

中華民國第 59 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

第二名

082916

「麥」出減塑新「吸」望

學校名稱：新竹縣竹北市興隆國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳品璇	葉雅宜
小六 王 安	楊淑鈞
小六 黃恩宇	
小六 蕭季夫	
小六 潘為歆	
小六 范書維	

關鍵詞：麥麩吸管、熱壓塑形、可生物降解

摘要

今年七月開始政府規定業者不得提供內用一次性的塑膠吸管。目前市售的一次性吸管種類皆有其缺點。我們從吸管單字 **straw** 獲得靈感，嘗試使用麥麩粉來製作一次性吸管。

本研究運用熱壓方式來塑型，實驗過程中發現熱壓方式無法穩定吸管結構，進一步在麥麩粉裡分別添加四種天然黏膠進行測試，實驗結果酪蛋白膠在延展性與塑型方面表現最佳。成功塑型後，我們製作了多種不同成分的麥麩吸管進行實用性測試，結果為添加蜂蠟的細顆粒酪蛋白膠麥麩吸管在耐熱、耐酸鹼與防水性的表現上最佳。

我們把自製的麥麩吸管運用到其他一次小型塑膠管用途上例如棉花棒，也能表現良好。實驗結果證實自製的麥麩吸管在土壤中三個月內能完全生物降解完畢，有效達到友善環境的目的。

壹、研究動機

2018 歐盟提出「限塑令」的建議開始，世界各國開始展開限塑的具體行動。我們政府從 2018 年開始禁止免費提供塑膠袋，接著逐步擴大限塑範圍，自今年七月開始，包含公部門、公私立學校、百貨公司及購物中心、連鎖速食店等四大類共 8000 家業者不得提供內用一次性的塑膠吸管。

因為這項限塑政策，我們開始思考是否有更好的材質能取代塑膠吸管，希望能製作出能在自然界裡被生物降解不會造成生態負擔，又能讓我們暢飲各種飲料的一次性環保吸管。

貳、實驗目的

第一部分：利用麥麩製作一次性環保吸管的最適方法與特性

實驗一：探討不同溫度對於麥麩塑型的影響

實驗二：探討不同壓力對於麥麩塑型的影響

第二部分：利用不同天然黏膠與麥麩混合製成環保吸管的最適方法與特性

實驗三：探討四種天然黏膠對於麥麩塑型延展性的強弱

實驗四：探討最佳天然黏膠與麥麩塑形的最適方法

第三部分：利用最佳天然黏膠製作而成的環保吸管的實用性

實驗五：探討酪蛋白麥麩吸管的防水效果

實驗六：探討酪蛋白麥麩吸管的耐熱效果

實驗七：探討酪蛋白麥麩吸管的耐酸鹼的效果

第四部分：酪蛋白麥麩吸管的環保評估

實驗八：探討酪蛋白麥麩吸管生物降解效果

實驗九：探討酪蛋白麥麩吸管在實際飲用上的表現

研究架構：

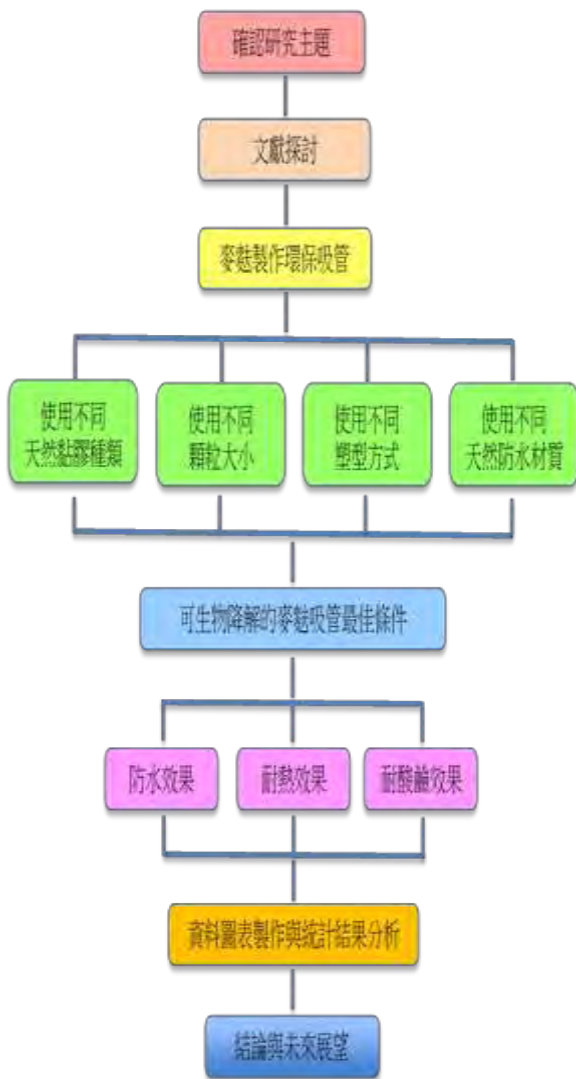


圖 2-1-1 研究架構

參、研究設備及器材

表 3-1-1 設備及器材



肆、研究方法與過程

(一) 文獻探討：

目前市面上的一次性吸管材質大致可以分為四種，以下列表探討：

表 4-1-1 市面上一次性吸管材質分類探討

材質	耐酸鹼	耐熱	價格	最大缺點
紙	差	差	一支 2 元	實用性差，無法耐熱耐酸鹼。
甘蔗渣	優	優	一支 0.6 元	甘蔗渣吸管加了 PLA（聚乳酸）分解條件非常嚴苛，必須在相對濕度高達 50%~60%，溫度高達 60°C，而且充滿氧氣的環境之下，約 47 天才能完全分解。
竹纖維	優	優	一支 2.5 元	可生物降解，對臺灣來說原料取得不易。
海藻	優	優	一支 5 元	可在大自然環境下生物降解，也可被生物食用。缺點就是太過昂貴。

由上表可知真的可以生物降解的吸管為紙、竹纖維與海藻吸管，但是也都有其缺點，因此我們需要找尋一種易於取得，價格又便宜的材質來製作一次性的環保吸管。

吸管的英文是 **straw**，這個字的由來就是源自麥桿（**straw**），我們搜尋資料得知人類在美索不達米亞時期就已經使用麥桿來喝東西了，但是天然麥桿有許多蟲卵和細菌，必須高溫消毒之後才能使用。加上麥桿本身不耐熱，使得實用性不高。

我們想到玉米粉可以拿來做吸管，那麥麩粉是否也可行呢？麥麩是小麥最外層的表皮，在臺灣很多人拿來養豬，500g 的麥麩約 20~30 元，價格非常便宜。所以我們選擇以麥麩為我們製作一次性環保吸管的主要材質。

(二) 實驗流程與方法

第一部分：利用麥麩製作一次性環保吸管的最適方法與特性

實驗一：探討不同溫度對於麥麩塑型的影響

實驗說明：麥麩是粗顆粒粉狀物，主要的成分是麩質，如何讓粉狀的麥麩塑型是我們設計這項實驗的目的，我們知道熱會對於物質的形狀、顏色、體積...等等部分造成不同程度的影響，我們想了解麥麩在哪種溫度下塑型的狀態最為穩定。

實驗步驟：

1. 用電子秤出 5g 的麥麩粉五份放置於烘焙紙上。
2. 調整電熨斗溫度分別達到 60、70、80、90、100 度，把電熨斗平放於蓋有烘焙紙的麥麩粉上。
3. 電熨斗放置一分鐘後拿起，取下烘焙紙。
4. 把五種不同溫度的麥麩粉試片放入飲用水中浸泡一分鐘。
5. 用滴管吸取不同培養皿內的水，使用濁度計分別測量這五杯水的濁度。



圖 4-2-1
用電子秤出 5g 的麥麩粉五份放置於烘焙紙上



圖 4-2-2
把電熨斗平放於蓋有烘焙紙的麥麩粉上



圖 4-2-3
把五種不同溫度的麥麩粉試片放入飲用水中浸泡一分鐘



圖 4-2-4
用滴管吸取不同培養皿內的水



圖 4-2-5
使用濁度計分別測量這五杯水的濁度。

實驗二：探討不同壓力對於麥麩塑型的影響

實驗說明：麥麩是粗顆粒粉狀物，我們想透過擠壓讓麥麩粉變得密實，達到塑型的目的。我們沒有成型壓力機，所以我們從壓力的定義去設計實驗。壓力是發生在兩個物體接觸的表面，垂直於該表面的作用力。壓力一般以英文字母「P」表示，壓力與力和面積的關係如下： $P = \frac{F}{A}$ F 代表垂直作用力，A 代表受力面積。所以我們在電子秤上垂直施力於相同面積的麥麩粉，垂直作用力越大代表麥麩粉所受的壓力就越大。本次的實驗目的是我們想了解不同的壓力是否對麥麩塑型會造成影響。

實驗步驟：

- 1.用電子秤出 5g 麥麩粉五份放入注射針筒內。
- 2.把注射針筒垂直放置於電子秤上。
- 3.把注射針筒的活塞垂直往下壓分別施予 3、4、5、6、7kg 的力。
- 4.分別把 50ml 的飲用水倒入針筒內，讓麥麩粉浸泡一分鐘。
- 5.使用濁度計分別測量這五個注射針筒內水的濁度。



圖 4-2-6

把 5g 的麥麩粉倒入注射針筒內



圖 4-2-7

把注射針筒放置電子秤上，垂直施力於針筒

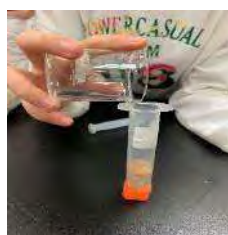


圖 4-2-8

把 50ml 的飲用水倒入針筒內，讓麥麩粉浸泡一分鐘。



圖 4-2-9

使用濁度計分別測量這五杯水的濁度。

實驗時，我們用了三種不同的取樣方式。

方法一：把水直接倒入針筒內再用滴管取樣

方法二：讓水沿著針筒筒壁流入，在針筒下方放置濁度瓶，等水滴出濁度瓶之後，把濁度瓶進行濁度分析。

方法三：把針筒傾斜，取水沿著針筒壁流入，讓麥麩粉浸泡一分鐘之後，再用滴管進行取樣。



圖 4-2-10

方法一

水從上法直接倒入，因水倒入時的流速，破壞了麥麩受壓過後的結構，所以此方法不可行



圖 4-2-11

方法二

讓水滴出濁度瓶之後再採樣檢測，會因為滴出的時間快慢，而使得麥麩泡水的時間長短不一樣，影響到了實驗的準確度



圖 4-2-12

方法三

讓水沿著針筒壁流入，不會破壞麥麩受壓後的結構，此方式被我們採用

第二部分：利用不同天然黏膠與麥麩混合製成環保吸管的最適方法與特性

實驗三：探討四種天然黏膠對於麥麩塑型時延展性的強弱

實驗說明：

1. 經過實驗一與二，我們知道溫度與壓力可以讓麥麩粉塑形，但是光靠溫度與壓力，塑型效果不佳。於是我們想加入黏膠增加麥麩塑型的效果，為了身體的健康與環保，我們選擇了天然黏膠作為與麥麩混合塑型的材料。
2. 本實驗根據中華民國第 52 屆全國科展國小組生活與應用科學科作品《好黏又好去的自製環保天然黏膠》的研究結果，選擇了黏性效果最佳的四種天然黏膠，分別為：糯米粉（澱粉類膠代表）、秋葵膠（植物類膠代表）、楠樹皮粉（植物莖類膠代表）、酪蛋白粉（蛋白質類膠代表）來做實驗。本實驗的目的是想了解四種不同的天然黏膠，哪一項與麥麩粉混合之後的延展性最佳。
3. 延展性是指材料在受力而產生破裂（fracture）之前，其塑性變形的能力。根據這個定義，我們設計了比較不同黏膠的延展性實驗，延展性佳塑形能力就強。

實驗步驟：

1. 製作四種不同的天然黏膠。
2. 四種天然黏膠分別與 3g 的麥麩粉混合製作成 3cm×9cm 大小的試片。
3. 用電熨斗熱壓試片直至試片乾燥。
4. 用 4 個 100g 重的砝碼固定試片的一端，另一端用迴紋針夾住，綁上棉線固定。
5. 用積木與馬達模組組合而成的機械旋轉橫軸拉緊棉線，持續等速旋轉增加試片彎折角度，直到試片斷裂為止。

四種天然黏膠製作過程：

表 4-2-1 四種天然黏膠製作過程表（根據中華民國第 52 屆全國科展國小組生活與應用科學科作品《好黏又好去的自製環保天然黏膠》的研究結果選擇出來黏性效果最佳的四種天然黏膠）

糯米膠	 <p>圖 4-2-13 用電子秤出 10g 糯米粉</p>	 <p>圖 4-2-14 加入 50ml 的水混合攪拌均勻</p>	 <p>圖 4-2-15 放入微波爐加熱兩分鐘</p>
秋葵膠	 <p>圖 4-2-17 切掉秋葵的蒂頭</p>	 <p>圖 4-2-18 加 5ml 水用食物料理機打成泥</p>	 <p>圖 4-2-19 製作完成的秋葵膠</p>
楠樹皮膠	 <p>圖 4-2-20 使用電子秤量出 1g 楠樹皮粉</p>	 <p>圖 4-2-21 加入 10ml 的水充分混合</p>	 <p>圖 4-2-22 均勻攪拌即為楠樹皮粉膠</p>
酪蛋白膠	 <p>圖 4-2-23 取出 10g 酪蛋白粉</p>	 <p>圖 4-2-24 倒入 45ml 的水中</p>	 <p>圖 4-2-25 攪拌均勻為酪蛋白膠</p>

四種黏膠製作完成之後

表 4-2-2 四種不同黏膠延展性實驗步驟

 <p>圖 4-2-26 四種天然黏膠分別與 3g 的麥麩粉混合</p>	 <p>圖 4-2-27 用電熨斗熱壓試片</p>	 <p>圖 4-2-28 每種黏膠都裁成 3cm × 9cm 大小的試片</p>
---	---	---







實驗四：探討最佳天然黏膠與麥麩塑形的最適方法

實驗說明：經過實驗三的測試，四種天然黏膠混合麥麩經過熱壓，延展性最佳的天然黏膠為酪蛋白膠，於是我們決定用酪蛋白膠來進行吸管的塑型。

實驗過程：

1. 第一代塑型：把混合麥麩粉的酪蛋白黏膠直接熱壓，熱壓後的試片直接圈成圓柱型，接縫處再進行熱壓。
2. 第二代塑型：把混合麥麩粉的酪蛋白黏膠抹在鐵棒上均勻的滾動，讓鐵棒上的混合物表面粗細一致，外表包覆烘焙紙，再用電熨斗進行熱壓。
3. 第三代塑型：把混合麥麩粉的酪蛋白黏膠抹在壓克力攪拌棒上均勻的滾動，讓壓克力棒上的混合物表面粗細一致，外表包覆烘焙紙，再用電熨斗進行熱壓。











表 4-2-3 各代塑型方式比較表

<p>第一代塑型</p>	 <p>圖 4-2-32 把混合麥麩粉的酪蛋白黏膠直接熱壓</p>	 <p>圖 4-2-33 熱壓後的試片直接圈成圓柱型，接縫處再進行熱壓</p>	 <p>圖 4-2-34 第一代塑型吸管，管徑過大也無法塑造形成圓形</p>
<p>第二代塑型</p>	 <p>圖 4-2-35 混合粉與膠抹在鐵棒上均勻的滾動</p>	 <p>圖 4-2-36 外表包覆烘焙紙，進行熱壓</p>	 <p>圖 4-2-37 脫模後吸管的口徑較為寬大</p>

第三代塑型			
	圖 4-2-38 把混合麥麩粉的酪蛋白黏膠抹在壓克力攪拌棒上均勻的滾動	圖 4-2-39 外表包覆烘焙紙，再用電熨斗進行熱壓	圖 4-2-40 脫模成功，與一般市售吸管尺寸大小類似

探討最佳筆直塑型方式

表 4-2-4 各種筆直塑型方式比較表

自然乾燥				
	圖 4-2-44 熱壓使大部分黏膠乾燥之後，立即脫模	圖 4-2-45 把脫模後的麥麩吸管放置於定溫烘箱內乾	圖 4-2-46 塑型成功的麥麩吸管呈現彎曲狀態	
	模型內乾燥			
圖 4-2-47 熱壓使大部分黏膠乾燥之後，立即脫模		圖 4-2-48 把脫模之後的麥麩吸管放置於保麗龍板內凹槽，左右用砝碼加壓	圖 4-2-49 完全乾燥之後的吸管幾乎呈現筆直狀態，但表面有些霉斑。	
連同壓克力棒烘乾				
	圖 4-2-50 熱壓使大部分黏膠乾燥之後，立即脫模	圖 4-2-51 把壓克力棒上殘存的黏膠清理乾淨	圖 4-2-52 再度把壓克力棒插入吸管内，然後放置定溫烘箱內烘乾	
		圖 4-2-53 完全乾燥之後的吸管幾乎呈現筆直狀態		

模型內乾燥的吸管，最後雖然也是呈現筆直的狀態，但是因為是在室溫下自然乾燥，如果溼度較高的天氣，會讓吸管發霉。所以最佳筆直塑型方式還是熱壓後脫模，連同壓克力棒一起進入定溫烘箱內烘乾。

第三部分：利用最佳天然黏膠製作而成的環保吸管的實用性

實驗五：探討最佳天然黏膠與麥麩塑型之後防水性的強弱

實驗說明：酪蛋白膠混合麥麩透過第三代塑形方式，成功塑型成吸管之後，我們想了解不同條件下的環保麥麩吸管防水性的強弱，藉此找出何種配方能製作出最佳防水性的麥麩吸管。透過實驗一與實驗二，我們知道溫度越高，壓力越大對於麥麩塑型的效果越好，所以我們製作了四種不同條件的試片來測試防水效果。

實驗步驟：

1. 製作四種不同天然黏膠的試片，利用滴管進行水滴滑落測試。計算水滴滑落的時間，來比較哪一種天然黏膠能讓水滴最快滑落。
2. 製作四種不同天然黏膠的試片，把試片浸泡在水中，觀察麥麩在水中分解速度的快慢。
3. 每個小時測量一次不同試片燒杯內的濁度。



圖 4-3-1

滴管進行水滴滑落測試。計算水滴滑落的時間



圖 4-3-2

把試片浸泡在水中，觀察麥麩在水中分解速度的快慢。



圖 4-3-3

每個小時測量一次不同試片燒杯內的濁度

實驗結果發現，四種天然黏膠製成的麥麩試片，以酪蛋白膠的效果最好。但是還是防水效果還是不足以達到製作吸管的標準。所以我們開始尋找是否有天然的防水物質可以來加強麥麩表面的防水效果，因為是要製作吸管，所以此種防水材質還必須能夠食用。

我們把收集來的資料，整理成表格。

表 4-3-1 天然防水材質比較表

材質	種類	優點	缺點
食用油	沙拉油、橄欖油、花生油....	可防水、可食用	液態會溶於水中，污染飲料
天然蠟	植物蠟、動物蠟、礦物蠟	動物蠟中的蜂蠟可食用，價格便宜，易取得	除了蜂蠟之外，其他的天然蠟皆不可食用
天然漆	從漆樹皮層採取的乳白色黏稠汁液	防水、有些漆可食用	價格高昂，多種漆樹的樹漆有毒

蜂蠟是工蜂四對蠟腺中分泌出來的脂肪性物質，《本草綱目》記載：「蜜之氣俱厚，屬乎陰也，故養脾；蠟之氣俱博，屬乎陽也，故養胃。」在中醫裡很早就把蜂蠟當成醫藥的上品，也常拿來與雞湯同煮有生津潤膚的功效。現在蜂蠟常用在護唇膏的製作，或是塗抹在蘋果外皮上，或是製作成中藥藥丸的外殼。蜂蠟價格便宜，目前市面上 1g 蜂蠟約 0.5 元，1g 蜂蠟加熱融化後可以提供約 4~5 支吸管塗抹製成防水層，價格低廉非常適合一次性的吸管使用。

因為蜂蠟上述的諸多優點，於是我們選擇蜂蠟當成麥麩吸管的防水材質，並且進行實驗來測試其防水效果。

實驗步驟：

1. 分別製作粗顆粒麥麩吸管、細顆粒麥麩吸管、淋上蜂蠟的粗顆粒麥麩吸管與淋上蜂蠟的細顆粒麥麩吸管四支。
2. 裁成相同長度之後，把四支吸管分別放置於 200ml 的水中。
3. 每小時測量一次四個燒杯內的濁度。
4. 連續八個小時做紀錄，並且架設相機固定每 20 分鐘拍攝照片作記錄。



圖 4-3-4

分別製作粗細顆粒麥麩吸管與淋上蜂蠟的粗細顆粒麥麩吸管四支。

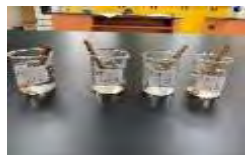


圖 4-3-5

裁成相同長度之後，把四支吸管分別放置於 200ml 的水中。



圖 4-3-6

每小時測量一次四個燒杯內的濁度。



圖 4-3-7

連續八個小時做紀錄，並且架設相機固定每 20 分鐘拍攝一張。

實驗六：探討酪蛋白膠麥麩吸管的耐熱效果

實驗說明：一次性的吸管除了防水性佳之外，也必須能在喝熱飲時使用，一般熱飲適合入口的溫度為 40~45°C。醫學研究人類的口腔黏膜食用超過 60°C 以上的食物就會造成破損，世界衛生組織所屬的國際癌症機構發表在醫學頂尖雜誌<<The Lancet>>的報告指出常喝 65°C 以上的水或熱飲，罹患食道癌的機率隨之提高。所以吸管耐熱的效果，我們以 60°C 為我們的實驗標準，如能通過實驗標準，則代表麥麩環保吸管在一般的熱飲飲用過程，耐熱程度佳。

實驗步驟：

1. 分別製作細顆粒麥麩吸管與淋上蜂蠟的細顆粒麥麩吸管二支。
2. 用酒精燈加熱 50ml 一般飲用水達 60°C 左右的溫度。
3. 兩支麥麩吸管成裁成相同長度之後，把兩支吸管分別放置於 200ml 的水中。
4. 控制水溫保持在 58°C~62°C 之間，維持 10 分鐘。
5. 10 分鐘後取出吸管，用濁度計測量兩杯水的濁度。
6. 觀察吸管表面的變化，並且做成紀錄。



圖 4-3-8
分別製作細顆粒麥麩吸管與淋上蜂蠟的細顆粒麥麩吸管二支



圖 4-3-9
用酒精燈加熱 50ml 一般飲用水達 60°C 左右的溫度



圖 4-3-10
把兩支吸管分別放置於 50ml 的水中。



圖 4-3-11
10 分鐘後取出吸管，用濁度計測量兩杯水的濁度。

實驗七：探討酪蛋白麥麩吸管的耐酸鹼效果

實驗說明：使用一次性吸管喝的飲料種類眾多，一般而言有茶飲、咖啡、碳酸飲料、牛奶、果汁、運動飲料、蘇打水這幾種，透過實驗，我們想知道麥麩吸

管的耐酸鹼程度如何，可以進一步瞭解麥麩吸管的實用性。

我們查詢了幾種常見飲品的 PH 值，製作成下表。

表 4-3-2 常見飲品 PH 值

飲料種類	碳酸飲料	果汁	咖啡	茶飲	牛奶	純水	運動飲料	蘇打水
PH 值	2.0~3.0	2.0~6.0	3.8~5.3	5	6	7	8.5~9	10~11

實驗步驟：

1. 製作等長的酪蛋白麥麩吸管六支，其中三支淋上蜂蠟。
2. 用檸檬酸調製出 P H 值約 2.0 的 250ml 的水溶液兩杯。
3. 測量市售的雪碧汽水的 P H 值之後，倒出兩杯容量 250ml 的雪碧汽水。選擇雪碧汽水的原因是因為要測量水溶液的濁度需要透明無色，以免影響到實驗的結果。
4. 用小蘇打粉調出 P H 值約 8.5 的 250ml 的水溶液兩杯。
5. 把六支麥麩吸管分別放入六杯水溶液裡，每隔一個小時測量一次濁度。
6. 觀察吸管的變化，並且做成紀錄。



圖 4-3-12
製作等長的酪蛋白麥麩吸管六支，其中三支淋上蜂蠟。



圖 4-3-13
用檸檬酸調製出 P H 值約 2.0 的 250ml 的水溶液兩杯



圖 4-3-14
用小蘇打粉調出 P H 值約 8.5 的 250ml 的水溶液兩杯



圖 4-3-15
把六支麥麩吸管分別放入六杯水溶液裡，每隔一個小時測量一次濁度



圖 4-3-16
每隔一個小時測量一次濁度

實驗八：探討酪蛋白麥麩吸管生物降解效果

實驗說明：市售的甘蔗渣或玉米粉吸管所需的分解條件非常嚴苛，必須在相對濕度高達 50%~60%，溫度高達 60°C，而且充滿氧氣的環境之下，約 47 天才能完全分解。這在自然生活環境中，是較不可能達到的標準，即使採用掩埋法，也必須使用化學堆肥才能完全分解。我們想透過實驗瞭解酪蛋白麥麩吸管在普通的氣溫與濕度之下，完全生物降解需要多少時間。

實驗步驟：

1. 分別製作酪蛋白粗細麥麩吸管各一支。與有無淋上蜂蠟的麥麩吸管各一支。
2. 裝相同高度的腐植土進入廣口瓶內，瓶外貼上標籤紙。
3. 把吸管靠在透明瓶身上，固定時間觀察吸管的變化。



圖 4-3-17
製作四支長度相同，粗細顆粒不同條件的麥麩吸管。



圖 4-3-18
裝相同高度的腐植土進入廣口瓶內，瓶外貼標籤紙。



圖 4-3-19
裝相同高度的腐植土進入廣口瓶內，瓶外貼標籤紙。



圖 4-3-20
把吸管靠在透明瓶身上，固定時間觀察吸管的變化。

實驗九：探討酪蛋白麥麩吸管在實際飲用上的表現

實驗說明：我們研發的酪蛋白麥麩吸管在實驗過程中表現皆佳，我們想知道在飲用過程中，一般使用者是不是也覺得這種吸管好用。

受試者您好：

首先謝謝您幫忙填寫此問卷，這是一份關於「酪蛋白膠麥麩吸管使用滿意度調查表」，希望藉由您的觀點幫我們進行分析研究，進一步了解關於「酪蛋白膠麥麩吸管」在實際使用上的情況。

您的寶貴意見將成為本研究重要觀點，再一次感謝您的耐心填寫。

STRAW 科展研發小組

以下問題請針對同意強度作評斷，請用 1-5 的強度來評斷對於問題的同意的程度，數字越高代表越認同，5 代表完全認同，1 代表完全不認同。

為了縮短問題的字數好達到閱讀的方便性，以下所有的「酪蛋白膠麥麩吸管」皆用「酪麥吸管」來指稱。

- 1、我認同今年七月起政府規定業者不能提供內用一次性塑膠吸管的政策。 5--4--3--2--1
- 2、我認同這環保政策可以有效減少塑膠製品汙染環境。 5--4--3--2--1
- 3、我認為酪麥吸管的口感比塑膠吸管來得佳。 5--4--3--2--1
- 4、我認為酪麥吸管的耐用度與塑膠吸管沒有差別。 5--4--3--2--1
- 5、我覺得使用酪麥吸管對於飲用飲品的味道沒有改變。 5--4--3--2--1
- 6、直到飲用結束，酪麥吸管的結構依然穩固。 5--4--3--2--1
- 7、店家提供吸管種類選擇，我願意使用酪麥吸管的意願大於塑膠吸管。 5--4--3--2--1
- 8、我願意多付費 1 元，選擇使用可天然生物降解的酪麥吸管。 5--4--3--2--1

伍、實驗結果與討論

(一) 實驗一：探討不同溫度對於麥麩粉塑型的影響



圖 5-1-1

麥麩的顆粒大部分都懸浮在水面上，被水沖散了



圖 5-1-2

中間有少部分的麥麩還能維持乾燥不被水沖散。



圖 5-1-3

中間部份的麥麩的結構還維持著，但四周的麥麩已經飄散



圖 5-1-4

中間麥麩的形狀維持完整，水也無法停留在中間麥麩上，會從四周滑落



圖 5-1-5

中間麥麩乾燥的地方更明顯，而且麥麩顏色變深，很明顯已經有些略微燒焦

實驗數據：

表 5-1-1 不同溫度對於麥麩粉塑型的濁度表

溫度 \ 濁度 (NTU)	60 ° C	70 ° C	80 ° C	90 ° C	100 ° C
第一次	23.25	12.41	12.08	12.06	11.25
第二次	20.61	11.22	11.99	10.80	9.76
第三次	20.52	11.68	11.46	10.62	10.06
平均濁度	21.46	11.77	11.84	11.16	10.36
平均濁度誤差	21.46±0.8954	11.77±0.3465	11.84±0.1934	11.16±0.4530	10.36±0.4550

不同溫度對於麥麩粉塑型的影響

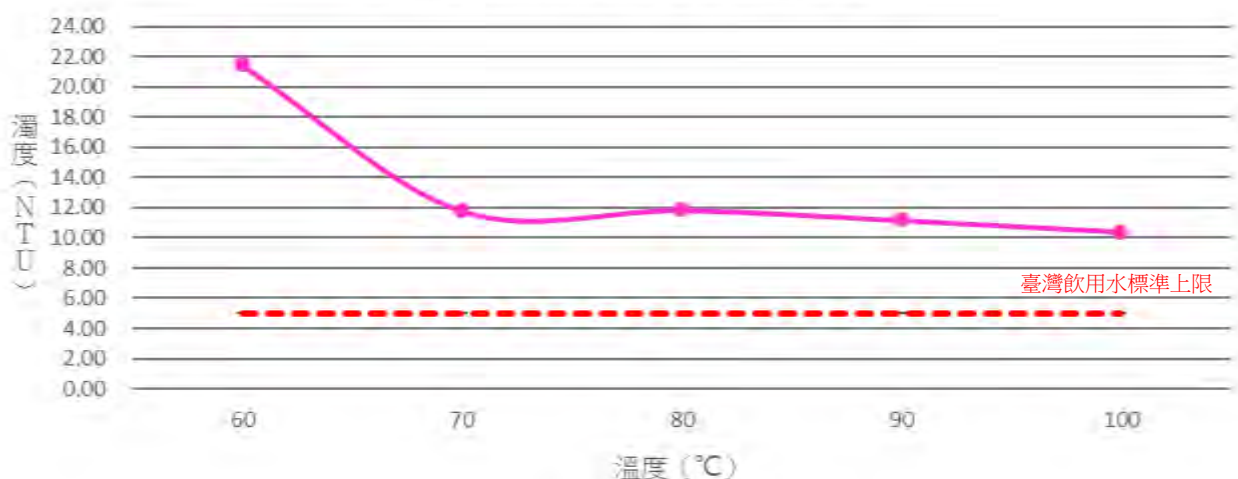


圖 5-1-6 不同溫度對於麥麩粉塑型的影響

實驗討論：

1. 由實驗數據得知，溫度越高，濁度越低。
2. 溫度可以讓麥麩的塑型效果增加，讓麥麩的結構較為堅固。
3. 從 60°C ~ 100°C 的溫度變化，濁度下降了一倍以上。但是超過 100°C 會讓麥麩燒焦，所以如果要提高溫度，就得把時間縮短。

(二) 實驗二：探討不同壓力對於麥麩塑型的影響



圖 5-2-1

經過擠壓之後，相同克數麥麩的體積呈現不同的大小。



圖 5-2-2

倒入相同數量的水，大部份都被麥麩吸收。



圖 5-2-3

最快流出水的是用 3kg 擠壓的麥麩試體，可見 3kg 擠壓過後的麥麩的空隙是最大的。



圖 5-2-4

利用方法三所收集到的樣品，用肉眼就可以看出混濁程度的詫異，再用濁度計來測量出準確的數據。

實驗數據：

表 5-2-1 不同壓力對於麥麩粉塑型的濁度表

垂直作用力 濁度 (NTU)	3kg	4kg	5kg	6kg	7kg
第一次	127	103	87	70	57
第二次	140	98	82	69	56
第三次	120	101	78	68	56
平均濁度	129.00	100.67	82.33	69.00	56.33
平均濁度誤差	129±10.1489	100.67±2.5166	82.33±4.5092	69±1.0000	56.33±0.5774

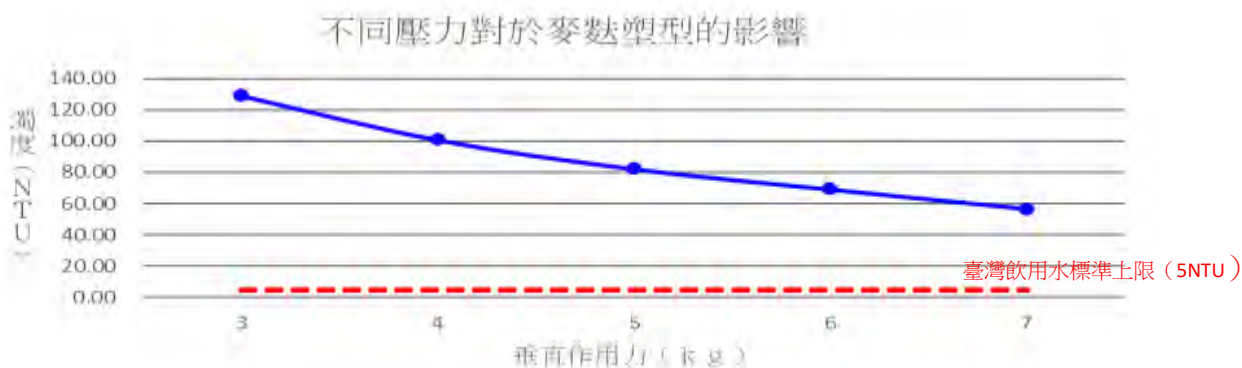


圖 5-2-5 不同壓力對於麥麩粉塑型的影響

實驗討論：

1. 由實驗數據可知，垂直作用力越大，針筒內的浸泡水濁度越小。
2. 因為受力面積相同，所以可以知道壓力越大，麥麩塑型呈現的結構就越穩定，所以所溶出的懸浮物就越少。
3. 3kg 濁度之高，可見用 3kg 的壓力對於麥麩的塑型是沒有幫助的。
4. 雖然 7kg 的壓力讓濁度降到了 56NTU，但是距離臺灣飲用水的標準 1.0NTU~5NTU 差距很遠，代表在我們這實驗裡光是靠壓力來塑形是無法製作成吸管的。

(三) 實驗三：探討四種天然黏膠對於麥麩塑型延展性的強弱

實驗數據：

表 5-3-1 四種天然黏膠對於麥麩塑型延展性的強弱比較表

膠體種類 角度(度)	糯米膠麥麩	秋葵膠麥麩	楠樹皮粉麥麩	酪蛋白膠麥麩
第一次斷裂	85	50	65	90
第二次斷裂	80	50	65	90
第三次	80	45	70	90
平均斷裂角度	81.67	48.33	66.67	90
平均斷裂角度誤差	81.67±1.6667	48.33±1.6667	66.67±1.6667	90±0.0000

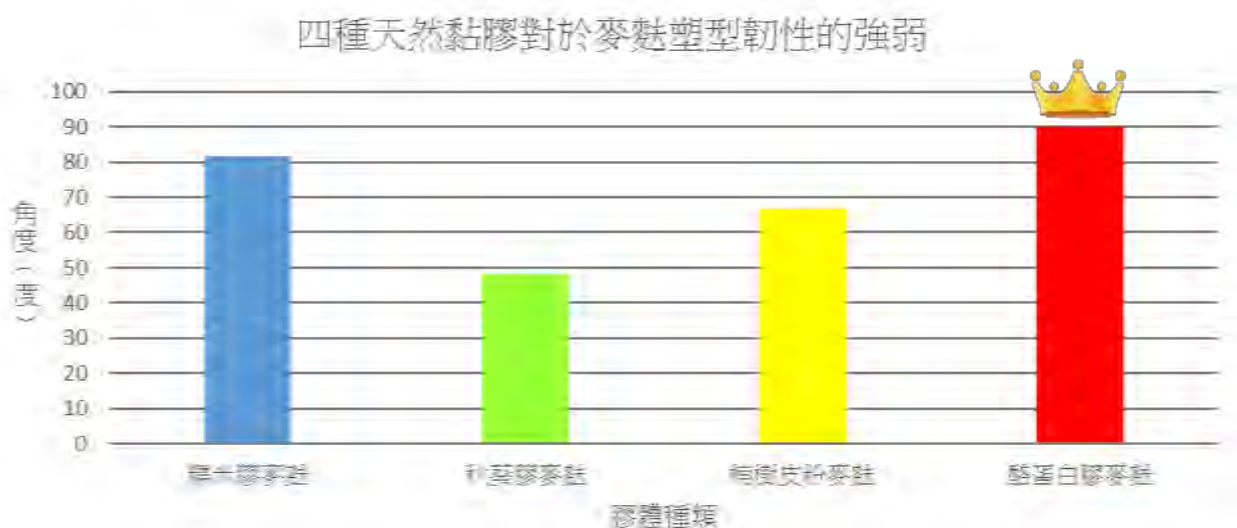


圖 5-3-1 四種天然黏膠對於麥麩塑型延展性的強弱

糯米膠麥麩



圖 5-3-2

秋葵膠麥麩



圖 5-3-3

楠樹皮粉麥麩



圖 5-3-4

酪蛋白膠麥麩



圖 5-3-5

實驗討論：

1. 從實驗結果可知，酪蛋白膠麥麩所能承受的角度最大，在材料科學上，延展性是指當承受應力時對折斷的抵抗，所以代表酪蛋白膠麥麩的延展性最佳，秋葵膠麥麩的延展性最差。
2. 透過實驗一、二，我們得知溫度與壓力是麥麩塑型所需要的方式，但是以熱壓來塑形的實驗結果水中的濁度太高，代表還需要其他方式來加強麥麩的結構。
3. 根據本實驗結果，我們決定以酪蛋白膠為塑型麥麩吸管的最主要黏膠，藉由這個天然黏膠來加強麥麩吸管塑型後的結構。




(四) 實驗四：探討最佳天然黏膠與麥麩塑型的最適方法

1. 持續改良的塑型方式

表 5-4-1 各代塑型比較表

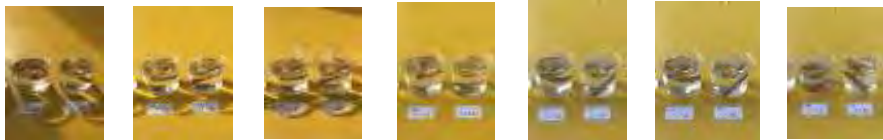
	第一代塑型	第二代塑型	第三代塑型
2 吸管外型	 圖 5-1-17	 圖 5-1-18	 圖 5-1-19
塑型方法	熱壓後的試片直接圈成圓柱型，接縫處再進行熱壓	把混合的黏膠抹在鐵棒上均勻的滾動，再熱壓脫模	把混合的黏膠抹在壓克力棒上均勻的滾動，再熱壓脫模
優缺點	沒有模型直接圈成圓柱體，在熱壓過程中容易被壓扁	鐵棒管徑太粗，在熱壓的過程中，會因傳導的關係使得鐵棒升溫，容易脫模失敗	用壓克力棒當模型是脫模成功機率最高，也是最接近吸管造型的塑型方式

5-4-2 各種筆直塑型方式比較表

	自然乾燥	模型內乾燥	與模型一同烘乾
吸管外型	 圖 5-1-20	 圖 5-1-21	 圖 5-1-22
優缺點	因為乾燥的速度不同，導致脫模後的麥麩吸管呈現彎曲	幾乎是完全筆直，但因為在模型內乾燥，需要較長乾燥時間，使麥麩吸管表面容易發霉	在定溫烘箱烘乾，因為管徑內有壓克力棒，所以完全乾燥之後吸管呈現筆直的狀態。

3. 粗細顆粒塑形而成的酪蛋白膠麥麩吸管浸泡在水中，濁度的比較

表 5-4-3 粗細顆粒塑形而成的酪蛋白膠麥麩吸管浸泡在水中的濁度比較表



時間(hour) 濁度 (NTU)		0	1	2	3	4	5	6
		粗顆粒	一次	1.05	1.88	3.22	4.26	5.23
粗顆粒	二次	1.01	1.86	2.98	4.27	5.00	6.28	8.16
	三次	0.78	1.85	2.87	4.25	5.44	6.17	7.80
	平均濁度	0.95	1.86	3.02	4.26	5.22	6.25	8.04
	平均濁度誤差	0.95±0.0841	1.86±0.0088	3.02±0.1033	4.26±0.0058	5.22±0.1271	6.25±0.0426	8.04±0.1200
	細顆粒	一次	0.35	1.07	2.57	3.13	3.19	3.68
細顆粒	二次	0.36	1.01	2.54	3.14	3.13	3.53	4.21
	三次	0.45	0.98	2.37	2.99	3.05	3.47	4.30
	平均濁度	0.39	1.02	2.49	3.09	3.12	3.56	4.26
	平均濁度誤差	0.39±0.0318	1.02±0.0265	2.49±0.0623	3.09±0.0484	3.12±0.0406	3.56±0.0624	4.26±0.0260

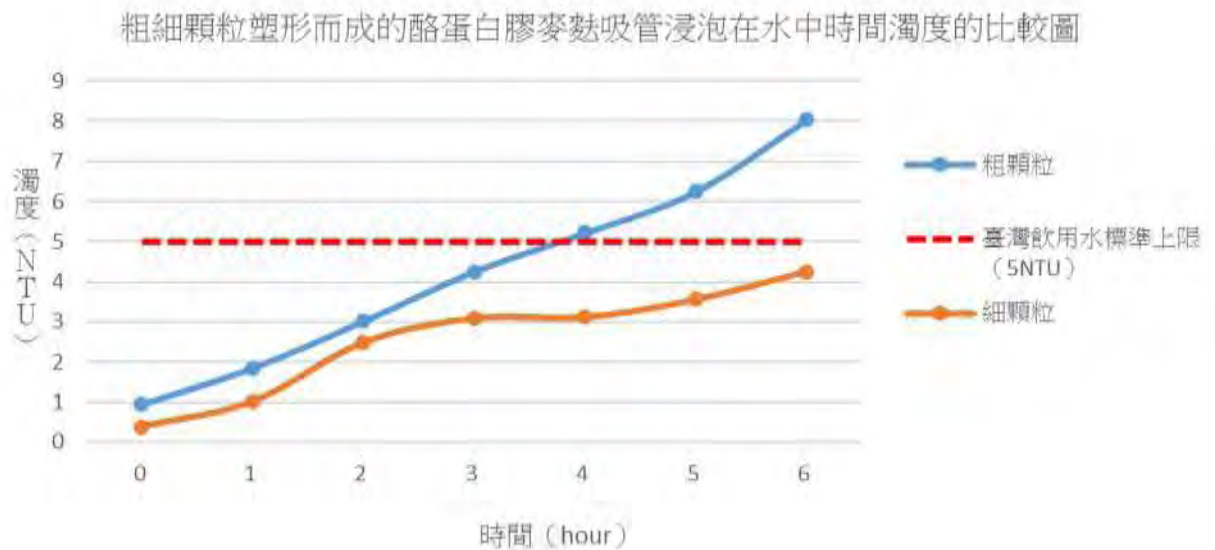


圖 5-4-1 粗細顆粒塑形而成的酪蛋白膠麥麩吸管浸泡在水中時間濁度的比較圖

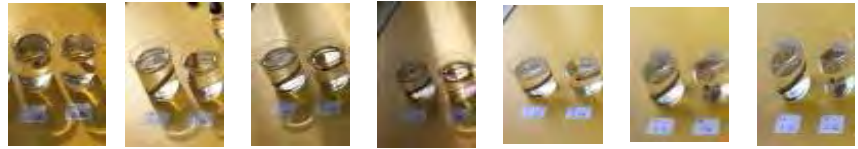
實驗討論：

1. 從實驗數據中可知，細顆粒酪蛋白麥麩吸管從放入水中開始，所溶出的懸浮顆粒都比粗顆粒酪蛋白麥麩吸管來得少，可見細麥麩透過熱壓之後，維持結構完整的能力比粗麥麩較佳，可能的原因是麥麩顆粒進一步打碎研磨之後，顆粒大小較為均質，熱壓後細顆粒麥麩的孔隙可以比較排列較為緊密，需要久的時間水才能滲透。
2. 粗顆粒酪蛋白麥麩吸管在經過五個小時的浸泡之後，水中的濁度超過台灣飲用水的標準上限（5NTU），代表粗顆粒酪蛋白麥麩吸管可以至少使用五個小時，而從縮時攝影中可以看見六個小時之後，粗顆粒酪蛋白麥麩吸管已經在水中分解。
3. 細顆粒酪蛋白麥麩吸管直到實驗結束的七個小時，都還能在台灣飲用水標準值以內，代表細顆粒酪蛋白麥麩吸管至少可以使用七個小時以上。細顆粒酪蛋白麥麩吸管的防水效果、吸管結構都比粗顆粒酪蛋白麥麩吸管來得好。

（五）實驗五：探討最佳天然黏膠與麥麩塑型之後防水性的強弱

1. 細顆粒酪蛋白麥麩吸管添加蜂蠟之後浸泡在水中，濁度的比較

表 5-5-1 細顆粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟後浸泡在水中濁度比較表



時間(hour) 濁度 (NTU)		0	1	2	3	4	5	6
		有蜂蠟	一次	0.27	0.27	0.43	1.36	1.64
	二次	0.23	0.29	0.38	1.22	1.36	1.65	1.61
	三次	0.22	0.29	0.40	1.10	1.40	1.57	1.64
	平均濁度	0.24	0.28	0.40	1.23	1.47	1.58	1.65
	平均濁度誤差	0.24±0.0153	0.28±0.0067	0.4±0.0145	1.23±0.0751	1.47±0.0874	1.58±0.0406	1.65±0.0233
無蜂蠟	一次	0.25	1.79	2.37	2.99	3.05	3.47	4.30
	二次	0.20	1.77	2.33	2.94	3.01	3.39	4.25
	三次	0.23	1.70	2.29	2.90	3.10	3.43	4.22
	平均濁度	0.23	1.75	2.33	2.94	3.05	3.43	4.26
	平均濁度誤差	0.23±0.0145	1.75±0.0273	2.33±0.0231	2.94±0.0260	3.05±0.0260	3.43±0.0231	4.26±0.0233

細顆粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟浸泡水中濁度比較圖

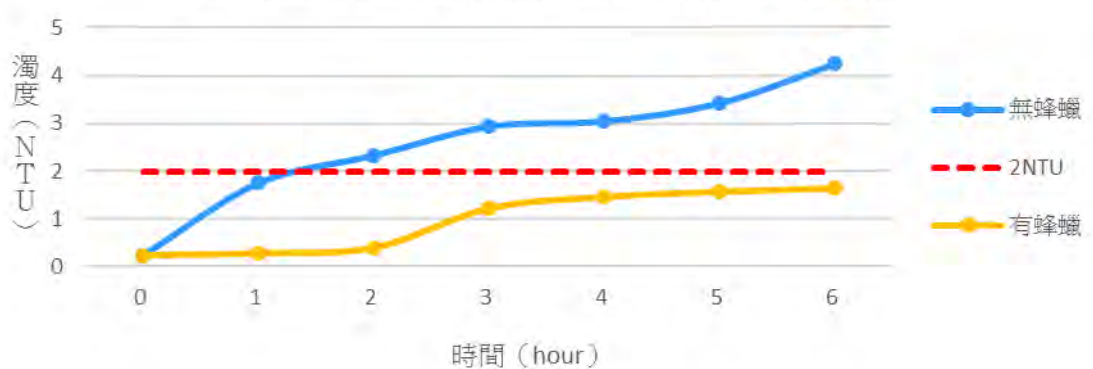


圖 5-5-1 細顆粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟後浸泡在水中濁度比較圖





實驗討論：

- (1) 從實驗數據可知，有淋上蜂蠟的細顆粒酪蛋白麥麩吸管，比沒淋上蜂蠟的細顆粒酪蛋白麥麩吸管濁度低很多，代表蜂蠟的防水效果佳，可以有效降低細顆粒酪蛋白麥麩吸管溶出的懸浮微粒。
- (2) 沒有添加蜂蠟的細顆粒酪蛋白麥麩吸管浸泡了兩個小時的濁度比有添加蜂蠟的吸管浸泡了七個小時的濁度還高。

- (3) 雖然兩者浸泡了七個小時都還符合台灣飲用水的標準，但是有天加蜂蠟的吸管濁度都保持在 2.0NTU 之下，所以還是以添加蜂蠟為佳。
- (4) 觀察每 20 分鐘定時拍攝的照片可以看出沒有添加蜂蠟的吸管，在浸泡第二個小時之後就有明顯管壁膨脹情況，吸管不僅變大還變軟了。而有添加蜂蠟的吸管在浸泡了七小時之後，吸管依然保持相同的大小，可見蜂蠟的防水效果佳，可以維持原來的吸管結構。

2. 細顆粒與粗顆粒酪蛋白麥麩吸管添加蜂蠟之後浸泡在水中濁度的比較

表 5-5-2 細顆粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟浸泡水中濁度比較表

		時間(hour)	0	1	2	3	4	
		濁度 (NTU)						
細顆粒	有蜂蠟	一次	0.15	0.18	0.21	0.31	1.04	
		二次	0.16	0.19	0.2	0.29	1.01	
		三次	0.14	0.18	0.2	0.34	0.88	
		平均濁度	0.15	0.18	0.2	0.31	0.98	
		平均濁度誤差	0.15±0.0058	0.18±0.0033	0.2±0.0033	0.31±0.0145	0.98±0.0491	
	無蜂蠟	一次	0.17	0.27	1.79	2.32	3.37	
		二次	0.16	0.23	1.77	2.33	3.68	
		三次	0.15	0.22	1.7	2.29	3.62	
		平均濁度	0.16	0.24	1.75	2.31	3.56	
		平均濁度誤差	0.16±0.0058	0.24±0.0153	1.75±0.0273	2.31±0.0120	3.56±0.0949	
粗顆粒	有蜂蠟	一次	0.15	0.45	0.47	2.12	3.53	
		二次	0.14	0.42	0.46	2.21	3.21	
		三次	0.14	0.42	0.46	2.27	3.04	
		平均濁度	0.14	0.43	0.46	2.2	3.26	
		平均濁度誤差	0.14±0.0033	0.43±0.0100	0.46±0.0033	2.2±0.0436	3.26±0.1436	
	無蜂蠟	一次	0.16	1.05	1.88	3.22	4.26	
		二次	0.14	1.01	1.86	2.98	4.27	
		三次	0.15	0.78	1.85	2.87	4.24	
		平均濁度	0.15	0.95	1.86	3.02	4.26	
		平均濁度誤差	0.15±0.0058	0.95±0.0841	1.86±0.0088	3.02±0.1033	4.26±0.0088	

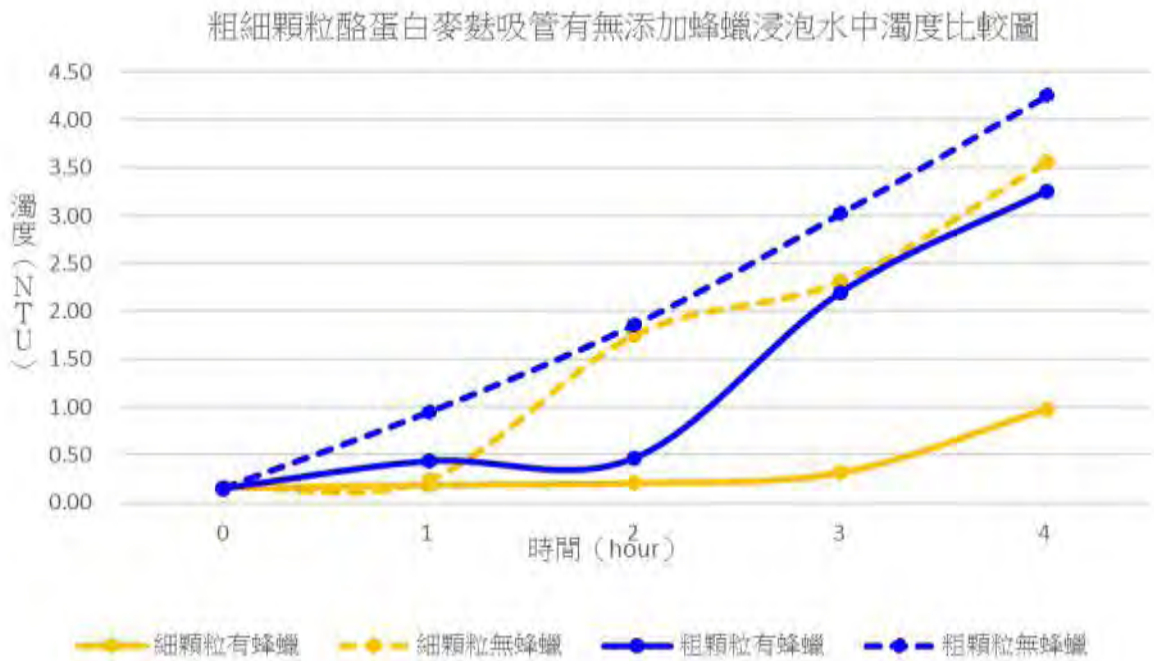


圖 5-5-6 粗細顆粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟浸泡水中濁度比較圖

實驗討論：

- (1) 不論顆粒粗細，在比較濁度方面都是有加上蜂蠟的吸管濁度低。
- (2) 麥麩顆粒進一步打碎研磨之後，顆粒大小較為均質，熱壓過後空隙變得很小。因此淋上蜂蠟後，細顆粒的麥麩吸管防水效果比粗顆粒的麥麩吸管表現好。
- (3) 無蜂蠟的粗麥麩吸管浸泡四個小時之後就斷裂了，吸管的結構都損壞了，無蜂蠟的細麥麩吸管雖然還是維持吸管結構，但是也是接近斷裂。而有蜂蠟的麥麩吸管能保持吸管的狀態，代表蜂蠟不僅有防水效果，還能增強吸管的結構。

(六) 實驗六：探討酪蛋白膠麥麩吸管的耐熱效果

表 5-6-1 酪蛋白膠麥麩吸管有無添加蜂蠟的耐熱效果比較表

濁度 (NTU) \ 時間 (min)		0	10	20
		一次	0.09	0.28
有蜂蠟的細麥麩吸管	二次	0.13	0.26	2.1
	三次	0.13	0.26	2.17
	平均濁度	0.12	0.27	2.17
	平均濁度誤差	0.12±0.0133	0.27±0.0067	2.17±0.0376

無蜂蠟的 細麥麩吸管	一次	0.79	7.99	11.25 (已斷裂)
	二次	0.85	7.79	11.32 (已斷裂)
	三次	0.95	7.78	11.27 (已斷裂)
	平均濁度	0.86	7.85	11.28
	平均濁度誤差	0.86±0.0467	7.85±0.0684	11.28±0.0208

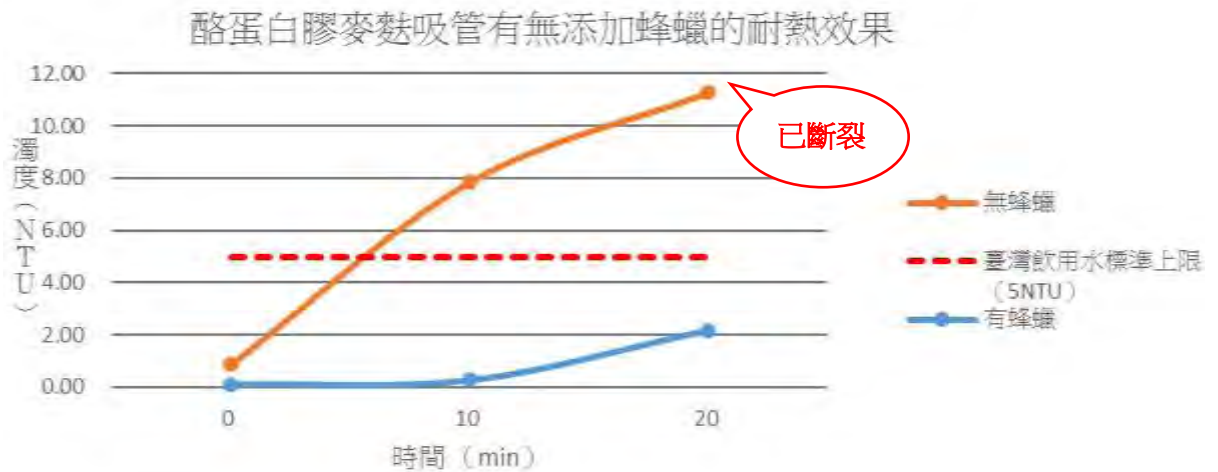


圖 5-6-1 酪蛋白膠麥麩吸管有無添加蜂蠟的耐熱效果比較圖

實驗討論：

1. 把麥麩吸管放置於溫度 60°C 的熱水中，沒有淋上蜂蠟的吸管一放進去濁度比放在常溫的水中還要來得高，10 分鐘之後就已經超過飲用水標準，20 分鐘內即斷裂。從實驗結果可知溫度越高破壞麥麩吸管的結構能力就越強。
2. 淋上蜂蠟的麥麩吸管在 20 分鐘的濁度已經高於在常溫水浸泡七個小時的濁度，雖然還在飲用水的標準內，但是也可以見到高溫對於蜂蠟的防水效果有一定程度的破壞。
3. 人類的口腔黏膜無法承受 60°C 的熱水連續飲用 20 分鐘（在醫學上連續飲用超過一分鐘都不建議），淋上蜂蠟的麥麩吸管可以承受 60°C 的熱水連續 20 分鐘，代表用吸管來飲用熱飲是沒有問題的。

(七) 實驗七：探討酪蛋白麥麩吸管的耐酸鹼的效果

不同 PH 值的原液靜置 0~3 小時的濁度紀錄表

時間(hour)	0	1	2	3
檸檬酸 PH=2.32	0.11	0.13	0.11	0.14
蘇打水 PH=8.47	0.43	0.44	0.43	0.44
碳酸飲料 PH=3.27	1.88	0.40	0.43	0.41

表 5-7-1 有無添加蜂蠟的酪蛋白麥麩吸管在不同 PH 值液體裡濁度比較表

濁度 (NTU)		時間 (小時)		0	1	2	3
		0	1	2	3		
檸檬酸 PH=2.32	有蜂蠟	第一次		0.31	1.71	2.00	2.32
		第二次		0.14	1.81	1.90	2.03
		第三次		0.15	1.75	1.88	1.98
		平均濁度		0.20	1.76	1.93	2.11
		平均濁度誤差		0.2±0.0551	1.76±0.0291	1.93±0.0371	2.11±0.1060
	無蜂蠟	第一次		2.26	3.76	3.76	5.95
		第二次		2.03	3.70	3.70	5.95
		第三次		2.08	3.67	3.67	5.85
		平均濁度		2.12	3.71	3.71	5.92
		平均濁度誤差		2.12±0.0698	3.71±0.0300	3.71±0.0300	5.92±0.0300
蘇打水 PH=8.47	有蜂蠟	第一次		0.47	2.58	2.00	2.87
		第二次		0.46	2.65	2.03	2.71
		第三次		0.46	2.55	1.95	2.56
		平均濁度		0.46	2.59	1.99	2.71
		平均濁度誤差		0.46±0.0033	2.59±0.0296	1.99±0.0233	2.71±0.0895
	無蜂蠟	第一次		0.98	4.89	7.77	9.89
		第二次		0.98	4.52	7.56	8.38
		第三次		0.90	4.47	6.98	8.56
		平均濁度		0.95	4.63	7.44	8.94
		平均濁度誤差		0.95±0.0267	4.63±0.1325	7.44±0.2362	8.94±0.4762
碳酸飲料 PH=3.27	有蜂蠟	第一次		1.87	0.45	1.01	1.69
		第二次		1.53	0.85	0.95	1.66
		第三次		1.61	1.02	1.20	1.85
		平均濁度		1.67	0.77	1.05	1.73
		平均濁度誤差		1.67±0.1026	0.77±0.169	1.05±0.0754	1.73±0.059
	無蜂蠟	第一次		1.73	1.82	2.20	2.35
		第二次		1.83	1.82	1.98	2.25
		第三次		1.13	1.83	1.90	2.48
		平均濁度		1.56	1.82	2.03	2.36
		平均濁度誤差		1.56±0.2186	1.82±0.0033	2.03±0.0897	2.36±0.0666

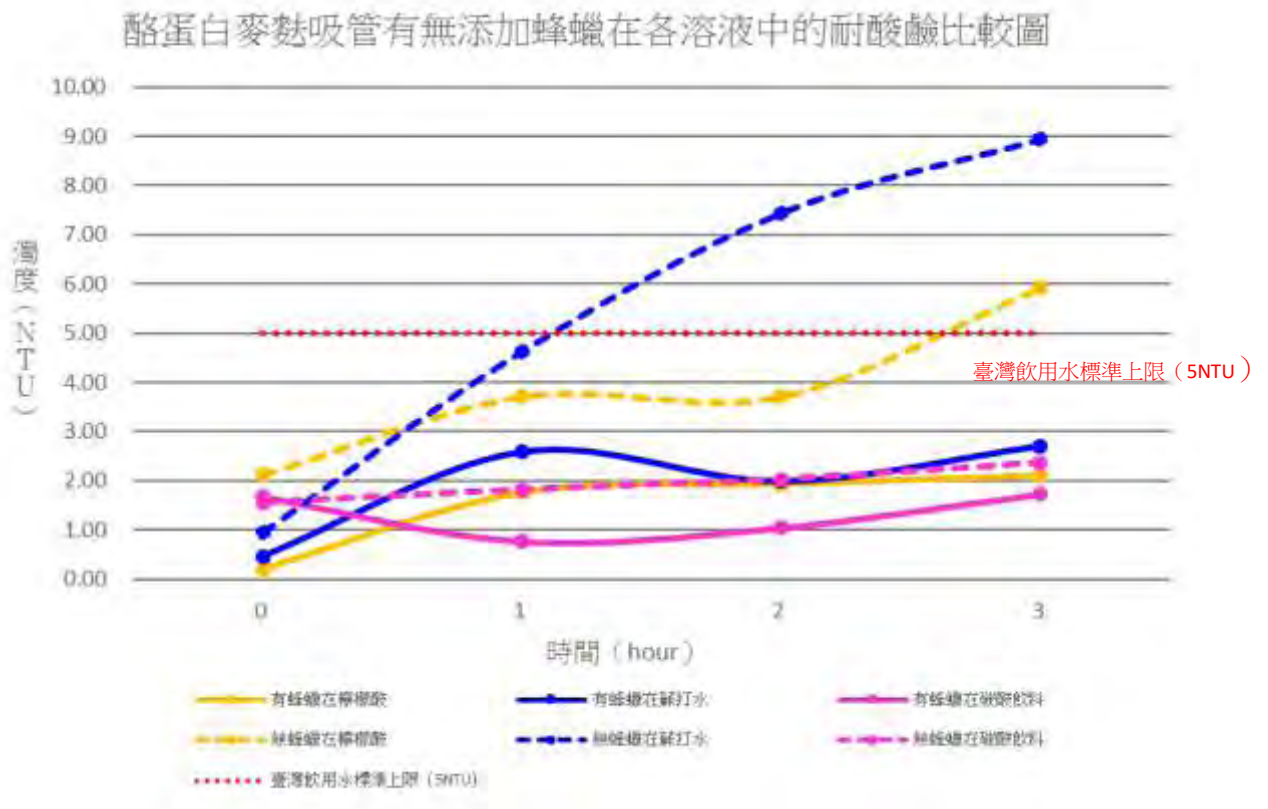


圖 5-7-1 酪蛋白膠麥麩吸管有無添加蜂蠟的耐酸鹼比較圖

實驗討論：









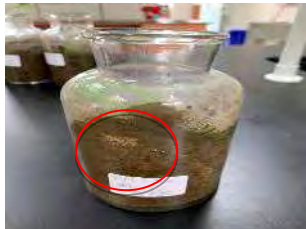
1. 浸泡在檸檬酸、蘇打水與碳酸飲料的液體裡，都是有淋上蜂蠟的麥麩吸管濁度比較低。
2. 無蜂蠟的麥麩吸管抵抗酸鹼的效果都不好。在檸檬酸液體裡第三個小時就超過了飲用水標準，在蘇打水液體裡第二個小時就超過了飲用水標準。唯有在碳酸飲料裡，可以維持到第四個小時。
3. 麥麩吸管浸泡在碳酸飲料裡第一個小時的濁度比第二個小時來得高，之後又降了下來。透過原液濁度的測量可知是碳酸飲料剛倒出來的時候內佈滿氣泡，因此影響到濁度測量的準確。第二個小時之後，氣泡逸散了，量出來的濁度才比較接近實際狀態。
4. 有淋上蜂蠟的麥麩吸管，抗酸能力比抗鹼能力好，皆能維持在低濁度的表現。不過與浸泡在清水液體的濁度相比，浸泡了清水七個小時的濁度比浸泡在檸檬酸與




蘇打水裡兩個小時的濁度還要低。

5. 營養學者表示果汁的最佳飲用時間約是兩個小時，超過兩個小時之後，果汁就會開始氧化變質。淋上蜂蠟的麥麩吸管，在兩個小時內的濁度都能保持在 2.00 以內，代表用淋上蜂蠟的麥麩吸管來飲用果汁、蘇打水與汽水都是沒有問題的。

(八) 實驗八：探討酪蛋白麥麩吸管生物降解效果

表 5-8-1 各類酪蛋白膠麥麩吸管生物降解效果比較表

種類 日期	粗顆粒無蜂蠟	細顆粒無蜂蠟	細顆粒有蜂蠟
2018 12/21 一週後	 <p>圖 5-8-1 吸管管身上長滿菌絲</p>	 <p>圖 5-8-2 吸管管身上長滿菌絲</p>	 <p>圖 5-8-3 吸管管身上長滿菌絲</p>
2019 1/11 四週後	 <p>圖 5-8-4 管口已經分解，只剩下一個空的小洞，可以看得出來原本是吸管的管口。</p>	 <p>圖 5-8-5 土壤表面只剩一些顏色較深的部分，勉強還可以看出來是吸管理入的位置。</p>	 <p>圖 5-8-6 土壤長出植物，土壤表面還可以看到有一小截吸管的管口。</p>
2019 1/25 第六週	 <p>圖 5-8-7 從瓶身已經看不到吸管的結構，只能看到瓶口的植物越長越高。</p>	 <p>圖 5-8-8 細顆粒沒有添加蜂蠟的這罐廣口瓶，瓶內的植物長得最快最高。</p>	 <p>圖 5-8-9 在瓶口壁還是可以看到吸管的構造，看起來還沒有完全生物降解完畢。</p>

<p>2019 2/12 第八週</p>	 <p>圖 5-8-10 吸管完全被分解，只能在土中看到深咖啡色的麥麩痕跡，約 7cm 長。</p>	 <p>圖 5-8-11 吸管完全被分解，只能在土中看到深咖啡色的麥麩痕跡，約 1.5 長。</p>	 <p>圖 5-8-12 吸管麥麩的部分完全被分解，除了土壤部分有深咖啡色的痕跡外，僅剩蜂蠟的部分，約有 13cm，是原來吸管的長度。</p>
------------------------------	---	--	--

實驗討論：

1. 沒有添加蜂蠟的麥麩吸管，都能在兩個月內生物降解完畢，只遺留土壤上些許的深咖啡色痕跡。細顆粒吸管比粗顆粒吸管分解的速度快，原因是因為顆粒小。
2. 添加蜂蠟的吸管則在三個月內生物降解完畢，完全看不見痕跡，麥麩與蜂蠟都完全被生物降解。
3. 三罐埋有麥麩吸管的廣口瓶都長出植物，代表麥麩吸管對環境完全沒有影響之外，我們還在瓶內的土壤裡發現了活的毛毛蟲與蚯蚓。
4. 麥麩吸管的降解不需要特殊的條件，只要埋在土壤裡，土壤維持些許濕潤，二～三個月內就能完全降解完畢，對大自然環境沒有負擔。



圖 5-8-13

經過三個月的掩埋，有添加蜂蠟的麥麩吸管土壤內可見昆蟲的幼蟲與蚯蚓。且土壤內完全看不到任何殘存的麥麩與蜂蠟痕跡。

(九) 實驗九：探討酪蛋白麥麩吸管在實際飲用上的表現

表 5-10-1 酪蛋白麥麩吸管使用滿意度調查表結果列表

題目 分數	我認同政府規定業者不提供一次性塑膠吸管的政策	我認同這環保政策可以有效減少塑膠製品汙染環境	我認為酪麥吸管的口感比塑膠吸管來得佳	我認為酪麥吸管的耐用度與塑膠吸管沒有差別	我覺得使用酪麥吸管對於飲用飲品的味道沒有改變	直到飲用結束，酪麥吸管的結構依然穩固	店家提供吸管種類選擇，我願意使用酪麥吸管的意願大於塑膠吸管	我願意多付費 1 元，選擇使用可天然生物降解的酪麥吸管
受試者 1	4	4	5	3	4	4	5	5
受試者 2	5	5	5	4	5	4	5	5
受試者 3	5	4	4	4	5	5	5	4
受試者 4	5	5	5	5	5	5	5	5
受試者 5	4	4	2	3	5	5	4	5
受試者 6	5	5	2	2	5	5	5	5
受試者 7	4	4	4	3	5	4	5	5
受試者 8	5	5	4	1	5	4	5	5
受試者 9	5	5	5	5	5	5	5	5
受試者 10	5	5	5	5	5	5	5	5
受試者 11	5	5	3	3	5	5	5	5
受試者 12	4	4	5	3	4	4	5	5
平均得分	4.25	4.58	4.08	3.66	4.83	4.58	4.92	4.92

實驗討論：

1. 問卷得分最高的題目分別為：「選擇麥麩吸管的意願大於塑膠吸管」與「願意付費 1 元選擇麥麩吸管」，皆為 4.92 接近滿分，受試者在有選擇的狀況下幾乎都願意使用可天然生物降解的麥麩吸管，代表使用者對麥麩吸管的接受度很高。
2. 問卷得分最低的題目是「麥麩吸管的耐用度與塑膠吸管沒有差別」。與問卷第六題「直到飲用完畢，麥麩吸管的吸管的結構依然穩定」，這兩題交叉分析後可知，受試者雖然認為塑膠吸管比麥麩吸管耐用，但是麥麩吸管使用於飲品上是完全沒有問題的。
3. 在「麥麩吸管對飲品味道沒有改變」這題中的得分也符合我們的實驗結果，從實驗五淋上蜂蠟的數據中發現我們所測得的濁度都很低，代表蜂蠟的防水層效果佳。
4. 問卷的結果可歸納為：在使用上，受試者普遍對麥麩吸管的評價高。在接受度上，有高達 98% 的受試者願意選擇麥麩吸管來取代塑膠吸管。

陸、 結論與展望

- (一) 市售所謂的環保吸管都添加了 PLA 聚乳酸進行塑型，在大自然環境下幾乎無法達成聚乳酸所需的分解條件，而且這些吸管還無法回收，結果反而造成更多的環境負擔。
- (二) 溫度與壓力對於麥麩的塑型有幫助，溫度越高壓力越大麥麩結構越完整。

- (三) 麥麩添加酪蛋白膠可以讓麥麩粉塑型成吸管形狀，對於麥麩試片的延展性與防水性都有增強的效果。細顆粒的酪蛋白膠麥麩吸管比粗顆粒防水效果來得好。
- (四) 在耐熱表現上，60°C 的溫度下可以維持 20 分鐘濁度 2.17NTU 遠低於臺灣飲用水質 5NTU 的標準，代表我們自製的麥麩吸管在耐熱方面的表現佳。
- (五) 在耐酸表現上，浸泡在 PH=2.32 的酸性水溶液中 3 個小時濁度 2.03NTU，遠低於臺灣飲用水質 5NTU 的標準，代表我們的麥麩吸管在耐酸方面的表現佳。
- (六) 在耐鹼表現上，浸泡在 PH=8.47 的鹼性水溶液中 3 個小時濁度 2.56NTU，遠低於臺灣飲用水質 5NTU 的標準，代表我們的麥麩吸管在耐鹼方面的表現佳。
- (七) 細顆粒酪蛋白膠麥麩吸管在一般土壤裡兩個月可生物降解完畢，淋上蜂蠟的細顆粒酪蛋白膠麥麩吸管則可在三個月內將解完畢。
- (八) 問卷的結果可知有高達九成的受試者願意選擇麥麩吸管來取代塑膠吸管。
- (九) 未來展望：在實驗過程中，我們覺得麥麩混合酪蛋白膠之後所塑型的管狀，除了可以當做一次性吸管使用之外，還可以取代很多一次性使用的塑膠管狀物，例如：棉花棒、牙線棒.....，對於減少塑膠製品有很大的幫助，這也是未來我們想繼續研究的方向。

柒、參考資料

- (一) 張哲誠(2015)生質塑膠之生命週期成本分析-以聚乳酸(PLA)為例。國立臺北大學自然資源與環境管理研究所論文。
- (二) 陳永欣、郭孟珊、高麗容、郭孟純 (2012)。好黏又好去的自製環保黏膠。中華民國第 52 屆國中小科展作品說明書。
- (三) <甘蔗渣吸管很環保？救海龜前恐先變成循環經濟災難。>天下雜誌 CSR@天下。2018 年九月號。
- (四) <「可分解餐具」出了實驗室就變「假的」，你還在用小麥碗筷、玉米刀叉嗎？>。The New Lens 關鍵評論，2017/01/19

【評語】 082916

本作品呼應減塑環保風潮為時下流行且重要的議題，符合生活與應用科學。主要研究目的著手選用麥麩以及酪蛋白黏膠等材料進行可食吸管的製作，從塑型到耐熱、耐酸鹼與防水性的表現，進行實用性測試及問卷調查，並優化環保吸管的製作，且與各種市售環保吸管比較各項預期達到的效能。此外亦針對其他飲料的吸水特性加以探討，亦進行完成土壤中生物降解實驗測試。整體來看，內容豐富兼具趣味與創意，探討參數完整兼具實用性。

摘要

今年七月開始政府規定業者不得提供內用一次性的塑膠吸管。目前市售的一次性吸管種類各有其缺點。我們從吸管單字 straw 獲得靈感，嘗試使用麥麩粉來製作一次性吸管。本研究運用熱壓方式來塑型，實驗過程中發現熱壓方式無法穩定吸管結構，進一步在麥麩粉裡分別添加四種天然黏膠進行測試，實驗結果酪蛋白膠在延展性與塑型方面表現最佳。成功塑型後，我們製作了多種不同成分的麥麩吸管進行實用性測試，結果為添加蜂蠟的細顆粒酪蛋白膠麥麩吸管在耐熱、耐酸鹼與防水性的表現上最佳。我們把自製的麥麩吸管運用到其他一次小型塑膠管用途上例如棉花棒，也能表現良好。實驗結果證實自製的麥麩吸管在土壤中三個月內能完全生物降解完畢，有效達到友善環境的目的。

壹、研究動機

2018 歐盟提出「限塑令」的建議開始，世界各國開始展開限塑的具體行動。我們政府從 2018 年開始禁止免費提供塑膠袋，接著逐步擴大限塑範圍，自今年七月開始，包含公部門、公私立學校、百貨公司及購物中心、連鎖速食店等四大類共 8000 家業者不得提供內用一次性的塑膠吸管。因為這項限塑政策，我們開始思考是否有更好的材質能取代塑膠吸管，希望能製作出能在自然界裡被生物降解不會造成生態負擔，又能讓我們暢飲各種飲料的一次性環保吸管。

貳、研究目的

第一部分：利用麥麩製作一次性環保吸管的最適方法與特性

實驗一：探討不同溫度對於麥麩塑型的影響

實驗二：探討不同壓力對於麥麩塑型的影響

第二部分：利用不同天然黏膠與麥麩混合製成環保吸管的最適方法與特性

實驗三：探討四種天然黏膠對於麥麩塑型延展性的強弱

實驗四：探討最佳天然黏膠與麥麩塑型的最適方法

第三部分：利用最佳天然黏膠製作而成的環保吸管的實用性

實驗五：探討酪蛋白麥麩吸管的防水效果

實驗六：探討酪蛋白麥麩吸管的耐熱效果

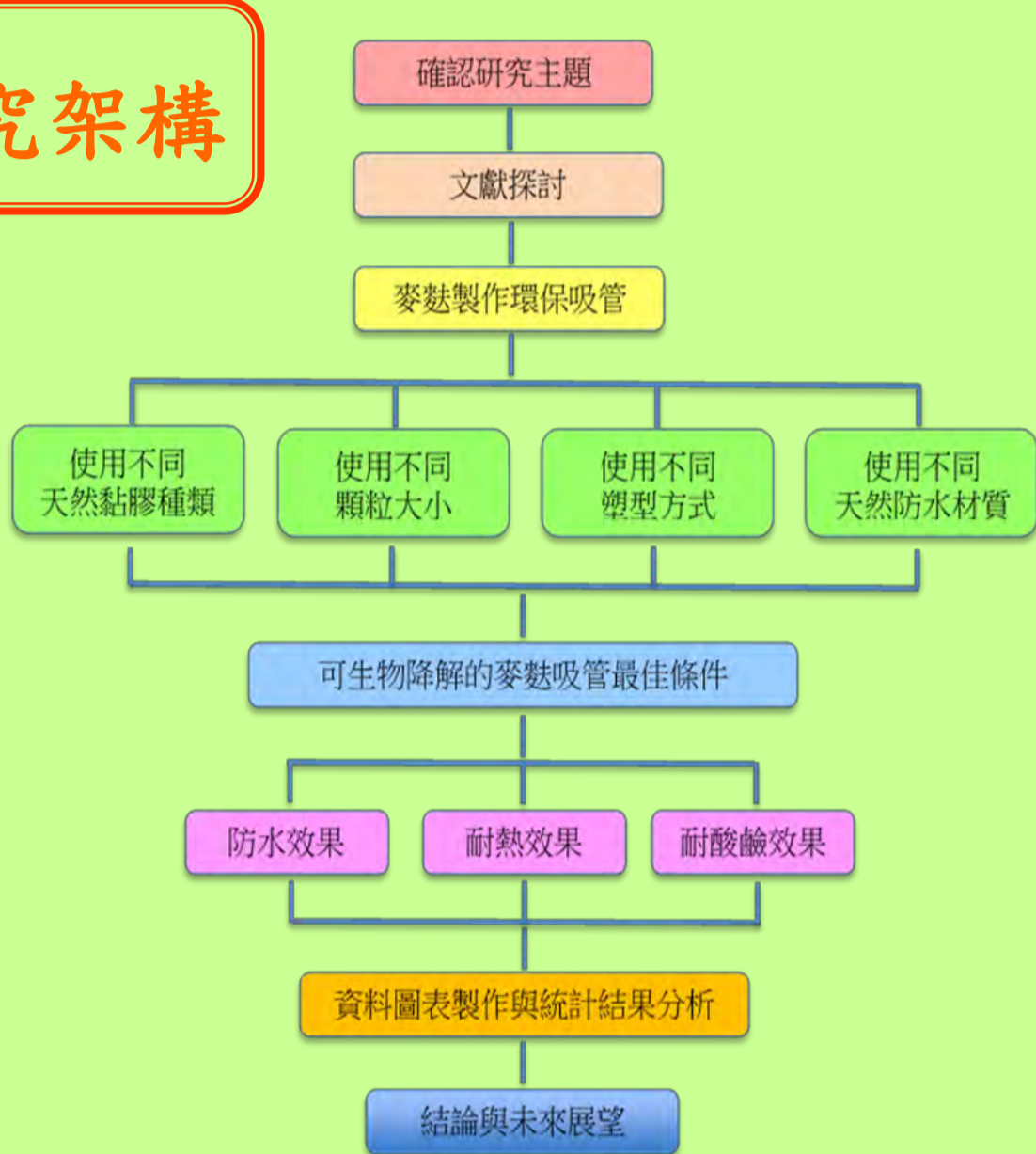
實驗七：探討酪蛋白麥麩吸管的耐酸鹼的效果

第四部分：酪蛋白麥麩吸管的環保評估

實驗八：探討酪蛋白麥麩吸管生物降解效果

實驗九：探討酪蛋白麥麩吸管在實際飲用上的表現

研究架構



參、研究設備及器材



肆、研究方法和實驗結果與討論

文獻探討

目前市面上的一次性吸管材質大致可以分為四種，以右表探討：

由右表可知真的可以生物降解的吸管為紙、竹纖維與海藻吸管，但是也都有其缺點，因此我們需要找尋一種易於取得，價格又便宜的材質來製作一次性的環保吸管。

吸管的英文是 straw，這個字的由來就是源自麥桿 (straw)，我們搜尋資料得知人類在美索不達米亞時期就已經使用麥桿來喝東西了，但是天然麥桿有許多蟲卵和細菌，必須高溫消毒之後才能使用。加上麥桿本身不耐熱，使得實用性不高。

我們想到玉米粉可以拿來做吸管，那麥麩粉是否也可行呢？麥麩是小麥最外層的表皮，在臺灣很多人拿來養豬，500g 的麥麩約 20 ~ 30 元，價格非常便宜。所以我們選擇以麥麩為我們製作一次性環保吸管的主要材質。

市面上一次性吸管材質分類探討

材質	耐酸鹼	耐熱	價格	最大缺點
紙	差	差	一支 2 元	實用性差，無法耐熱耐酸鹼。
甘蔗渣	優	優	一支 0.6 元	甘蔗渣吸管加了 PLA (聚乳酸) 分解條件非常嚴苛，必須在相對濕度高達 50% ~ 60%，溫度高達 60°C，而且充滿氧氣的環境之下，約 47 天才能完全分解。
竹纖維	優	優	一支 2.5 元	可生物降解，對臺灣來說原料取得不易。
海藻	優	優	一支 5 元	可在大自然環境下生物降解，也可被生物食用。缺點就是太過昂貴。

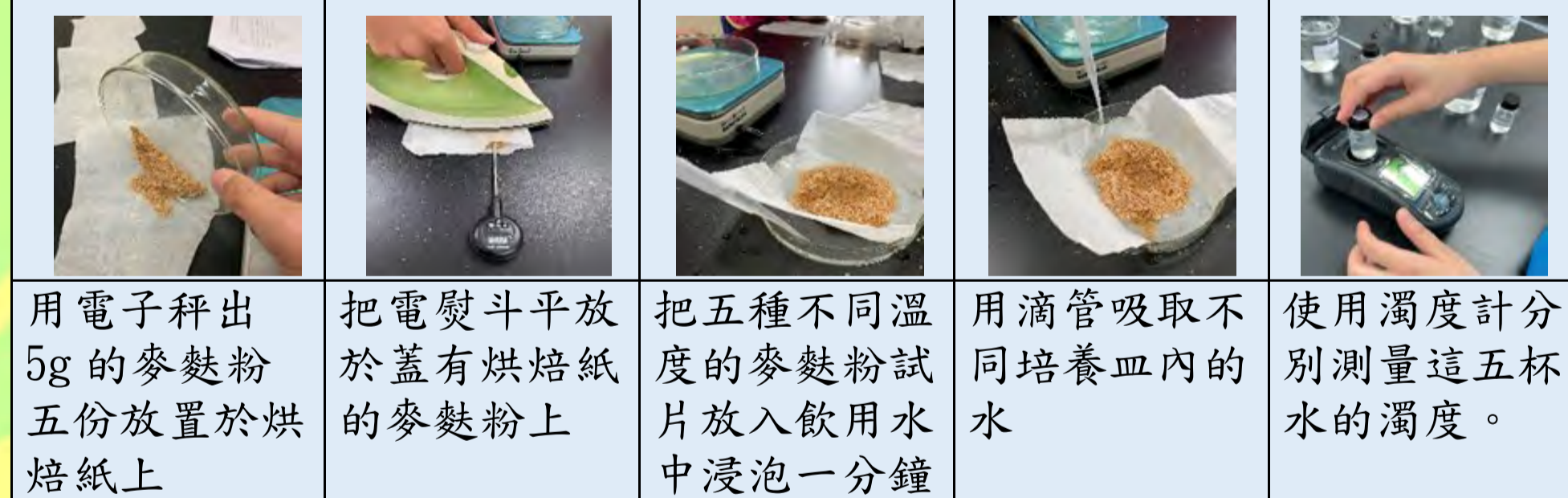
實驗流程與方法

第一部分：利用麥麩製作一次性環保吸管的最適方法與特性

實驗一：探討不同溫度對於麥麩塑型的影響

實驗說明：麥麩是粗顆粒粉狀物，主要的成分是麩質，如何讓粉狀的麥麩塑型是我們設計這項實驗的目的，我們知道熱會對物質的形狀、顏色、體積... 等等部分造成不同程度的影響，我們想了解麥麩在哪種溫度下塑型的狀態最為穩定。

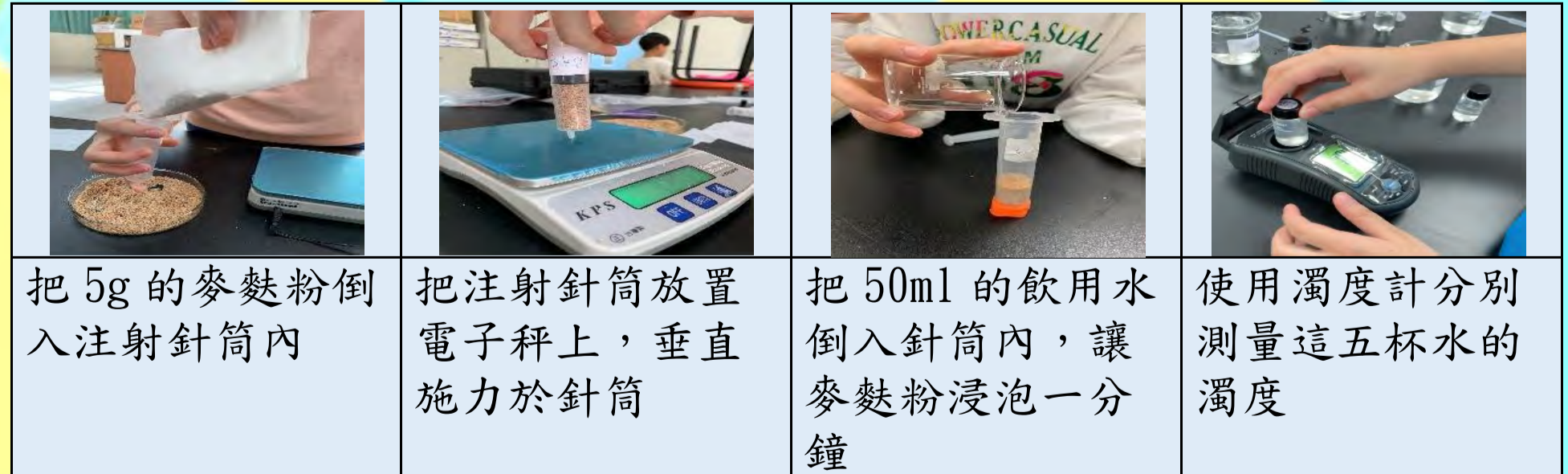
實驗步驟：



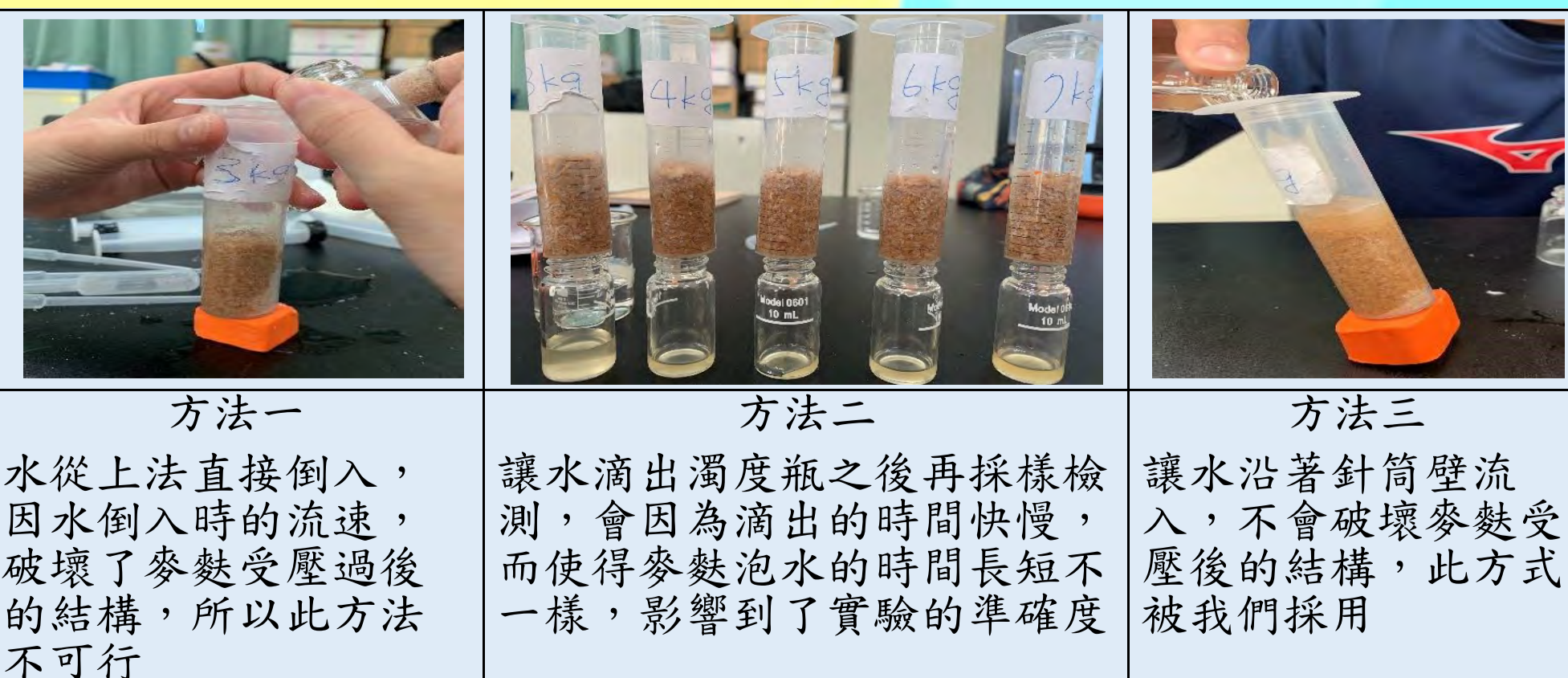
實驗二：探討不同壓力對於麥麩塑型的影響

實驗說明：麥麩是粗顆粒粉狀物，我們想透過擠壓讓麥麩粉變得密實，達到塑型的目的。我們沒有成型壓力機，所以我們從壓力的定義去設計實驗。壓力是發生在兩個物體接觸的表面，垂直於該表面的作用力。壓力一般以英文字母「P」表示，壓力與力和面積的關係如下： $P = \frac{F}{A}$ ，F 代表垂直作用力，A 代表受力面積。所以我們在電子秤上垂直施力於相同面積的麥麩粉，垂直作用力越大代表麥麩粉所受的壓力就越大。本次的實驗目的是我們想了解不同的壓力是否對麥麩塑型會造成影響。

實驗步驟：



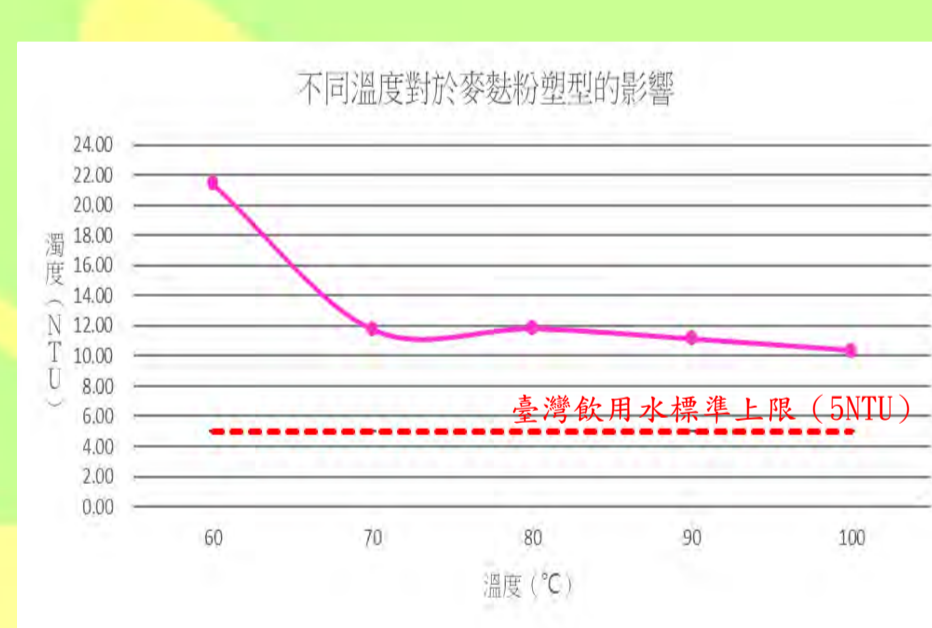
實驗時，我們用了三種不同的取樣方式。



實驗結果與討論

實驗數據：

溫度 (NTU)	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
第一次	23.25	12.41	12.08	12.06	11.25
第二次	20.61	11.22	11.99	10.80	9.76
第三次	20.52	11.68	11.46	10.62	10.06
平均濁度	21.46	11.77	11.84	11.16	10.36
平均濁度誤差	21.46±0.8954	11.77±0.3465	11.84±0.1934	11.16±0.4530	10.36±0.4550

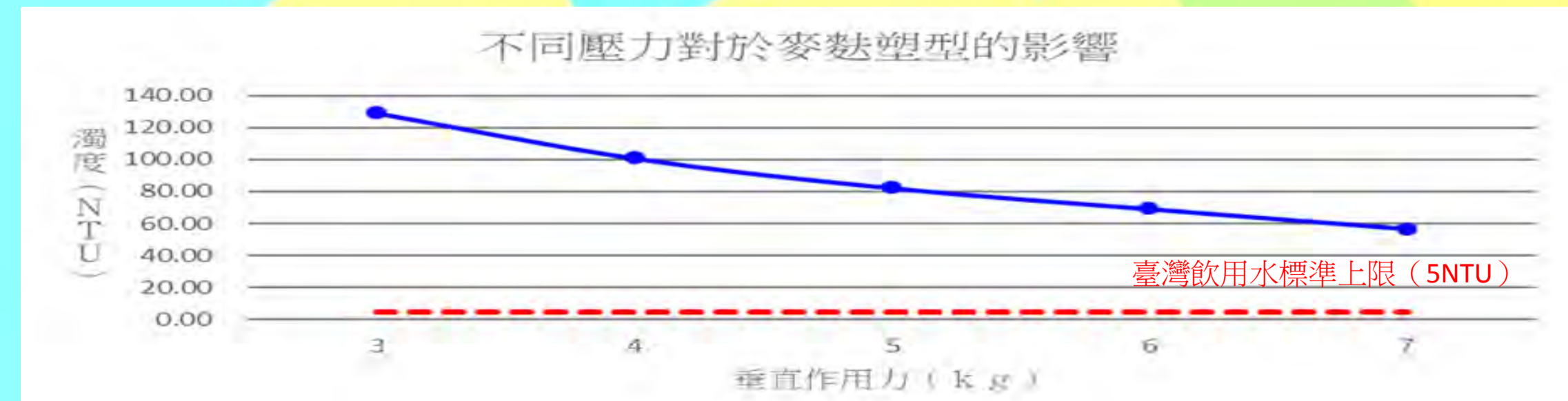


實驗討論：

- 由實驗數據得知，溫度越高，濁度越低。
- 溫度可以讓麥麩的塑型效果增加，讓麥麩的結構較為堅固。
- 從 60°C ~ 100°C 的溫度變化，濁度下降了一倍以上。但是超過 100°C 會讓麥麩燒焦，所以如果要提高溫度，就得把時間縮短。

實驗數據：

垂直作用力 (濁度 (NTU))	3kg	4kg	5kg	6kg	7kg
第一次	127	103	87	70	57
第二次	140	98	82	69	56
第三次	120	101	78	68	56
平均濁度	129.00	100.67	82.33	69.00	56.33
平均濁度誤差	129±10.1489	100.67±2.5166	82.33±4.5092	69±1.0000	56.33±0.5774



實驗討論：

- 由實驗數據可知，垂直作用力越大，針筒內的浸泡水濁度越小。
- 因為受力面積相同，所以可以知道壓力越大，麥麩塑型呈現的結構就越穩定，所以所溶出的懸浮物就越少。
- 3kg 濁度之高，可見用 3kg 的壓力對於麥麩的塑型是沒有幫助的。
- 雖然 7kg 的壓力讓濁度降到了 56NTU，但是距離臺灣飲用水的標準 1.0NTU~5NTU 差距很遠，代表在我們這實驗裡光是靠壓力來塑型是無法製作成吸管的。

第二部分：利用不同天然黏膠與麥麩混合製成環保吸管的最適方法與特性

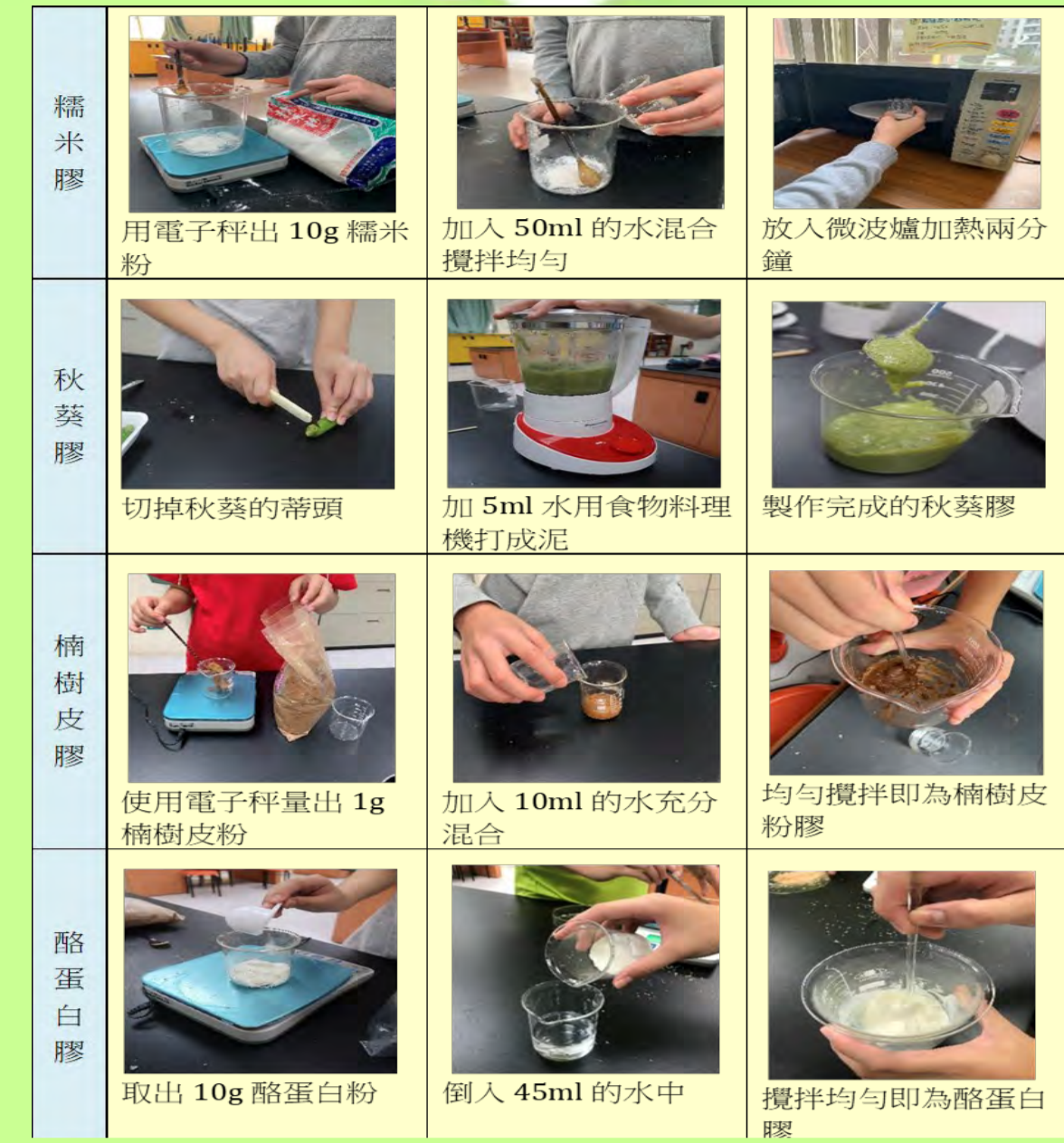
實驗三：探討四種天然黏膠對於麥麩塑型韌性的強弱

實驗說明：

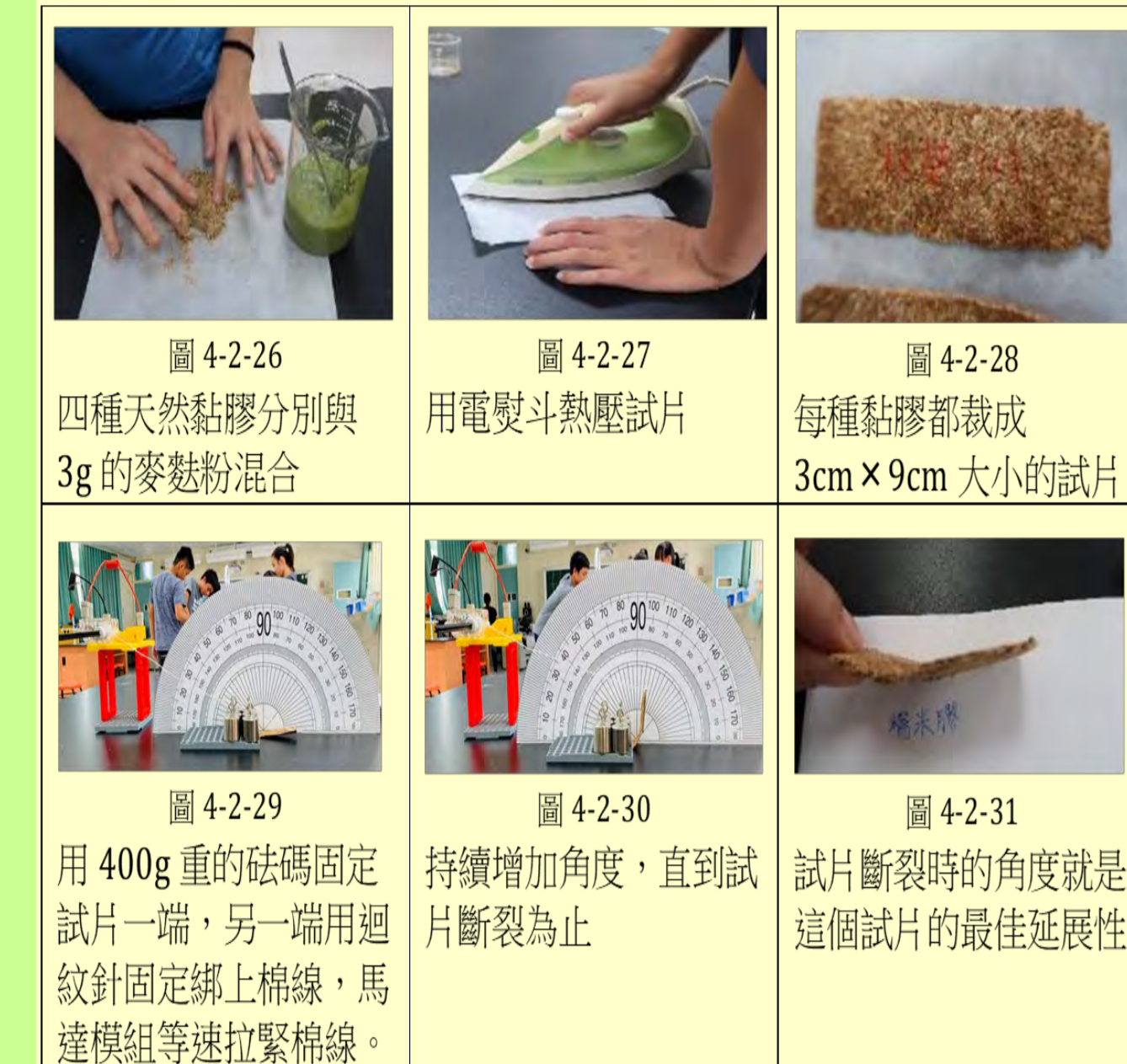
1. 本實驗根據中華民國第52屆全國科展國小組生活與應用科學科作品《好黏又好去的自製環保天然黏膠》的研究結果，選擇了黏性效果最佳的四種天然黏膠，分別為：糯米粉（澱粉類膠代表）、秋葵膠（植物類膠代表）、楠樹皮粉（植物莖類膠代表）、酪蛋白粉（蛋白質類膠代表）來做實驗。本實驗的目的是想了解四種不同的天然黏膠，哪一項與麥麩粉混合之後的延展性最佳。
2. 延展性是指材料在受力而產生破裂（fracture）之前，其塑性變形的能力。根據這個定義，我們設計了比較不同黏膠的延展性實驗，延展性佳塑形能力就強。

實驗步驟：

四種天然黏膠製作過程表



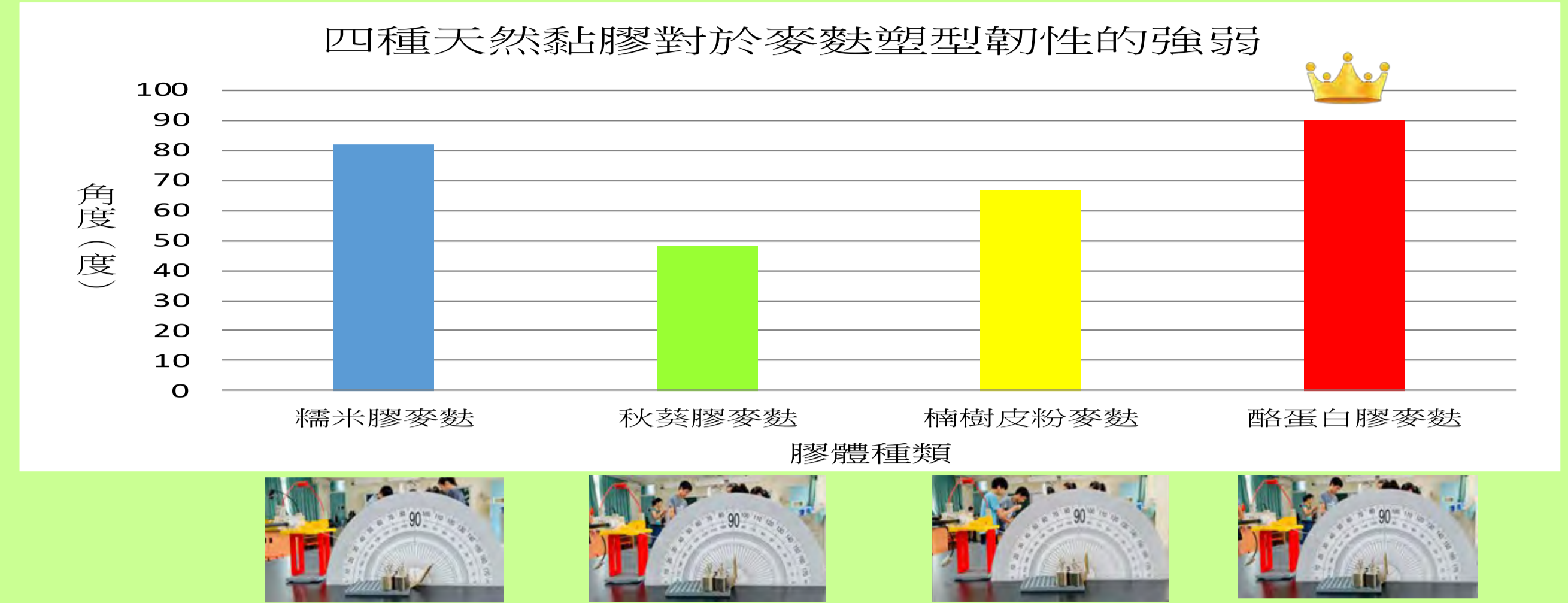
四種天然黏膠製作成果表



實驗數據：

四種天然黏膠對於麥麩塑型韌性的強弱比較表

膠體種類	糯米膠麥麩	秋葵膠麥麩	楠樹皮粉麥麩	酪蛋白膠麥麩
第一次斷裂	85	50	65	90
第二次斷裂	80	50	65	90
第三次斷裂	80	45	70	90
平均斷裂角度	81.67	48.33	66.67	90
平均斷裂角度誤差	81.67±1.6667	48.33±1.6667	66.67±1.6667	90±0.0000



實驗討論：

從實驗結果可知，酪蛋白膠麥麩所能承受的角度最大，在材料科學上，延展性是指材料在受力而產生破裂（fracture）之前，其塑性變形的能力。所以代表酪蛋白膠麥麩的延展性最佳。依據本實驗結果，我們決定以酪蛋白膠為塑型麥麩吸管的最主要黏膠，藉由這個天然黏膠來加強麥麩吸管塑型後的結構。

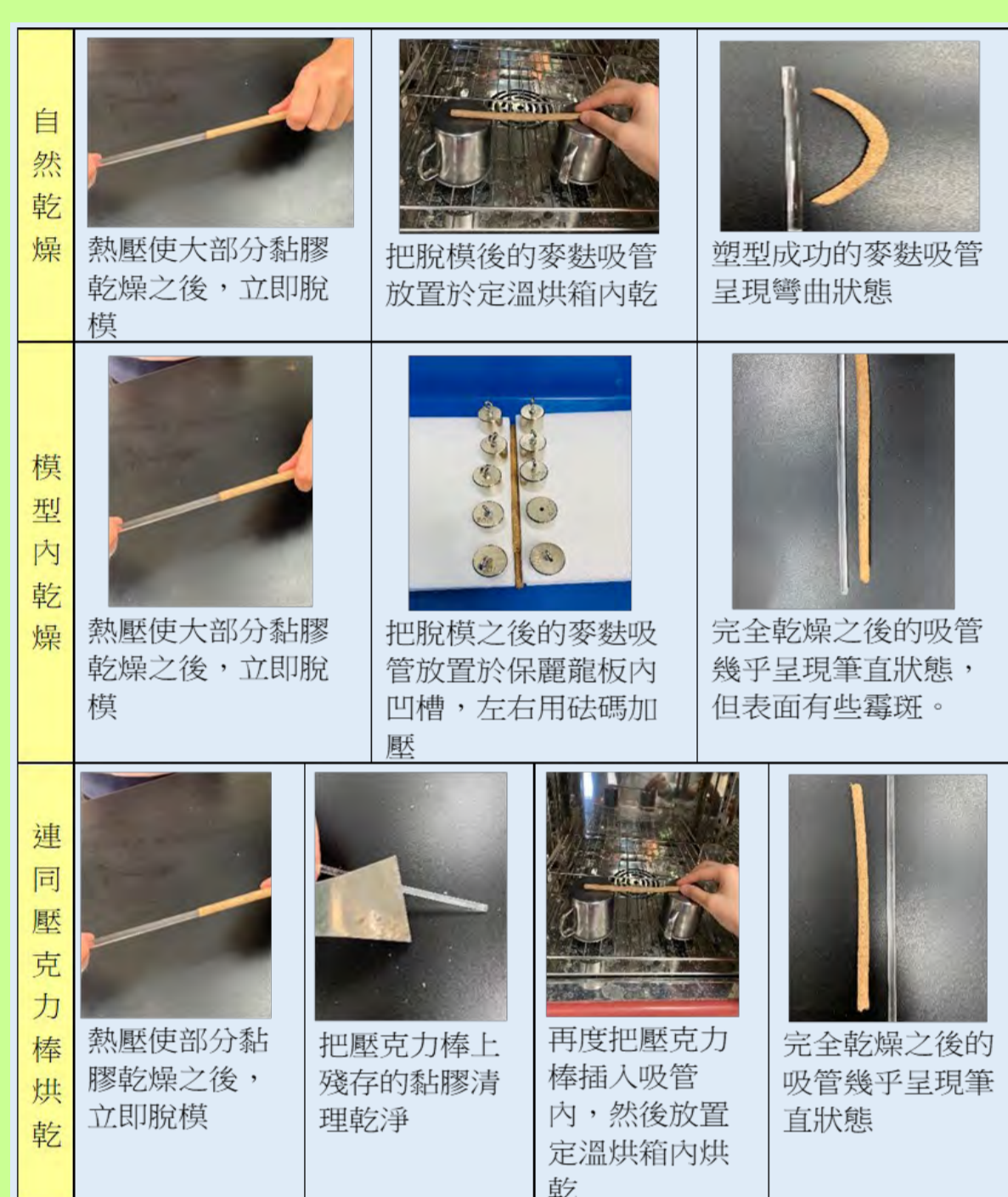
實驗四：探討最佳天然黏膠與麥麩塑型的最適方法

經過實驗三的測試，四種天然黏膠混合麥麩經過熱壓，延展性最佳的天然黏膠為酪蛋白膠，於是我們決定用酪蛋白膠來進行吸管的塑型。

實驗過程：各代塑型比較表



探討最佳筆直塑型方式



模型內乾燥的吸管，最後雖然也是呈現筆直的狀態，但是因為是在室溫下自然乾燥，如果溼度較高的天氣，會讓吸管發霉。所以最佳筆直塑型方式還是熱壓後脫模，連同壓克力棒一起進入定溫烘箱內烘乾。

第三部分：利用最佳天然黏膠製作而成的環保吸管的實用性

實驗五：探討最佳天然黏膠與麥麩塑型之後防水性的強弱

四種天然黏膠製成的麥麩試片，以酪蛋白膠的效果最好。但是還是防水效果還是不足以達到製作吸管的標準。所以我們開始尋找是否有天然的防水物質可以來加強麥麩表面的防水效果，因為是要製作吸管，所以此種防水材質還必須能夠食用。我們把收集來的資料，整理成表格。

材質	種類	優點	缺點
食用油	沙拉油、橄欖油、花生油...	可防水、可食用	液態會溶於水中，污染飲料
天然蠟	植物蠟、動物蠟、礦物蠟	動物蠟中的蜂蠟可食用，價格便宜，易取得	除了蜂蠟之外，其他的天然蠟皆不可食用
天然漆	從漆樹皮層採取的乳白色黏稠汁液	防水、有些漆可食用	價格高昂，多種漆樹的樹漆有毒

實驗說明：蜂蠟常用在護唇膏的製作，或是塗抹在蘋果外皮上，或是製作成中藥藥丸的外殼。蜂蠟價格便宜，目前市面上1g蜂蠟約0.5元，1g蜂蠟加熱融化後可以提供約4-5支吸管塗抹製成防水層，價格低廉非常適合一次性的吸管使用。因為蜂蠟上述的諸多優點，於是我們選擇蜂蠟當成麥麩吸管的防水材質，並且進行實驗來測試其防水效果。

實驗步驟：

1. 分別製作粗細粒麥麩吸管、細細粒麥麩吸管、淋上蜂蠟的粗細粒麥麩吸管與淋上蜂蠟的細細粒麥麩吸管四支。
2. 裁成相同長度之後，把四支吸管分別放置於200ml的水中。
3. 每小時測量一次四個燒杯內的濁度。
4. 連續八個小時做紀錄，並且架設相機固定每20分鐘拍攝照片作記錄。



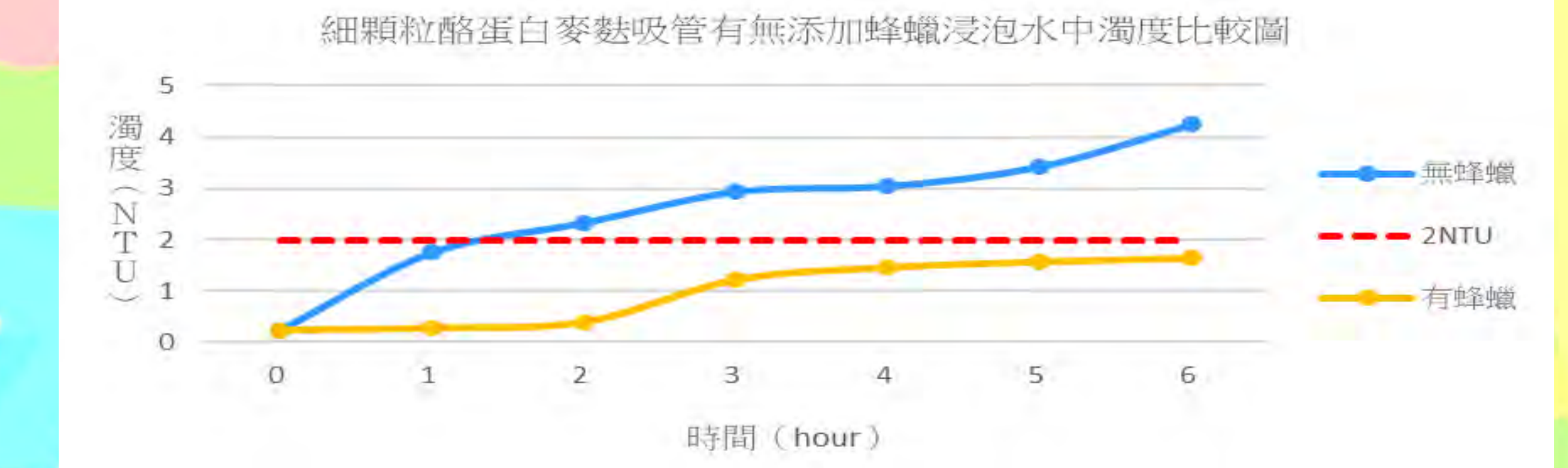
實驗討論：

從實驗數據中可知，細細粒酪蛋白麥麩吸管從放入水中開始，所溶出的懸浮顆粒都比粗細粒酪蛋白麥麩吸管來得少，可見細細粒透過熱壓之後，維持結構完整的能力比粗細粒較佳，可能的原因是麥麩顆粒進一步打碎研磨之後，顆粒大小較為均質，熱壓後細細粒麥麩的孔隙可以比較排列較為緊密，需要久的時間水才能滲透。細細粒酪蛋白麥麩吸管的防水效果、吸管結構都比粗細粒酪蛋白麥麩吸管來得好。

實驗結果：

細細粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟後浸泡在水中濁度比較表

時間(hour)	0	1	2	3	4	5	6
有蜂蠟	0.27	0.27	0.43	1.36	1.64	1.51	1.69
無蜂蠟	0.25	1.79	2.37	2.99	3.05	3.47	4.30



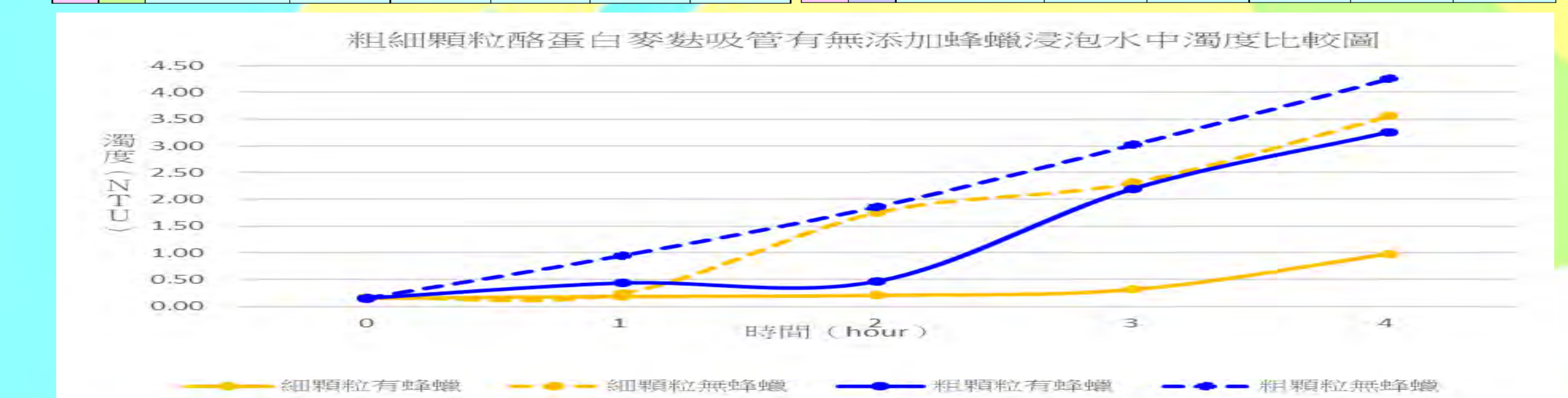
實驗討論：

從實驗數據可知，有淋上蜂蠟的細細粒酪蛋白麥麩吸管，比沒淋上蜂蠟的細細粒酪蛋白麥麩吸管濁度低很多，代表蜂蠟的防水效果佳，可以有效降低細細粒酪蛋白麥麩吸管溶出的懸浮微粒。

實驗結果：

粗細粒酪蛋白麥麩吸管有無添加蜂蠟浸泡水中濁度比較表

時間(hour)	0	1	2	3	4
有蜂蠟	0.15	0.18	0.21	0.31	1.04
無蜂蠟	0.16	0.27	1.79	2.32	3.37



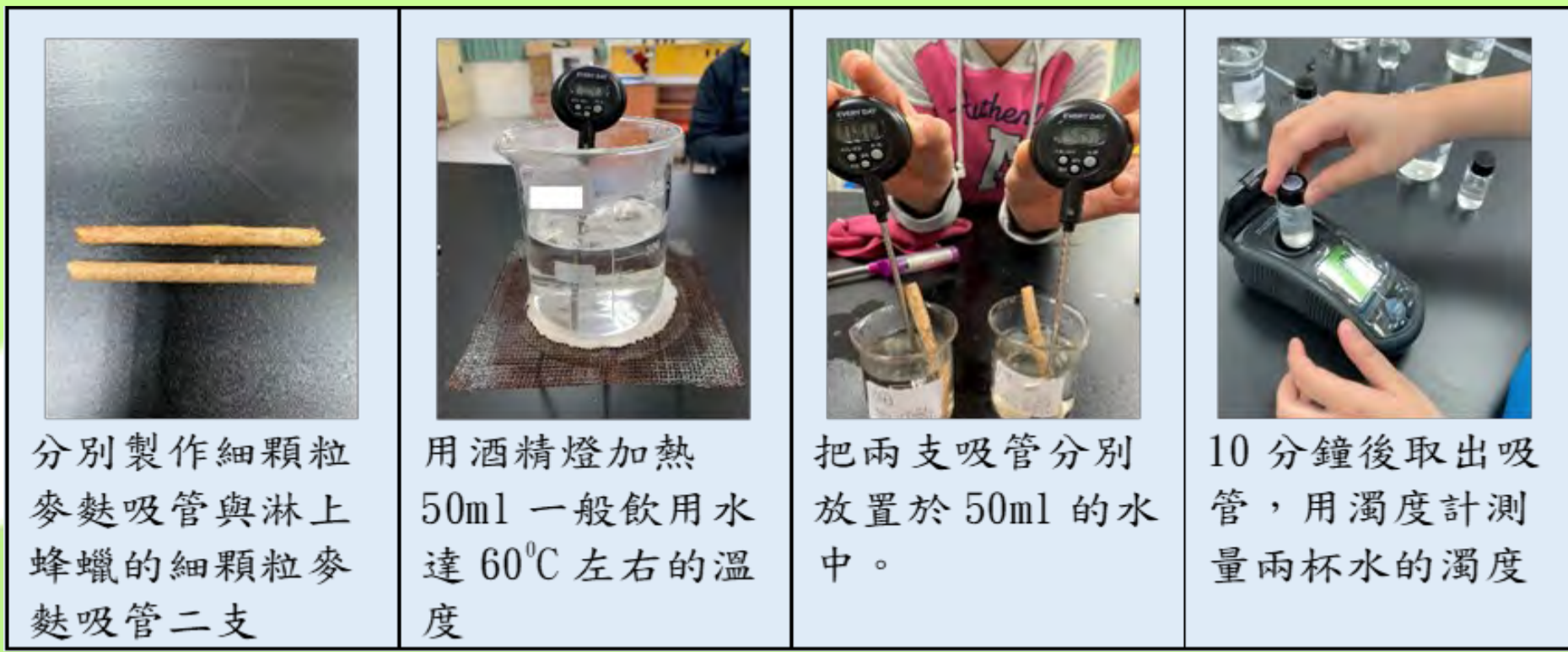
實驗討論：

不論顆粒粗細，在比較濁度方面都是有加上蜂蠟的吸管濁度低。而有蜂蠟的細與粗麥麩吸管都能保持吸管的狀態，代表蜂蠟不僅有防水效果，還能增強吸管的結構。

實驗六：探討酪蛋白膠麥麩吸管的耐熱效果

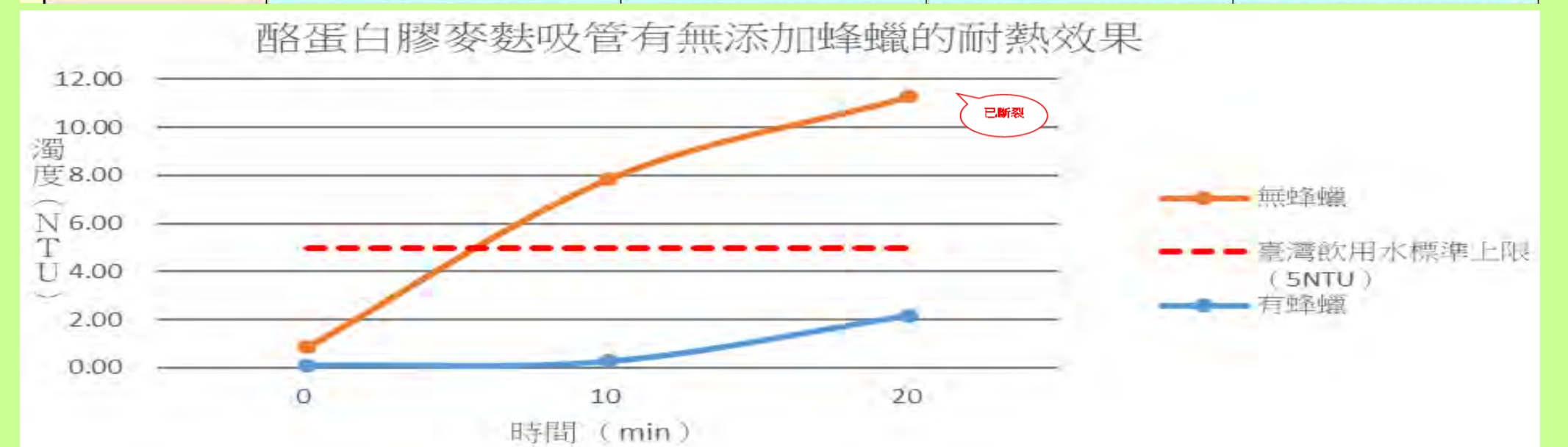
實驗說明：一次性的吸管除了防水性佳之外，也必須能在喝熱飲時使用，一般熱飲適合入口的溫度為 40°C-45°C。醫學研究人類的口腔黏膜食用超過 60°C 以上的食物就會造成破損，世界衛生組織所屬的國際癌症機構發表在醫學頂尖雜誌《The Lancet》的報告指出常喝 65°C 以上的水或熱飲，罹患食道癌的機率隨之提高。所以吸管耐熱的效果，我們以 60°C 為我們的實驗標準，如能通過實驗標準，則代表麥麩環保吸管在一般的熱飲飲用過程，耐熱程度佳。

實驗步驟：



實驗結果：

濁度 (NTU)	時間 (min)			
	0	10	20	
有蜂蠟的細顆粒麥麩吸管	一次	0.09	0.28	2.23
	二次	0.13	0.26	2.1
	三次	0.13	0.26	2.17
	平均濁度	0.12	0.27	2.17
	平均濁度誤差	0.12±0.0133	0.27±0.0067	2.17±0.0376
無蜂蠟的細顆粒麥麩吸管	一次	0.79	7.99	11.25 (已斷裂)
	二次	0.85	7.79	11.32 (已斷裂)
	三次	0.95	7.78	11.27 (已斷裂)
	平均濁度	0.86	7.85	11.28
	平均濁度誤差	0.86±0.0467	7.85±0.0684	11.28±0.0208



實驗討論：

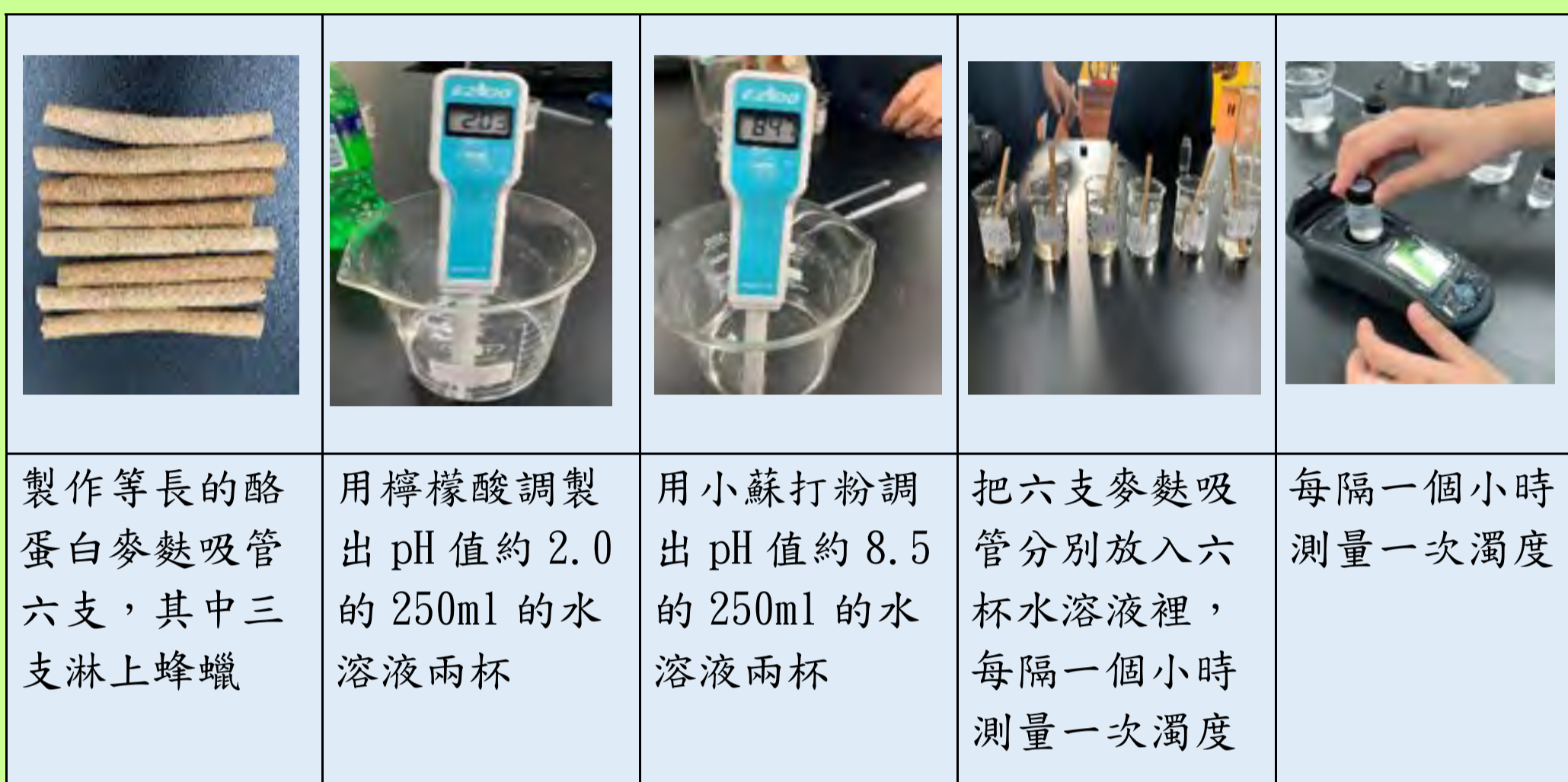
人類的口腔黏膜無法承受 60°C 的熱水連續飲用 20 分鐘（在醫學上連續飲用超過一分鐘都不建議），淋上蜂蠟的麥麩吸管可以承受 60°C 的熱水連續 20 分鐘，代表用吸管來飲用熱飲是沒有問題的。

實驗七：探討酪蛋白膠麥麩吸管的耐酸鹼的效果

實驗說明：使用一次性吸管喝的飲料種類眾多，一般而言有茶飲、咖啡、碳酸飲料、牛奶、果汁、運動飲料、蘇打水這幾種，透過實驗，我們想知道麥麩吸管的耐酸鹼程度如何，可以進一步瞭解麥麩吸管的實用性。我們查詢了幾種常見飲品的 pH 值，製作成下表。

飲料種類	碳酸飲料	果汁	咖啡	茶	牛 純	運動飲料	蘇打水	
pH 值	2.0-3.0	2.0-6.0	3.8-5.3	5	6	7	8.5-9	10-11

實驗步驟：

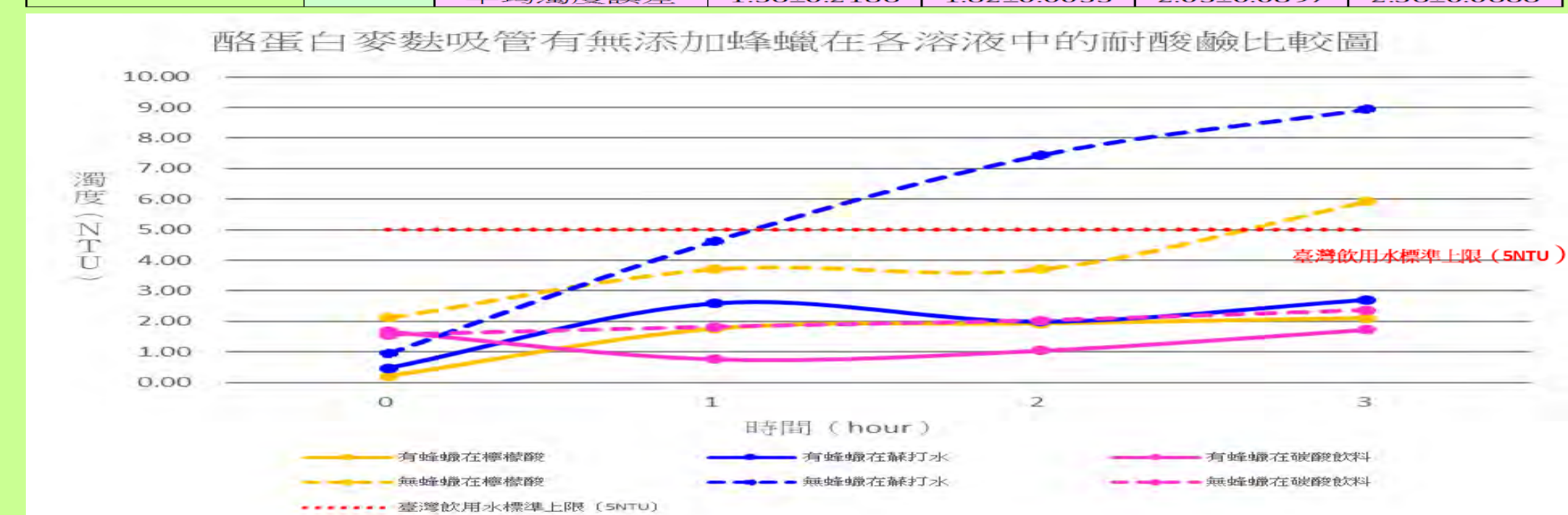


不同 pH 值的原液靜置 0-3 小時的濁度紀錄表

時間 (hour)	0	1	2	3
檸檬酸 pH=2.32	0.11	0.13	0.11	0.14
蘇打水 pH=8.47	0.43	0.44	0.43	0.44
碳酸飲料 pH=3.27	1.88	0.40	0.43	0.41

實驗結果：

濁度 (NTU)	時間 (小時)				
	0	1	2	3	
檸檬酸 pH=2.32	有蜂蠟	0.31	1.71	2.00	2.32
	有蜂蠟	0.14	1.81	1.90	2.03
	有蜂蠟	0.15	1.75	1.88	1.98
	有蜂蠟	0.20	1.76	1.93	2.11
	有蜂蠟	0.25	3.76	3.76	5.25
蘇打水 pH=8.47	有蜂蠟	0.46	2.58	2.00	2.47
	有蜂蠟	0.46	2.58	2.00	2.71
	有蜂蠟	0.46	2.55	1.95	2.56
	有蜂蠟	0.46	2.59	1.99	2.71
	有蜂蠟	0.46±0.0033	2.59±0.0266	1.99±0.0233	2.71±0.0895
碳酸飲料 pH=3.27	有蜂蠟	1.82	4.89	2.27	0.49
	有蜂蠟	1.83	4.52	2.03	0.48
	有蜂蠟	1.90	4.47	6.93	0.56
	有蜂蠟	0.95	4.63	2.44	0.94
	有蜂蠟	0.95±0.0267	4.63±0.1325	2.44±0.2362	0.94±0.4762
檸檬酸 pH=2.32	有蜂蠟	1.87	0.45	1.01	1.69
	有蜂蠟	1.83	0.85	0.95	1.66
	有蜂蠟	1.61	1.02	1.20	1.85
	有蜂蠟	1.67	0.77	1.05	1.73
	有蜂蠟	1.67±0.1026	0.77±0.1026	1.05±0.0734	1.73±0.059
蘇打水 pH=8.47	有蜂蠟	1.73	1.82	2.20	2.35
	有蜂蠟	1.83	1.82	1.98	2.25
	有蜂蠟	1.13	1.83	1.90	2.48
	有蜂蠟	1.55	1.82	2.03	2.36
	有蜂蠟	1.56±0.2186	1.82±0.0033	2.03±0.097	2.36±0.0666



實驗討論：

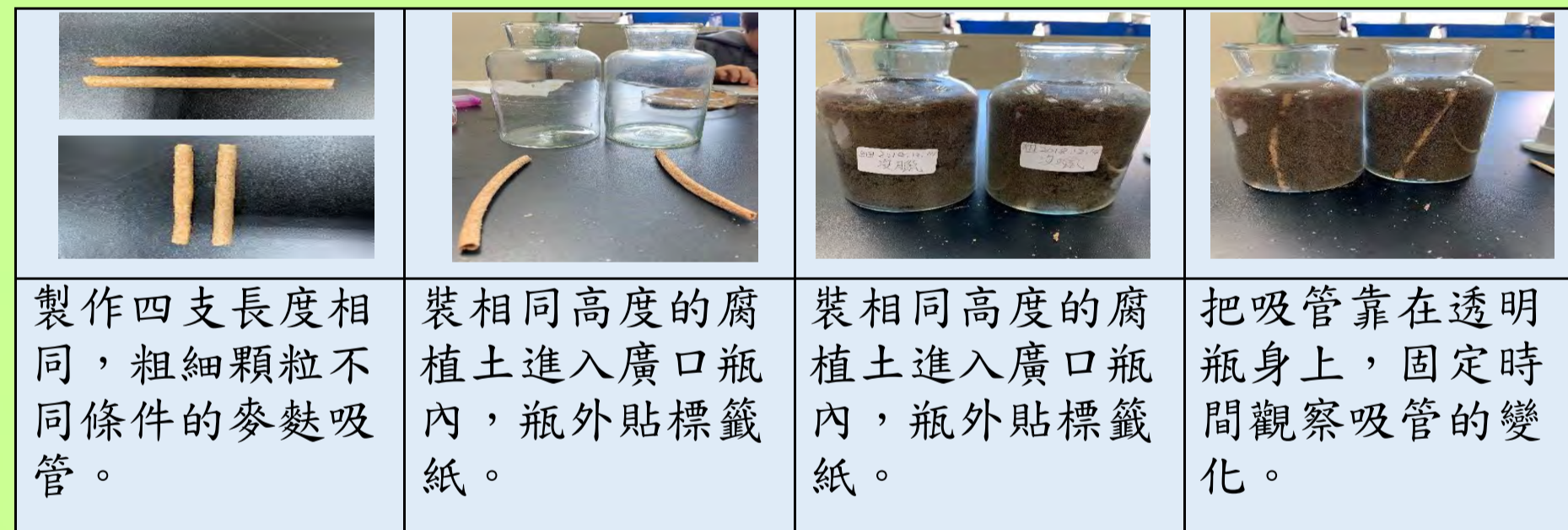
1. 浸泡在檸檬酸、蘇打水與碳酸飲料的液體裡，都是有淋上蜂蠟的麥麩吸管濁度比較低。
2. 營養學者表示果汁的最佳飲用時間約是兩個小時，超過兩個小時之後，果汁就會開始氧化變質。淋上蜂蠟的麥麩吸管，在兩個小時內的濁度都能保持在 2.00 以內，代表用淋上蜂蠟的麥麩吸管來飲用果汁、蘇打水與汽水都是沒有問題的。

第四部分：酪蛋白膠麥麩吸管的環保評估

實驗八：探討酪蛋白膠麥麩吸管生物降解效果

實驗說明：目前市售的甘蔗渣吸管所需的分解條件非常嚴苛，必須在相對濕度高達 50%-60%，溫度高達 60°C，而且充滿氧氣的環境之下，約 47 天才能完全分解。這在我們的自然生活環境中，是較不可能達到的標準，即使採用掩埋法，也必須使用化學堆肥，才能完全分解。我們想透過實驗瞭解酪蛋白膠麥麩吸管在普通的氣溫與濕度之下，完全生物降解需要多少時間。

實驗步驟：



各類蛋白膠麥麩吸管生物降解效果比較表

種類	粗顆粒無蜂蠟	細顆粒無蜂蠟	細顆粒有蜂蠟
2019/2/12 第八週			
說明	吸管完全被分解，只能在土中看到深咖啡色的麥麩痕跡，約 7cm 長。	吸管完全被分解，只能在土中看到深咖啡色的麥麩痕跡，約 1.5cm 長。	吸管麥麩的部分完全被分解，除了土壤部分有深咖啡色的痕跡外，僅剩蜂蠟的部分，約有 1.3cm，是原來吸管的長度。

實驗討論：

1. 沒有添加蜂蠟的麥麩吸管，都能在兩個月內生物降解完畢，只遺留土壤上些許的深咖啡色痕跡。細顆粒吸管比粗顆粒吸管分解的速度快，原因是因為顆粒小。
2. 添加蜂蠟的吸管則在三個月內生物降解完畢，完全看不見痕跡，麥麩與蜂蠟都完全被生物降解。
3. 三罐埋有麥麩吸管的廣口瓶都長出植物，代表麥麩吸管對環境完全沒有影響之外，我們還在瓶內的土壤裡發現了活的毛毛蟲與蚯蚓。
4. 麥麩吸管的降解不需要特殊的條件，只要埋在土壤裡，土壤維持些許濕潤，二~三個月內就能完全降解完畢，對大自然環境沒有負擔。

實驗九：探討酪蛋白膠麥麩吸管在實際飲用上的表現

實驗說明：我們研發的酪蛋白膠麥麩吸管在實驗過程中表現皆佳，我們想知道在飲用過程中，一般使用者是不是也覺得這種吸管好用。

受試者您好：
首先謝謝您幫忙填寫此問卷，這是一份關於「酪蛋白膠麥麩吸管使用滿意度調查表」，希望藉由您的觀點幫我們進行分析研究，進一步了解關於「酪蛋白膠麥麩吸管」在實際使用上的情況。
您的寶貴意見將成為本研究重要觀點，再一次感謝您的耐心填寫。
STRAW 科展研發小組

以下問題請針對同意強度作評斷，請用 1-5 的強度來評斷對於問題的同意程度，數字越高代表越認同，5 代表完全認同，1 代表完全不認同。
為了縮短問題的字數好達到閱讀的方便性，以下所有的「酪蛋白膠麥麩吸管」皆用「酪麥吸管」來指稱。

1、我認同今年七月起政府規定業者不能提供內用一次性塑膠吸管的政策。	5-4-3-2-1
2、我認同這環保政策可以有效減少塑膠製品汙染環境。	5-4-3-2-1
3、我認為酪麥吸管的口感比塑膠吸管來得佳。	5-4-3-2-1
4、我認為酪麥吸管的耐用度與塑膠吸管沒有差別。	5-4-3-2-1
5、我覺得使用酪麥吸管對於飲用飲品的味道沒有改變。	5-4-3-2-1
6、直到飲用結束，酪麥吸管的結構依然穩固。	5-4-3-2-1
7、店家提供吸管種類選擇，我願意使用酪麥吸管的意願大於塑膠吸管。	5-4-3-2-1
8、我願意多付費 1 元，選擇使用可天然生物降解的酪麥吸管。	5-4-3-2-1

酪蛋白膠麥麩吸管使用滿意度調查表結果列表

分數	我認同政府規定業者不能提供內用一次性塑膠吸管的政策	我認同這環保政策可以有效減少塑膠製品汙染環境	我認為酪麥吸管的口感比塑膠吸管來得佳	我認為酪麥吸管的耐用度與塑膠吸管沒有差別	我覺得使用酪麥吸管對於飲用飲品的味道沒有改變	直到飲用結束，酪麥吸管的結構依然穩固	店家提供吸管種類選擇，我願意使用酪麥吸管的意願大於塑膠吸管	我願意多付費 1 元，選擇使用可天然生物降解的酪麥吸管
受試者 1	4	4	5	3	4	4	5	5
受試者 2	5	5	4	4	5	4	5	5
受試者 3	5	4	4	4	5	5	5	4
受試者 4	5	5	5	5	5	5	5	5
受試者 5	4	4	2	3	5	5	4	5
受試者 6	5	5	2	2	5	5	5	5
受試者 7	4	4	4	3	5	4	5	5
受試者 8	5	5	4	1	5	4	5	5
受試者 9	5	5	5	5	5	5	5	5
受試者 10	5	5	5	5	5	5	5	5
受試者 11	5	5	3	3	5	5	5	5
受試者 12	4	4	5	3	4	4	5	5
平均得分	4.25	4.58	4.08	3.66	4.83	4.58	4.92	4.92

實驗討論：

1. 問卷得分最高的題目分別為：「選擇麥麩吸管的意願大於塑膠吸管」與「願意付費 1 元選擇麥麩吸管」，皆為 4.92 接近滿分，受試者在有選擇的狀況下幾乎都願意使用可天然生物降解的麥麩吸管，代表使用者對麥麩吸管的接受度很高。
2. 問卷得分最低的題目是「麥麩吸管的耐用度與塑膠吸管沒有差別」。與問卷第六題「直到飲用完畢，麥麩吸管的吸管的結構依然穩定」，這兩題交叉分析後可知，受試者雖然認為塑膠吸管比麥麩吸管耐用，但是麥麩吸管使用於飲品上是完全沒有問題的。
3. 在「麥麩吸管對飲品味道沒有改變」這題中的得分也符合我們的實驗結果，從實驗五淋上蜂蠟的數據中發現我們所測得的濁度都很低，代表蜂蠟的防水層效果佳。
4. 問卷的結果可歸納為：在使用上，受試者普遍對麥麩吸管的評價高。在接受度上，有高達 98% 的受試者願意選擇麥麩吸管來取代塑膠吸管。

伍、結論與展望

- (一) 市售所謂的環保吸管都添加了 PLA 聚乳酸進行塑型，在大自然環境下幾乎無法達成聚乳酸所需的分解條件，而且這些吸管還無法回收，結果反而造成更多的環境負擔。
- (二) 溫度與壓力對於麥麩的塑型有幫助，溫度越高壓力越大麥麩結構越完整。
- (三) 麥麩添加酪蛋白膠可以讓麥麩粉塑型成吸管形狀，對於麥麩試片的延展性與防水性都有增強的效果。細顆粒的酪蛋白膠麥麩吸管比粗顆粒防水效果來得好。
- (四) 在耐熱表現上，60°C 的溫度下可以維持 20 分鐘濁度 2.17NTU 遠低於臺灣飲用水質 5NTU 的標準，代表我們自製的麥麩吸管在耐熱方面的表現佳。
- (五) 在耐酸表現上，浸泡在 pH=2.32 的酸性水溶液中 3 個小時濁度 2.03NTU，遠低於臺灣飲用水質 5NTU 的標準，代表我們的麥麩吸管在耐酸方面的表現佳。
- (六) 在耐鹼表現上，浸泡在 pH=8.47 的鹼性水溶液中 3 個小時濁度 2.56NTU，遠低於臺灣飲用水質 5NTU 的標準，代表我們的麥麩吸管在耐鹼方面的表現佳。
- (七) 細顆粒酪蛋白膠麥麩吸管在一般土壤裡兩個月可生物降解完畢，淋上蜂蠟的細顆粒酪蛋白膠麥麩吸管則可在三個月內將解完畢。
- (八) 問卷的結果可知有高達九成的受試者願意選擇麥麩吸管來取代塑膠吸管。
- (九) 未來展望：在實驗過程中，我們覺得麥麩混合酪蛋白膠之後所塑型的管狀，除了可以當做一次性吸管使用之外，還可以取代很多一次性使用的塑膠管狀物，例如：棉花棒、牙線棒……，對於減少塑膠製品有很大的幫助，這也是未來我們想繼續研究的方向。