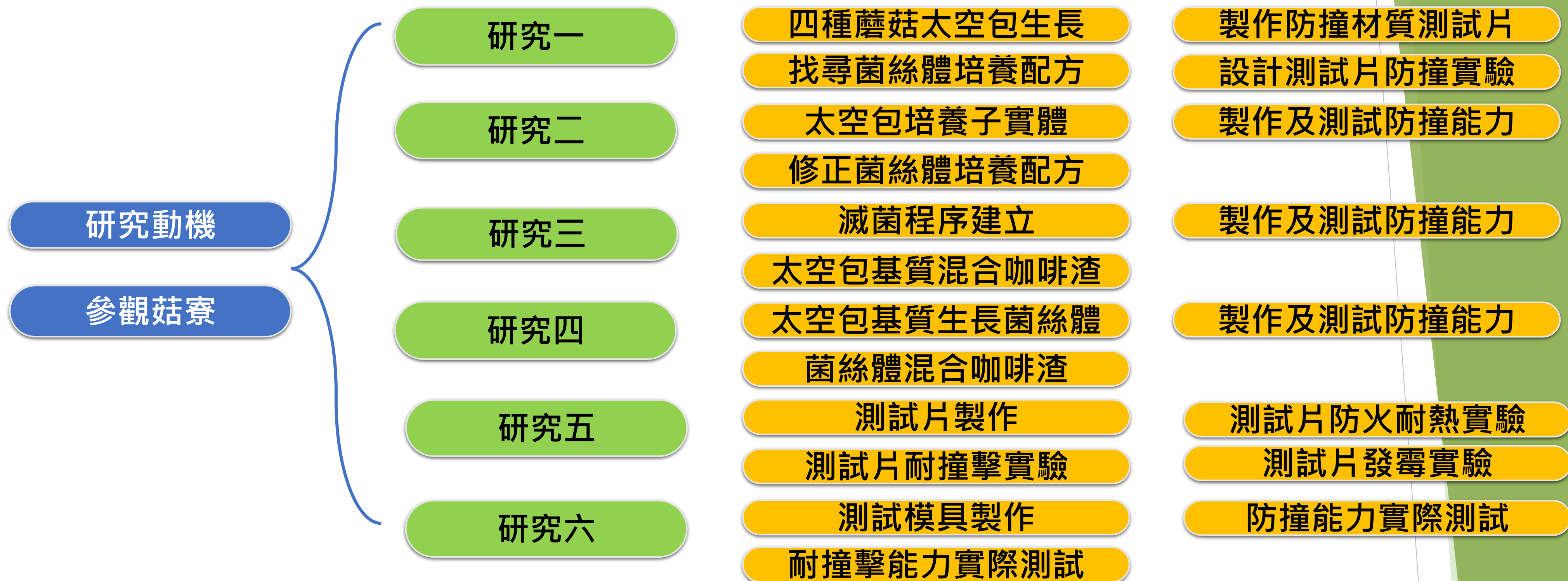
【評語】 082912

利用蘑菇菌絲體太空包農業廢棄物，製作防撞包裝材料，具在地特色。選擇四種菇在長滿菌絲體後直接製成防撞包材。研究發現秀珍菇及藍寶石菇菌絲體有較好的防撞效果，但未說明太空包加入麵粉的參考依據與原因，而太空包的成分與菌絲體培養的原理也需要探討。防撞效果雖然不錯，還有很大的進步空間，建議可以思考如何加壓素材，增加硬度以達到防撞。

摘要

經媒體得知有人利用蘑菇菌絲體製作出防撞包裝材料，在台灣，菇類的產量大品種多，每年都產生大量的太空包農業廢棄物。因此，我們想透過研究協助解決問題，達到循環經濟的目的。研究結果顯示：不論是使用過的或是未使用過的秀珍菇和藍寶石菇太空包，所製作出的材料都有很好的防撞效果，若摻入30%的咖啡渣，耐撞力更好。拿我們製作的材料和市面上的保麗龍、瓦楞紙板與泡泡紙包裝材料相比，在耐撞性、防火性及熱絕緣性都有很好的效果，在潮濕的環境下容易發霉，代表易被微生物分解對環境友善。我們以燒杯作為實際物品測試，當燒杯以我們製作的材料包覆時，可耐50次以上銅球的撞擊，且從180公分高度落下也毫髮無傷，證明是很好的防撞包裝材料。

研究方法、結果與討論

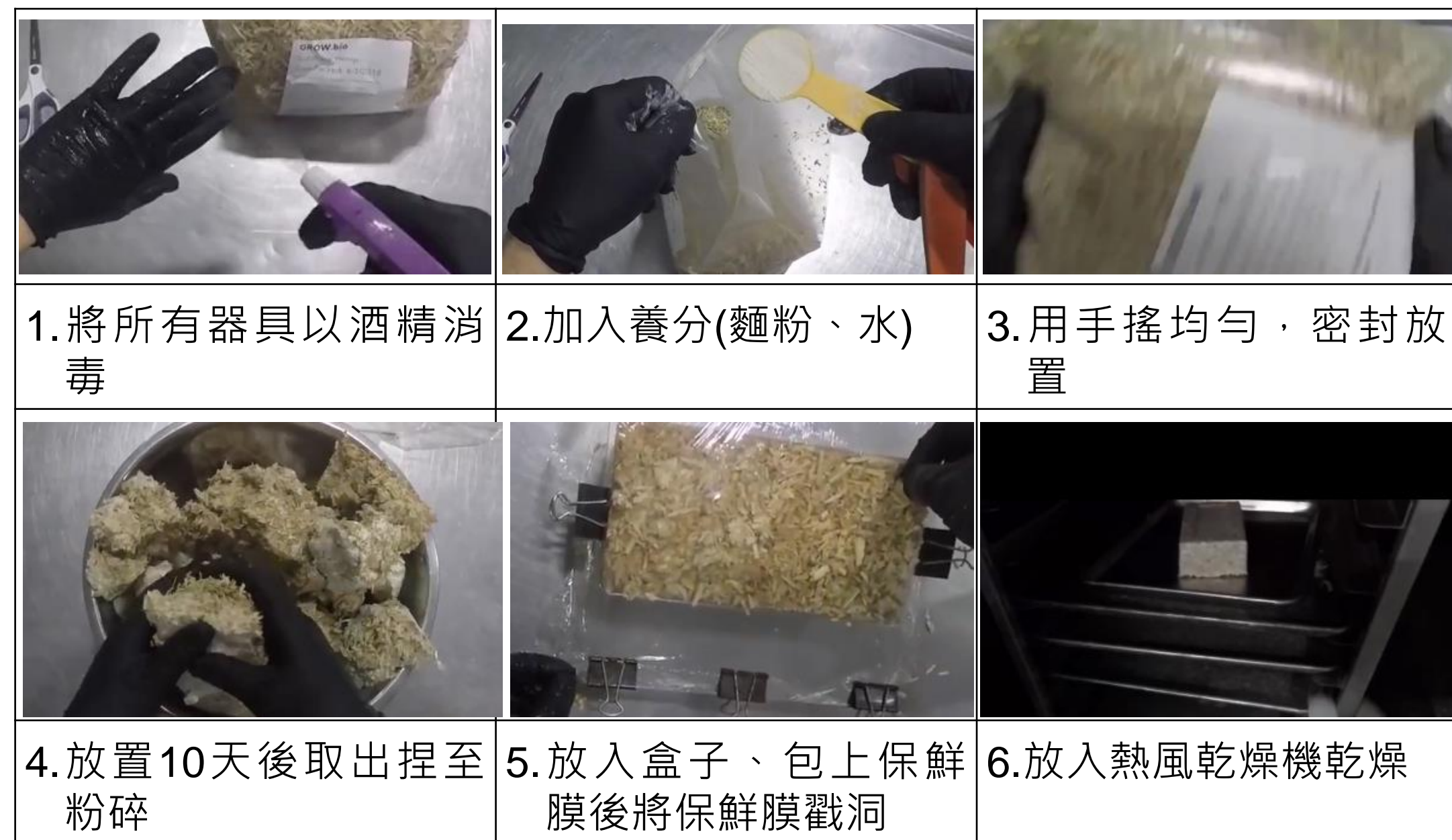


研究一以太空包基質作為防撞材料可行性初探

我們在網路影片上看到有人用蘑菇來製作防撞材質，申請成專利並與家具公司合作覺得很有趣，於是我們上網蒐集資料，實地參訪菇寮，了解太空包的製作與生長過程，經由負責人的介紹，我們選用了四種太空包來進行實驗。

(一) Covative 公司以蘑菇包裝材料製作說明

在網路上，我們看到Covative公司利用蘑菇製作出易生長、易降解，對環境友善的防撞包裝材質，影片中說只要跟他們公司買一包含有特殊蘑菇孢子的木屑、加入水和麵粉後，經過一段時間就能長出菌絲體來包覆木屑，作成防撞包裝材質。

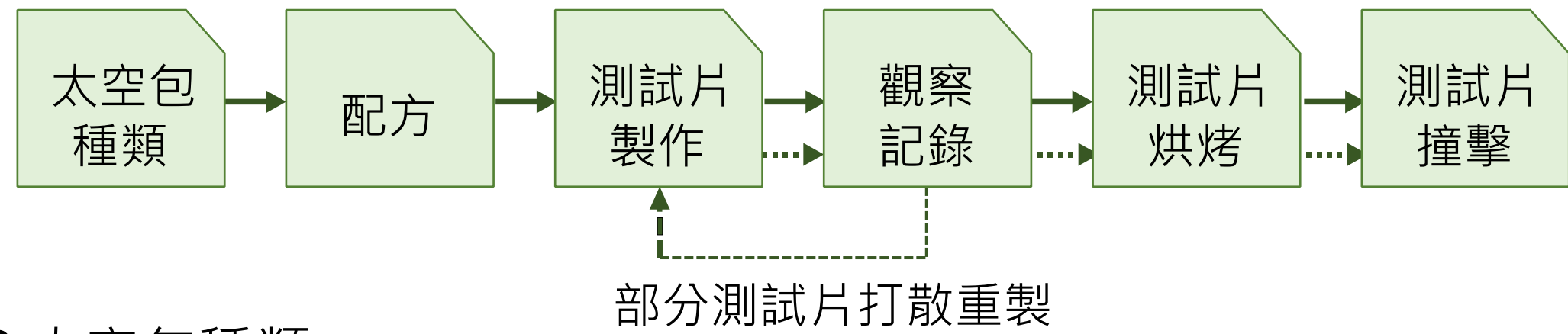


(二) 參觀菇寮



(三) 研究方法

1. 實驗流程



2. 太空包種類



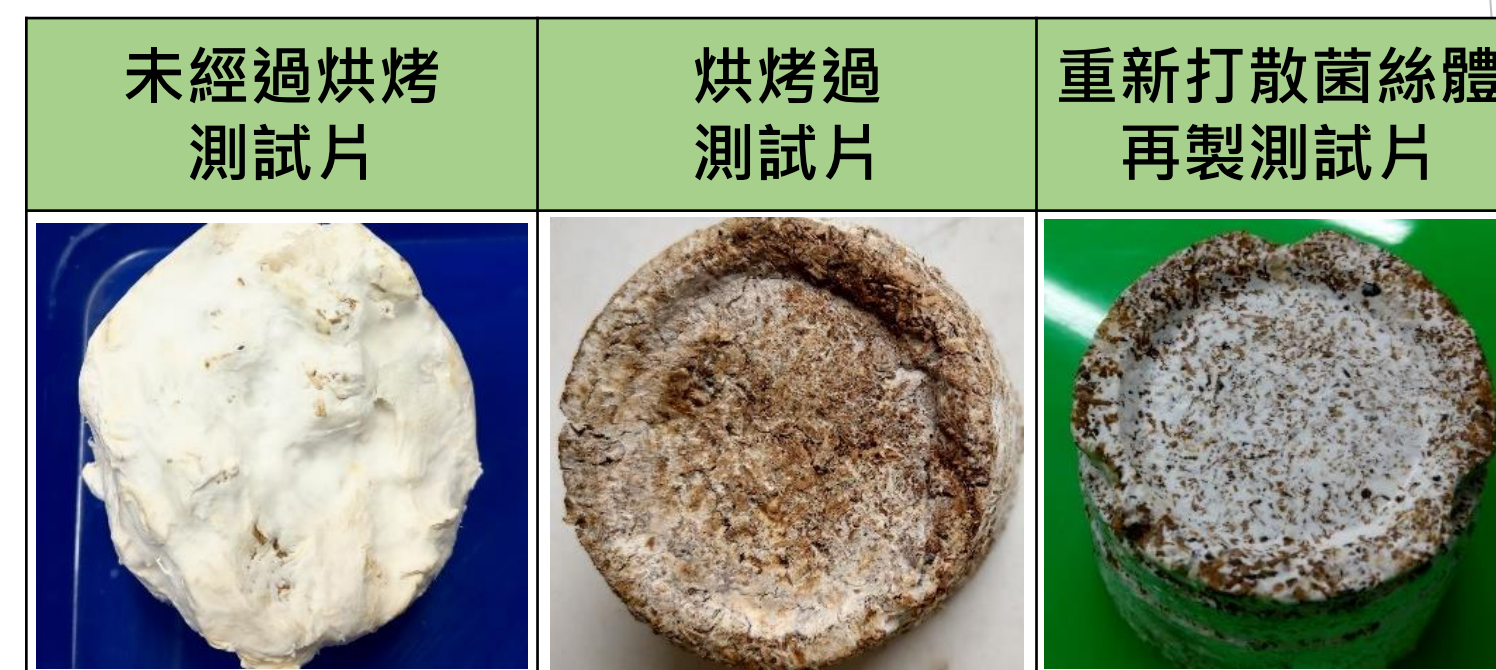
3. 測試樣本製作



4. 實驗配方

編號	太空包基質 (克)	中筋麵粉 (克)	水 (克)	編號	太空包基質 (克)	中筋麵粉 (克)	水 (克)
1	50	0	0	7	50	10	10
2	50	0	5	8	50	10	15
3	50	0	10	9	50	20	0
4	50	0	15	10	50	20	5
5	50	10	0	11	50	20	10
6	50	10	5	12	50	20	15

5. 測試片種類



6. 實驗觀察

硬度變化	菌絲體生長	黴菌生長	拍照記錄
每日以手捏觀察基質變硬情形	每日以目視法觀察基質表面菌絲體生長情形	每日以目視法觀察基質表面黴菌體生長情形	菌絲體表面有任何變化，紀錄在紀錄紙並拍照

7. 測試片烘乾程序：為比較測試片耐撞程度是否受有無烘烤的影響，一部分測試片未經過烘烤程序製作。



8. 測試片撞擊實驗



9. 撞擊實驗評估：以銅球進行撞擊(銅球重量68.56克，撞擊高度100公分)，每次撞擊後，依據評估表觀察測試片的破壞情形。



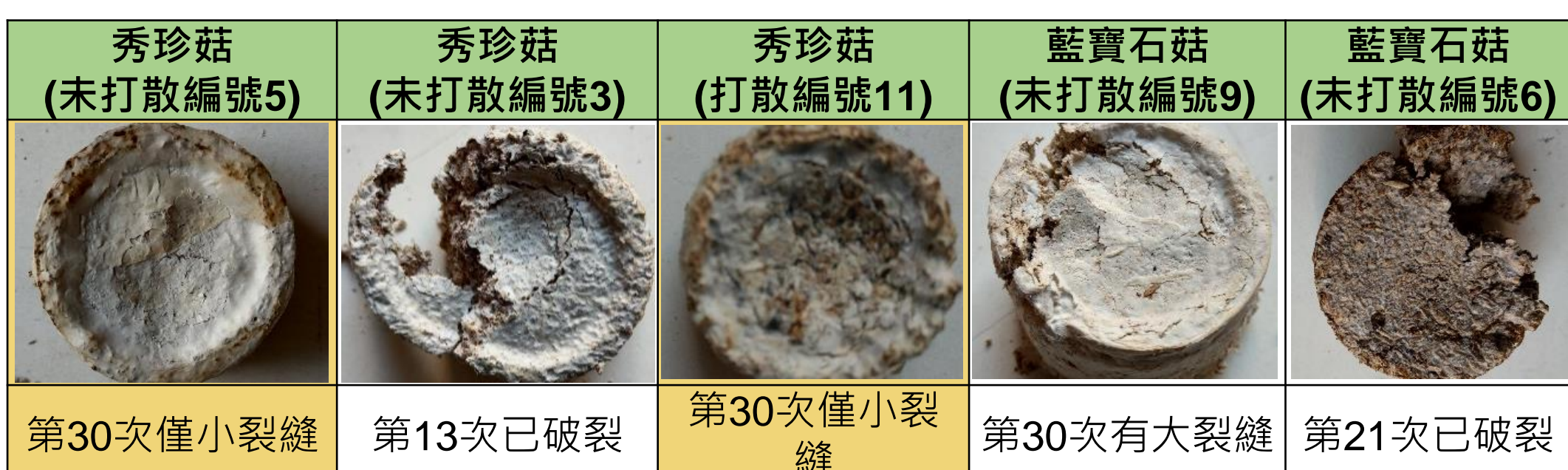
(四)研究結果

1. 四種太空包菌絲體生長情形



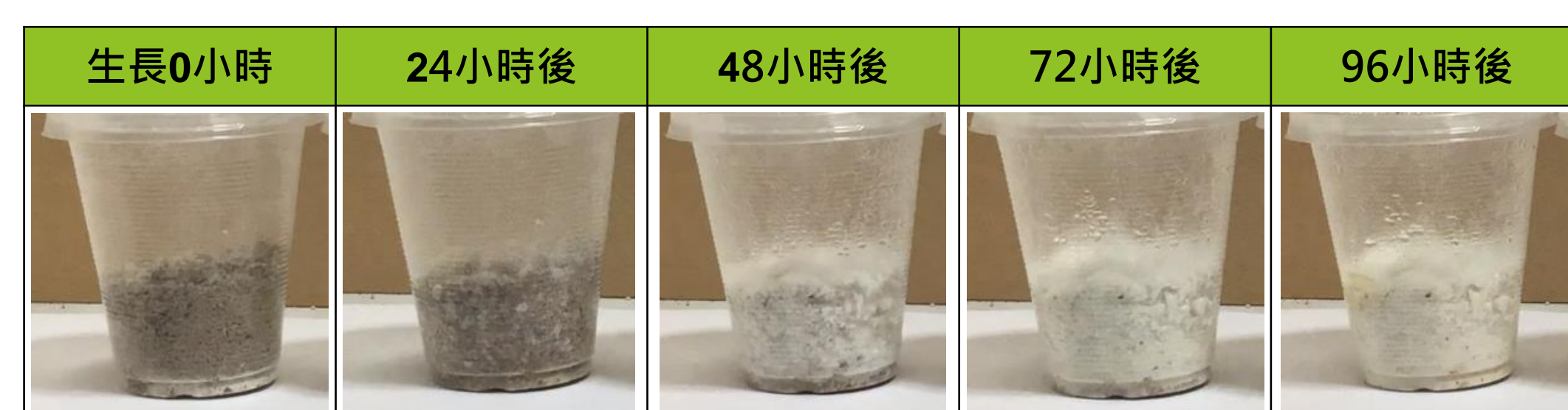
2. 菌絲體測試片撞擊實驗數據：參考作品說明書

3. 測試片照片



(五)研究發現、觀察與討論

- 以太空包基質製作防撞材料時，**過程中所使用的容器、器具及操作者的手都必須以酒精測底的消毒，以避免黴菌的生長。**
- 將測試片烘烤是重要的，烘烤可以去除基質裡的水分，增加測試片的強度，還可以殺死菌絲體避免繼續生長。**我們採用微波爐加熱，其優點是內部的水分也能被去除，我們採用分段加熱的方式，大約加熱8~9分鐘。**
- 經過一個星期，四種蘑菇太空包基質中，茶樹菇與珊瑚菇都沒有長出菌絲體，秀珍菇與藍寶石菇則是在第2天以後慢慢變硬，也長出白色的菌絲體，隨著生長時間增加，菌絲體的覆蓋越密集。



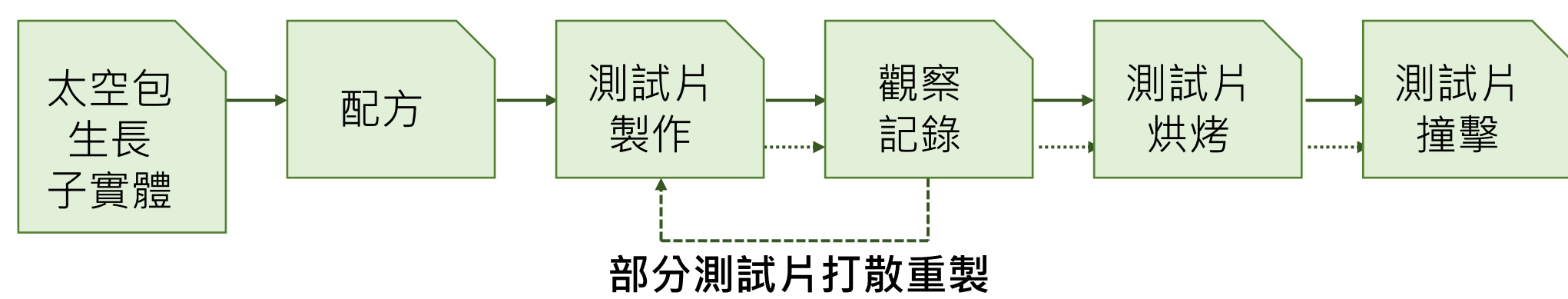
- 在烘烤前後，我們會測量測試片的重量，未再將菌絲體打散重製的情形下，秀珍菇與藍寶石菇的水分去除率皆可達50%以上，藍寶石菇測試片甚至達70%；將菌絲體打散重製的測試片水分去除率比較低，大約在25%~40%。
- 在撞擊實驗部分，我們設計了撞擊測試裝置，以一顆68.56克重的銅球，在100公分的高度向測試片撞擊，我們也設置了校正裝置來確保每次撞擊的位置相同，實驗觀察的部分則是以測試片是否能保護物體分為三種等級。由實驗結果可以發現：**秀珍菇測試片比藍寶石測試片的耐撞性更好。**

研究二 以使用過的太空包基質作為防撞包裝材料研究

在研究一我們採用全新太空包基質來做為材料，可以成功製得具耐撞能力的材質，但如果要達到循環經濟的概念，就必須嘗試以使用過的太空包基質來作為防撞包裝材料，本研究以秀珍菇及藍寶石菇來進行實驗。

(一)研究方法

1. 實驗流程



2. 太空包生長子實體



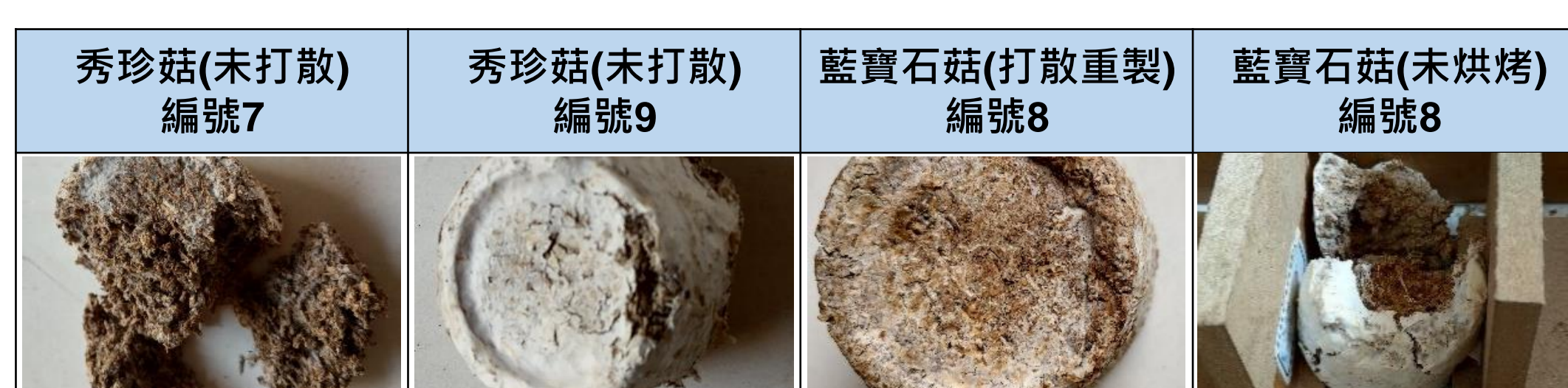
3. 測試樣本製作、烘烤程序、撞擊實驗：同研究一

(二)研究結果

菌絲體測試片撞擊實驗數據：參考作品說明書

(三)研究發現、觀察與討論

- 經由研究一的實驗，我們發現**中筋麵粉是是否能長出菌絲體的重要關鍵**，所以後續實驗皆添加高比例中筋麵粉為營養源。
- 由表面現象的觀察結果發現，使用過的太空包基質只要一天就可以看到表面有菌絲體產生。在硬度部分則需要到第三、四天才有所轉變，如同研究一，秀珍菇與藍寶石菇都沒有發霉情形。
- 由撞擊實驗結果可以發現，**烘烤過的藍寶石菇測試片全部都可以抵抗銅球30次撞擊而沒有破裂，烘烤過的秀珍菇測試片則只有41%通過測試。**從實驗過程觀察，藍寶石菇有那麼好的耐撞能力應該和菌絲體生長茂密有關，每個測試片都被菌絲體所包覆。
- 在比較烘烤對測試片是否有影響部分，由數據可明顯看出，**未烘烤的秀珍菇和藍寶石菇測試片都無法抵擋銅球的撞擊，秀珍菇測試片最好的是14次，藍寶石菇則全低於8次。**



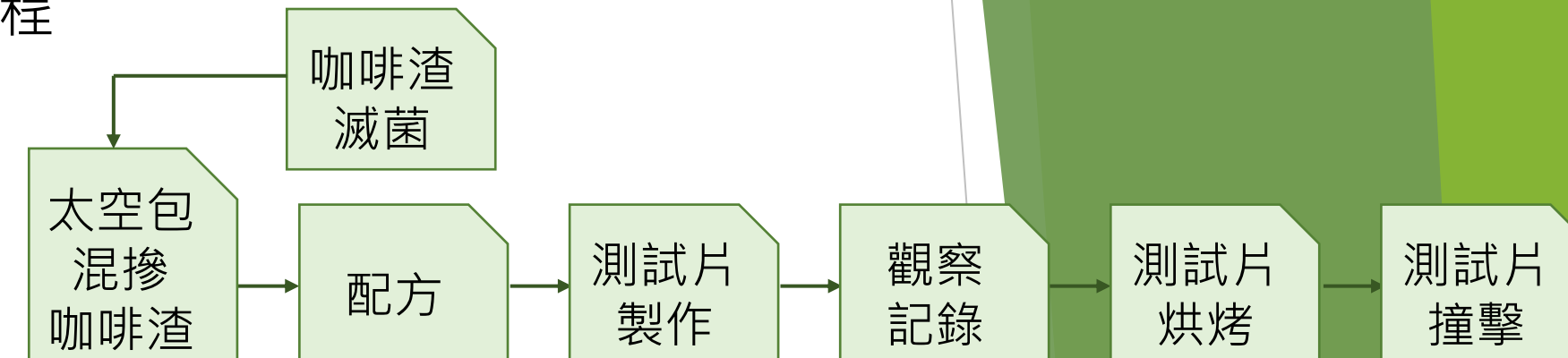
- 綜合以上結論：將太空包打開生長子實體後，**所剩下的基質可以用來製作具耐撞性的材料，且藍寶石菇製作的耐撞性比秀珍菇的好。未經烘烤的測試片不堪一擊，顯示烘烤程序對測試片耐撞能力的強化是重要的。**

研究三 在太空包基質混加咖啡渣作為防撞包裝材質探究

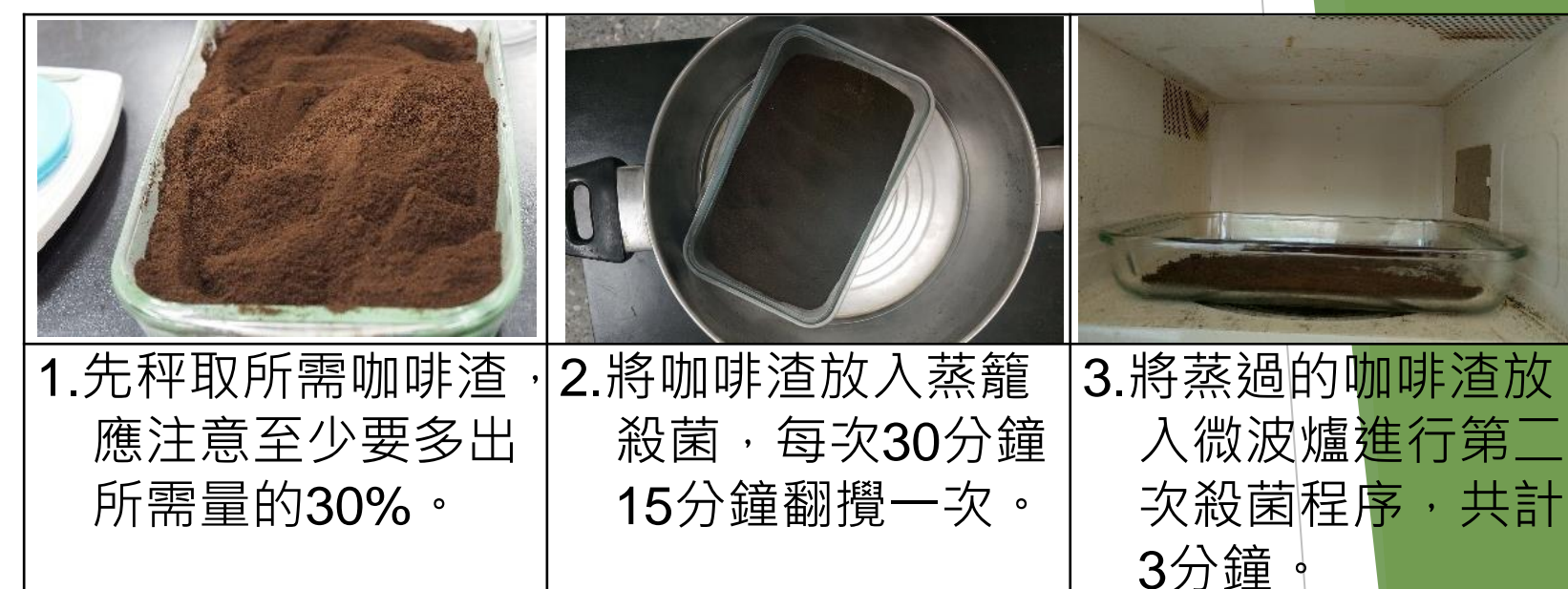
研究一發現使用全新太空包基質可以製作出防撞材料，在研究二我們進一步獲得以使用過的太空包基質亦可製作出防撞材質，能力和研究一不相上下。本研究將進一步測試是否可在太空包基質中摻入咖啡渣，提高農業廢棄物的使用價值。

(一)研究方法

1. 實驗流程



2. 咖啡渣滅菌



3. 實驗配方：參考作品說明書。

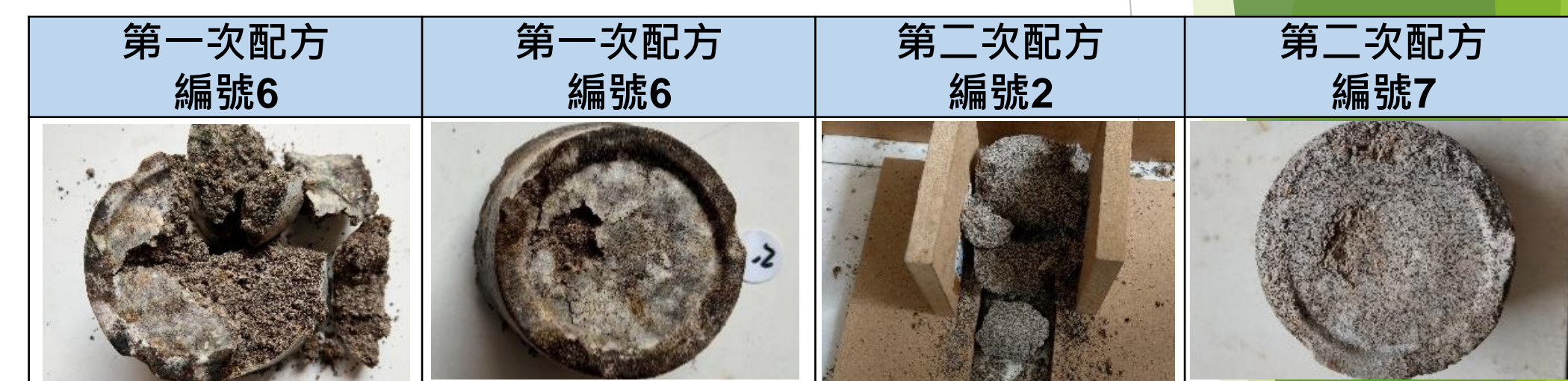
4. 測試片製作、烘烤程序、撞擊實驗：同研究一。

(二)研究結果

菌絲體測試片撞擊實驗數據：參考作品說明書

(三)研究發現、觀察與討論

- 我們觀察發現大部分的樣本都會發霉，顯然在**太空包基質添加咖啡渣時，如何滅菌是重要的關鍵**。有極少部分樣本例如第二次測試的樣品編號5與9沒有發霉的情形，由配方表可以發現這兩個樣本沒有加水，因此**要降低發霉就必須不添加水分。**
- 我們的配方分成兩次，第一次將咖啡渣的比例訂在70%、50%及30%，**結果發現當咖啡渣的比例達70%時，測試片無法成形**，一拿起來就散了。第二次的配方是咖啡渣比例為50%、30%及20%。
- 測試片重量在烘烤前後下降的比例比前兩個研究少，大部分都在10%~20%之間，這可能是因為咖啡渣與木屑不容易吸水的緣故，這也代表**如果用含咖啡渣的防撞材料重量會增加，可能會使運費增加。**
- 由撞擊實驗可以發現，24個樣本中扣除5個無法成形的測試片後，竟然有14個能夠承受30次銅球的撞擊，比例高達74%，**這可能是因為咖啡渣顆粒較小剛好填滿木屑間的空隙，由實驗的觀察也發現測試片表面比較光滑。**雖然耐撞力提升，但是由實驗時銅球撞擊到測試片時都彈得很高，會不會反而使材料的吸震能力下降，可能可以進一步探討。

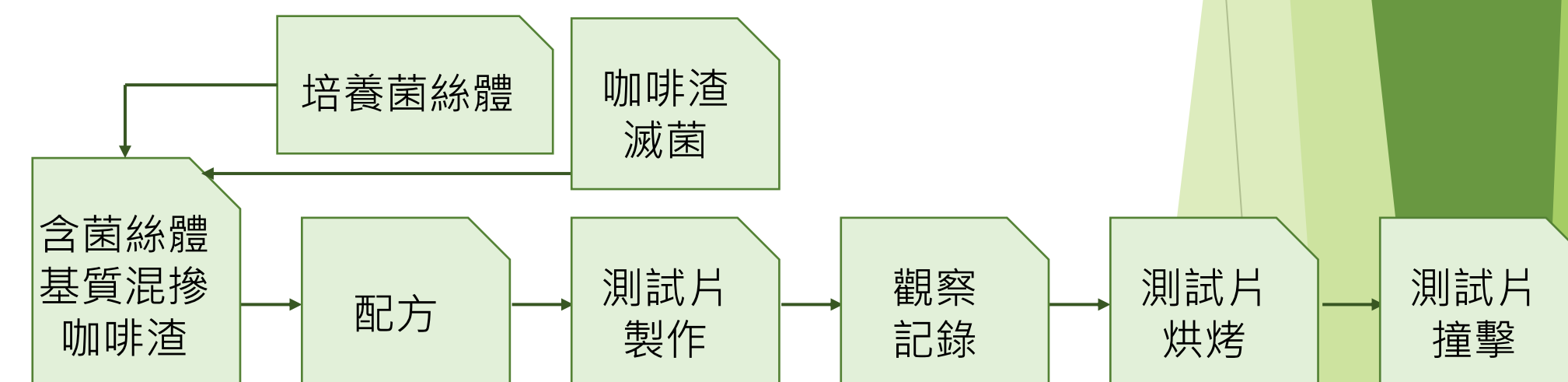


研究四 以包含菌絲體基質混加咖啡渣作為防撞包裝材質探究

在前一個研究中發現，咖啡渣做出來的樣本結構較密，較耐撞，但咖啡渣在基質裡所佔的比例較低，較沒有經濟效益。所以本研究探討先將基質培養出菌絲體後再混入咖啡渣，以提高咖啡渣的比例，觀察是否可符合經濟效益又耐撞菌絲體保護材料。

(一)研究方法

1. 實驗流程



2. 培養菌絲體



- 咖啡渣滅菌：參考研究三。
- 實驗配方：參考作品說明書。
- 測試片製作、烘烤程序、撞擊實驗：同研究一。

(二)研究結果

菌絲體測試片撞擊實驗數據：參考作品說明書

(三)研究發現、觀察與討論

- 為了提高咖啡渣的比例，我們想到先讓基質長出菌絲體的方法，我們發現雖然**可利用含菌絲體的母片混咖啡渣來做出樣本，但樣本很重且非常脆弱又容易發霉。**
- 本研究樣本的發霉情形與研究三比較可以發現，發霉的樣本數比較少，**顯見利用菌絲體可以抑制黴菌的產生。**測試片硬度的觀察則是發現只有接觸水的部分變硬，這使得測試片很脆弱，耐撞能力皆比研究三測試差。

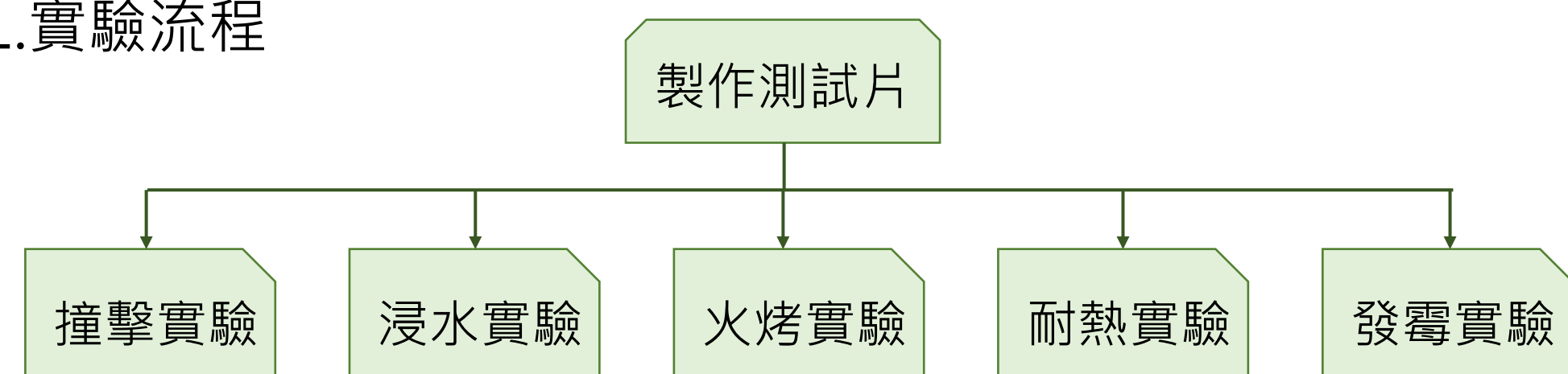


研究五 自製防撞材質性質探討

我們在前幾個研究已獲得以太空包基質或摻入咖啡渣來製作防撞材料的方法與配方，本研究將以三種不同比例配方的自製防撞材料測試片與常見的保麗龍、瓦楞紙板以及氣泡紙包裝材料進行撞擊、防火耐熱和發霉測試，以了解我們的防撞材料是否耐用。

(一)研究方法

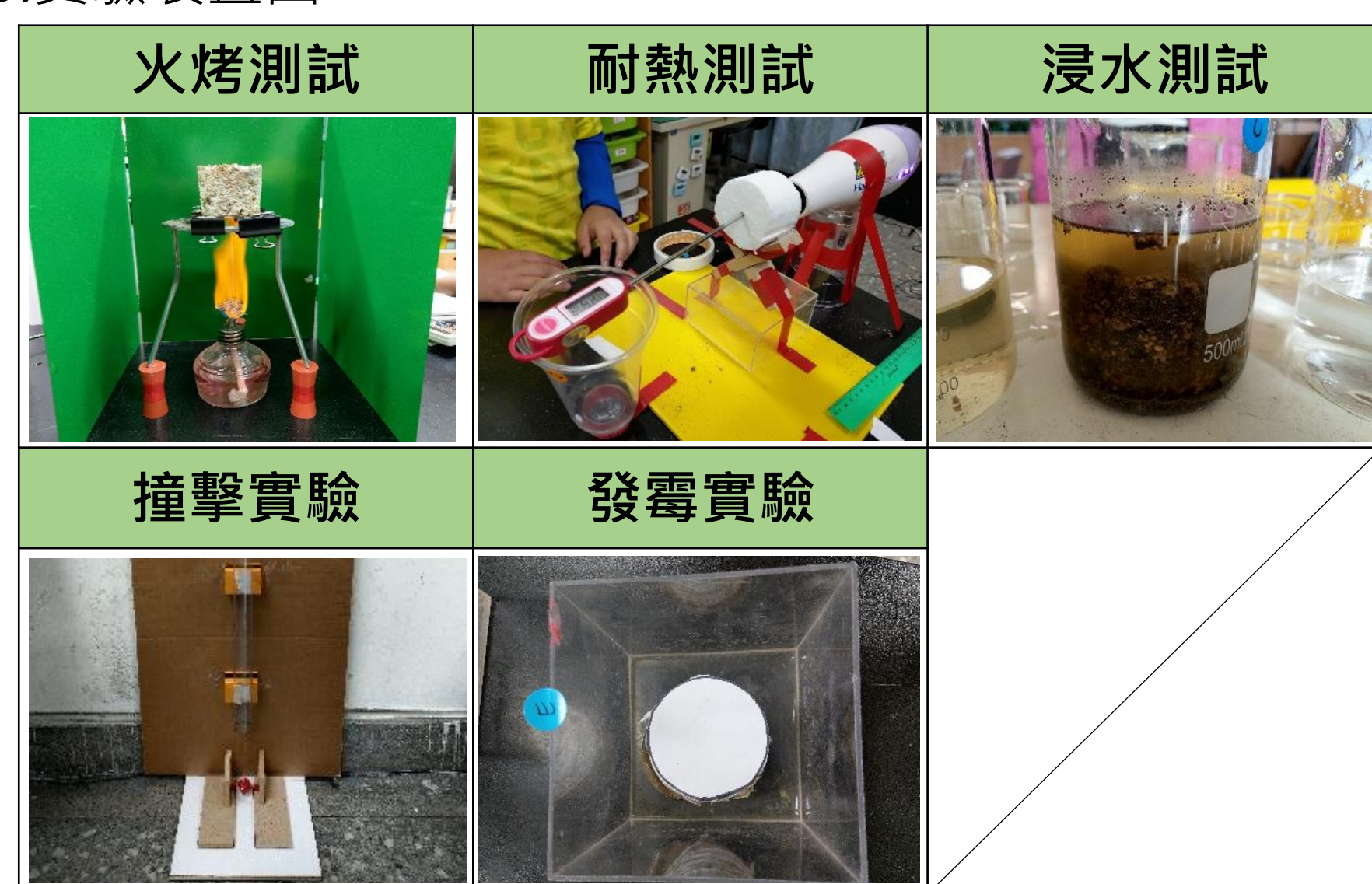
1.實驗流程



2.測試樣本種類



3.實驗裝置圖

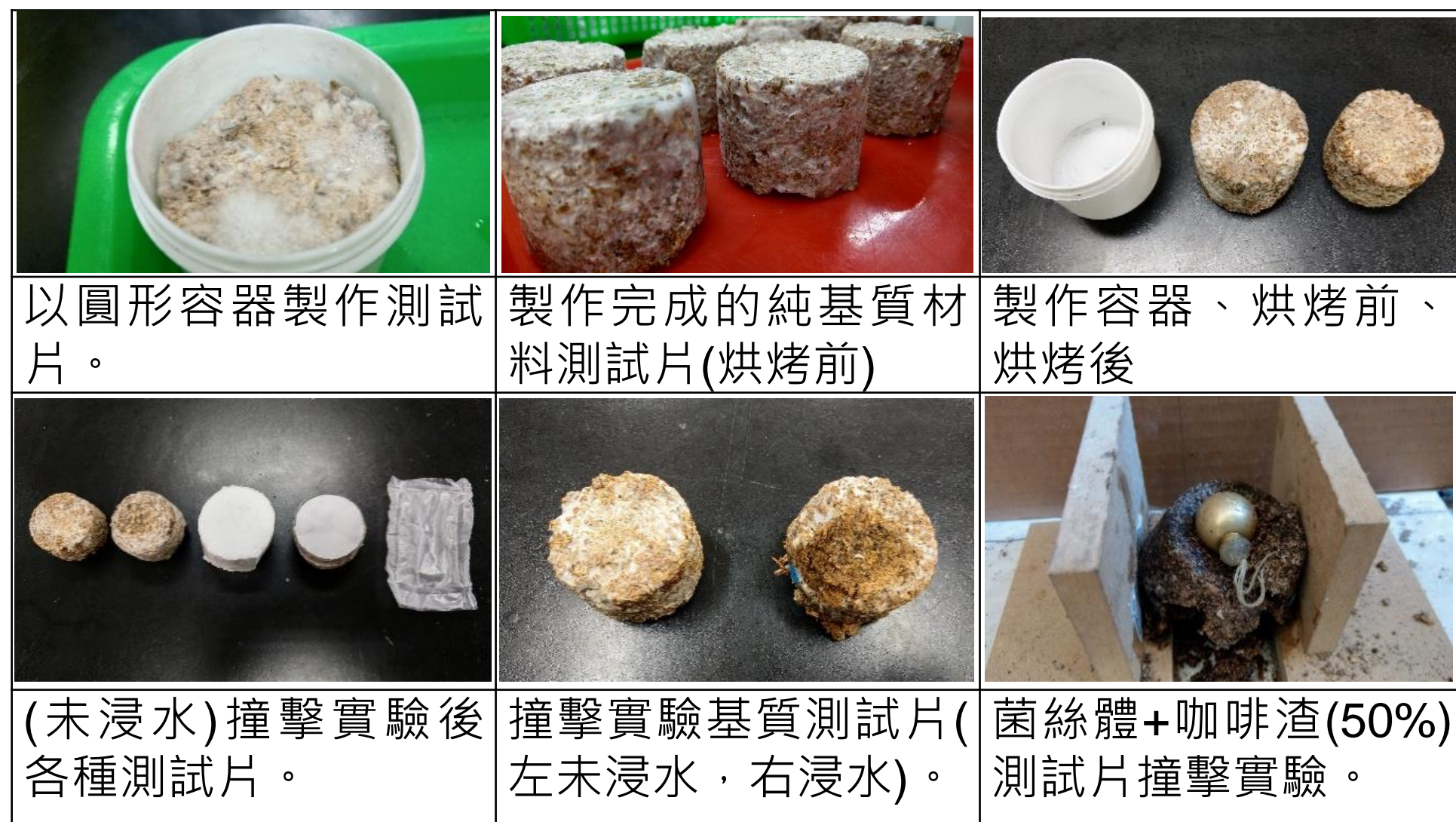


4.實驗步驟：參考作品說明書

(二)研究結果

1.各種測試片性質實驗數據：參考作品說明書。

2.測試片製作



(三)研究發現、觀察與討論

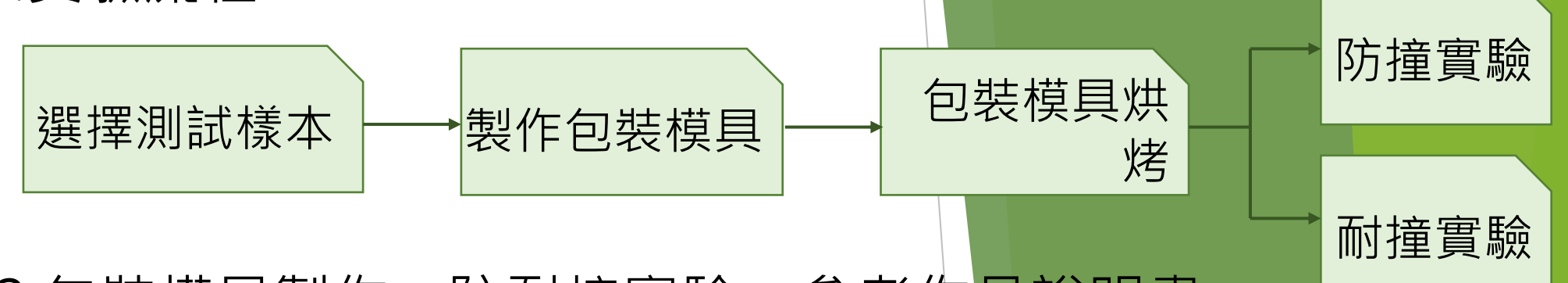
- 1.在撞擊實驗與浸水實驗中，純基質與保麗龍測試片在浸水前後的撞擊次數皆大於50次最佳，摻入30%咖啡渣的測試片在浸水前可耐撞及50次以上，但浸水後只有撞擊6次就破裂了。
- 2.在火烤實驗中，我們發現三種自製菌絲體防撞材料測試片與瓦楞紙板都有遇火燃燒現象，其他保麗龍和泡泡紙測試片則是出現熔化現象，但保麗龍熔化時，還會慢慢纖維化。以「菌絲體母片+咖啡渣(咖啡渣50%)」最不容易燃燒，加熱四分鐘才燃燒，另兩種菌絲體材料其次，約一分半鐘。
- 3.在耐熱實驗中，最有隔熱效果的材質是紙板(吹風機口的溫度大約100度)，僅上升6°C。在自製菌絲體測試片中，最有隔熱效果的是「菌絲體母片+咖啡渣(咖啡渣50%)」溫度上升9.8°C，而其他兩種自製菌絲體測試片也僅上升12°C。
- 4.在發霉實驗中，保麗龍、紙板、泡泡紙因為材質的關係，並沒有發霉的現象，不過，紙板因吸水的關係，有明顯的膨脹現象，菌絲體較容易發霉，代表這幾種菌絲體防撞材料在自然界中都容易被微生物所分解。

研究六 以自製防撞材質進行實測

經由前幾項研究我們確立了以太空包基質製作防撞材料的可行性，為了測試實驗樣本能否保護物品，本研究我們進行利用燒杯用來模擬需要運送的商品。研究採用純基質培養的菌絲體，使其在模具中成長成所需要的形狀，再以耐撞與防撞(落下)實驗以進行實測。

(一)研究方法

1.實驗流程



2.包裝模具製作、防耐撞實驗：參考作品說明書

(二)研究結果

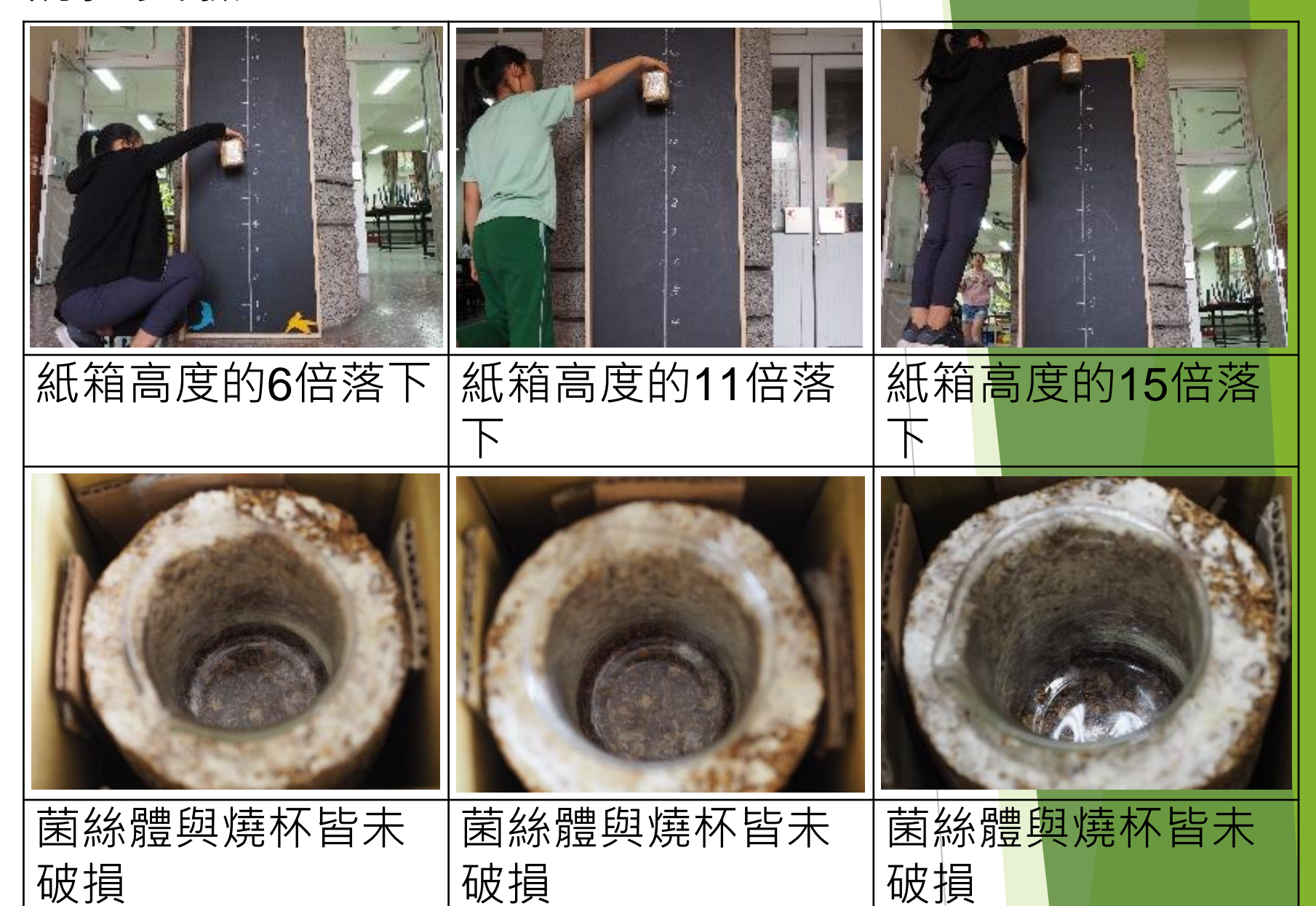
1.包裝模具製作



2.耐撞實驗

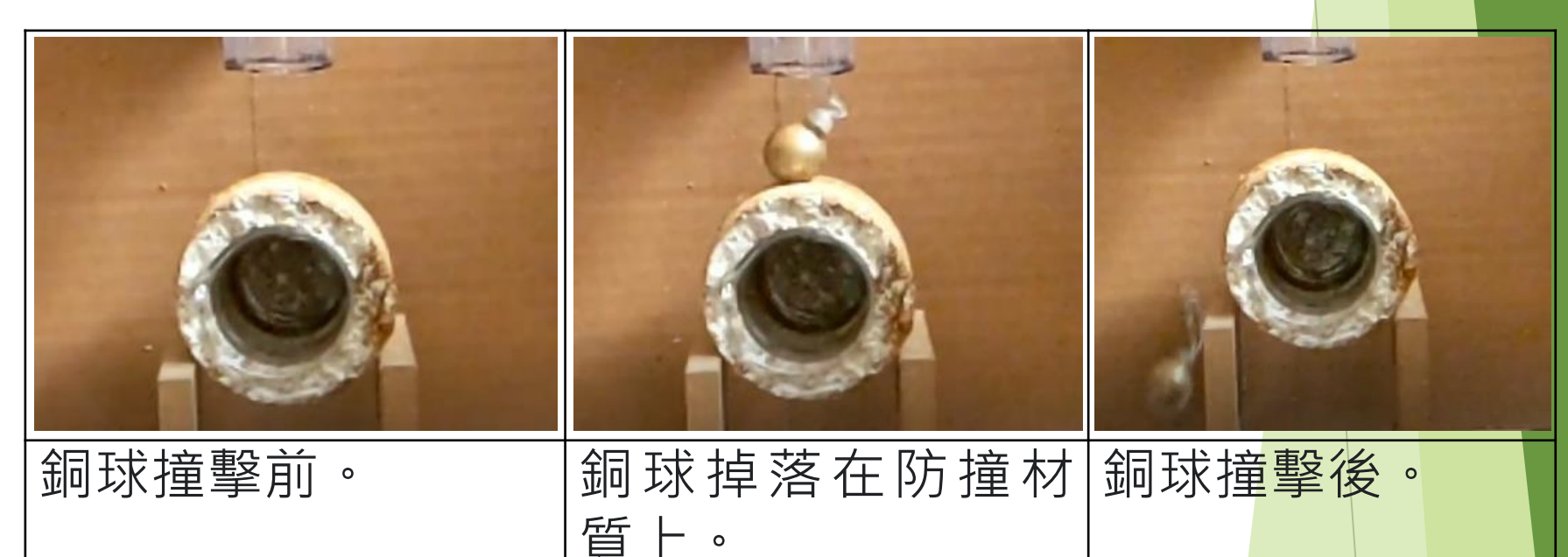


3.防撞實驗



(三)研究發現、觀察與討論

- 1.研究六欲保護的商品選擇易碎的玻璃燒杯，菌絲體實驗樣本採用研究一成長速度較快的養分配方來進行製作，樣本分為大、中、小三種，用以測試不同大小的商品保護。菌絲體的樣本約7天長成，質地緻密，顏色與外觀符合研究一成長良好的定義。脫模後成品完全成形，呈現圓筒狀，硬度適中。樣本側邊厚度約1公分，底部厚度：大樣本為2公分，中樣本為1.5公分，小樣本為1公分，經烘烤後防撞模具完成。
- 2.耐撞實驗，實驗樣本採橫置，以銅球垂直落下的方式撞擊。菌絲體發生變化時會拍照記錄。撞擊到第50下時，樣本從側邊裂開，露出內部的燒杯，但是底部完好，燒杯也並未破損。



- 3.經以上實驗，菌絲體會依照模具的形狀生長，成品的品質符合研究一良好的定義。防撞模具成品可用來保護易碎物品，有相當不錯的耐撞能力，從高處(180公分)落下仍能保護易碎商品，是實用的環保包材。

研究結論

一、菌絲體防撞材料研究方法的確立：

- 1.在製作菌絲體防撞材料時，殺菌程序非常重要，所使用的容器、器具及操作者的手都必須以酒精測底的消毒，以避免黴菌的生長。
- 2.在菌絲體防撞材料測試片製作時，從三個部份去觀察外表的變化，以手捏確認測試片是否變硬、觀察有無黴菌菌絲產生和蘑菇菌絲體的生長。
- 3.測試片的烘乾是製作菌絲體防撞材料非常重要的步驟，我們使用微波爐加熱的方式，以確保測試片內外的水分可以同時被去除。實驗發現，經烘烤的測試片不僅可提升耐撞能力，也能殺死菌絲體不再生長。
- 4.我們設計一個高度為100公分、利用銅球撞擊測試片的實驗裝置，為了確保撞擊的位置，還加入校正系統。

二、以蘑菇太空包製作菌絲體防撞材料：

- 1.我們測試了秀珍菇、藍寶石菇、茶樹菇和珊瑚菇四種太空包的基質製作菌絲體防撞材料，只有秀珍菇、藍寶石菇兩種蘑菇可以成功長出菌絲體。
- 2.在太空包基質加入適當比例的中筋麵粉是菌絲體是否能生長的重要因素，以基質：中筋麵粉=5：2生長的最好，水分的部分應低於15%，水分增加容易長出黴菌。
- 3.不論是未使用的太空包或是以使用過的太空包基質都能夠製作出菌絲體防撞材料，成功率與防撞能力都不相上下。
- 4.在太空包基質摻入咖啡渣能夠強化菌絲體防撞材料的耐撞強度，但是摻入的比例不可超過30%。摻入咖啡渣的測試片非常容易發霉，添加的水量要再降低。

三、菌絲體防撞材料性及應用探討：

- 1.自製菌絲體防撞材料有不錯的防撞性質，即使泡水後仍然保有好的耐撞能力。相較其他包裝材料自製菌絲體防撞材料的防火性佳，也不易導熱，暴露在潮濕環境容易發霉，被微生物分解，是友善環境的材質，以農業廢棄物來製作，還能達到循環經濟的效益。
- 2.以實物製作防撞材料時，菌絲體會依照模具的形狀生長。成品可用來保護易碎物品，有相當不錯的耐撞能力，從高處(180公分)落下仍能保護易碎商品，是實用的環保包材。