

# 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

082903

多管齊下一發現環保的秘密

學校名稱：新北市泰山區明志國民小學

作者： 小五 蔡泳諍	指導老師： 曹瀨文 劉邦羽
---------------	---------------------

關鍵詞：一次性環保吸管、桂竹、馬鈴薯蛋殼粉

## 摘要

因應政府減塑政策的推動，市面上充斥著琳琅滿目的環保吸管，但這些吸管面臨許多使用上的問題，如：無法隨身攜帶、吸管遇熱會軟化、管內異味無法去除、無法徹底洗淨等情形。而本研究所研製出的一次性吸管：洋菜桂竹吸管、蜂蠟桂竹吸管和馬鈴薯蛋殼吸管，皆能解決以上問題。它們不但耐溫、耐酸鹼，且能被長時間保存、不腐壞，而經過掩埋後，質量也會下降。其中，又以馬鈴薯蛋殼吸管，兼具商業化與環保性的雙重價值。此吸管不僅能將原本被視為商業廢棄物的蛋殼變成商品，又因其管材富含磷、鉀、鈣、鎂、鐵等微量元素，在回收廢棄吸管後，很適合將此做為肥料，使其回歸塵土、滋養生命，達到零浪費、零污染的可能，是一種便利、又友善環境的吸管！

## 壹、研究動機

因為政府減塑政策的推動與家人對環保的重視，家中買了許多種類的環保吸管，但在使用過後，我們發現這些環保吸管有著各自的極限。許多主打可重複使用的吸管，的確環保，但在使用上卻有著種種的限制，例如：玻璃吸管在攜帶時容易折損，一旦碎裂於飲料中就可能傷及安全；不鏽鋼、矽膠與竹吸管則有「是否能徹底清洗乾淨」的疑慮；此外，矽膠吸管在使用過後極易吸附飲料氣味，即使清洗也無法徹底去除異味，這對於使用者來說並不是最佳的選擇。而且以上吸管時常會面臨忘記攜帶，而擺著未用的情形，並不實用。而市售的一次性紙吸管和甘蔗吸管，在飲用溫熱飲時，都會有吸管變軟的問題。因此，我們決定要針對以上各種吸管的問題進行改善，研發出實用、耐用、又友善環境的新型吸管。

在和夥伴多次討論後，我們一致認為一次性吸管的研發是我們的研究重點，因為這可以解決無法隨身攜帶吸管、無法去除吸管異味和清潔等問題。而製成吸管的材料，可從廚房內的材料或廢棄物著手，因為這些物質大多可被微生物分解、利用，而且許多物質在溶於水、加熱後，還會有獨特的變化，很適合用於研發新型吸管！







這次的研究，將可以讓我們把所有曾在學校學到的知識應用於其中，例如我們曾經做過許多溶解實驗（三上一廚房裡的科學）、知道如何測得水溶液的酸鹼性（五上一水溶液），此外，圖書館所舉辦的黴菌展，也讓我們了解「原來食物會腐敗是因為被微生物附著」，而這些腐敗物若能回歸塵土，就可以成為許多植物和動物成長的養分（三下一種蔬菜），讓地球生生不息。

## 貳、研究目的

我們想利用廚房中的材料或廢棄物，研發出一種可戳膜、耐重壓、耐溫、耐酸鹼、可被生物分解，且能長時間保存的一次性環保吸管。

## 參、研究設備及器材

### 一、設備與器材

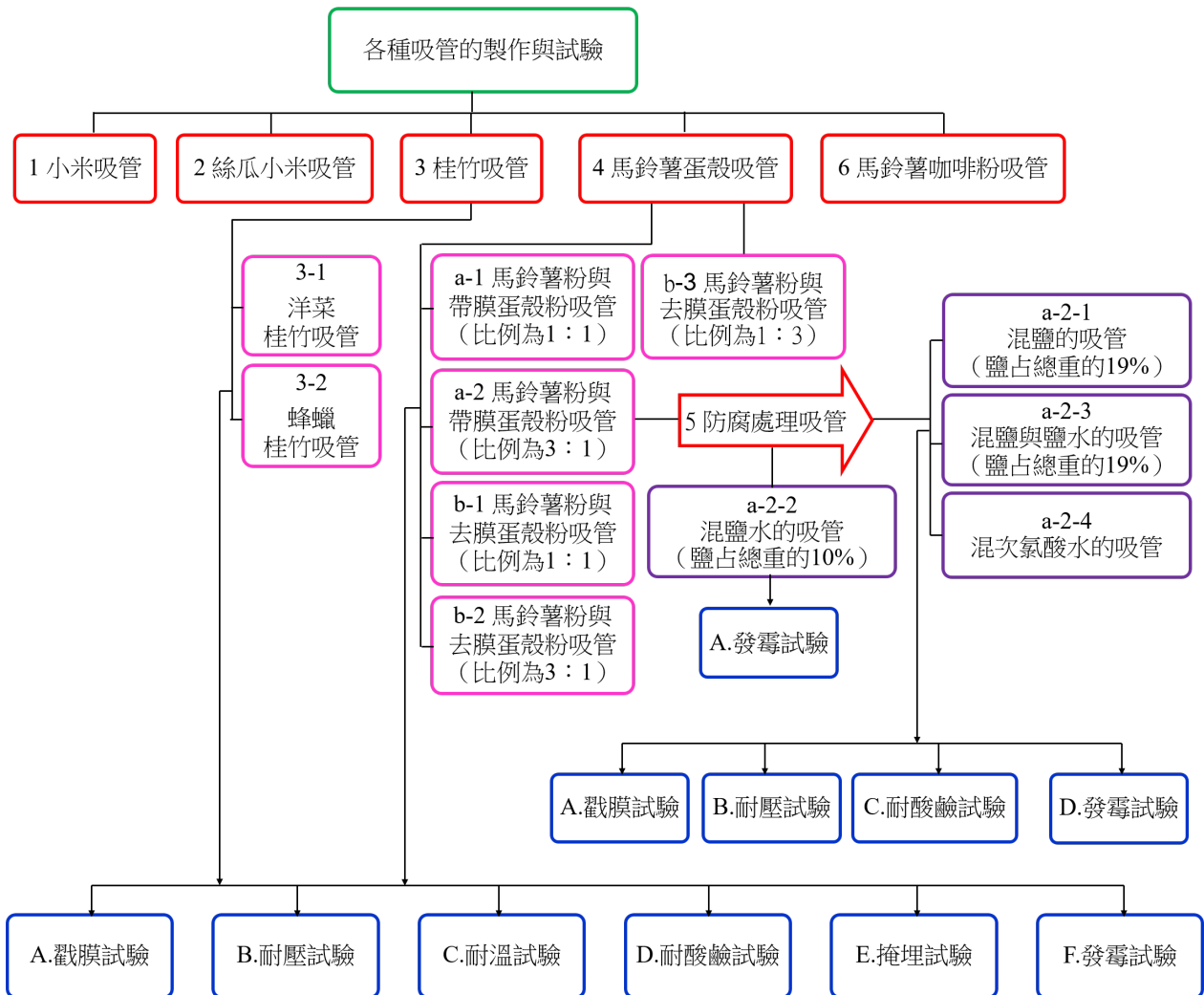
					
調理機	次氯酸水機器	自製抄紙器	A4 抄紙框	篩網	吸管模具 (不鏽鋼管)

### 二、材料

			
小米粒	小米粉末	糯米粉	吉利丁粉
			
絲瓜纖維	桂竹纖維	蜂蠟	洋菜粉
			
馬鈴薯粉	蛋殼與蛋膜粉	蛋殼粉	鹽
			
咖啡粉			

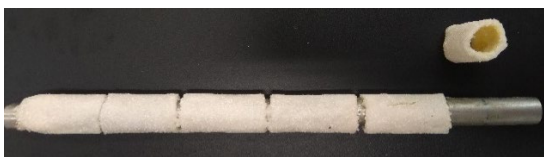
## 肆、研究過程或方法

### 一、研究架構



### 二、研究過程與方法

研究過程與方法中包含製作吸管的方法及吸管成品的試驗，每一種成品試驗時，都使用三根相同配方的吸管來進行。進行戳膜及耐壓試驗的吸管，管長為 20 公分；進行耐水溫、耐酸鹼、掩埋與發霉等試驗的吸管，管長為 3 公分。



▲馬鈴薯蛋殼吸管



▲洋菜桂竹吸管



▲蜂蠟桂竹吸管

## 【研究 1】小米吸管的製作

**前言：**

因為小米屬於天然食材，我們認為它能在大自然中被分解，不會造成環境污染，且可能具有黏性，所以我們嘗試以小米為主要成分來製作吸管。小米吸管成分圖放於參考資料及其他的圖一。



**步驟：**

### 《實驗 1-1》小米粉末與水混合

1. 將 15 克的小米顆粒泡水 4 小時後，用鉢將顆粒研磨成粉末狀。
2. 用滴管滴入 10 毫升的水，與小米粉末均勻混合。
3. 將與水混合的小米粉末黏在吸管模具上。

### 《實驗 1-2》水煮小米

1. 將 15 克的小米顆粒泡水 4 小時後，水煮至顆粒變軟，用鉢搗碎，讓小米成黏稠狀。
2. 將黏稠狀的小米黏在吸管模具上。
3. 靜置於教室內一天。

## 【研究 2】絲瓜小米吸管的製作

**前言：**

因為小米吸管在風乾後會出現粉碎的現象(研究 1)，所以我們就一直在思考「該如何讓小米粉末在風乾後，能被固定、不會粉碎？」

在寫作業時，看著眼前紙張，突然想到「紙張是植物纖維做的，纖維在乾燥後會緊緊相連，不會碎裂！」，因此，我們想到「也許在小米吸管中加入植物纖維，能讓粉末被固定住」，改善吸管在風乾後會粉碎的情形。

最初，我們想用甘蔗纖維做吸管配方，所以蒐集了甘蔗汁店裡的廢棄蔗渣，卻發現蔗渣中，還留有太多纖維以外的雜質，無法讓實驗順利進行，所以沒有採用。苦惱中，恰巧發現家中「菜瓜布」—只有纖維、沒有雜質，非常適合，所以最後選用「菜瓜布」，來製作絲瓜小米吸管。並使用具有黏性的糯米



粉，和能固化的吉利丁粉做為添加材料。此組有三組配方，如表一所示。絲瓜小米吸管成分圖放於參考資料及其他的圖二。

表一、三種絲瓜小米吸管的配方

成分 組別	小米粉末 (g)	水煮小米粒 (g)	糯米粉 (g)	吉利丁粉 (g)	絲瓜纖維 (g)
實驗 2-1	9.7	3	3	0.1	10
實驗 2-2	9.7	6	-	0.1	10
實驗 2-3	9.7	-	6	0.1	10

步驟：

### 《實驗 2-1》絲瓜小米 A 配方

使用材料：小米顆粒、糯米粉、吉利丁粉、絲瓜纖維。

◇ 絲瓜纖維製作方法：

1. 取絲瓜布，將其剪成  $2 \times 2 \times 2$  立方公分的大小後，以水清洗絲瓜布。
2. 用沸騰的水煮 3 小時，每 30 分鐘攪拌一次。
3. 用沸騰的小蘇打水(取 150 克的小蘇打粉，加入 500 毫升的水中，為飽和水溶液)煮 3 小時，每 30 分鐘攪拌一次。
4. 用果汁機重複以運轉、停機的方式，打 60 秒。(不可將絲瓜纖維切的過短)
5. 用鉢將絲瓜布打成細長纖維狀，至纖維散成一絲一絲的，長度約 3 毫米。
6. 將絲瓜纖維放置清水中散漿。



◇ 絲瓜小米吸管 A 製作方法：

1. 取 9.7 克的小米顆粒，用鉢將顆粒研磨成粉末狀。
2. 取 3 克的小米顆粒，水煮至顆粒變軟，用鉢搗碎，讓小米呈黏稠狀。
3. 將以上兩種材料混合後，加入糯米粉 3 克、吉利丁粉 0.1 克與絲瓜纖維 10 克，並均勻攪拌成團。

4. 將其黏在吸管模具上。
5. 靜置於教室內一天。

### 《實驗 2-2》絲瓜小米 B 配方

使用材料：小米顆粒、吉利丁粉、絲瓜纖維。

- ✧ 絲瓜纖維製作方法：同《實驗 2-1》絲瓜小米 A 配方的步驟。
- ✧ 絲瓜小米吸管 B 製作方法：
  1. 取 9.7 克的小米顆粒，用鉢將顆粒研磨成粉末狀。
  2. 取 6 克的小米顆粒，水煮至顆粒變軟，用鉢搗碎，讓小米呈黏稠狀。
  3. 將以上兩種材料混合後，加入吉利丁粉 0.1 克與絲瓜纖維 10 克，並均勻攪拌成團。
  4. 將其黏在吸管模具上。
  5. 靜置於教室內一天。

### 《實驗 2-3》絲瓜小米 C 配方

使用材料：小米顆粒、糯米粉、吉利丁粉、絲瓜纖維。

- ✧ 絲瓜纖維製作方法：同《實驗 2-1》絲瓜小米 A 配方的步驟。
- ✧ 絲瓜小米吸管 C 製作方法：
  1. 取 9.7 克的小米顆粒，用鉢將顆粒研磨成粉末狀。
  2. 加入吉利丁粉 0.1 克與含水絲瓜纖維 10 克，並均勻攪拌成團。
  3. 將其黏在吸管模具上。
  4. 靜置於教室內一天。

### 【研究 3】桂竹吸管的製作

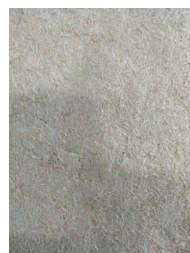
**前言**：

在絲瓜小米吸管的製作過程中(研究 2)，我們發現「絲瓜纖維真的能固定小米粉末」，但當吸管浸泡於水中時，吸管表面會有黏稠感，推測是因為粉末遇水後變成澱粉液造成的。我們覺得這種結果並不理想，因此，決定用絲瓜纖維做成紙張，製做絲瓜吸管。卻發現，要在短時間內，製造出大量能做紙張的絲瓜纖維，難度很高，我們費時一個多月處理，最後只能產出少量的絲瓜紙張。所以最後我們尋求新竹一間紙工作坊的幫助，工作坊提供我們他們所

製作的桂竹纖維。然後我們自製抄紙器具，取代一般抄紙的方法(在水中撈紙漿)，以定量的方式製紙。此外，為了解決紙張碰水，會破裂的情況，我們採用在吸管表層淋上洋菜液和蜂蠟液作防水處理。



▲傳統抄紙方法



▲絲瓜紙張



▲自製抄紙器具抄紙方法

步驟：

### 《實驗 3-1》洋菜桂竹吸管

使用材料：桂竹纖維(由民間紙工作坊提供)、洋菜粉、水

桂竹纖維製法：取嫩竹泡生石灰水→乾燥→曬太陽→泡水，製成時間約 90 天

☆ 桂竹紙張製作方法：

1. 用燒杯取 1.86 克乾的桂竹纖維後，再加入 150 毫升的水散漿。
2. 在自製抄紙器下放 A4 抄紙框，並於 A4 抄紙框下放擋水木板。
3. 在自製抄紙器中以水管加入水，當水加至高度 40 至 50cm，讓紙漿有足夠均勻攪拌擴散的水量，再將散漿後的纖維倒入。
4. 將自製抄紙器與抄紙框搬離擋水木板，使纖維均勻分布於抄紙框。
5. 取下平鋪著桂竹纖維的抄紙框，並將桂竹纖維以布壓乾，平鋪於另一張布。
6. 使用平底鍋，將平鋪於布上的桂竹纖維煎乾，即得到桂竹紙張。
7. 將紙張剪裁成 14.5 公分 × 20 公分 的大小。





◇ 洋菜桂竹吸管製作方法：

1. 取 1500 毫升的水，加入 114 克的洋菜粉，製成洋菜液。
2. 將 2/3 的桂竹紙淋上洋菜液。
3. 將淋上洋菜膠的桂竹紙捲成吸管狀。
4. 使用除濕機，除濕兩小時使之乾燥。



### 《實驗 3-2》蜂蠟桂竹吸管

使用材料：桂竹纖維(民間紙工作坊提供)、蜂蠟

◇ 桂竹紙張製作方法：同《實驗 3-1》洋菜桂竹吸管的步驟。

◇ 洋菜桂竹吸管製作方法：

1. 將 400 克的蜂蠟隔水加熱成液態。
2. 將桂竹紙捲於吸管模具上後，取下紙捲。
3. 將蜂蠟液淋於桂竹紙捲上。



### 【研究 4】蛋殼馬鈴薯吸管的製作

前言：

因為我們很希望突破小米吸管—以澱粉類物質製作吸管的困境(研究 1)，所以仍在實驗期間不斷尋找解決辦法。偶然間發現「芋圓」這類食品可用馬鈴薯粉製作，在水煮後，不僅能防水、且表面不會產生嚴重的黏膩感、遇高溫又不會破裂，讓我們再次燃起用澱粉類物質製作吸管的想法。這次我們還想到，在自然課時曾發現「碳酸鈣不會溶於水」的特性，所以，我們想在澱粉裡加入天然的碳酸鈣物質—蛋殼粉，增加吸管的硬度和防水性。考慮到蛋殼內的膜也許會讓吸管產生不一樣的特性，所以，我們製作時分成去膜蛋殼粉，和帶膜蛋殼粉兩種配方進行研究。

此外，在前面研究中，我們發現蜂蠟有遇冷會凝固、遇熱會溶解的特性，如果在吸管材料黏上模具前，先淋蜂蠟在不鏽鋼模具上，再去水煮吸管，應該就可以順利解決吸管脫膜的

問題，於是我們著手進行研究。此組共有五組配方，如表二所示。馬鈴薯蛋殼吸管成分圖放於參考資料及其他的圖三。

表二、五種以馬鈴薯粉、蛋殼為主要成分的吸管配方

成分 組別	馬鈴薯粉 (g)	蛋殼+膜 (g)	蛋殼 (g)	主要成分 的比例	洋菜粉 (g)	水 (ml)
實驗 a-1	12	12	-	1:1	0.3	12.3
實驗 a-2	18	6	-	3:1	0.3	12.3
實驗 b-1	12	-	12	1:1	0.3	12.3
實驗 b-2	18	-	6	3:1	0.3	12.3
實驗 b-3	6	-	18	1:3	0.3	12.3

步驟：

#### 《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方（比例為 1:1）

使用材料：馬鈴薯粉 12 克、帶膜蛋殼粉 12 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

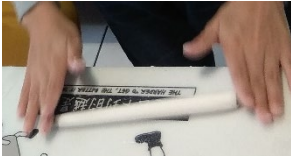
◇ 帶膜蛋殼粉的製作方法：

1. 至校園附近的各間店家中，蒐集店家打蛋後要丟棄的廢棄蛋殼。
2. 清洗蛋殼後，將殼放至果汁機中打碎，並以篩網過篩，即得帶膜蛋殼粉。



◇ 帶膜蛋殼 a-1 吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 12 克、帶膜蛋殼粉 12 克和洋菜粉 0.3 克，放入量杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。
3. 將其黏在吸管模具上，以來回滾動的方式將其滾成 20 公分的吸管。
4. 將其放入沸騰的水中，利用高溫融化緊貼於模具上蜂蠟，使 a-1 吸管脫膜。
5. 將脫膜後的 a-1 吸管，重新套回模具上，待其表面乾燥後取下模具。
6. 使用電風扇與除濕機將 a-1 吸管除濕一天。



▲黃色部分是蜂蠟



### 《實驗 a-2》帶膜蛋殼 a-2 配方（比例 3：1）

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

◇ 帶膜蛋殼粉的製作方法：同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

◇ 帶膜蛋殼 a-2 吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克和洋菜粉 0.3 克，放入量杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

### 《實驗 b-1》去膜蛋殼 b-1 配方（比例為 1：1）

使用材料：馬鈴薯粉 12 克、去膜蛋殼粉 12 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

◇ 去膜蛋殼粉的製作方法：

1. 至校園附近的各間店家中，蒐集店家打蛋後要丟棄的廢棄蛋殼。
2. 清洗蛋殼後，將蛋殼去除蛋膜，並將蛋殼放至果汁機內打碎，最後以篩網過篩，即得去膜蛋殼粉。

◇ 去膜蛋殼 b-1 吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 12 克、去膜蛋殼粉 12 克和洋菜粉 0.3 克，放入量杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

### 《實驗 b-2》去膜蛋殼 b-2 配方（比例為 3：1）

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、去膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

◇ 去膜蛋殼粉的製作方法：同《實驗 b-1》帶膜蛋殼 b-1 配方的步驟。

◇ 去膜蛋殼 b-2 吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、去膜蛋殼粉 6 克和洋菜粉 0.3 克，放入量杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

### 《實驗 b-3》膜蛋殼 b-3 配方（比例為 1：3）

使用材料：馬鈴薯粉 6 克、去膜蛋殼粉 18 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

◇ 去膜蛋殼粉的製作方法：同《實驗 b-1》帶膜蛋殼 b-1 配方的步驟。

◇ 去膜蛋殼 b-3 吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 6 克、帶膜蛋殼粉 18 克和洋菜粉 0.3 克，放入量杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

### 【研究 5】馬鈴薯蛋殼(a-2)防腐吸管的製作

將馬鈴薯蛋殼 a-2 吸管，以各種防腐處理的方法進行製作。

**前言**：

我們在馬鈴薯蛋殼吸管的研發中發現(研究 4)，這種吸管已經達成「能防水、不吸水、可均勻黏附於模具、成為吸管形狀、又能順利脫膜的吸管」，卻發現它很容易發霉。為了解決這個問題，我們想到「鹽」能防腐，因此，決定在配方中加入鹽，解決發霉的問題。

於此同時，因為新型冠狀病毒 (COVID-19)的關係，我們從新聞中得知「次氯酸水」能除病菌，又有易被降解的特性，剛好家中也有次氯酸水製造機，所以，我們也將次氯酸水加入此次研究中。此組共有四組配方，如表三所示。

表三、四種以帶膜蛋殼 a-2 配方進行防腐處理的吸管成分

組別 \ 成分	馬鈴薯粉 (g)	蛋殼+膜 (g)	洋菜粉 (g)	鹽 (g)	鹽水(g) (3g 鹽+10g 水)	水 (ml)	次氯酸水 (ml)
實驗 a-2-1	18	6	0.3	6	-	12.3	-
實驗 a-2-2	18	6	0.3	-	13	-	-
實驗 a-2-3	18	6	0.3	3	13	-	-
實驗 a-2-4	18	6	0.3	-	-	-	12.3

**步驟：**

**《實驗 a-2-1》混鹽的吸管（鹽占總重的 19%）**

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、去膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克和鹽 6 克，放入量杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

**《實驗 a-2-2》混鹽水的吸管（鹽占總重的 10%）**

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、鹽水 13 毫升

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克和鹽水 13 毫升，放入量杯中均勻混合。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

**《實驗 a-2-3》混鹽與鹽水的吸管（鹽占總重的 19%）**

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、鹽 3 克、鹽水 13 毫升

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、鹽 3 克和鹽水 13 毫升，放入量杯中均勻混合。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

## 《實驗 a-2-4》混次氯酸水的吸管

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、次氯酸水 12.3 毫升

◇ 次氯酸水的製作方法：

1. 將 13.7 克的鹽加入 500 毫升的水中，使用過氯酸水製造機(潔茵雅 JY-500)，製造過氯酸水。
2. 取 80 毫升的次氯酸水，加入 3120 毫升的開水。

◇ 混次氯酸水吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、帶膜蛋殼粉 6 克、洋菜粉 0.3 克和次氯酸水 12.3 毫升，放入量杯中均勻混合。

步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

## 【研究 6】馬鈴薯咖啡粉吸管的製作

**前言：**

我們在製作馬鈴薯蛋殼防腐吸管的過程中發現(研究 5)，馬鈴薯粉在加水後，如果沒有加入蛋殼粉，會呈現一種「半固態的流體狀態」，讓我們突然很好奇「蛋殼粉在馬鈴薯蛋殼配方中，究竟扮演什麼重要角色？」因此，我們



將家中的咖啡豆磨成咖啡粉，取代蛋殼粉，看咖啡粉能產生是否也能產生和蛋殼粉一樣的效果，甚至出現讓我們意外的驚喜。

**步驟：**

使用材料：馬鈴薯粉 18 克、咖啡粉 6 克、洋菜粉 0.3 克、水 12.3 毫升

◇ 咖啡粉的製作方法：用咖啡機研磨咖啡豆，即得咖啡粉。

◇ 馬鈴薯咖啡粉吸管的製作方法：

1. 將蜂蠟隔水加熱成液態，均勻的淋於吸管模具表面，並等它冷卻凝固。
2. 將馬鈴薯粉 18 克、咖啡粉 6 克、洋菜粉 0.3 克放於燒杯中均勻混合，再加入 12.3 毫升的水攪拌成團。

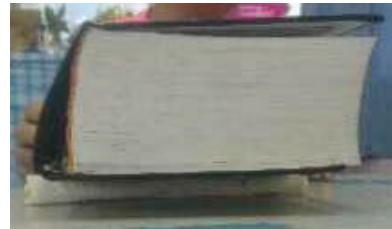
步驟 3. 至步驟 6. 同《實驗 a-1》帶膜蛋殼 a-1 配方的步驟。

## 各項吸管試驗的研究方法

- ◆ 戮膜試驗： 向早餐店購買已封膜的空杯，試驗吸管是否可將封口膜戳破。



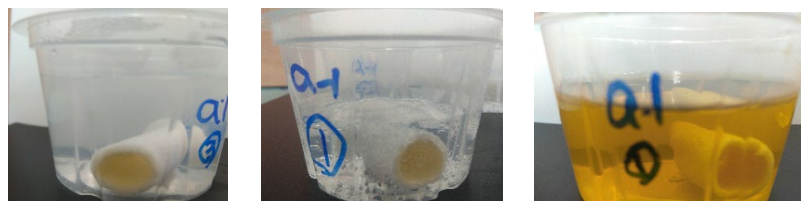
- ◆ 耐壓試驗： 使用 1.7 公斤之重物，壓在吸管上 1 分鐘，觀察吸管是否會因重壓而變形。



- ◆ 耐溫試驗： 將吸管浸泡於 34°C、45°C、70°C 與 87°C 等溫度一小時，試驗在不同水溫下，是否能順利吸飲，並觀察吸管變化。



- ◆ 耐酸鹼試驗： 將吸管浸泡於鹼性的小蘇打水(取 150 克的小蘇打粉，加入 500 毫升的水中，為飽和水溶液)、酸性的雪碧與中性的綠茶中，試驗在不同酸鹼性的水溶液中，是否能順利吸飲，並觀察吸管變化。(小蘇打水無進行吸飲測試)



- ◆ 掩埋試驗： 將容器內放入 2 公分的土，後放上吸管，再覆蓋 2 公分的土。前兩星期，每天定時將吸管取出，觀察吸管變化，並紀錄吸管重量與當日溫度及濕度。兩星期後，一星期觀察紀錄一次。



- ◆ 發霉試驗： 將吸管用鐵絲串起、平掛，每日定時觀察吸管是否發霉，並記錄當日溫度及濕度。



## 伍、研究結果

### 一、各吸管之物理性質試驗

各吸管的物理性質試驗整理於表五。

#### 【研究 1】小米吸管

1-1 的配方因不具黏性，無法黏於模具上，所以無法製成吸管，也無法進行試驗。

1-2 的配方黏在模具上乾燥後會粉碎，故無法製成吸管，也無法進行試驗。

#### 【研究 2】絲瓜小米吸管

2-1、2-2 和 2-3 的配方可黏於模具上，且乾燥後可成吸管形狀，但在脫膜時，吸管會破裂，故無法進行試驗。

#### 【研究 3】桂竹吸管

3-1 配方的吸管無法戳膜，重壓時也會變形。在耐溫與耐酸鹼的試驗中表現良好。雖然在浸泡於 70°C 以上的水溫時，切口處會有極少的紙屑掉落，但仍可用來吸飲。

3-2 配方的吸管可以戳膜，但重壓時會變形。在耐溫與耐酸鹼的試驗中表現良好。在浸泡於 70°C 以上的水溫時，管身會有一些蜂蠟融出，但仍可用來吸飲。





#### 【研究 4】蛋殼馬鈴薯吸管

a-1、a-2、b-1 和 b-2 配方的吸管可以戳膜和重壓。在耐溫與耐酸鹼的試驗中表現良好，只是在浸泡於 70°C 以上的水溫時，管身會有一些蛋殼粉掉落，但仍可吸飲；浸泡於小蘇打水的吸管，則有些微膨脹的情形發生。

b-3 的配方不易黏附在模具上，在煮的時候還會產生裂痕，水煮脫模後，也不易將吸管套回模具上，且在套回模具的過程中也會將吸管戳破，故無法製成吸管，也無法進行試驗。



#### 【研究 5】馬鈴薯蛋殼 a-2 防腐吸管

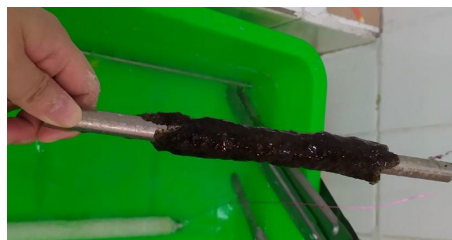
a-2-1、a-2-2、a-2-3 和 a-2-4 配方的吸管可以戳膜和重壓。

a-2-3 和 a-2-4 配方的吸管，在浸泡於水溫 87°C 時，會有一些蛋殼粉掉落，但仍可用來吸飲。

a-2-1、a-2-3 和 a-2-4 配方的吸管，在耐酸鹼的試驗中表現良好，只是浸泡於小蘇打水的吸管，有些微膨脹。

#### 【研究 6】馬鈴薯咖啡粉吸管

此配方不易黏附在模具上，水煮後的吸管也無法脫模。



表五、各吸管之物理性質試驗表

	實驗代號	是否成形	戳膜試驗	耐壓試驗	耐溫試驗				耐酸鹼試驗		
					34°C	45°C	70°C	87°C	雪碧	小蘇打水	綠茶
研究 1	1-1	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1-2	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
研究 2	2-1	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-2	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-3	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
研究 3	3-1	□	×	×	□	□	□	□	□	□	□
	3-2	□	□	×	□	□	□	□	□	□	□
研究 4	a-1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	a-2	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	b-1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	b-2	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	b-3	□	□	□	-	-	-	-	-	-	-
研究 5	a-2-1	□	□	□	-	-	-	-	□	□	□
	a-2-2	□	□	□	-	-	-	-	-	-	-
	a-2-3	□	□	□	-	-	-	□	□	□	□
	a-2-4	□	□	□	-	-	-	□	□	□	□
研究 6	6	×	-	-	-	-	-	-	-	-	

※ 以上 □ 之符號表示通過試驗；× 之符號表示未通過試驗；- 之符號表示無試驗。

## 二、掩埋試驗

掩埋試驗時間共 30 天，平均氣溫 20°C，平均相對濕度 58%，各吸管掩埋試驗的平均重量損失率整理於表六。

### 【研究 3】桂竹吸管

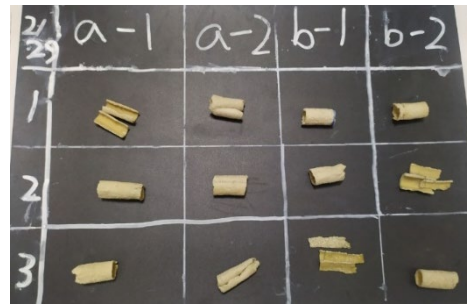
3-1 配方的吸管平均重量損失率為 57.6 %。

3-2 配方的吸管平均重量損失率為 0.3%。



### 【研究 4】蛋殼馬鈴薯吸管

- a-1 配方的吸管平均重量損失率為 3.6%。
- a-2 配方的吸管平均重量損失率為 5.5%。
- b-1 配方的吸管平均重量損失率為 10.9%。
- b-2 配方的吸管平均重量損失率為 5.2%。



表六、各吸管掩埋試驗的平均重量損失率

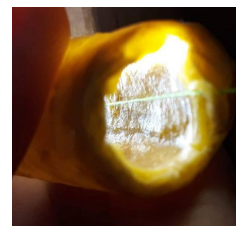
	實驗代號	平均重量損失率 (%)
研究 3	3-1	57.6
	3-2	0.3
研究 4	a-1	3.6
	a-2	5.5
	b-1	10.9
	b-2	5.2

### 三、發霉試驗

發霉試驗時間共 23 天，平均氣溫為 21℃，平均相對濕度為 61%，各吸管試驗中前 7 天的發霉情形整理於表七。

#### 【研究 3】桂竹吸管

3-1 和 3-2 配方的吸管，於實驗至今仍未發霉。



▲ 3-1

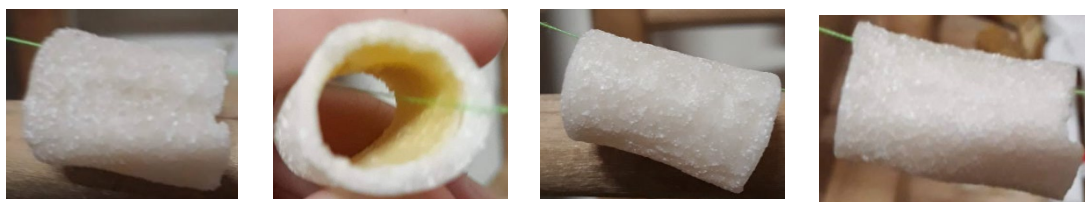
▲ 3-2

#### 【研究 4】蛋殼馬鈴薯吸管

- a-1、a-2 和 b-1 配方的吸管，於實驗後第 2 天發霉。
- b-2 配方的吸管，於實驗後第 5 天發霉。

## 【研究 5】馬鈴薯蛋殼 a-2 防腐吸管

a -2-1、a -2-2、a -2-3 和 a -2-4 配方的吸管，於實驗至今仍未發霉。



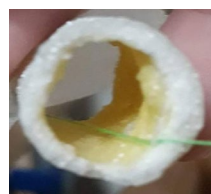
▲ a -2-2



▲ a -2-1



▲ a -2-3



▲ a -2-4

表七、各吸管試驗中前 7 天的發霉情形

	實驗代號	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天
研究 3	3-1	×	×	×	×	×	×	×
	3-2	×	×	×	×	×	×	×
研究 4	a-1	×	v	v	v	v	v	v
	a-2	×	v	v	v	v	v	v
	b-1	×	v	v	v	v	v	v
	b-2	×	×	×	×	v	v	v
研究 5	a -2-1	×	×	×	×	×	×	×
	a -2-2	×	×	×	×	×	×	×
	a -2-3	×	×	×	×	×	×	×
	a -2-4	×	×	×	×	×	×	×

※ 以上 × 之符號表示無發霉；v 之符號表示試驗組發霉。

## 陸、討論

### 【研究 1】小米吸管

1-1 的配方使用的是未經水煮的小米粉末，實驗後發現它無法產生黏性，所以小米無法附著在模具上。而 1-2 的配方使用的雖是水煮過的小米，具有黏性，可黏附於模具，但在風乾後仍會粉碎，推測是因為吸管在水分散失後，小米粉末間會失去黏性，導致吸管粉碎。

### 【研究 2】絲瓜小米吸管

此組各種配方的吸管在風乾後，皆可附於模具上，不會粉碎，推測是因為絲瓜纖維具有穩固小米粉末的特性、糯米粉能增加吸管内物質的黏著度、吉利丁可增加吸管彈性和穩定吸管形狀的緣故。

### 【研究 3】桂竹吸管

桂竹紙張在淋上洋菜液或蜂蠟液後，都具有很好的挺性，耐溫和耐酸鹼的效果也很好，推測是因為洋菜和蜂蠟能滲入桂竹纖維之間，等其冷卻、凝固後，桂竹纖維就會被固定住，並使水分無法進入纖維的間隙，使桂竹纖維不會散開、破損。也因為水分無法進入纖維間，所以，試驗至今已 23 天，吸管仍未發霉。此外，我們推測進行掩埋試驗的土壤中應有能夠分解桂竹纖維和洋菜的微生物，所以，洋菜桂竹吸管的質量損失率很高。目前，掩埋試驗仍持續進行，如果蜂蠟吸管在後續的測量中，蜂蠟脫落、使得吸管重量快速下降，就能夠呼應這個推測。

### 【研究 4】蛋殼馬鈴薯吸管

此組 a-1、a-2、b-1 和 b-2 配方的吸管在戳膜、重壓、耐溫和耐酸鹼上，都有相同的結果，皆有很出色得表現，但仍有些小缺點，一是在進行水溫 70°C 以上的測試時，吸管會掉少量的蛋殼粉，二是在小蘇打水的測試中，吸管會膨脹，但皆不影響吸管的吸引功能。在掩埋試驗中，各組的重量損失率表現，雖然沒有洋菜桂竹吸管好，但吸管重量也有下降，表示吸管也正在被分解當中。也許是因為目前天氣較冷，能分解澱粉的微生物還不活躍的關

係。而在發霉試驗中，吸管表現不佳，保存期限最長的 b-2，在製作後第 5 天也發霉了。

b-3 的配方不易黏附在模具上，在煮的時候還會產生裂痕，水煮脫膜後，也不易將吸管套回模具上，模具會將吸管戳破，推測是因為蛋殼粉比例太高，導致吸管太硬、缺乏彈性和黏性的緣故。

### 【研究 5】馬鈴薯蛋殼 a-2 防腐吸管

此組各種配方的吸管，和 a-2 的吸管試驗結果幾乎相同。但發霉試驗的結果優於 a-2 的吸管，試驗至今已 23 天，各組皆未發霉。

### 【研究 6】馬鈴薯咖啡粉吸管

此組配方不易黏附在模具上，推測是因為咖啡粉比蛋殼粉柔軟的緣故，使馬鈴薯粉在加入水後，所呈現的半固態狀液體無法被固定成團，黏附於模具。

## 柒、結論

一、根據實驗結果我們得出以下結論：

- (一) 小米吸管、絲瓜小米吸管、蛋殼粉較多的馬鈴薯蛋殼吸管和馬鈴薯咖啡吸管，皆無法製成吸管。
- (二) 洋菜桂竹吸管在耐溫、耐酸鹼、掩埋和發霉試驗中的表現出色，雖然在戳膜和耐重試驗中，表現不佳，但並不影響吸飲效果，所以，我們認為洋菜桂竹吸管是一種很好的環保吸管。
- (三) 蜂蠟桂竹吸管在戳膜、耐溫、耐酸鹼和發霉試驗中的表現出色，是環保吸管的好選擇。
- (四) 蛋殼馬鈴薯吸管的質地堅硬，在戳膜、耐壓、耐溫和耐酸鹼上都有很好的表現，在經過加鹽、防腐處理後，又能長時間不發霉，也可成為環保吸管的新選項。

## 二、未來展望：

### (一) 回收商用廢棄物，再造新價值

根據農委會與林務局的統計，臺灣每年生產約 4 萬噸的竹材和 65 億顆雞蛋，其中每年廢棄蛋殼約有 37.5 萬噸，所剩廢料不計其數，如果能將這些廢料成為吸管材，就能為廢料創造新價值，並減少塑膠吸管的使用。

### (二) 以 MIT 微笑標章，增加消費意願，提升產業競爭力

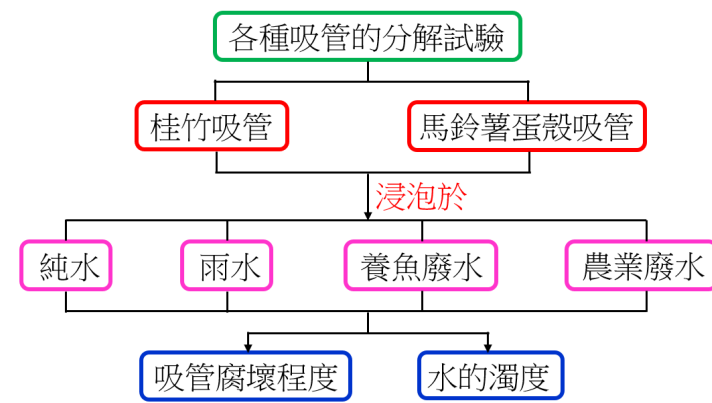
吸管的原料與製造都在臺灣，因此可為產品取得 MIT 微笑標章，增加民眾的購買意願，並提升各原料產業的競爭力。

### (三) 研究有效分解吸管的方法，並將廢水回收再利用

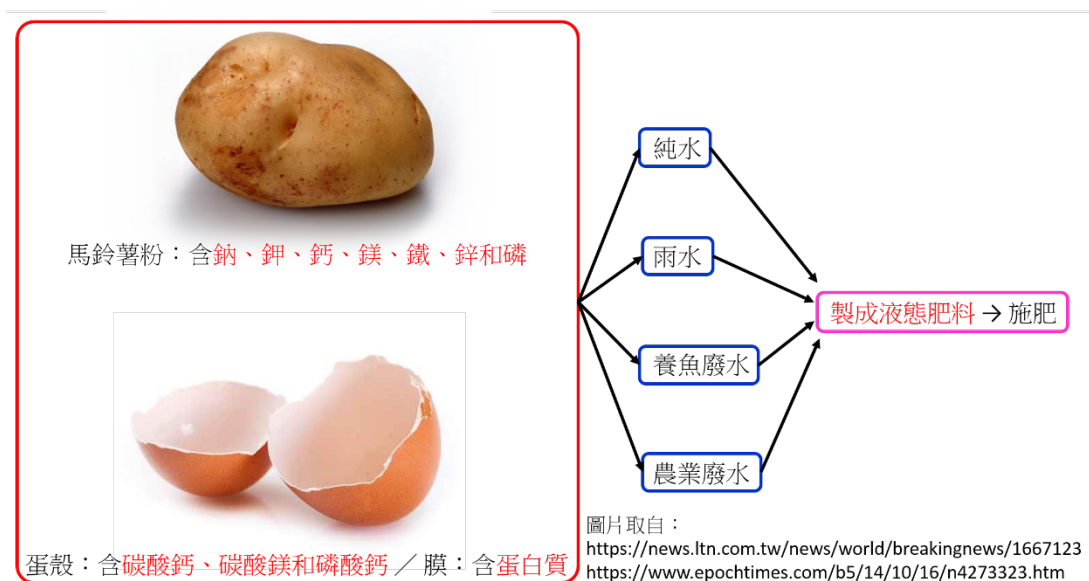
研究過程中我們發現浸泡過水溶液的馬鈴薯蛋殼吸管放在夾鏈袋中會變糊狀，又觀察到學校魚缸中的動植物在死亡後很快就會消失，所以我們推測水分和水中的微生物有利於吸管分解，因此我們擬定了以下計畫，如圖六所示，希望能藉此了解各種水溶液對吸管的分解是否有幫助，如果吸管在



各種水溶液中的分解狀況皆良好，將來就可引進廢水處理廢棄吸管。此外，馬鈴薯蛋殼吸管中含有鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、鋅、磷等微量元素，能幫助植物生長，也許未來可將其廢水製成肥料液，用於農業，如圖七所示，這樣不僅能確實的將環保落實於生活，還能夠為各種廢棄、污染物創造出嶄新的價值，在商業活動與環境中達成雙贏的局面，創造美好的生活！



圖六、各種吸管於水溶液中的分解試驗架構圖



圖七、馬鈴薯粉與蛋殼粉的營養成分與其吸管廢水應用的架構圖

## 捌、參考資料及其他

### 一、參考資料

陳品璇、王安、黃恩宇、蕭季夫、潘為歆、范書維(民108)。「麥」出減塑新「吸」望。「全國中小學科學展覽會」發表之文章。

吳承哲、呂翊瑒、嚴子杭、張博軒、魏辰翰、駱鼎鈞(民108)。洋洋得益--以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管。「全國中小學科學展覽會」發表之文章。

高銘笙、唐祥恩、利宗翰、馬順恩(民108)。吸管也能吃？環保又健康的吸管—豆渣可食吸管的製作。「全國中小學科學展覽會」發表之文章。

林以真、林穎詩、張凱越(民108)。擋不住的「吸」飲力—新型吸管之研發。「全國中小學科學展覽會」發表之文章。

楊立昇、賴昱燊、蔡文寧、鄭伊津(民95)。蛋殼粉的特性及其抑菌效果。「全國中小學科學展覽會」發表之文章。

林正浩、王澍賢、傅裕鈞(民106)。蔗渣纖維素水解葡萄糖之研究。「全國中小學科學展覽會」發表之文章。

潔茵雅居家型抗菌水生成機500ml說明書。第8頁及第10頁。

王錦盟(民96)。營養對蛋殼的影響。《飼料營養雜誌》。取自



<http://www.miobuffer.com.tw/fnm/199606/02.htm>

施錦花、張永和(民 95)。米穀粉應用於麵粉食品之技術開發介紹。《農政與農情》，168。取自

<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=11118>

粉粉大不同。取自 [http://case.cy.edu.tw/mediafile/4220012/knowledge/391/792/1230/2013-12-19-8-](http://case.cy.edu.tw/mediafile/4220012/knowledge/391/792/1230/2013-12-19-8-18-36-nf1.pdf)

[18-36-nf1.pdf](http://case.cy.edu.tw/mediafile/4220012/knowledge/391/792/1230/2013-12-19-8-18-36-nf1.pdf)

黃亞蘭、蔡彥綸。水分與米的關係。國立霧峰農工餐飲管理科。取自

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2011/03/2011032814521591.pdf>

方俊民(民 79)。不著痕跡的澱粉塑膠。《科學新粹》，246。取自

<http://resource.blsh.tp.edu.tw/science-i/content/1990/00060246/0022.htm>

游念秀。一時方便 永恆夢魘 吸管 微粒 海洋垃圾。《TAIPOWER台電月刊》，665。取自

<https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/2264>

臺北市政府環境保護局。一次用塑膠吸管限制使用相關資訊。取自

[https://www.dep.gov.taipei/News\\_Content.aspx?n=B18D1A1E2787E330&sms=305AECD29BED80F5&s=514087023228B058](https://www.dep.gov.taipei/News_Content.aspx?n=B18D1A1E2787E330&sms=305AECD29BED80F5&s=514087023228B058)

陳勇輝(民108)。小小吸管 大大危害。《國立海洋生物博物館館訊》，99。取自

[https://oceanomics.blogspot.com/2019/05/blog-post\\_38.html](https://oceanomics.blogspot.com/2019/05/blog-post_38.html)

立法院。節制塑膠吸管政策之探討。議題研析。取自

<https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=6590&pid=170973>

台灣永續能源研究基金會(民109)。降低海洋塑膠污染：可以「吃掉」的環保吸管之推廣。取

自 <https://www.sdgs-csr.org/tw/knowledge/trend-analysis/415-10706trend09.html>

衛生福利部食品藥物管理署。馬鈴薯粉的食品營養成分資料庫。取自

<https://consumer.fda.gov.tw/food/tfndDetail.aspx?nodeID=178&f=0&id=124>

衛生福利部食品藥物管理署。小米的食品營養成分資料庫。取自

<https://consumer.fda.gov.tw/Food/tfndDetail.aspx?nodeID=178&f=0&id=29>

香港特別行政區政府食物安全中心。總碳水化合物包含膳食纖維。取自

[https://www.cfs.gov.hk/tc\\_chi/programme/programme\\_nifl/Ming\\_Pao\\_Article\\_6.html](https://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_nifl/Ming_Pao_Article_6.html)

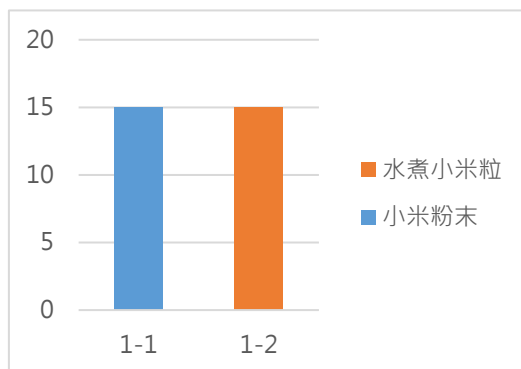
派瑞許(民95)。為何鹽和糖可防止微生物腐壞食物？*科學人雜誌*。取自

<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=columns&id=865>

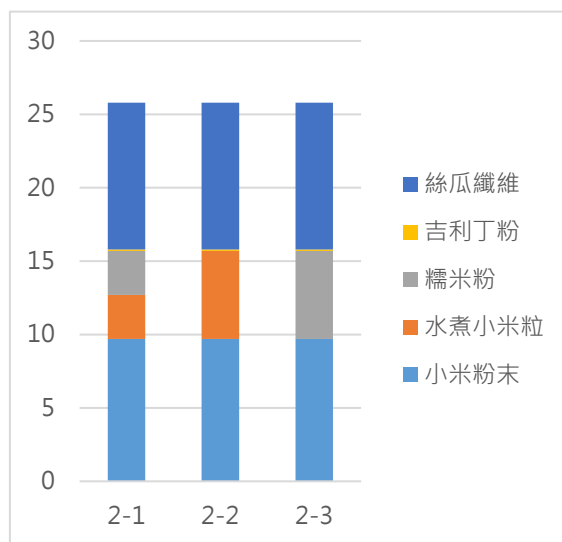
楊嘉慧(民99)。塑膠為何不易分解？*科學人雜誌*。取自

<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=easylearn&id=1638>

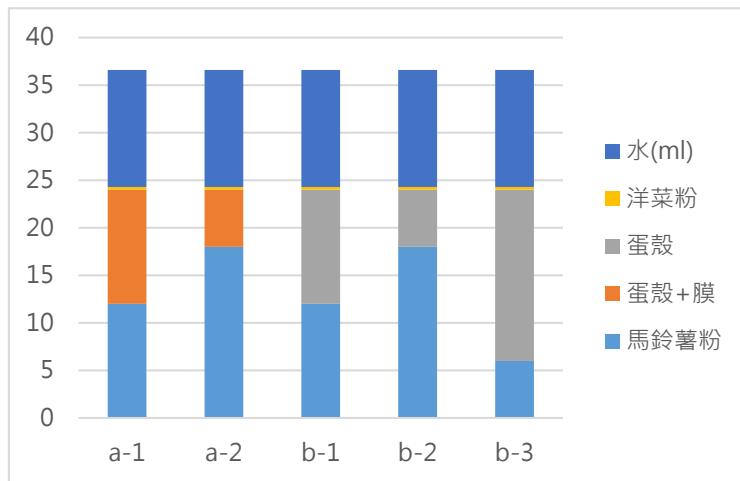
## 二、其他—附圖



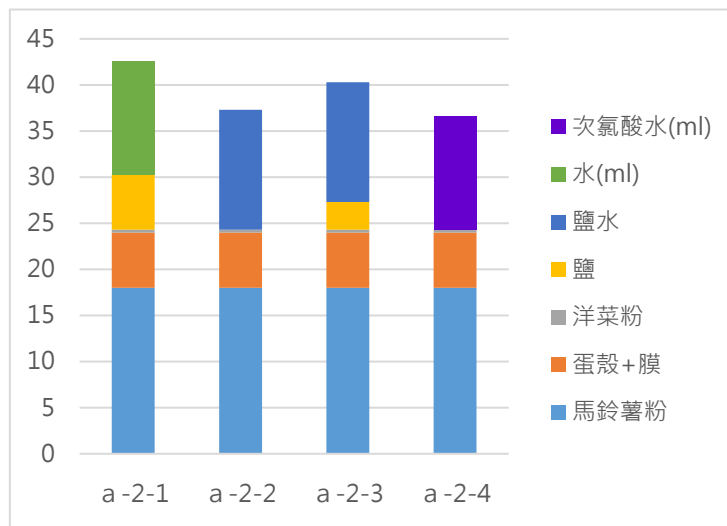
圖一、小米吸管成分



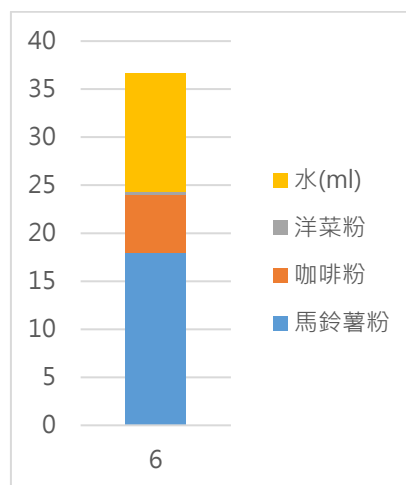
圖二、絲瓜小米吸管成分



圖三、馬鈴薯蛋殼吸管成分



圖四、馬鈴薯蛋殼(a-2)防腐吸管成分



圖五、馬鈴薯咖啡粉吸管成分

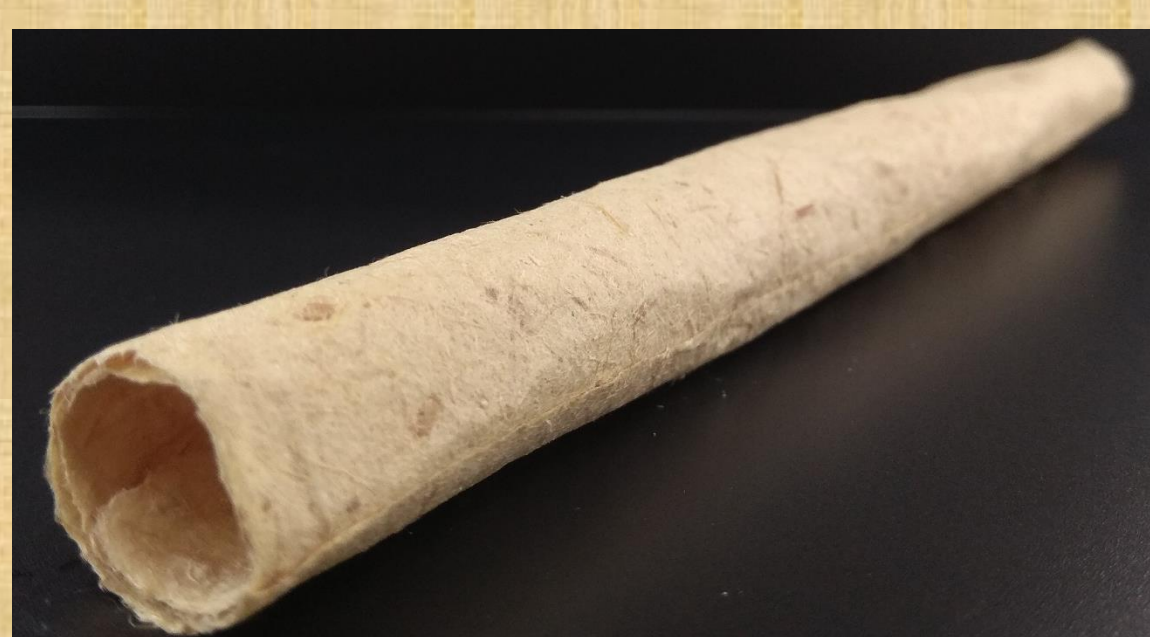
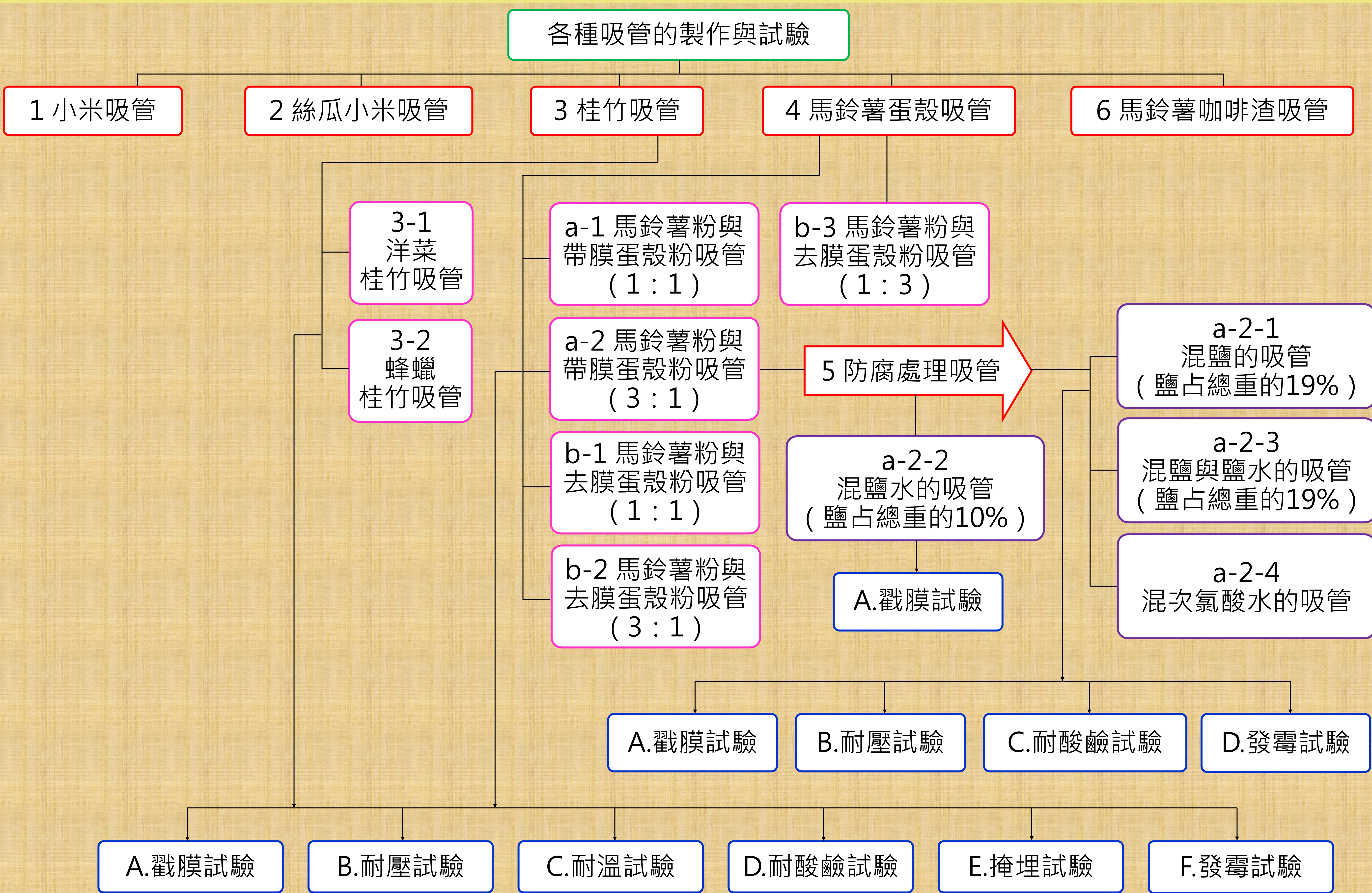
## 【評語】 082903

本研究運用桂竹、馬鈴薯、蛋殼、咖啡粉等天然材料製作一次性使用的環保吸管，並進行戳膜、耐重壓、耐溫、耐酸鹼、掩埋與發霉試驗，符合減塑環保的目標，具實用價值，可能是具潛力的環保吸管新材料。然而，實驗設計與科學研究方法之周全性與完整性仍有進步的空間，如吸管手工製作造成管壁厚薄不均，蛋殼/蛋膜比例未具體定量，未解釋為何使用某些材料組合之性質較佳。可從科學觀點設計出研究方向，增添多種數據研究，讓作品更具有說服力。

# 摘要

市面上琳琅滿目的環保吸管，目前面臨許多問題，如：無法隨身攜帶、吸管遇熱會軟化、管內異味無法去除、無法徹底洗淨等情形。而本研究所研製出的一次性吸管：洋菜桂竹吸管、蜂蠟桂竹吸管和馬鈴薯蛋殼吸管，卻有耐溫、耐酸鹼、可長時間存放，不腐敗、經掩埋，能被分解等優勢。其中，馬鈴薯蛋殼吸管兼具商業化與環保性的雙重價值。不僅能將廢棄蛋殼變商品，又因富含磷、鉀、鈣、鎂、鐵等微量元素，回收後很適合做為肥料，是一種便利、又友善環境的吸管！

## 研究架構



洋菜桂竹吸管



蜂蠟桂竹吸管



馬鈴薯蛋殼吸管(蛋殼+膜)



馬鈴薯蛋殼吸管(蛋殼+膜少)



馬鈴薯蛋殼吸管(蛋殼)



馬鈴薯蛋殼吸管(蛋殼少)



## 未來展望 - 產品分析

### 優勢

- 成分皆無毒，取自天然材料，對人與環境無害。
- 蛋殼為事業廢棄物回收再利用，可減少原物料的使用，降低生產成本。
- 蛋殼與竹材皆為本土所產，有助減少運送產品所造成的污染。

### 機會

- 配合政府推動的政策，製作環保吸管。
- 原料皆可取自本土，加上臺灣製造、取得MIT微笑產品標章，可增加民眾購買意願，提升各原料產業的競爭力。
- 桂竹吸管可使用竹材廢材製作，創新竹材產品，為竹產業帶來新契機。

### 劣勢

- 馬鈴薯蛋殼吸管烘乾易裂，目前選用的乾燥方式為冷風吹乾並除濕，但乾燥時間較長。
- 吸管由人工製作，品質不穩定。

### 威脅

- 市面上已有多種環保吸管，產品競爭者多。

# 研究動機

因為政府推動減塑政策與家人對環保的重視，家中買了許多種類的環保吸管，但在使用過後，我們發現這些環保吸管各有利弊。例如：主打可重複使用的玻璃吸管在攜帶時容易折損；不鏽鋼、矽膠與竹吸管則有「是否能徹底清洗乾淨」的隱憂；矽膠吸管則是在使用後極易吸附飲料氣味，即使清洗也無法徹底去除異味，這些對於使用者來說都不是最佳選擇。此外，以上吸管亦時常面臨忘記攜帶，擺著未用的情形。而市售的一次性紙吸管和甘蔗吸管，在飲用溫熱飲時，都會產生吸管變軟的問題。因此，我們決定要針對以上各種吸管的問題進行改善，研發出實用、耐用、又友善環境的新型吸管。

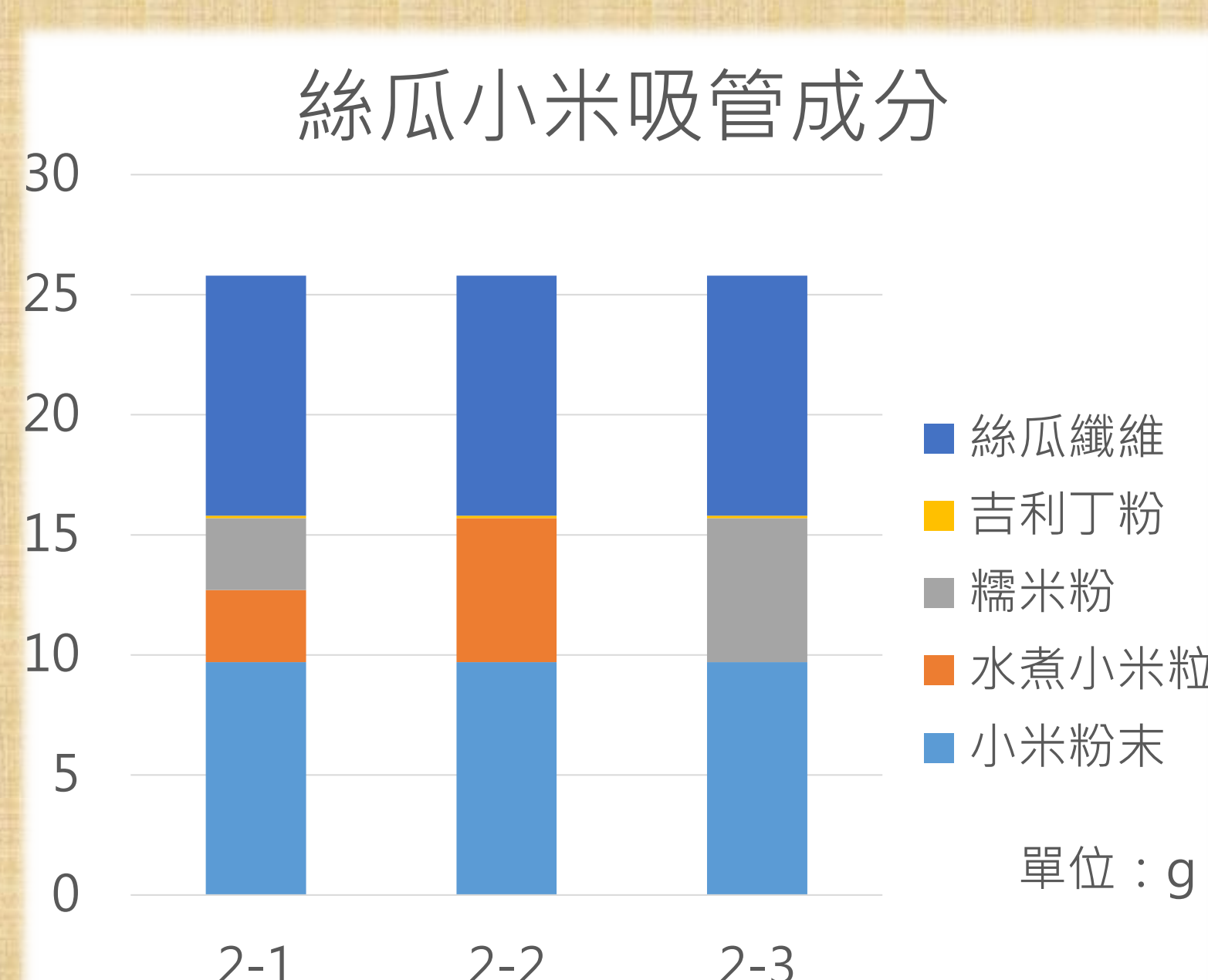
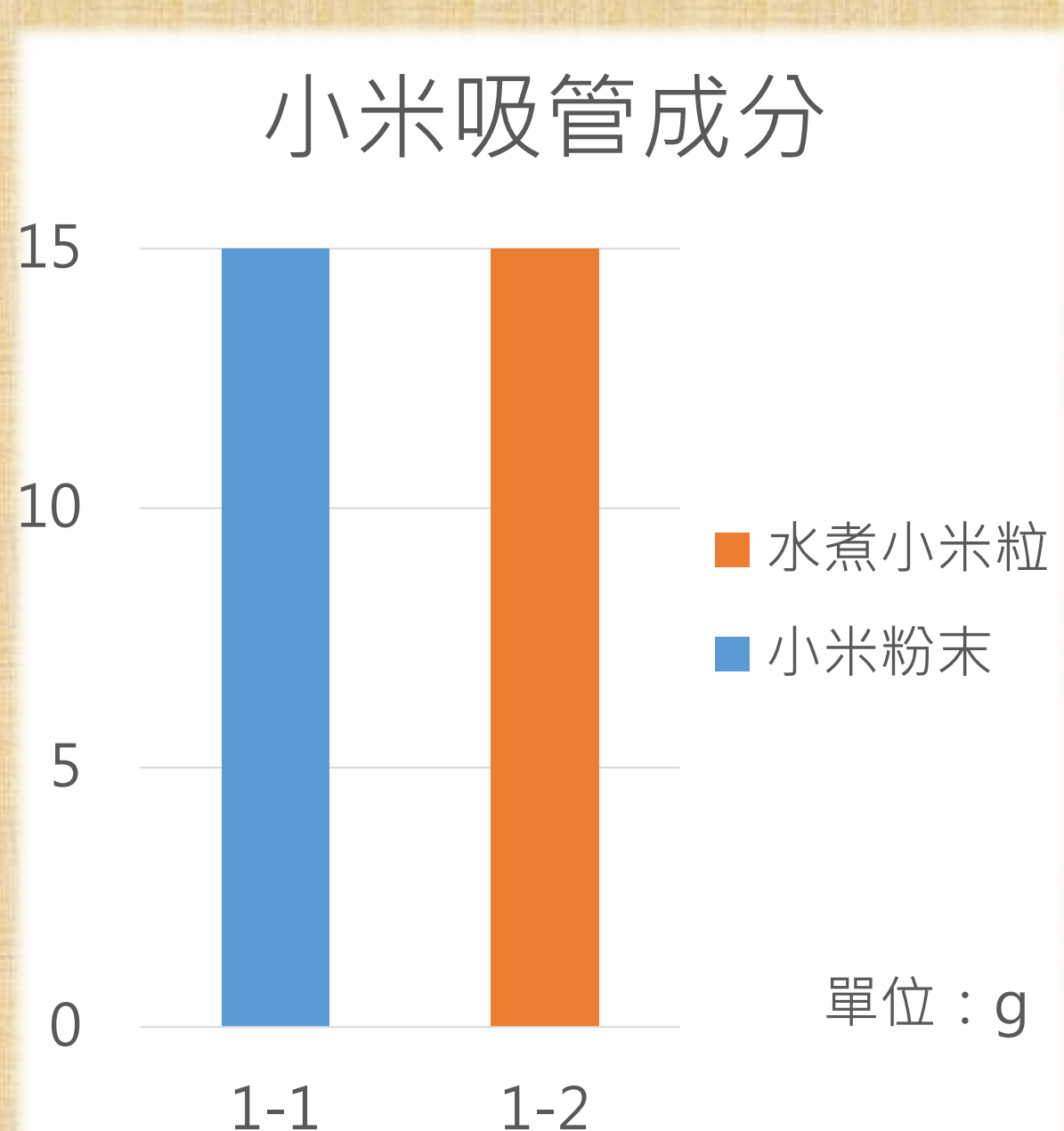


以上圖片取自：<https://www.epochtimes.com/b5/19/10/16/n11593298.htm>、蘋果即時

## 吸管製作與試驗方法

### 【研究 1 與 2】小米吸管 / 絲瓜小米吸管的製作

• 配方：



絲瓜纖維



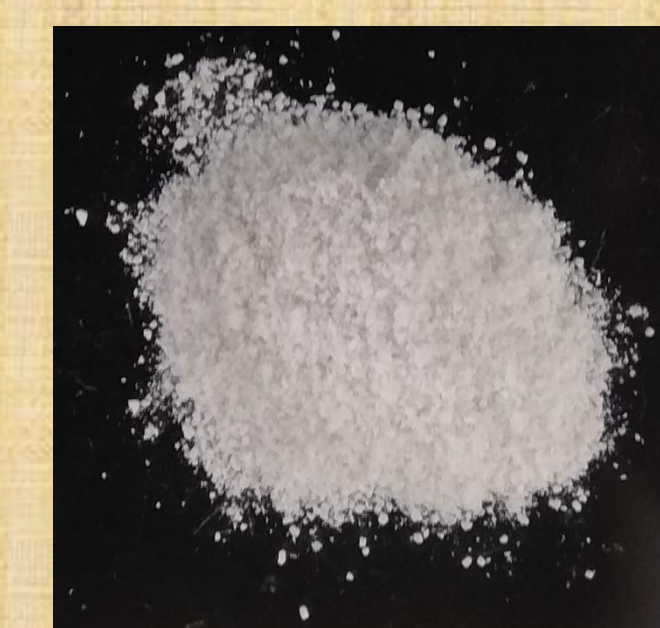
桂竹紙張

• 步驟：將製作吸管的材料混合成團 → 附於模具、製成吸管形狀 → 待乾

### 【研究 3】桂竹吸管的製作 (3-1、3-2)

• 配方：1.86g的桂竹纖維、洋菜液、蜂蠟液

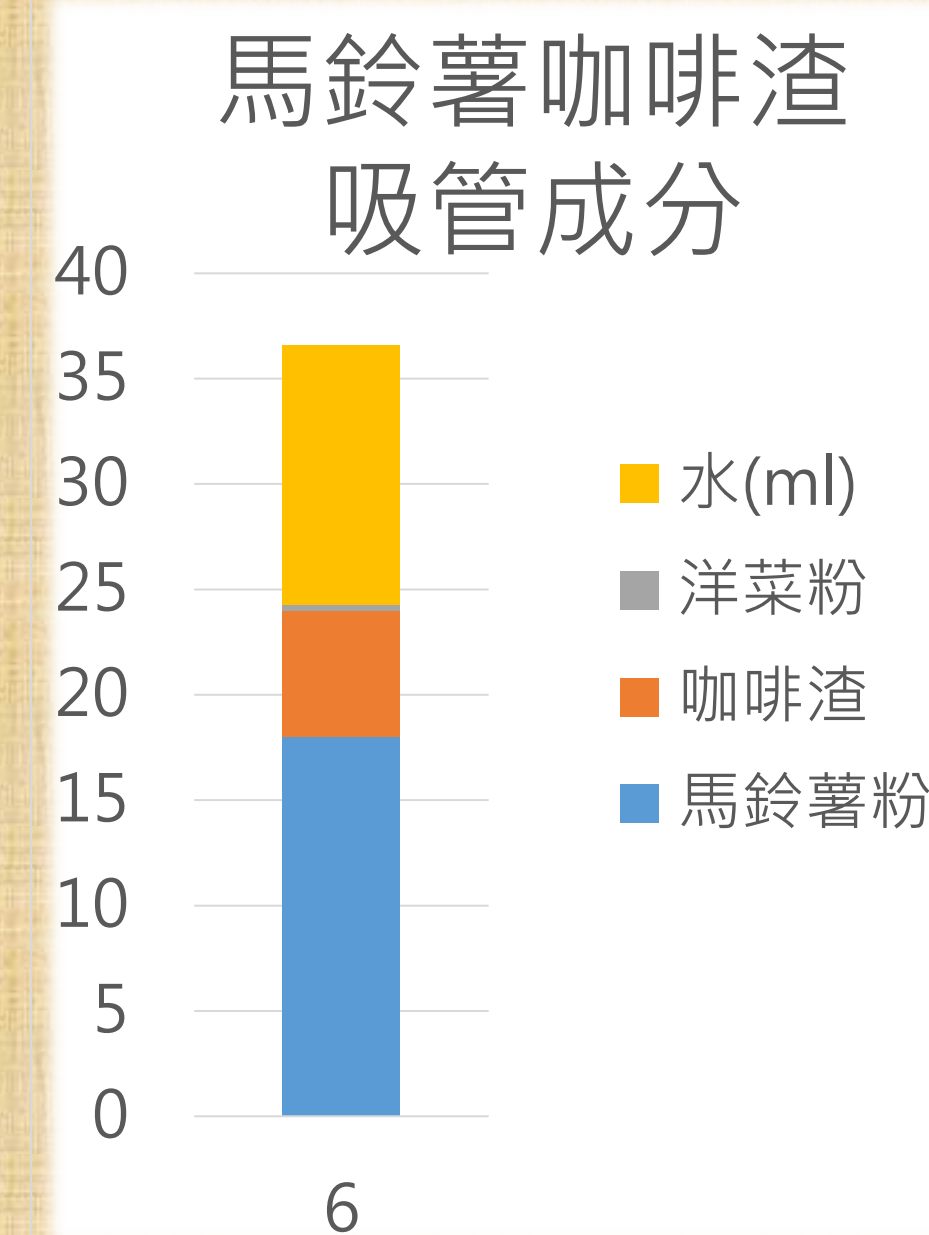
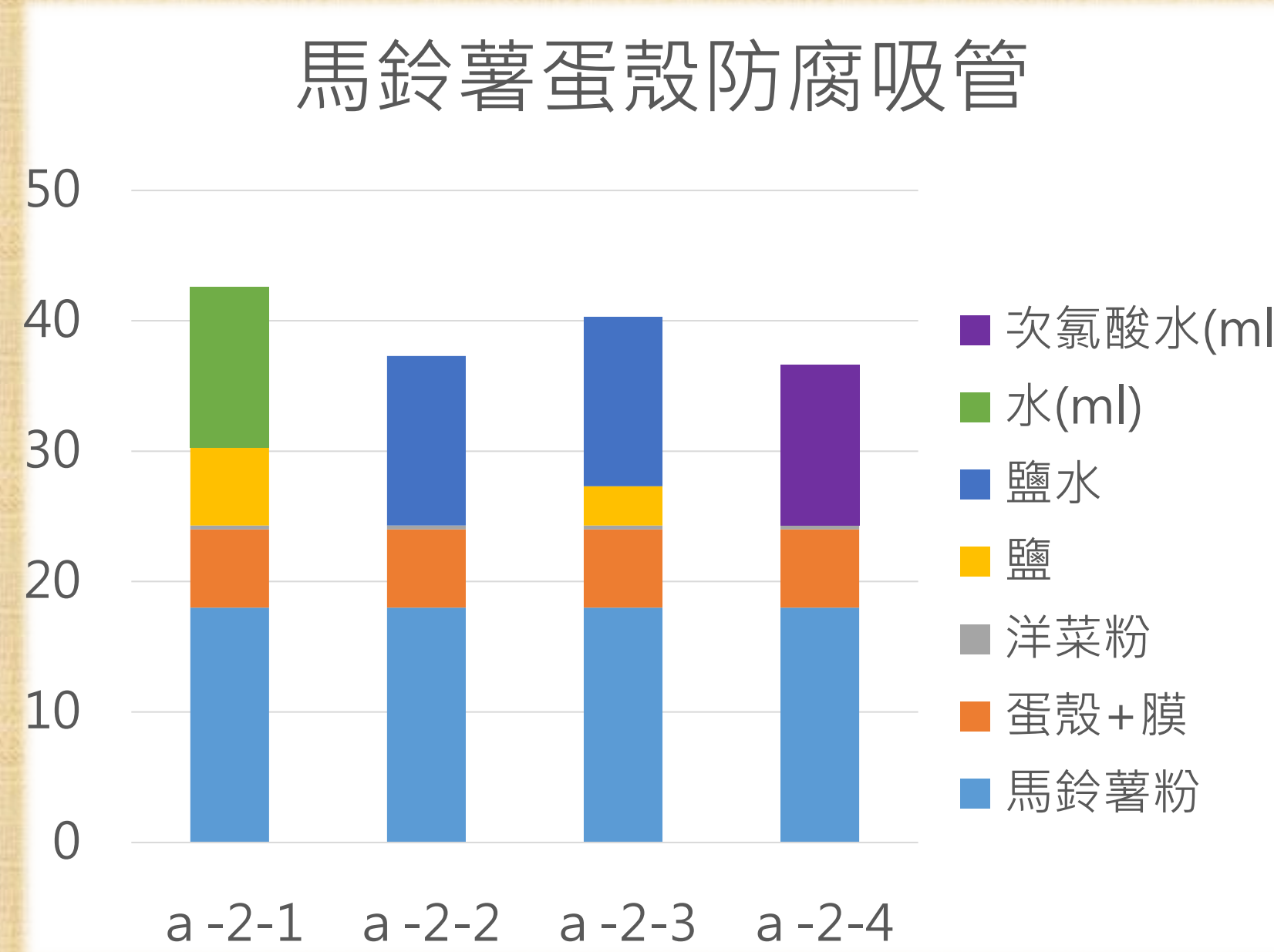
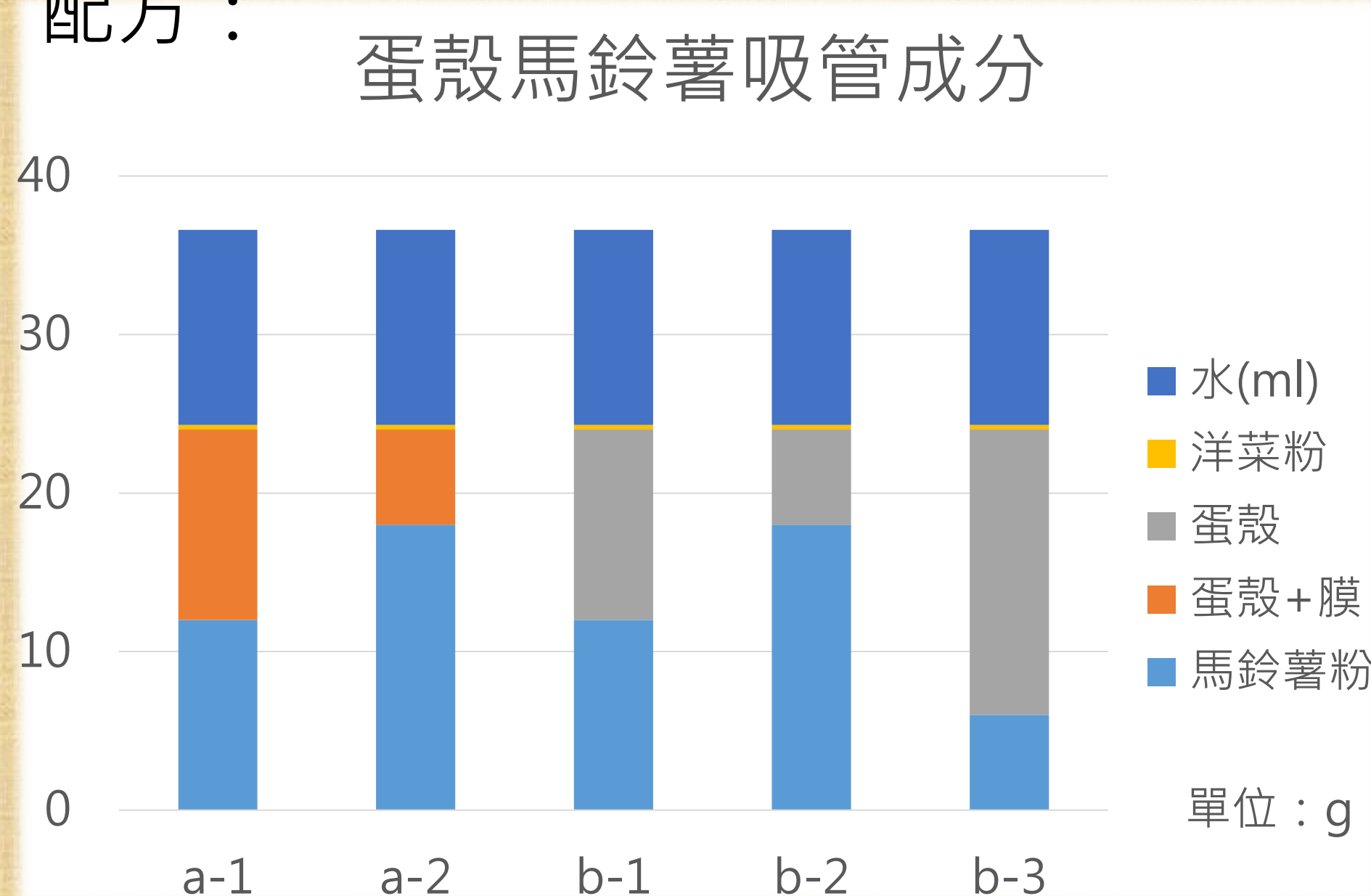
• 步驟：抄紙成形 → 將紙捲成吸管的狀態 → 淋上洋菜液 / 蜂蠟液



蛋殼粉

### 【研究 4、5 與 6】馬鈴薯蛋殼吸管 / 馬鈴薯蛋殼(a-2)防腐吸管 / 馬鈴薯咖啡渣吸管的製作

• 配方：



步驟：將製作吸管的材料混合成團 → 附於模具、製成吸管形狀 → 水煮 → 利用蜂蠟脫模 → 待乾



#### 戮膜試驗

試驗吸管是否可將封口膜戳破。



#### 耐壓試驗

使用重物，重壓一分鐘，觀察吸管是否會變形。



#### 耐溫試驗

將吸管浸泡於不同水溫(34°C、45°C、70°C與87°C)一小時，觀察其變化，並試驗是否能吸飲。



#### 耐酸鹼試驗

將吸管浸泡於小蘇打水(鹼)、雪碧(酸)與綠茶(中)裡，觀察其變化，並試驗是否能順利吸飲(小蘇打水無進行吸飲測試)



#### 掩埋試驗

將吸管置於四公分厚的土壤中央，前兩星期，每天定時將吸管取出，觀察吸管變化，並記錄溫度及濕度。兩星期後，一星期觀察紀錄一次。



#### 發霉試驗

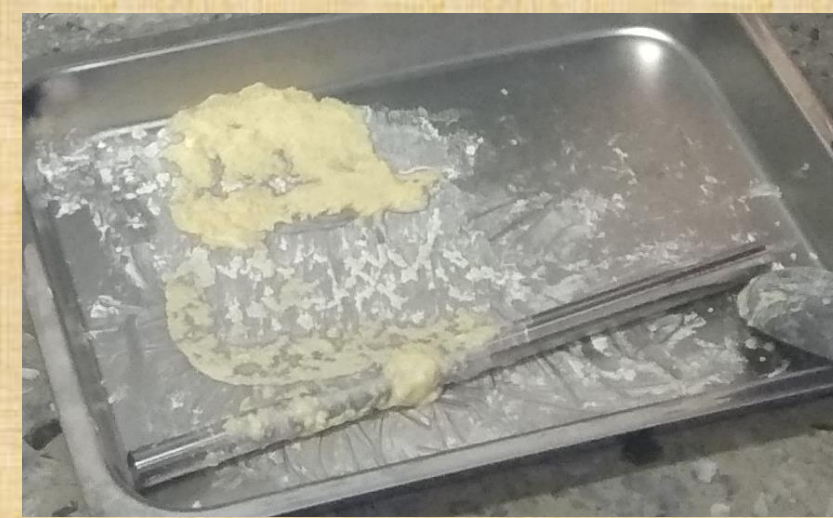
將吸管暴露於空氣中，每日定時觀察吸管是否發霉，並記錄當日溫度及濕度。

# 結果與討論

## 一、各吸管的物理性質試驗 與 發霉試驗

### (一) 小米吸管

1. 未煮過的小米在磨成粉、加水後無法產生黏性，不能黏在模具上製成吸管，所以無法進行試驗。
2. 經水煮後的小米，具有黏性，但風乾後會碎裂，所以無法製成吸管進行試驗。



### (二) 絲瓜小米吸管

具有黏性及風乾後不會碎裂的特性，但因無法脫模，故無法成形、進行試驗。

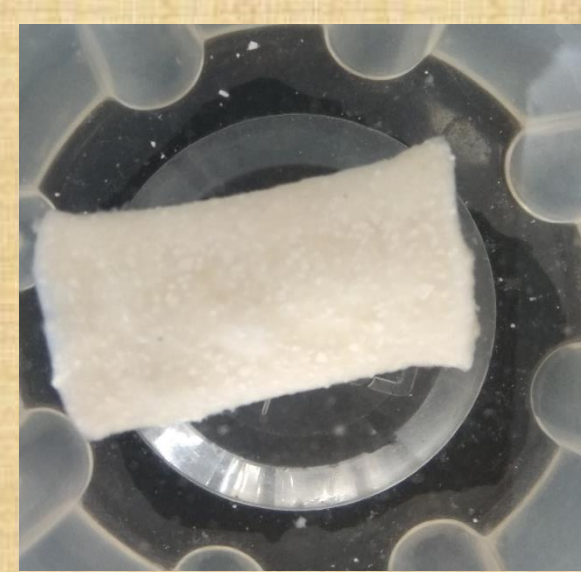
### (三) 桂竹吸管

1. 桂竹吸管的耐溫和耐酸鹼效果很好，推測是因為洋菜和蜂蠟能滲入桂竹纖維間，等其凝固後，桂竹纖維就會被固定，使水分無法進入纖維的間隙，吸管就不會散開。
2. 因為纖維中沒有水分，所以在試驗的23天內，桂竹吸管皆未發霉。



### (四) 馬鈴薯蛋殼吸管

1. 馬鈴薯：蛋殼粉比例為1：1和3：1的吸管，可戳膜和重壓，也耐溫與耐酸鹼。只是在浸泡於70°C以上的水溫時，吸管會有一些蛋殼粉掉落；浸泡於小蘇打水的吸管，則有些微膨脹的情形發生。
2. 比例為1：3的吸管，不易黏附在模具上，水煮時還會產生裂痕，脫膜後，也不易再套回模具上，模具易戳破吸管，推測是因為蛋殼粉比例太高，導致吸管太硬、缺乏彈性和黏性，因此未行試驗。
3. 吸管在沒添加鹽、鹽水或次氯酸水的情況下，大約會在第2-5天內發霉，但若有添加，最少可保鮮23天，故推測吸管在鹽或次氯酸水的處理下，皆能有效抑制黴菌。



### (五) 馬鈴薯咖啡吸管

此組配方不易黏附在模具上，推測是因為咖啡渣比蛋殼粉柔軟的緣故，使得馬鈴薯粉在加入水後，所呈現的半固態狀液體無法被固定成團、黏於模具，故無法進行試驗。



## 二、掩埋試驗

掩埋試驗時間共30天，平均氣溫為20°C，平均相對濕度為58%。各種配方的吸管重量損失率如表一所示。

表一、各吸管掩埋試驗的平均重量損失率

1. 洋菜桂竹吸管的重量損失率最高(57.6%)，推測進行掩埋試驗的土壤中有能夠分解洋菜的微生物。
2. 蜂蠟桂竹吸管的重量損失率最低(0.3%)，可能是因為土壤中的微生物無法分解蜂蠟。
3. 馬鈴薯蛋殼吸管各組的重量損失率分別為3.6%、5.5%、10.9%和5.2%，整體來說重量皆在下降，表示吸管正在被分解，只是損失率不高。可能是因為天氣冷，能分解澱粉的微生物還不活躍。

吸管主要成分	吸管差異處	平均重量損失率 (%)
桂竹吸管	洋菜	57.6
	蜂蠟	0.3
馬鈴薯蛋殼吸管	蛋殼 + 膜	3.6
	蛋殼 + 膜 少	5.5
	蛋殼	10.9
	蛋殼 少	5.2

# 結論

- 一. 小米吸管、絲瓜小米吸管、蛋殼粉較多的馬鈴薯蛋殼吸管和馬鈴薯咖啡吸管，皆無法製成吸管。
- 二. 洋菜桂竹吸管在耐溫、耐酸鹼、掩埋和發霉試驗中的表現出色，雖然在戳膜和耐重試驗中，表現不佳，但並不影響吸飲效果。
- 三. 蜂蠟桂竹吸管在戳膜、耐溫、耐酸鹼和發霉試驗中的表現出色，不過，掩埋試驗的結果不佳，可能是因為土壤中的微生物無法分解蜂蠟。
- 四. 蛋殼馬鈴薯吸管的質地堅硬，在戳膜、耐壓、耐溫和耐酸鹼上都有很好的表現。此外，此吸管經過加鹽或次氯酸水處理後，還能長時間保存、不發霉，不過，掩埋試驗的結果不如洋菜桂竹吸管。