

中華民國第 61 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

第一名

082928

DIY 天然粉好擦

學校名稱：國立臺南大學附設實驗國民小學

作者： 小五 張芸瑄 小五 陳媯溱 小五 鄭安喬	指導老師： 林士揚 蔡岱芬
---	-----------------------------

關鍵詞：生物降解、無毒、橡皮擦

得獎感言

堅持不懈面對失敗的努力帶領我們迎向勝利

成績公布當天，原本忐忑不安，緊張又刺激的心情在主持人以線上公布的那一剎那間消失的煙消霧散，沒想到，第一次參加科展的我們，竟然越過了重重難關，得到了最後的勝利，這也讓我想起了之前比賽和實驗過程的點點滴滴。

一開始，我們單純只是因為好奇而加入了學校的科學班，進而產生了我們對於科展的興趣，也慢慢的從無知進展，從零開始，慢慢學習，得到了今天的如此成就；一開始，我們就像在一片漆黑中，慢慢摸索，而士揚老師和岱芬老師就有如一盞燭光一樣，帶領我們在一片漆黑之中找到方向。

我們在實驗的過程中難免會遇到許多的失敗，當然也會成功，而我們記取每一次失敗的教訓和成功的經驗，並懷抱著「勝不驕，敗不餒」的心態，努力的進行討論、改良和解決問題，透過我們的團隊合作和老師們用心的指導，才能達到今天的如此成果。

成績公布的當天，前面經過了許多的頒獎以及致詞，終於來到了壓軸戲，我們等了很久都沒有聽見我們的作品，當然，也越來越緊張，心中著實忐忑不安，直到最後，主持人以嘹亮的嗓音大聲宣布：「國小生活與應用科學(二)科，第一名，國立臺南大學附設實驗國民小學」，那一剎那間，我內心中的緊張瞬間煙消霧散，取代的則是內心掩藏不住的興奮和喜悅，我要感謝我的隊友們努力不懈的陪伴我，遇到挫折和失敗也不會輕易放棄，我也要感謝老師們，像是茫茫大海中在夜晚發光的燈塔，更像是漆黑夜晚中的燭光一般，指引我們前進，不斷地陪伴我們，也要謝謝我的父母，願意支持、陪伴我們做實驗，也願意花時間讓我們練習，我也要謝謝我自己，在遇到失敗時願意為自己加油打氣、鼓勵自己繼續堅持下去，最後謝謝各位評審的慧眼與青睞，透過這次的研究不但讓我留下美好的回憶，也讓我們的作品能為地球和大家的健康安全盡一份心力！



指導老師與組員在學校的科學教室共同討論、研究與實驗。



學校科學週，為期一週，利用下課時間進行校內推廣活動。



緊張又興奮的上場，全國科展史上第一次，線上複審。

摘要

延續作品 DIY 可分解環保無毒擦一擦，本研究繼續從廚房尋找天然材料，搜尋資料，探討原理後研究適當的配方、成型方式和比例，調配出含有中筋麵粉、木薯粉、食鹽、溫水的配方，以電鍋蒸煮的方式製作出可被生物降解的天然擦，甚至誤食也對身體無害。

本研究為了要把好擦以科學的方式呈現，自製仿生機器手臂以 Scratch 程式驅動機具，再以自製的攝影箱拍攝實測的紙張，最後將 ImageJ 影像軟體分析得到的灰階值轉成圖表比較，以科學方法定量測試自製天然擦的可用性。

某文具品牌從媒體報導中對於本團隊研究作品深感合作興趣，進一步得知本延續作品 DIY 天然粉好擦，材料為天然素材與該公司「環保無毒」與「地球永續」之經營理念相符，主動表達將與本團隊合作的意願。

壹、研究動機

我們發現：市售 PVC 材質橡皮擦含有塑化劑（可塑劑），縱使訴求環保無毒的產品內含的 TPE 或 TPR 熱塑橡膠橡皮擦，使用後橡皮擦屑即成為垃圾無法回收，又很難被自然降解，會造成白色環境污染。

在五年級上學期的自然課程中，有上到二氧化碳的特性與用途，看到了製作麵包時突然聯想到橡皮擦還沒被發明以前人們是以饅頭或麵包屑擦拭石墨筆跡，因此我們便想以烘培的方式嘗試自己製作出天然的橡皮擦，除了讓大家在用上能更安心，也為環保盡一份心力。

本團隊從網路搜尋了 DIY 橡皮擦的資料，發現了 PVA 這個成份，因為 PVA 具無色無毒的特性是一種可被生物分解的材料，讓我們產生了自製環保無毒橡皮擦的想法，因此開始進行研究，經過多次比例與做法的調整最後以中筋麵粉+PVA 膠水+食鹽+植物油以烤箱烘烤的方式製作「DIY 可分解環保無毒擦一擦」，當我們尋找出可行的製作方法後進行校園推廣，並參加教育部第三屆學校環境教育實作競賽（於 2021 年 4 月 29 日經教育部公告得知獲優選獎與年度影響力獎）；推廣一段時間後我們設計了一份問卷（附件一），從收集到的問卷調查結果發現學生對於含有膠水成分的橡皮擦則是充滿著有毒疑慮。

為了維護學童的健康以及為環境保護盡一份心力，我們決定重新尋找出更友善環境以及可被大眾信任為天然的製作方式與配方以落實真正環保、無毒，因此我們繼續以烘培概念採取從廚房裏尋找可食用天然材料進行更深入的研究探討，要以天然的材料製作出環保、可造型、可被生物降解的無毒天然擦，並以科學的方法定量測試自製天然擦的可用性。

本作品與課程相關聯性有：

- 一、五年級上學期自然與生活科技第四單元－空氣與燃燒
- 二、四年級彈性學習 E 化生活
- 三、五年級彈性學習 E 化應用

貳、研究目的

- 一、研究製作出符合天然、環保的無毒天然擦
- 二、探討不同的配方、比例、烘培方式所製作之天然擦的成形和擦拭效果
- 三、探討保存天然擦的方式
- 四、比較自製天然擦與市售環保橡皮擦被生物降解的情形

參、研究設備及器材

一、材料：

膠水 (聚乙烯醇 PVA) 	中筋麵粉 	食鹽 	植物油 	溫水 
糯米粉 	玉米粉 	木薯粉 	小蘇打粉 	酵母粉 
泡打粉 	糖 	食用色素 	同品牌不同硬度 鉛筆 	市售橡皮擦 


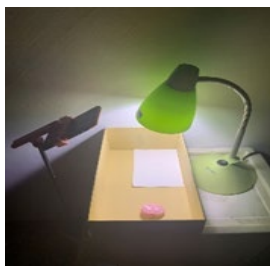
圖 1：實驗材料

二、器材：

<p>電子秤</p> 	<p>造型模</p> 	<p>量杯</p> 	<p>量筒</p> 	<p>滴管</p> 
<p>量匙</p> 	<p>寬口盆</p> 	<p>攪拌棒</p> 	<p>筆電</p> 	<p>烤紙</p> 
<p>烤箱</p> 	<p>瓦斯爐</p> 	<p>電鍋</p> 	<p>智高積木</p> 	<p>手機(拍照.錄影)</p> 

圖 2：實驗器材

三、使用的軟體與自造：

	<p>自造定量仿生測試儀</p> <p>以智高積木製作仿生手，以程式驅動馬達重複工作軌跡，電子秤量測施力大小，作為鉛筆和自製天然擦的定量裝置。</p>
	<p>自造攝影箱</p> <p>沒有其它光線干擾，以檯燈為固定光源,盒子為固定位置，手機腳架為固定拍攝角度，以遙控拍照的方式拍材質與大小一致的測試紙張，利於軟體分析使用。</p>

	<p>自學 ImageJ 軟體</p> <p>ImageJ 能打開任意多的圖像進行分析，處理，儲存還能進行圖片的區域和像素統計，是一個免費影像分析處理軟體，能顯示、編輯、分析、處理、儲存圖片，我們利用此軟體的灰階像數值運算分析自製的天然擦，擦拭鉛筆筆跡的效果。</p>
	<p>WFduino</p> <p>是一個把 Wifi、Arduino 和 Scratch 結合的軟體，需要連接 Arduino 板來啟動，雖然 WFduino 可以用 Scratch3.0 的版本寫程式，可是 3.0 的版本是 Beta 版，所以我們改用 Scratch2.0 的版本來使用。</p>

圖 3：自造定量設備與軟體

肆、研究過程與方法

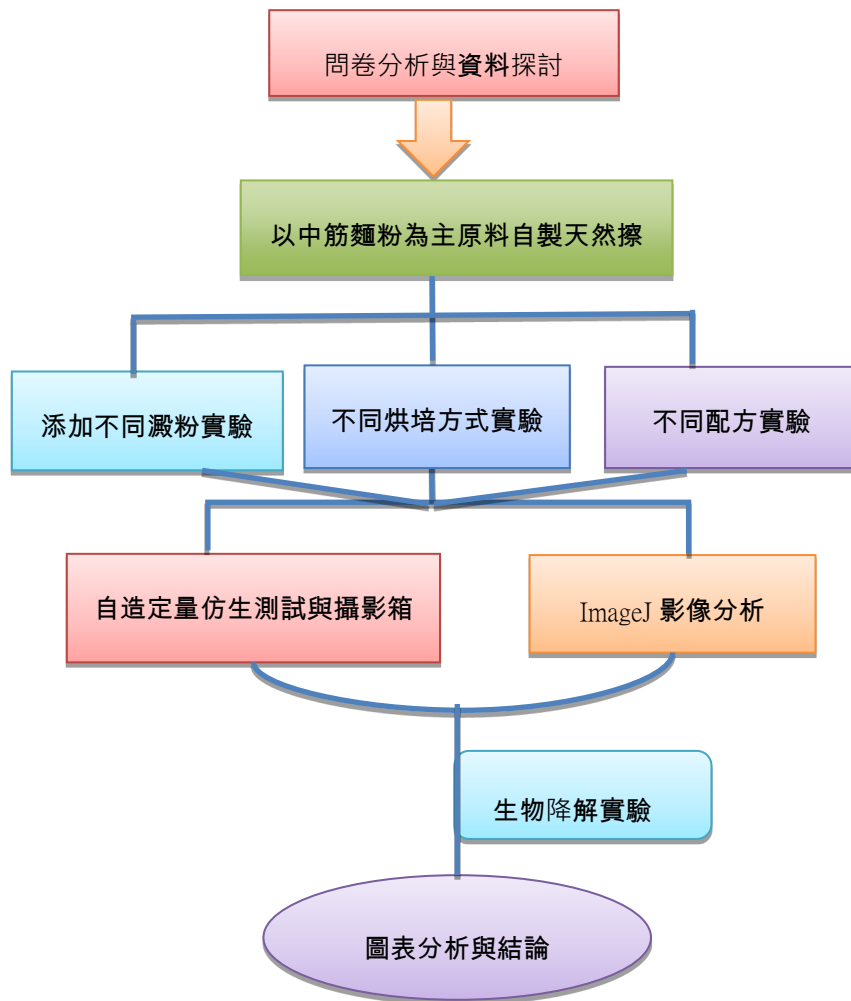


圖 4：天然擦研究流程圖

一、問卷分析與資料探討：

延續本團隊參加教育部第三屆學校環境教育實作競賽，獲得 109 學年度最佳影響力獎作品「DIY 可分解環保無毒擦一擦」；進行作品推廣後從參與者使用後問卷（附件一）調查結果發現：（1）問卷資料顯示有高達 95%以上的學生曾經吃過或舔過橡皮擦。（2）高達 50%的學生不在意橡皮擦的成分。（3）學生對自製橡皮擦的接受度達 50%以上，製作過程開心、自願手作，且願意與家人或好友分享，並願意協助自製無毒橡皮擦。（4）實驗材料 PVA（聚乙烯醇）膠水雖然是無毒、環保材料，學生對於含有膠水成分的橡皮擦則是充滿著有毒疑慮。

根據維基百科－澱粉在食品工業中被加工以產生多種糖。澱粉在溫水中溶解產生糊精，這可以用作增稠劑，硬化則作為粘接劑。澱粉在非食品工業最廣泛的用途是在造紙過程中作為粘合劑。廣泛存在於馬鈴薯，小麥，玉米，大米，木薯等主食中。

根據問卷分析與資料探討，為了學童的健康以及為環境保護盡一份心力，因此我們決定從廚房裏尋找可食用材料替代 PVA（聚乙烯醇）膠水進行更深入的研究探討，要以天然的材料製作出真正落實環保、無毒可被生物降解的天然擦，並以科學的方法定量測試自製天然擦的可用性。

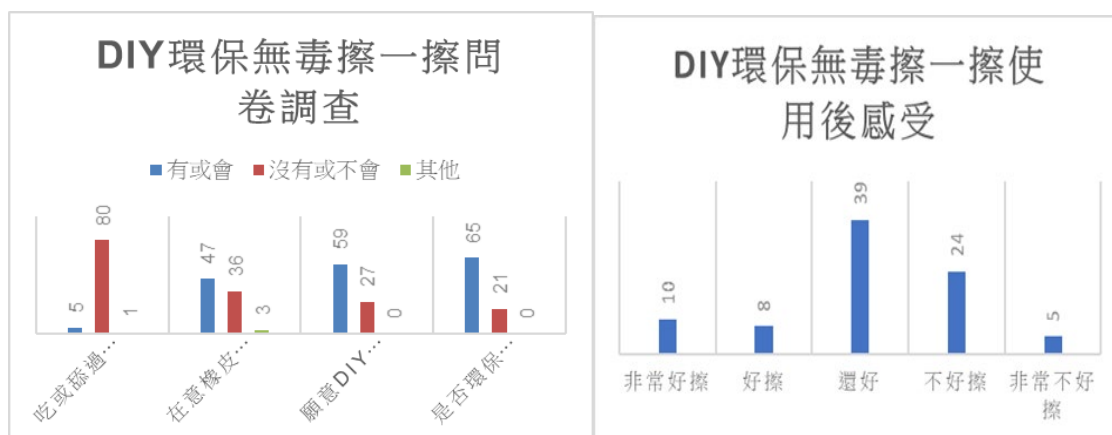


圖 5：問卷調查

二、實驗流程

(一) 自製天然擦

本研究根據得獎作品「DIY 可分解環保無毒擦一擦」，以 100g 中筋麵粉+100mlPVA 膠水+25g 食鹽+40ml 溫水+8ml 植物油以烤箱烘烤的方式製作出可分解橡皮擦，從圖 6 「DIY 可分解環保無毒擦一擦」橡皮擦製成品與擦拭比較，發現含有 PVA 膠水橡皮擦經人力擦拭筆記確實有擦拭鉛筆筆跡的效果。

中筋麵粉	溫水	鹽	植物油
彈性適中，一般饅頭以中筋麵粉為主材料。	使麵糰柔中帶勁，富可塑性，容易成型，熟制後不易走樣。	具有延緩麵筋老化的作用，增強麵糰彈性與韌性。	油脂具有潤滑效果，能夠使揉麵糰更具延展性，表面形成一層薄膜，使麵筋更柔軟，更有韌性。

表一：成分分析表

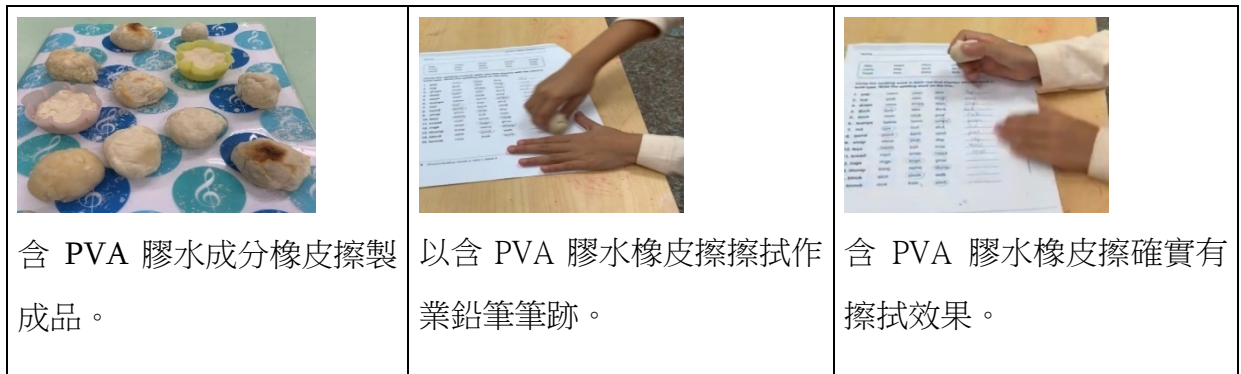


圖 6：「DIY 可分解環保無毒擦一擦」橡皮擦製成品與擦拭比較

本研究延續「DIY 可分解環保無毒擦一擦」的配方，**以中筋麵粉為主材料，再從天然材料中尋找替代 PVA 膠水開始探討**：1 如何製作出符合天然、環保的無毒天然擦？2 探討不同的配方與比例、不同烘培方式所製作之天然擦的擦拭效果為何？3 該如何有效保存？4 觀察自製天然擦與市售環保橡皮擦被生物降解的情形為何？

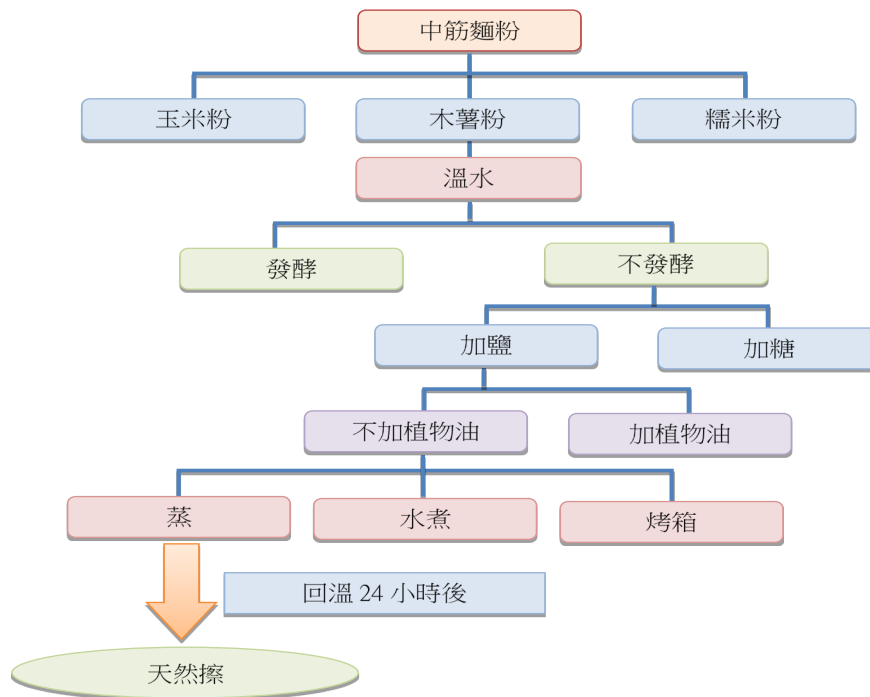


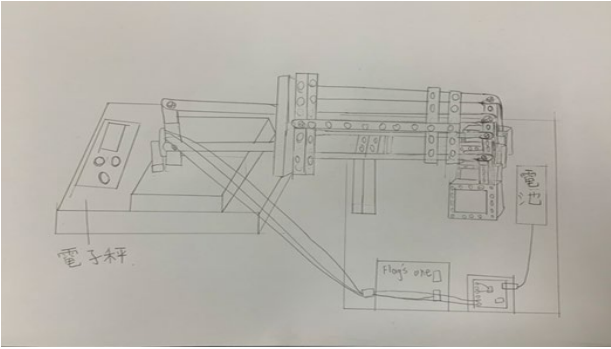
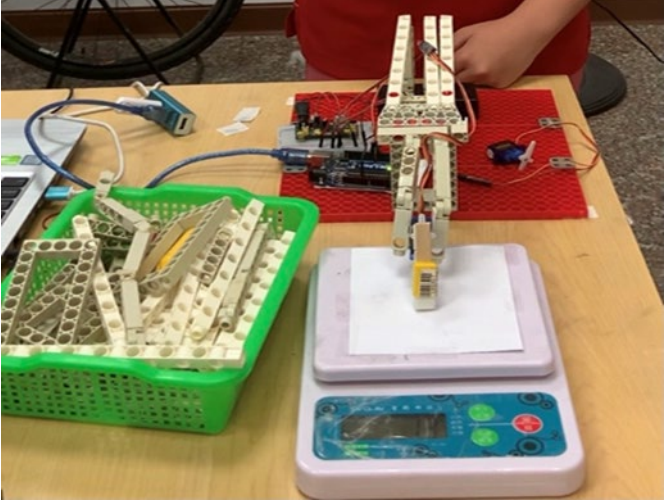

圖 7：DIY 天然粉好擦實驗流程圖

(二) 自造定量測試設備與軟體分析

1. 自造定量設備測試方法

利用學校的智高積木組成一支機器手臂（如圖：8-2），並將伺服馬達裝置在手指之間並且用 Wfduino(WFduino 是一個把 Wifi,Scratch 和 Arduino 結合的軟體，雖然 WFduino 可以用 Scratch3.0 的版本寫程式，但因為那是 Beta 版本，不適合用，所以我們改用 Scratch2.0 的版本)來驅動伺服馬達（如圖：8-4）。

以同樣大小同樣材質的空白紙張放在電子秤上，手動調整自造的機器手臂高度讓機具擺動鉛筆和天然擦反覆運動的落點施力一樣（如圖：8-2），以機器手臂擺動鉛筆畫過的紙張以自造的攝影箱拍照（如圖：8-3），以機器手臂擺動自製天然擦擦拭鉛筆畫過的紙張再以自造的攝影箱拍照（如圖：8-3）。

	<p>圖：8-1 自造定量仿生測試儀設計手繪圖。</p>
	<p>圖：8-2 自造定量仿生測試儀，以智高積木製作仿生手，運用程式驅動伺服馬達反覆 15 次工作軌跡，電子秤量測相同施力大小，作為鉛筆和自製天然擦的反覆運動定量裝置。</p>
	<p>圖：8-3 自造攝影箱，在暗室沒有其它光線干擾以檯燈為固定光源，盒子的兩邊為固定位置，手機腳架為固定拍攝位置，以遙控拍</p>

	照的方式拍材質與大小一致的測試紙張,用於軟體分析使用。
	<p>圖：8-4</p> <p>以 WFduino 裡的 Scratch 編寫驅動程式，設定反覆動作 15 次，擺動角度正負 25 度。</p>
	<p>圖：8-5</p> <p>自學 ImageJ 影像分析軟體，ImageJ 是免費開放影像分析軟體，以實驗測試前後的照片將其灰階化後，點選位置範圍進行影像分析，獲得數據後再將數據轉為 Excel 圖表，也以此軟體計算發霉面積。</p>

圖 8：自造定量測試設備與軟體

2 · 天然擦擦拭效果科學分析數據

自造定量仿生測試設備以 2B 鉛筆定量反覆畫在長 10cm、寬 8cm 的空白影印紙上，以自造的攝影箱拍照（如圖：8-3），取得的照片上傳至電腦再以 ImageJ 軟體裡的影像分析獲得影像灰階值的數據（如圖 9：天然擦擦拭前視覺圖像與影像分析數據）；以長 1.2cm、寬 2.2cm、高 0.8cm 自製的天然擦擦拭有 2B 鉛筆定量反覆痕跡的影印紙上（如圖：8-2），以天然擦擦拭後的紙張再以自造的攝影箱拍照（如圖：8-3），取得的照片上傳至電腦再以 ImageJ 軟體裡的影像分析獲得影像灰階值的數據（圖 10：天然擦擦拭後視覺圖像與影像分析數據），最後以 ImageJ 軟體將影像分析獲得分析的數據製作成 Excel 圖表，呈現天然擦擦拭鉛筆筆跡前後的灰階值比較結果。

灰階值：圖像中每個像素可以由 0（黑）到 255（白）的亮度值（Intensity）表

示。0—255 之間表示不同的灰度級，因此數據越大越接近白。

天然擦擦拭前

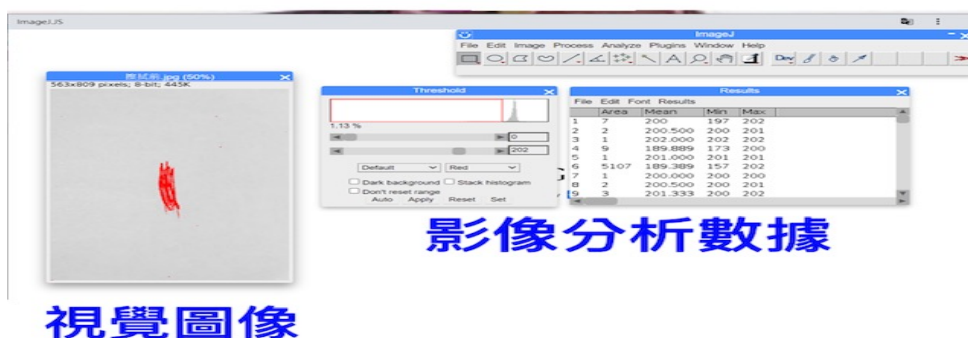


圖 9：天然擦擦拭前視覺圖像與影像分析數據

天然擦擦拭後

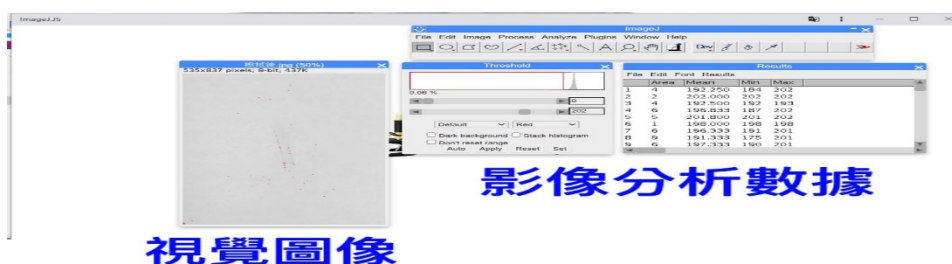


圖 10：天然擦擦拭後視覺圖像與影像分析數據

伍、實驗結果

一、研究製作出符合天然、環保的無毒天然擦

實驗一：探討以糯米粉、玉米粉、木薯粉，替代（聚乙烯醇）PVA 膠水塑形的可行性

1. 實驗方法：分別以 100g 中筋麵粉+100ml 溫水+8ml 植物油+25g 食鹽，與 100g 的糯米粉、100g 玉米粉、100g 木薯粉，揉製成麵糰（如圖 11），再將每等份 25g 的麵糰放入無預熱烤箱設定溫度 180 度烘烤 5 分鐘。將烤好的成品放在室溫下回溫（如圖 13），24 小時後使用自造的定量設備測試並以自學的影像軟體分析取得數據製成圖表（如圖 12）。

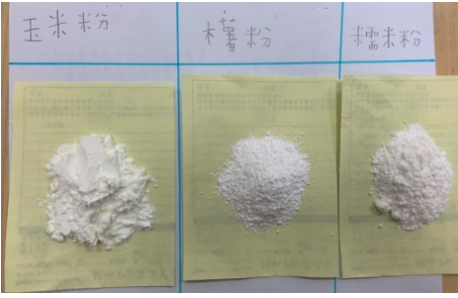
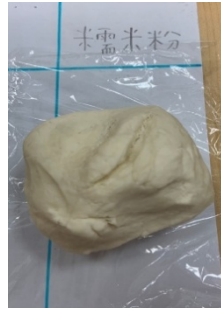
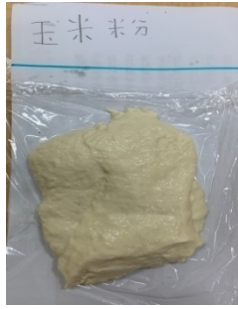
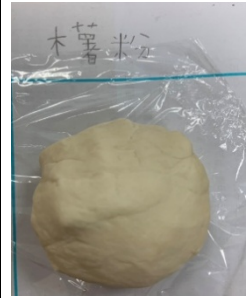
			
<p>不同澱粉的粉末外觀看得出來粉的粗細不一樣，木薯粉最粗，玉米粉最細。</p>	<p>糯米粉替代膠水揉製成的麵糰，無法壓模成型，有些黏手</p>	<p>玉米粉替代膠水揉製成的麵糰，無法壓模成型，太黏手</p>	<p>木薯粉替代膠水揉製成的麵糰，容易壓模成型，不太黏手</p>

圖 11：不同澱粉的外觀與替代膠水混合成的麵糰對照

2· **實驗結果**：實驗結果發現有被應用在塑料纖維塑料薄膜、樹脂、塗料、膠粘劑等化工產品中的木薯粉替代 PVA（聚乙烯醇）膠水塑形的可行性最佳，以自造的定量設備測試並以自學的 ImageJ 軟體分析結果如圖 12 擦拭後的平均灰階值高於擦拭前，證實添加木薯粉製作而成的自製天然擦具有擦拭效果。

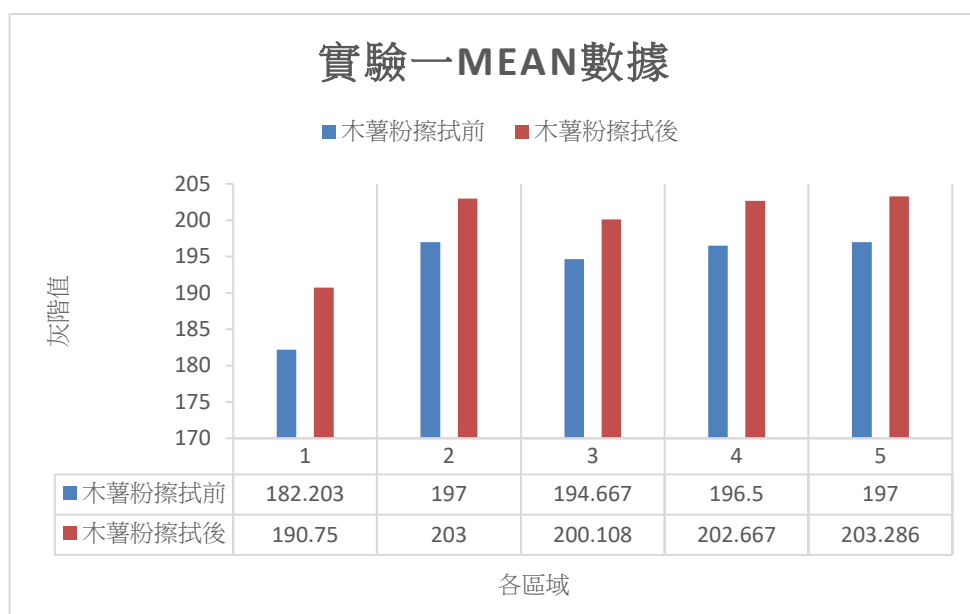


圖 12：實驗一含木薯粉成分擦拭前後灰階值比較

3· **問題與討論**：含木薯粉成分自製天然擦雖然可擦拭，但製成品容易乾裂，經過研究討論後決定加入使麵糰發酵的材料以**增加麵糰的筋度與彈性**，於實驗二分別以小

蘇打粉、酵母粉、泡打粉發酵後的麵糰與不發酵麵糰製作出的成品，探討改善製成品容易碎裂的問題。

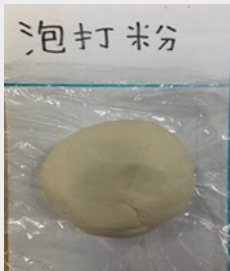
結果 \ 添加	糯米粉	玉米粉	木薯粉
製成品外觀圖	 <p>無法替代聚乙烯醇 PVA 膠水塑形</p>	 <p>無法替代聚乙烯醇 PVA 膠水塑形</p>	 <p>可替代聚乙烯醇 PVA 膠水塑形，有明顯裂痕</p>

圖 13：以不同的澱粉代替膠水製成品比較

二、探討不同的配方、比例、烘培方式所製作之天然擦的擦拭效果

實驗二：分別以小蘇打粉、酵母粉、泡打粉發酵後的麵糰與不發酵麵糰製作出的成品，探討改善製成品容易碎裂的問題

1. **實驗方法**：分別以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+25g 食鹽+100ml 溫水+8ml 植物油分別加入 4g 小蘇打粉、4g 酵母粉、4g 泡打粉，等待 30 分鐘讓麵糰發酵，將發酵完成的麵糰與不發酵的麵糰，分成每等份 25g 的麵糰放入無預熱烤箱設定溫度 180 度烤 5 分鐘。將烤好的成品放在室溫 24 小時後使用自造定量設備測試並以自學的影像軟體分析取得數據製成圖表（如表二、圖 15）。

添加結果	小蘇打粉酵	酵母粉發酵	泡打粉發酵	不發酵
麵糰的外觀	圖 14-1 	圖 14-2 	圖 14-3 	圖 14-4 

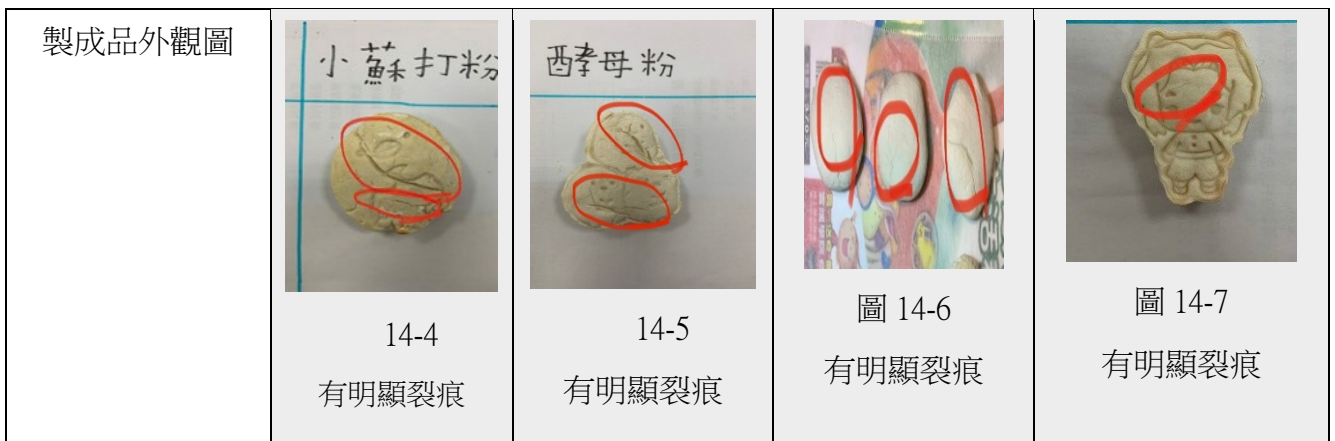


圖 14：以不同發酵粉發酵與不發酵製成品對照

2. **實驗結果：**根據圖 14 以不同發酵粉發酵與不發酵製成品對照圖實驗結果發現添加發酵材料後的發酵麵糰製成成品後並沒有改善容易碎裂的問題；根據表二實驗二添加不同發酵粉與不發酵麵糰製成品擦拭前後灰階值，和圖 15 實驗二添加不同發酵粉與不發酵麵糰製成品擦拭前後灰階值比較圖表，**發現不發酵的麵糰製成品比發酵過麵糰的製成品擦拭效果佳，因此保留以不發酵的麵糰繼續調整與研究；**添加酵母粉與不發酵麵糰製成品擦拭鉛筆筆跡時，有少部分鉛筆石墨碳粉暈開，導致擦拭前後的影像分析有些只有擦拭後的灰階值。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
■不發酵擦拭後	201	193	196.636	198.2	200	197.938	201	199.333	200	
■不發酵擦拭前	186.94	190.13	188.175	193.714	193.102	192.95	193.667			
■泡打粉擦拭後	191.5	189.731	182.149	192.75	183	190.15				
■泡打粉擦拭前	189.4	189.373	180.25	189	179.623	187.175				
■酵母粉擦拭後	191.5	193	191	192.75	193	192.75	191.5	191.75	191	
■酵母粉擦拭前	187.04	187.53	188.75	188.774	190	189.95				
■小蘇打粉擦拭後	189.731	182.149	192.25	191.5	193	191				
■小蘇打粉擦拭前	173.034	189.333	188.5	189.444	190.667	188.75				

表二：實驗二添加不同發酵粉與不發酵擦拭前後灰階值

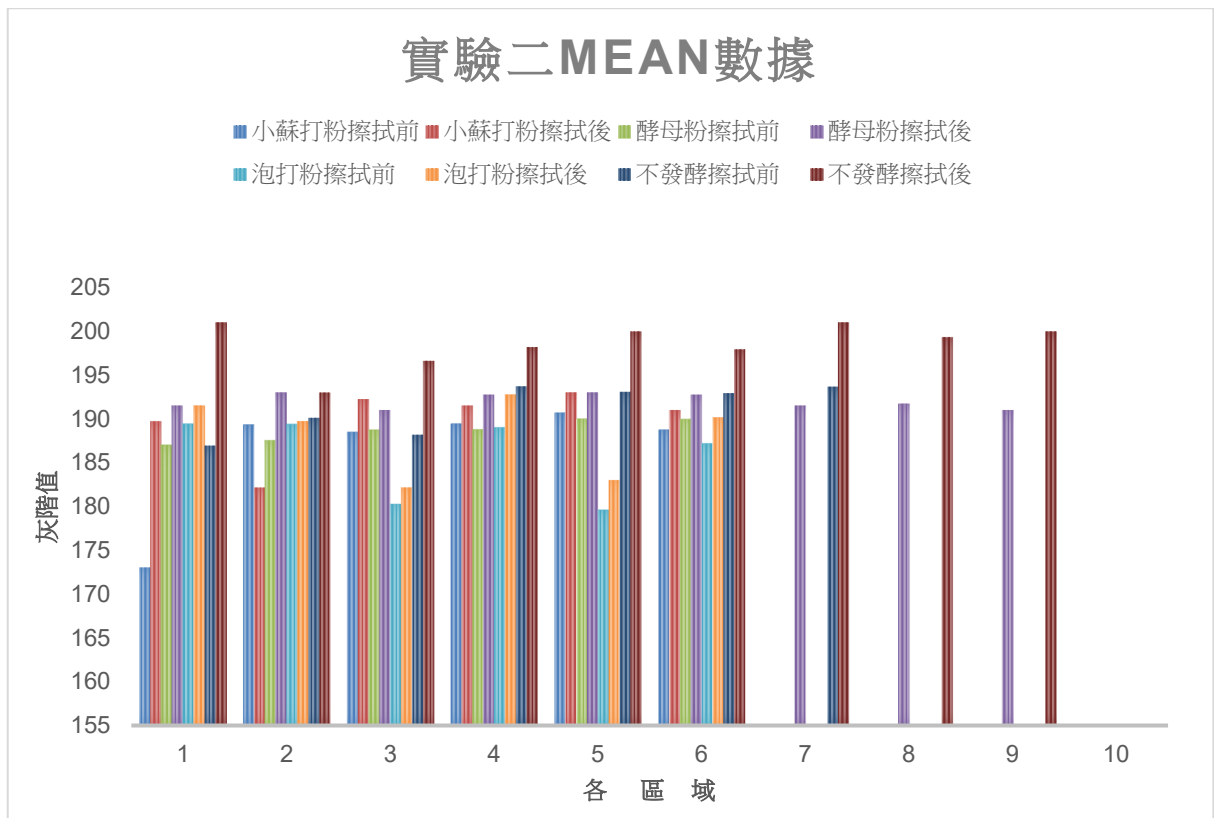


圖 15：實驗二添加不同發酵粉與不發酵擦拭前後灰階值比較

3· 問題與討論：檢視實驗材料成分並查詢資料分析後推想是不是鹽的特性讓麵糰的筋度與彈性受限？經過討論之後決定於實驗三比較加糖與加鹽所製作出天然擦碎裂的差異。

實驗三：比較加糖與加鹽所製作出天然擦碎裂的差異

1· 實驗方法：以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+8ml 植物油，分別加 25g 糖和 25g 食鹽，將每等份 25g 的麵糰放入無預熱烤箱設定溫度 180 度烤 5 分鐘。將烤好的成品放在室溫 24 小時後使用自造的定量設備測試，並以自學的影像軟體分析取得數據製成圖表。

結果 \ 添加	加糖	加鹽
製成品外觀	 沒有明顯裂痕	 有明顯裂痕

圖 16：加糖與加食鹽製成品對照

2· **實驗結果**：因為糖可以延緩麵筋老化，而且在揉製麵糰時發現與鹽相比麵糰比較不黏手，麵糰也顯得比較有彈性與韌性，製成品沒有明顯裂痕，但加糖的成品過硬擦拭效果差，從紙張擦拭前後影像比較分析如圖 17 實驗三添加糖或鹽擦拭前後灰階值比較，發現加糖的製成品鉛筆石墨碳粉暈開嚴重，導致擦拭前後的影像分析有些只有擦拭後的灰階值，因此**保留食鹽繼續調整與研究**。

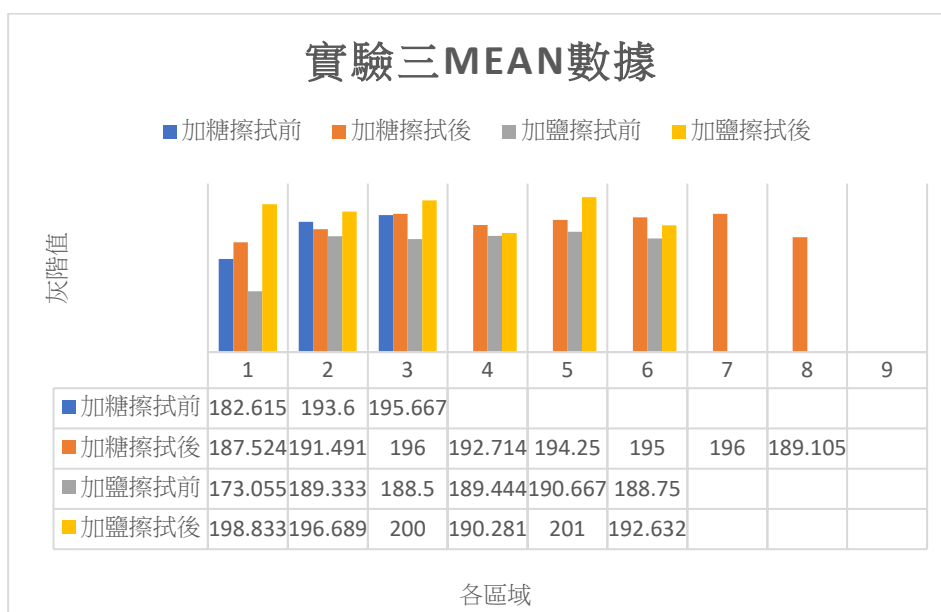


圖 17：實驗三添加糖或鹽擦拭前後灰階值比較

3· **問題與討論**：根據圖 17 實驗結果，加糖的成品不只難以擦拭鉛筆筆跡反而會把石墨碳粉暈開的更嚴重，經過推論猜想是不是烤箱把麵糰水分蒸散過多所導致成品容易有裂痕？分析討論後決定保留食鹽的配方，於實驗四增加以水煮和蒸煮的方式繼續調整實驗研究。

實驗四：麵糰以烤箱、水煮、蒸鍋不同烘培方式所製作出天然擦成形的差異與擦拭效果

1· 實驗方法：

- (1)· 以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+8ml 植物油+25g 食鹽
- (2)· 將每等份 25g 的麵糰放入：
 - (2-1)· 無預熱烤箱溫度 180 度烤 5 分鐘。
 - (2-2)· 滾水以瓦斯爐加熱煮開。
 - (2-3)· 以電鍋蒸煮麵糰。
 - (2-4)· 將製成品放在室溫 24 小時後使用自造的定量設備測試並以自學的影像軟體分

析取得數據製成圖表。

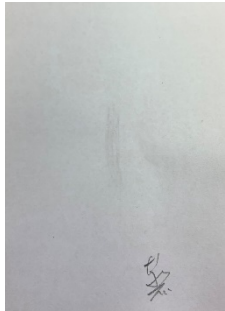
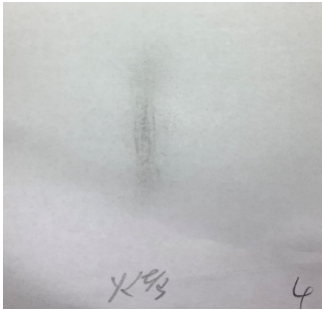
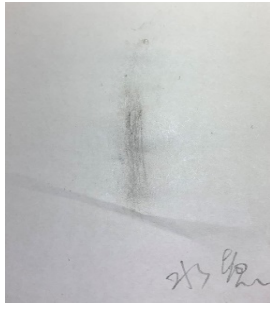


結果 \ 加熱方式	電鍋蒸煮	烤箱烘烤	水煮
自製定量設備以天然擦擦拭鉛筆筆跡後紙張	 <p>影像分析灰階值如圖 20</p>	 <p>影像分析灰階值如圖 20</p>	 <p>影像分析灰階值如圖 20</p>
製成品外觀	 <p>沒有裂痕</p>	 <p>有明顯裂痕</p>	 <p>沒有裂痕，外觀變形</p>

圖 18：以不同的加熱方式製成品對照

2. 實驗結果：根據圖 18 以不同的加熱方式製成品對照，發現以水煮加熱後麵糰的外觀變形，回溫 24 小時還是很黏膩，烤箱烘烤製成的成品一樣容易脆裂，雖然可擦拭但擦拭效果需改善，以電鍋蒸煮的方式製成品沒有裂痕，根據圖 19 實驗四不同加熱方式製作成品擦拭前後灰階值比較，以電鍋蒸煮的方式製成品擦拭效果比烤箱製作的成品好，因此保留以電鍋蒸煮的方式製作繼續調整與研究。

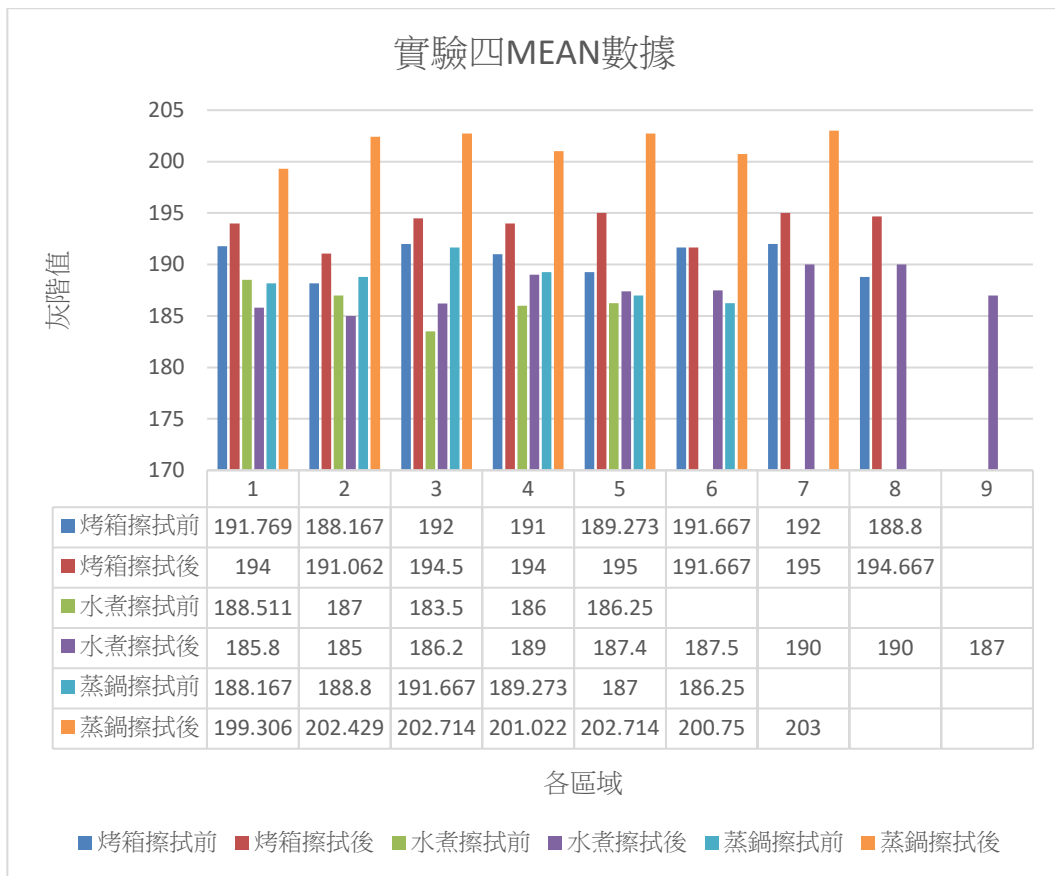


圖 19：實驗四不同加熱方式製作成品擦拭前後灰階值比較

3· **問題與討論**：根據圖 18 以不同的加熱方式製成品對照，電鍋蒸煮方式製成品沒有裂痕，擦拭效果比烤箱製作的成品好但擦淨效果有待改善，經過討論分析後決定於實驗五以加植物油與不加植物油製作出的成品，比較擦淨效果差異。

實驗五：加植物油與不加植物油製作出的成品，比較擦淨效果差異

1· 實驗方法：

(1-1)· 以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+25g 食鹽

(1-2)· 以攪拌器將以上材料攪拌混合後：

(1-2-1)· 加入 8ml 植物油。

(1-2-2)· 不加植物油。

(1-3)· 將每等份 25g 的麵糰以電鍋蒸煮，蒸煮完成的成品使用自造的定量設備測試並以自學的影響軟體分析取得數據製成圖表。

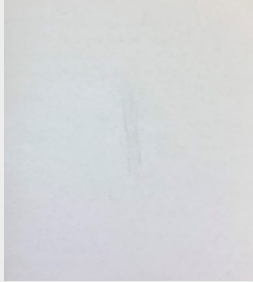



結果 \ 添加	加植物油	不加植物油
自製定量設備以天然擦擦拭鉛筆筆跡後紙張	 影像分析數據如圖 21	 影像分析數據如圖 21
製成品外觀	 表面光滑	 表面比較粗造

圖 20：麵糰有沒有添加植物油，製成品對照

2. **實驗結果**：根據圖 20 麵糰有沒有添加植物油，製成品對照，發現含有 100g 中筋麵粉、100g 木薯粉、100ml 溫水、25g 食鹽，不添加植物油的麵糰經過電鍋蒸煮後製成的天然擦沒有裂痕，根據圖 21 實驗五是否添加植物油擦拭前後灰階值比較圖表，發現可以擦拭鉛筆筆跡。

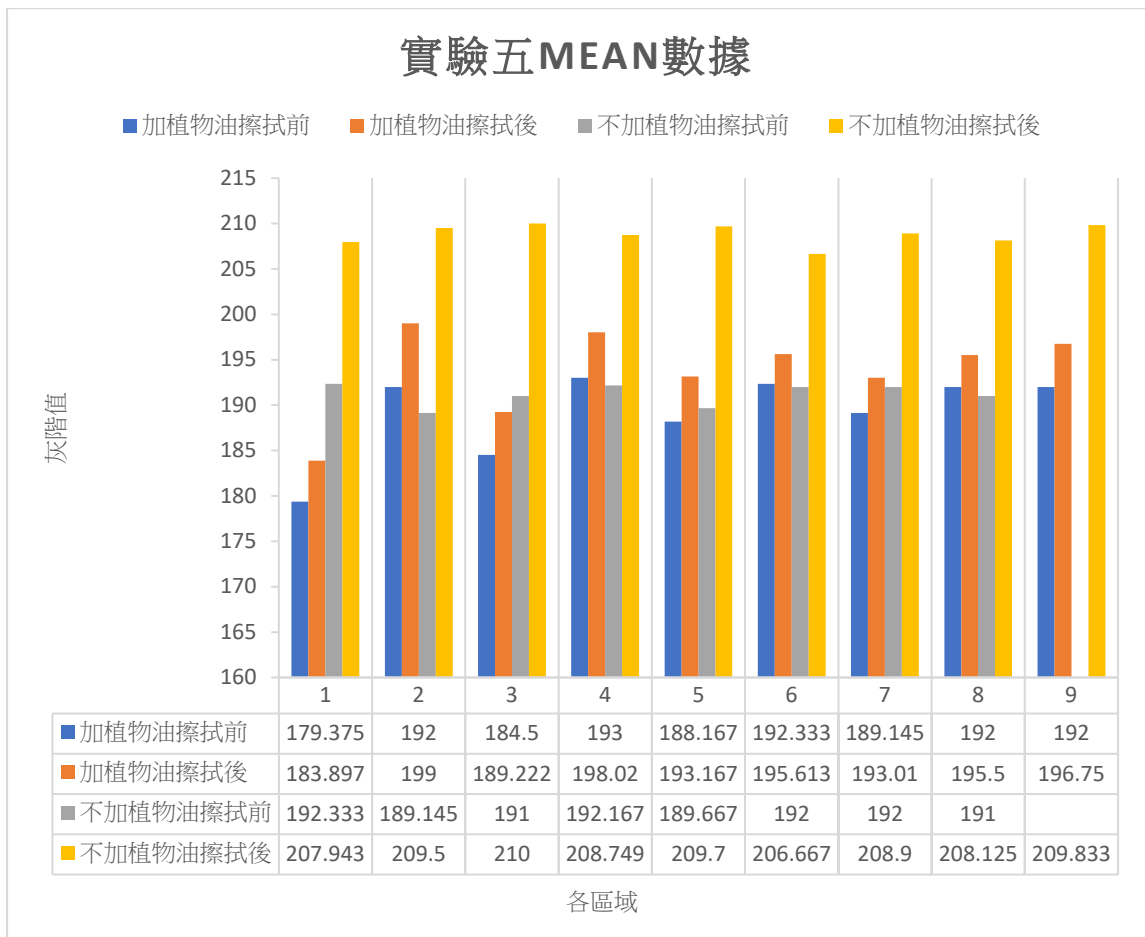


圖 21：實驗五是否添加植物油擦拭前後灰階值比較

- 3· **問題與討論**：不添加植物油的麵糰經過電鍋蒸煮後製成的橡皮擦有彈性，使用不會碎裂，可以擦拭鉛筆筆跡，在室溫下大約只能保存 10 天，容易發霉保存不易，為了延長保存期限,經過討論決定於實驗六增加食鹽含量探討製成品常溫下防腐效果，同時減少製成品每等份的重量，因為天然製品容易氧化，減少製成品每等份的重量，從每等份 25g 改為 10g 讓製成品可以快速使用完畢。

三、研究探討如何保存自製的天然擦

實驗六：增加食鹽含量探討製成品常溫下防腐效果

1· 實驗方法：

- (1-1)· 以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水
- (1-2)· 分別添加 30g、35g、40g、45g、50g 的食鹽製作成麵糰
- (1-3)· 將每等份 10g 的麵糰以電鍋蒸煮，完成的成品放在常溫下 30 天觀察防腐效果。
- (1-4)· 以自造的攝影箱將添加 30g、35g、40g、45g、50g 的食鹽製作成的成品放在常溫下 30 天分別拍照，再以自學的 ImageJ 影像分析軟體將單位更改為 μm 微米，以灰

階影像計算出發霉的面積。






添加食鹽 30 天後	30g 食鹽 	35g 食鹽 	40g 食鹽 	45g 食鹽 	50g 食鹽 
外觀	明顯發霉	明顯發霉	明顯發霉	有霉斑	些微霉斑
ImageJ 面積數據	Area 90190.421μm	Area 79702.791μm	Area 55359.600μm	Area 51626μm	Area 1539.623μm

圖 22：不同含量食鹽防腐觀察對照

2· **實驗結果**：從圖 22 的觀察圖片可明顯看出，製成品放於常溫的環境 30 天發霉的樣子，不同的食鹽含量製作成的成品在常溫下的防腐期限確實有差異，添加 **50g 食鹽含量的防腐效果最好**，根據圖 23 實驗六增加食鹽含量擦拭前後灰階值比較結果，發現添加 **50g 食鹽含量的製成品** 擦拭效果佳。

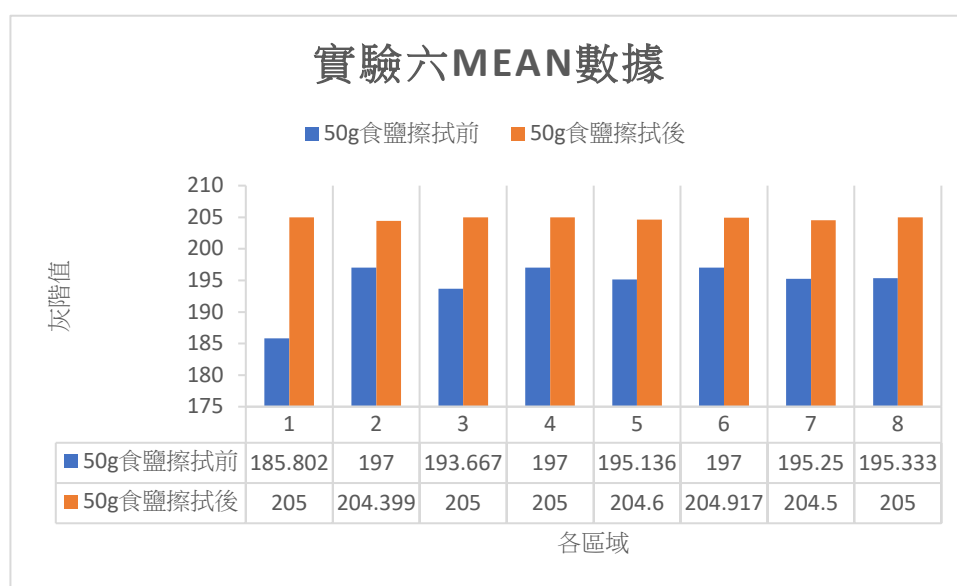


圖 23：實驗六增加食鹽含量擦拭前後灰階值比較

3· **問題與討論**：以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+50g 食鹽以蒸鍋蒸煮後的製成品，可以製作出每等份 10g 的製成品數量在 33~35 個，放在常溫下保存期限無法像市售橡皮擦一樣，為了延長製成品的保存期限經過討論決定將未使用製成品放入冷凍庫保存，於實驗七探討製成品置於冷凍庫的保存與擦拭效果。

實驗七：探討製成品置於冷凍庫的保存與擦拭效果

1· **實驗方法**：以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+50g 食鹽，將每等份 10g 的麵

糰以電鍋蒸煮，蒸煮完成品放在室溫 24 小時後以保鮮膜包覆放在家用冰箱冷凍庫保存。

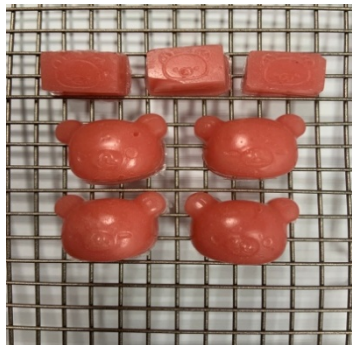

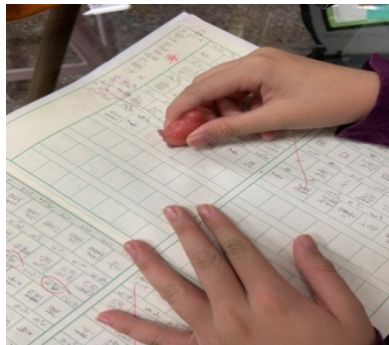


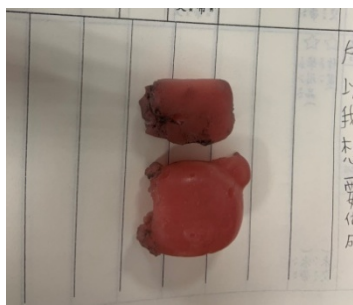
 <p>圖 24-1 天然擦</p> <p>含 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+50g 食鹽的製成品</p>	 <p>圖 24-2 天然擦實際擦拭作業簿前</p>	 <p>圖 24-3 天然擦實際擦拭作業簿後</p>
 <p>圖 24-4 自製完成未使用天然擦放在冷凍庫保存</p>	 <p>圖 24-5 取出需要的天然擦，回溫 2 小時後即可使用</p>	 <p>圖 24-6 實際使用於作業簿，連續使用 7 天的天然擦外觀</p>

圖 24：自製天然無毒橡皮擦，製成品擦拭與保存

2·**實驗結果**：製作成每個 10g 的造型的天然擦，只取一個使用，其它製作完成的天然擦以保鮮膜包覆放在冷凍庫保存，需要時再從冷凍庫取出回溫後 2 小時即可使用，沒有影響外觀，根據圖 25 製成品冷凍後擦拭前後灰階值比較，發現具有擦拭效果。

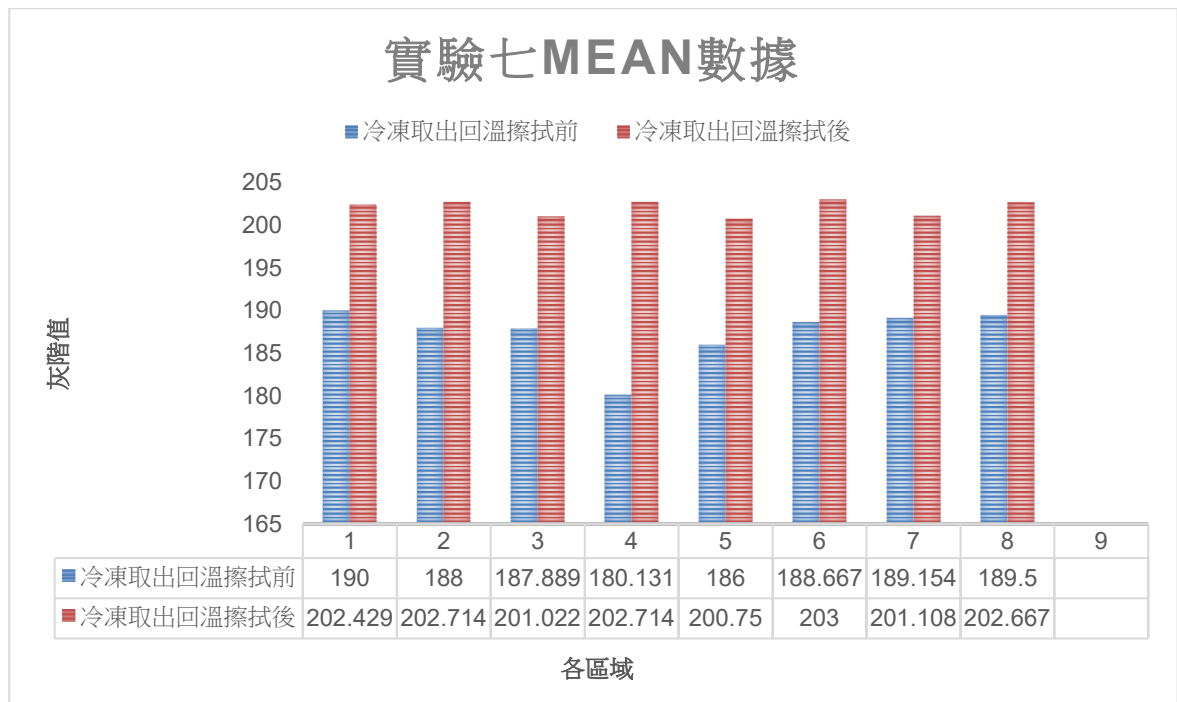


圖 25：實驗七製成品冷凍後擦拭前後灰階值比較

四、研究了解自製天然擦與市售環保橡皮擦被生物分解的情形為何

實驗八：生物降解對照實驗

1. **實驗方法**：將重量 25g 自製天然擦與 15g 市售橡皮擦埋進土壤中每週觀察。第一週自製天然擦外周圍還有許多微生物在爬動，表面看起來有些崩解，因為天然擦和市售橡皮擦有混入泥土，無法將沾染的泥土清理乾淨，所以無法再以秤重觀察。
2. **實驗結果**：根據圖 26 自製天然擦與市售環保橡皮擦生物降解對照觀察圖，於 1 月 20 日將實作之天然擦埋入土壤中，每週觀察。第一週自製天然擦外觀崩解，第二週自製天然擦已逐漸被分解為碎塊，第三週已完全被降解，而市售環保橡皮擦外觀毫無改變。



圖 26：自製天然擦與市售環保橡皮擦生物降解對照觀察

陸、研究討論與發現

一、研究製作出符合天然、環保的無毒天然擦

實驗一：探討以糯米粉、玉米粉、木薯粉，替代 PVA（聚乙烯醇）膠水塑形的可行性

發現有澱粉之王的木薯，其木薯澱粉有粉質澱粉（amylase）含量低而膠質澱粉（amylopectin）含量高的特性，被廣泛運用在食品、生物塑料、膠水等多種產品。根據實驗結果，可替代 PVA（聚乙烯醇）膠水塑形，以自造的裝置測試和軟體分析，含木薯粉成分擦拭前後灰階值比較，可以明顯發現含有木薯粉的天然擦確實有擦淨效果，是擦得最乾淨，但製成品在烘烤後容易碎裂。

同時，我們發現澱粉粉末越細所做出來的麵糰就會越黏手，所以添加糯米粉或玉米粉的麵糰難以壓模成形，也因此本次實驗以木薯粉表現最佳。

二、探討不同的配方、比例、烘培方式所製作之天然擦的成形和擦拭效果

實驗二：分別以小蘇打粉、酵母粉、泡打粉發酵後的麵糰與不發酵麵糰製作出的成品，探討改善製成品容易碎裂的問題與擦拭效果

麵糰發酵過程，酵母菌以糖為食物，並將糖分轉化為二氧化碳和乙醇，發酵過程中的葡萄糖，來自麵粉裡的蔗糖和澱粉的分解，二氧化碳的產生使得麵包膨脹，而包裹住二氧化碳的，就是麵糰在揉和過程中所產生的麵筋組織，所形成具有粘性、彈性、延展性的網膜組織。

實驗發現添加不同發酵粉後的發酵麵糰外觀沒有太大的改變，一般製作西點才會添加發酵粉，在烘培的過程發酵中的麵糰受熱會漸漸膨脹，但我們添加不同發酵粉後的發酵麵糰製成品並沒有發現有膨脹的現象，也沒有改善容易碎裂的問題，發現不發酵麵糰製作出的天然擦成品比發酵過麵糰製作出的成品擦拭效果佳但製成品容易碎裂問題還是存在。

在這裡面最有趣的是，我們意外的發現小蘇打粉的天然擦在軟體分析後，竟然有越擦越髒的跡象，所以我們認為發酵的麵糰製作出來的天然擦不但沒有改善易碎裂的問題，還有可能達不到擦拭效果。

實驗三：比較加糖與加鹽所製作出天然擦碎裂的差異與擦拭效果

鹽分在麵糰中可強化麵筋，保持麵糰的彈性，並減緩氧化；糖具吸水性，可以加強水分保持使麵糰內保存更多的水分。

根據實驗結果發現添加糖雖然可以改善容易碎裂的問題，但根據實驗三添加糖或鹽擦拭前後灰階值比較結果，發現加鹽製作出的天然擦成品擦拭效果比加糖佳，但擦淨效果需要改善，經過推論猜想是不是烤箱把麵糰水分蒸散過多所導致成品容易有裂痕？分析討論後決定保留食鹽的配方並以不同的烘培方式進行研究探討以期改善製成品碎裂問題；加糖的成品不只難以擦拭鉛筆筆跡反而會把石墨碳粉暈開的更嚴重，有越擦越髒的跡象，而且放在常溫下發現會吸引螞蟻。

實驗四：麵糰以烤箱、水煮、蒸鍋不同烘培方式所製作出天然擦成形的差異與擦拭效果

發現以蒸鍋加熱方式所製作的天然擦可以有效改善容易製成品碎裂的問題，製成品的表面沒有裂痕。再根據實驗四不同加熱方式製作成品擦拭前後灰階值比較結果，發現蒸鍋加熱方式製成品具擦拭效果；而以水煮方式做出的製成品不只外觀變形，手感像硬掉的麻糬，擦拭鉛筆筆跡反而越擦越髒。

實驗五：加植物油與不加植物油製作出的成品，比較擦淨效果差異

油脂會滲入到麵糰當中，使麵糰變得比較有光澤，同時油脂具有潤滑效果，能夠使揉麵糰更具延展性，表面形成一層薄膜，使麵筋更柔軟，更有韌性。

本實驗結果發現添加植物油製成品外觀比較光亮，未添加植物油的製成品外觀顯得粗糙，根據圖實驗五是否添加植物油擦拭前後灰階值比較結果，發現 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+25g 食鹽不加植物油配方以蒸鍋加熱方式製作出的天然擦成品有彈性，使用不會碎裂，可以擦拭鉛筆筆跡，在室溫下大約只能保存 10 天，容易發霉保存不易擦拭效果與擦淨效果極佳，但製成品於室溫下保存不易，需要改善保存問題，因此繼續研究探討天然擦保存方式。

此外，從這個實驗後我們比對了其他實驗的數據，發現不加植物油的配方擦拭後的灰階值達到 210，是目前為止擦拭效果最佳的天然擦。

三、探討保存天然擦的方式

實驗六：增加食鹽含量探討製成品常溫下防腐效果

鹽巴的高滲透壓能阻止微生物細胞繁殖以達防腐效果。根據不同含量食鹽防腐觀察結果，發現室溫下原本只能保存 10 天的天然擦，經實驗發現食鹽含量為 50g 時，室溫下保存日期將近 30 天防腐效果最佳，根據實驗六結果增加食鹽含量擦拭前後灰階值比較，發現以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+50g 食鹽配方製作天然擦成品擦拭效果與

擦淨效果佳，但若與[實驗五]不加植物油且 25 克鹽的配方相較之下，我們發現擦拭效果則較差了些，但差異性不大。在與組員討論後，我們認為 50 克鹽的配方雖然擦拭效果沒有 25 克的好，但是其差異性不大，且能大大提升防腐效果，因此，我們決定使用 50 克食鹽的配方來繼續進行研究。

本研究以每等份 25g 製作出的製成品數量將近 15 個，因此減少製成品每等份的重量為 10g 減少製成品每等份的重量，從每等份 25g 改為 10g 讓製成品可以快速使用完畢，未使用的製成品繼續探討冷凍保存的可行性。

實驗七：探討製成品置於冷凍庫的保存與擦拭效果

為了延長保存期限,經過討論決定於實驗六增加食鹽含量探討製成品常溫下防腐效果，同時減少製成品每等份的重量，因為天然製品容易氧化，因而減少製成品每等份的重量，從每等份 25g 改為 10g 可讓製成品快速使用完畢。實驗七製成品置於冷凍庫保存，取出回溫 2 小時後擦拭測試，根據實驗七結果製成品冷凍後擦拭前後灰階值比較，發現天然擦成品擦拭效果與擦淨效果還不錯。

再與[實驗六]的常溫數據相較之下，我們發現現做的天然擦灰階值平均約 204，冷凍後的天然擦灰階值平均約 201，很顯然的，冷凍後的天然擦擦效果差了些。因此，我們建議天然擦最好製成成品後盡速使用完畢，但若是製造太多，還是建議要放在冷凍庫保存，以延長使用期限。但有可能影響到擦拭效果。

四、比較自製天然擦與市售環保橡皮擦被生物降解的情形

實驗八：生物降解對照實驗

觀察第一週挖開泥土發現天然擦已經開始出現表面崩解的樣子，周圍還有許多小生物和螞蟻在爬動，天然擦和市售橡皮擦表面覆著許多的泥土，因為無法將泥土清理乾淨所以無法再秤重，第二週天然擦經由視覺與觸覺的辨識發現已經變成分散在泥土裡的碎塊，第三週挖開泥土已經看不到自製天然擦只見外觀沒有改變的市售橡皮擦，天然擦已經被生物降解了。

五、自製天然橡皮擦最佳配方與方法

(一) 中 筋 麵 粉 (All Purpose Flour) :
中筋麵粉 (中粉，蛋白質含量為 9.5—12.0%)，筋度含量中等，吸水量 50~55%，其延展性與彈性適中一般饅頭、包子都是以中筋麵粉為主材料。

(二)木薯粉 (Tapioca Flour)：

木薯粉又稱樹薯粉也稱泰國生粉是澱粉的一種，用途廣泛除了使用在食品，在塑料纖維塑料薄膜、樹脂、塗料、膠粘劑等化工產品中也被廣泛應用。

(三)鹽：天然的防腐劑，增加食物裡面的滲透壓，使得細菌等微生物無法在上面生存。食鹽可以改變麵筋的性質，增加吸收水分的特性，使麵筋膨脹不容易斷裂，能穩定麵筋的強度使麵糰有彈性。

(四)溫水：溫水和麵的特點柔中帶勁，富可塑性，容易成型，熟制後不易走樣。

(五)蒸煮：受熱均勻，可保持水分。

柒、結論

- 一、本研究研發出以 100g 中筋麵粉+100g 木薯粉+100ml 溫水+50g 食鹽**最佳配方**，等量放入矽膠軟模模型以電鍋蒸煮的方式自製可造型天然擦，**以自造的定量設備分析出科學數據**，從各實驗影像分析數據顯示出本研究的自製天然擦具有擦淨鉛筆筆跡的效果。
- 二、本研究所需要的材料取材容易，使用家用電鍋就可以自製，**製作材料全部都是可食用原料**，縱使誤食也不會對人體造成健康上的傷害。
- 三、從實驗六結果發現增加食鹽的含量可以使常溫下的保存期限由原本的 10 天增加為 30 天，實驗七結果發現以冷凍方式可以有效保存未使用的製成品，從實際使用於作業簿和影像分析數據顯示冷凍後回溫的天然擦，一樣具擦拭效果；**增加食鹽含量與冷凍都具延長使用與保存的作用**。
- 四、從實驗八與自製天然擦與市售環保橡皮擦生物降解對照觀察圖結果顯示**本研究製作的天然擦可被生物降解**。
- 五、本研究雖然歷經許多的失敗與挫折，經過不斷討論、資料搜尋、配方調整、自造定量裝置同時自學影像分析軟體，**最終達到製作出〔符合天然、環保、可被生物降解、可造型、具 DIY 趣味性的無毒天然擦〕之目的**。
- 六、**未來展望：**

本團隊於 2021 年 6 月 3 日**接獲學校轉達某文具品牌致電以及以電子郵件方式表達**如下：從媒體得知 貴校此次獲獎主題「DIY 可分解環保無毒擦一擦」，係利用各式無毒及生物可分解的原料，製作成經濟實惠且環保的橡皮擦，取代現在常見的 PVC 塑膠橡皮擦，正與本公司「環保無毒」與「地球永續」之經營理念相符，不知可否進一步研究合作之可能性？或許可透過學習單規劃，將 貴校研究成果轉化為觀光工廠寓教於樂的科普

知識教案及 DIY 方案，定可展現 貴校教育能量，擴大研究影響力。

本團隊於 6 月 8 日致電回覆，樂意與該公司合作，並告知本研究「DIY 天然粉好擦」為延續性研究，研究材料全部為天然素材，更符合環保無毒、地球永續、寓教於樂的理念，該公司合作意願更顯濃厚，本團隊希望與該文具品牌未來的合作，該公司可以長期贊助本研究團隊的學校科學研究經費，具體實現擴大影響力。

捌、參考文獻：

- 一、吳昭慧（2016）· 澱粉之王-木薯· 526 期科學發展 2016 年 10 月專題報導（34-37 頁）。
- 二、江宜蓓、李妍、金冠辰、許悅（2013）Let' s Play Dough－自製無毒黏土之研究· 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 三、食力 food NEXT（2018）· 從口感到發酵鹽與糖如何調控麵糰· 取自 <https://www.foodnext.net/science/machining/paper/5852133443>
- 四、歐瑞喜(福州)塑膠技術有限公司（2010）· 可生物降解的 tpe 及其制备方法取自 <https://patents.google.com/patent/CN101851354A/zh>
- 五、小橡皮擦裡的大學問（2009 年 11 月 12 日）· 橡皮擦的基本原料及種類、談橡皮擦的誕生及其製造過程· 取自 <https://www.taiwanwatch.org.tw/node/742>
- 六、看守台灣（2010 年 1 月 26 日）· 您小孩用的橡皮擦是 PVC 做的嗎？· 取自 <https://www.taiwanwatch.org.tw/node/742>
- 七、財團法人塑膠工業技術發展中心· 商情新聞－塑膠專欄· 取自 https://www.pidc.org.tw/news_column_show.php?id=40
- 八、自然與生活科技（五上）第四單元-空氣與燃燒· 翰林。
- 九、維基百科· 澱粉· 取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-hk/%E6%B7%80%E7%B2%89>

附件一：

DIY 環保無毒橡皮擦實驗問卷調查

姓名：

____ 年____ 班____ 號 日期：

1. __ 你有沒有吃或舔過橡皮擦？(1)有 (2)沒有 (3)其它____
2. __ 你在不在意橡皮擦的成份？(1)在意 (2)不在意 (3)其它____
3. __ DIY 環保無毒擦一擦，自己製做後使用覺得好不好擦？（請以自己為準）(1)非常好擦 (2)好擦 (3)還好 (4) 不好擦 (5)非常不好擦。原因：_____（例：易破碎，擦不乾淨，其他……）
4. __ 你會不會把 DIY 環保無毒擦一擦的製作方法教其他朋友？或分享我們的製作影片讓親朋好友知道？(1)會 (2)不會 原因：_____（例：材料難準備，作法太複雜，其他……）
5. __ 你是否認為 DIY 環保無毒擦一擦有做到環保無毒？(1)有 (2)沒有
原因：_____（例：原料可能有毒，製程會產生有毒物質，其他……） 建議？
6. 對於這次你自己 DIY 做的無毒環保橡皮擦，你有什麼建議_____

感謝你支持我們對於環境保護的研究，以及耐心的填寫

【評語】 082928

1. 本作品延續教育部環境教育實作競賽成果，以食用麵粉及木薯粉取代 PVA 黏著劑製作的天然擦，題材符合生活應用探究。
2. 整體研究架構具有條理，邏輯清楚，內容豐富。
3. 自製仿生機械手臂進行定量分析，結合 ImageJ 影像軟體分析以檢驗成品效能，符合科學方法，但仍須考量自製檢測器材的誤差性及準確度。
4. 建議天然擦成品與先前獲獎作品的 PVA 擦進行比較，可具有更好的說服力。
5. 期待未來可以測試食用等級的防腐劑延長天然擦的保存性。

作品簡報

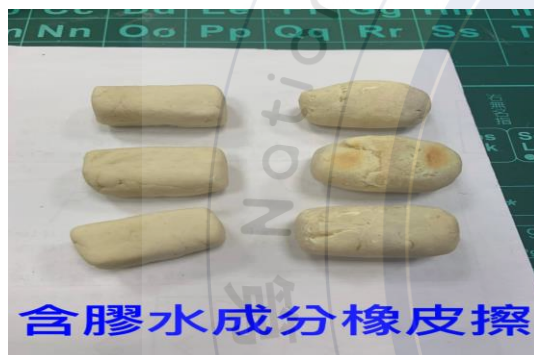
DIY 天然粉好擦

組別：國小組

科別：生活與應用科學科(二)環保與民生

研究摘要

- 本團隊得獎作品，推廣過程學生對於含有膠水成分的橡皮擦充滿著有毒疑慮。
- 延續含膠水成分的橡皮擦，本研究探討天然材料研發出「DIY天然粉好擦」。



延 續



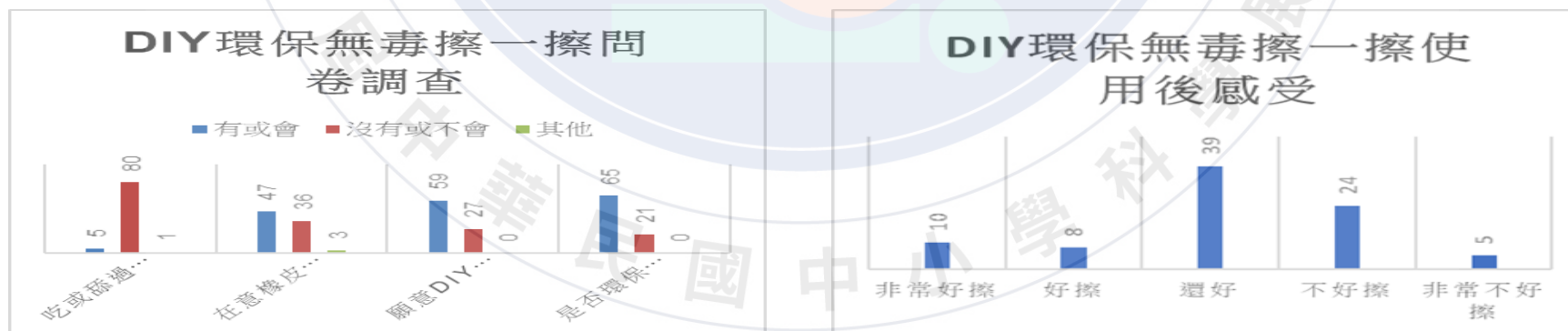
作 品 名 稱	成 分	烘 培 方 式
DIY可分解環保無毒 擦一擦	<ul style="list-style-type: none">● 中筋麵粉100g● PVA膠水100ml● 食鹽25g● 溫水40ml● 植物油8ml	<ul style="list-style-type: none">● 烤箱溫度180°C● 時間:5分鐘
DIY天然粉好擦	<ul style="list-style-type: none">● 中筋麵粉100g● 木薯粉100g● 食鹽50g● 溫水100ml	<ul style="list-style-type: none">● 蒸煮溫度約 100°C~120°C● 時間約:13分鐘 (外鍋放50ml水)

研究目的

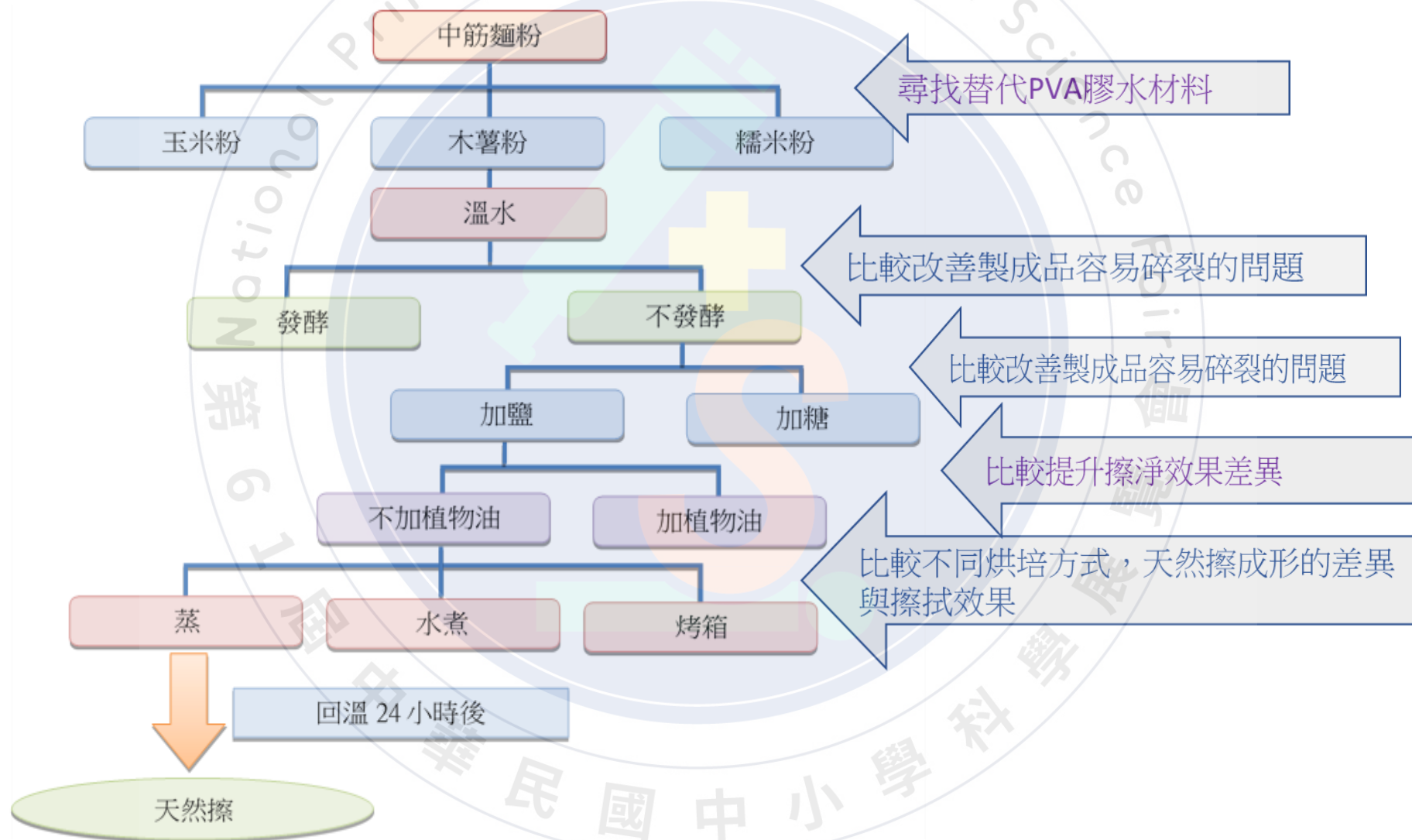
- 一、研究製作出符合天然、環保的無毒天然擦
- 二、探討不同的配方、比例、烘培方式所製作之天然擦的成形和擦拭效果
- 三、探討保存天然擦的方式
- 四、比較自製天然擦與市售環保橡皮擦被生物降解的情形

研究過程與方法

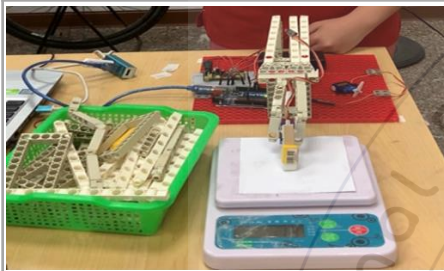
- 問卷分析與資料探討
 - 根據問卷探討學生對於含有膠水成分的橡皮擦充滿著有毒疑慮。
 - 根據維基百科一澱粉在溫水中溶解產生糊精，可以用作增稠劑。



自製天然擦



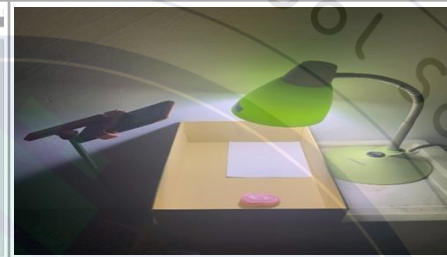
自造定量測試設備與軟體分析



智高積木製作仿生手，電子秤量測相同施力大小。



以WFduino裡的Scratch編寫驅動程式，設定反覆動作。

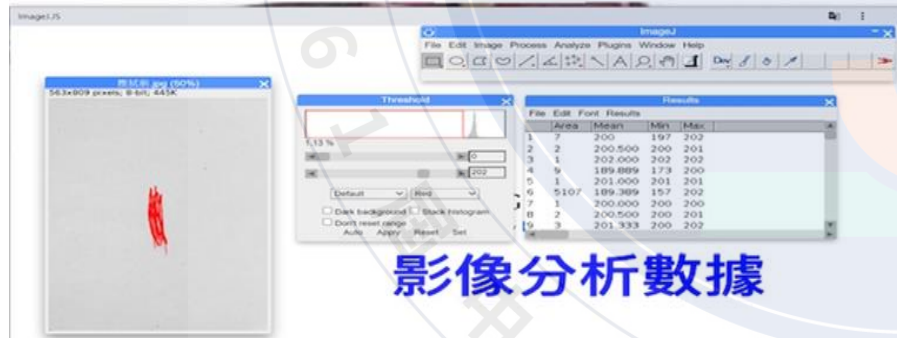


暗室固定光源與拍攝位置拍材質與大小一致的測試紙張。



自學ImageJ軟體，分析天然擦，擦拭鉛筆筆跡的效果。

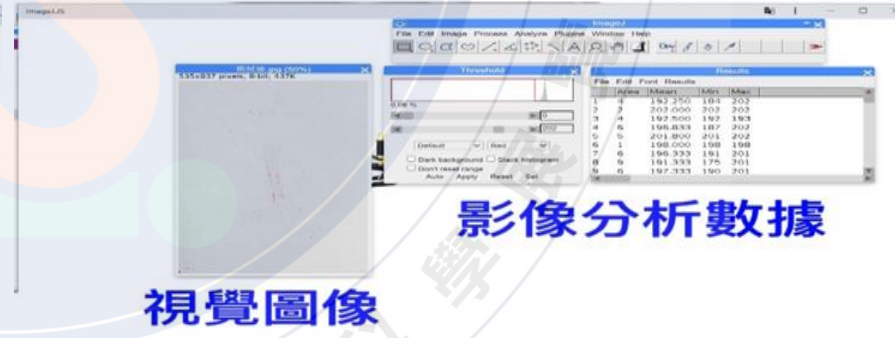
天然擦擦拭前



影像分析數據

視覺圖像

天然擦擦拭後



影像分析數據

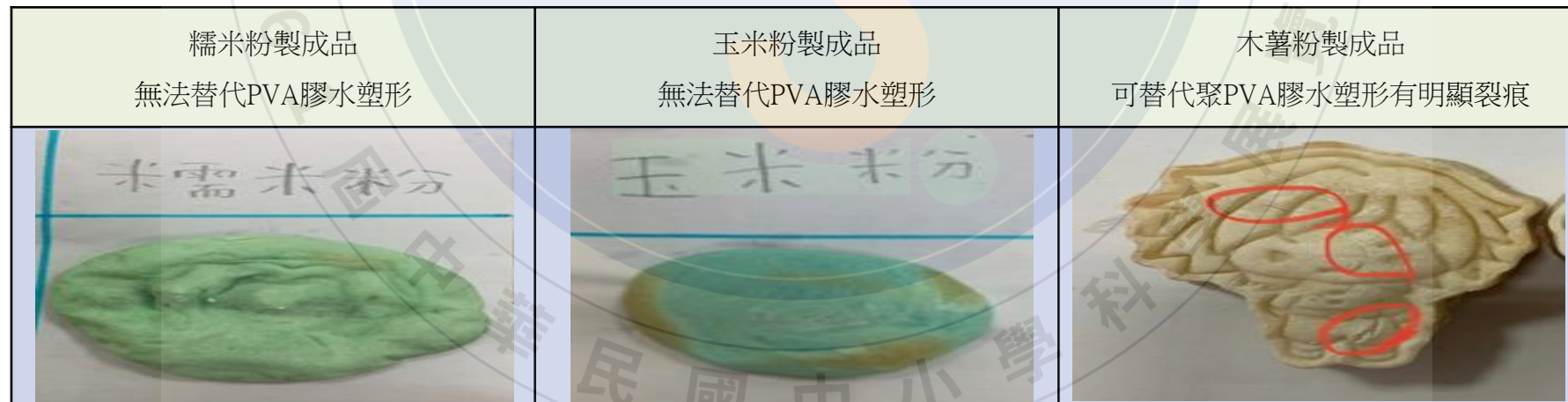
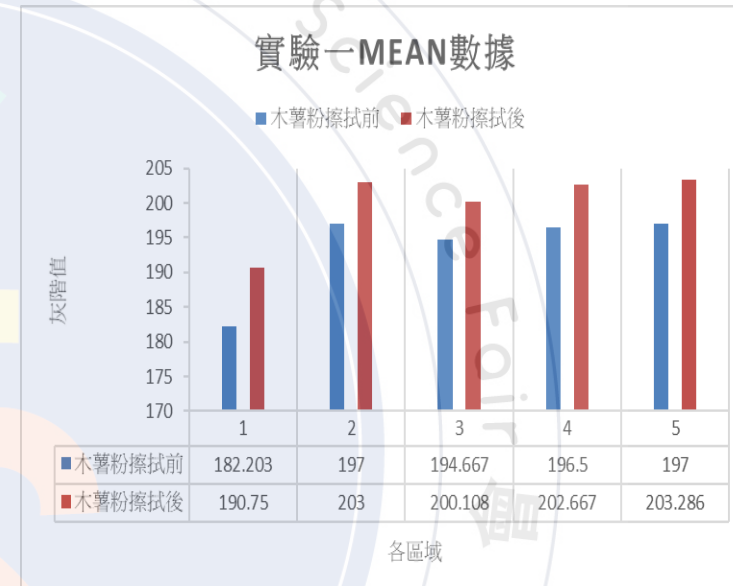
視覺圖像

實驗一

探討以不同澱粉，替代PVA膠水塑形的可行性

➤結果與討論：

- 木薯粉替代PVA（聚乙烯醇）膠水塑形的可行性最佳，灰階值圖表顯示具有擦拭效果。
- 發現澱粉粉末越細所做出來的麵糰難以壓模成形，糯米粉和玉米粉製成品過硬無法擦拭。



實驗二

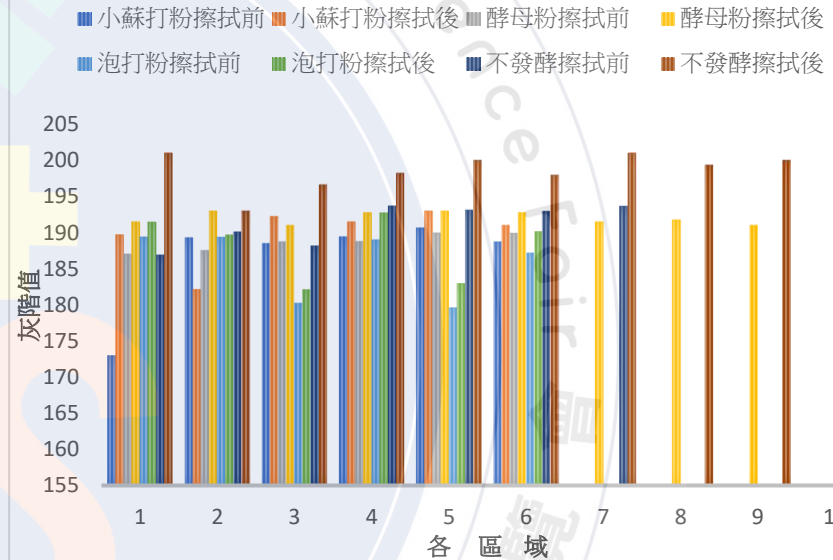
添加不同發酵粉與不發酵麵糰探討改善碎裂的問題

➤結果與討論：

- 碎裂的問題仍在，灰階值圖表證實不發酵麵糰製成品擦拭效果佳。
- 發現添加發酵粉製成品擦拭效果差，還有越擦越髒的跡象。



實驗二MEAN數據

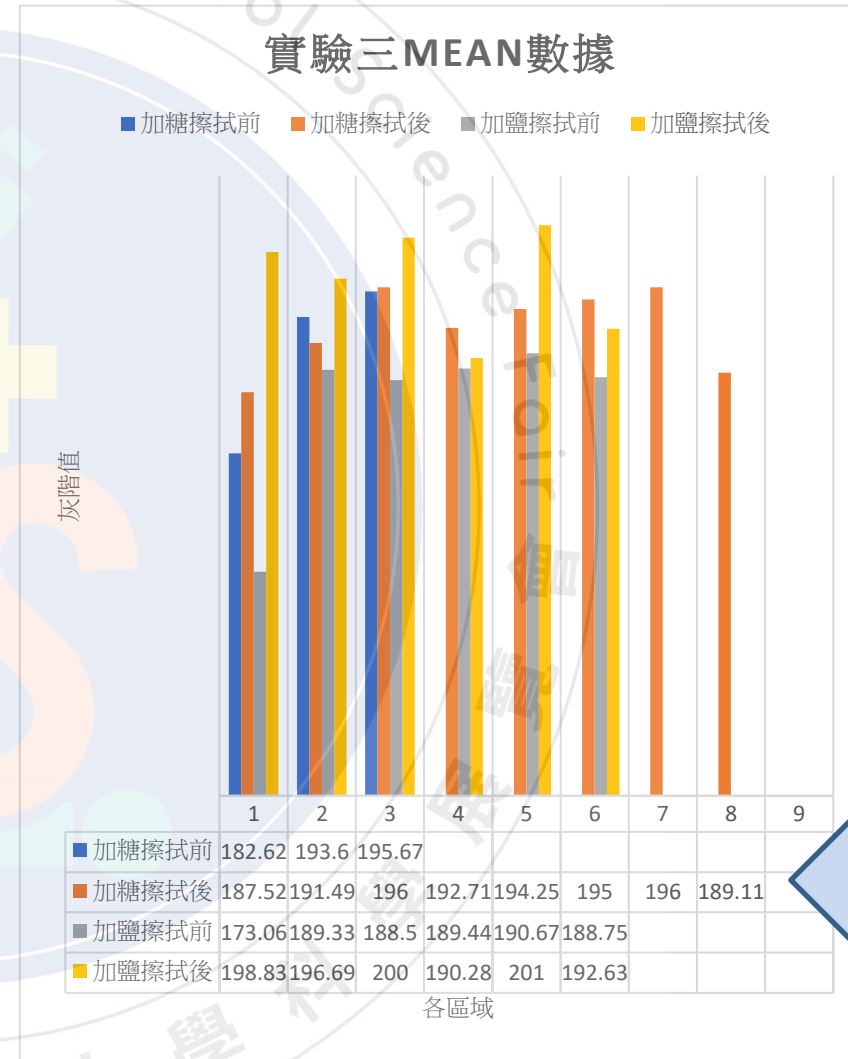
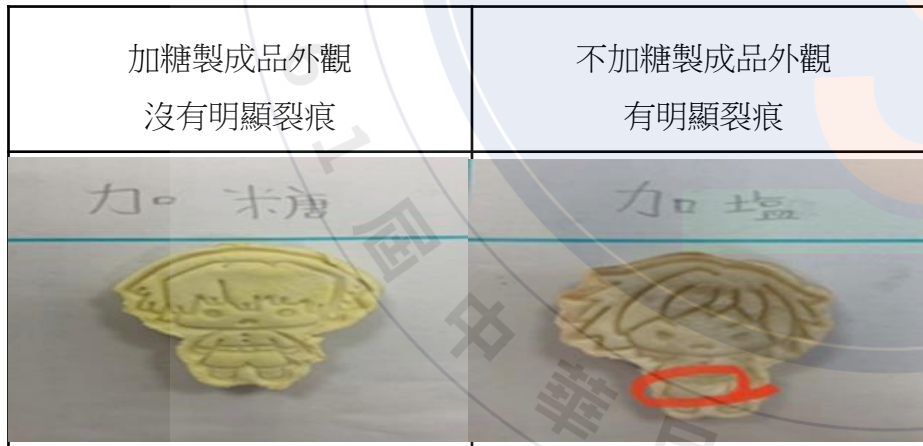


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
不發酵擦拭後	201	193	196.636	198.2	200	197.938	201	199.333	200	
不發酵擦拭前	186.94	190.13	188.175	193.714	193.102	192.95	193.667			
泡打粉擦拭後	191.5	189.731	182.149	192.75	183	190.15				
泡打粉擦拭前	189.4	189.373	180.25	189	179.623	187.175				
酵母粉擦拭後	191.5	193	191	192.75	193	192.75	191.5	191.75	191	
酵母粉擦拭前	187.04	187.53	188.75	188.774	190	189.95				
小蘇打粉擦拭後	189.731	182.149	192.25	191.5	193	191				
小蘇打粉擦拭前	173.034	189.333	188.5	189.444	190.667	188.75				

實驗三 比較加糖與加鹽所製作出天然擦碎裂的差異

➤結果與討論：

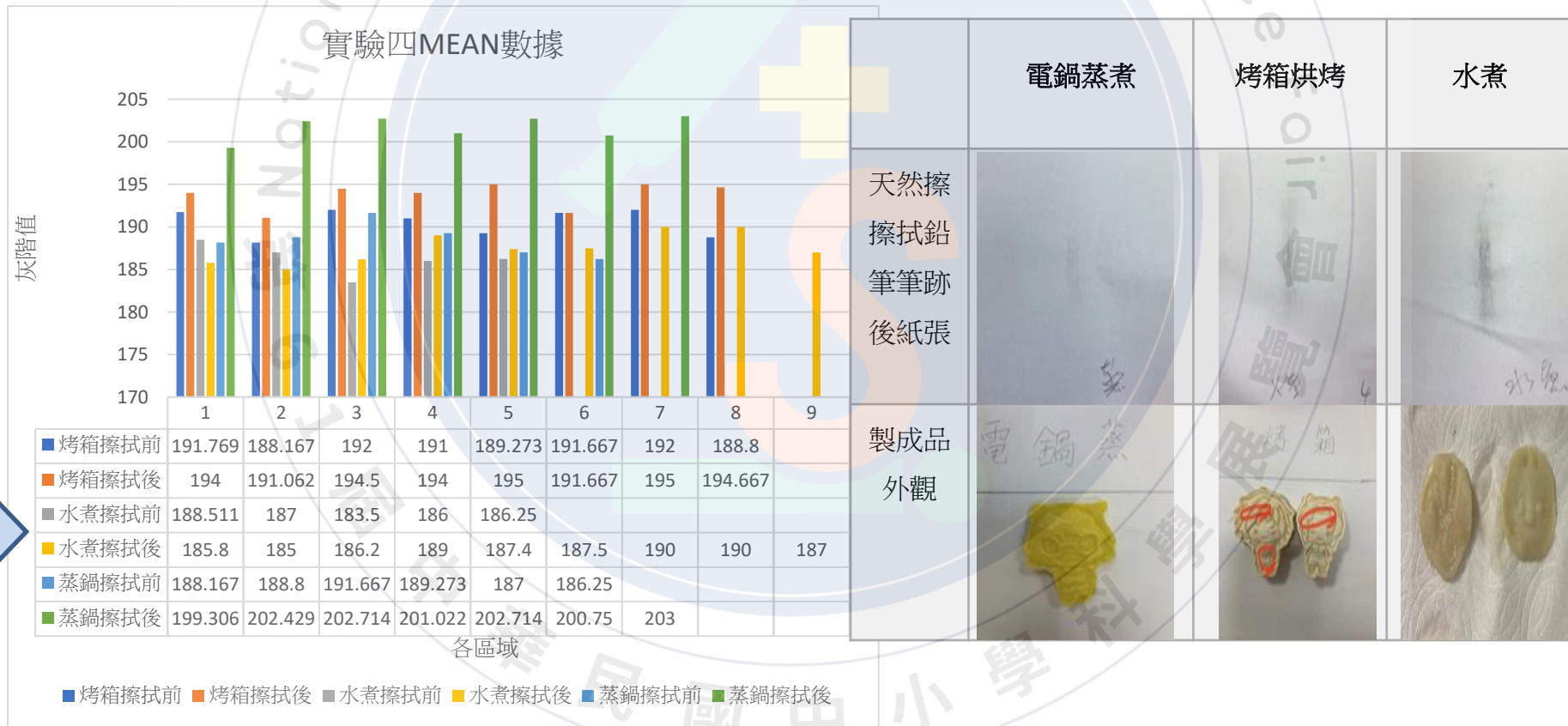
- 含糖製成品沒有明顯裂痕，含鹽製成品擦拭效果比較好。
- 加糖的成品不只難以擦拭鉛筆筆跡反而會把石墨碳粉暈開的更嚴重，有越擦越髒的跡象，而且放在常溫下發現會吸引螞蟻。



實驗四： 麵糰以不同烘培方式所製作成形的差異與擦拭效果

➤結果與討論：

- 以電鍋蒸煮方式，製成品沒有裂痕且擦拭效果比烤箱製作的成品好。
- 以電鍋蒸煮方式，製成品雖然具擦拭效果但擦淨力需要再提升。



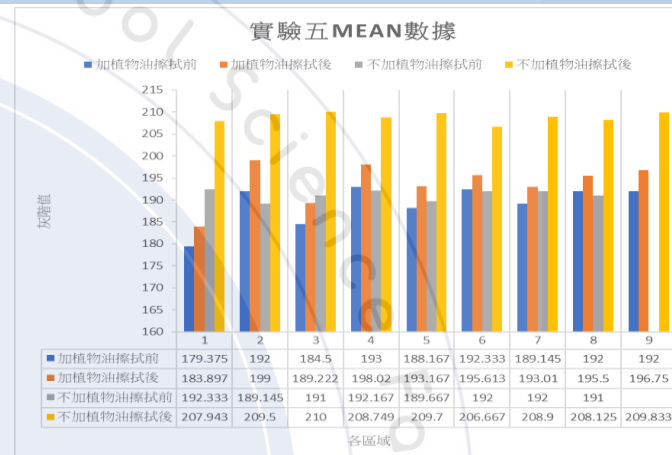
越擦越髒

實驗五

加、不加植物油製作出的成品，比較擦淨效果差異

➤結果與討論：

- 發現不加植物油的配方擦拭後的灰階值達到210，是目前為止擦拭效果最佳的天然擦。
- 使用發現天然擦容易發霉，在室溫下大約只能保存10天。



實驗六

增加食鹽含量探討製成品常溫下防腐效果

➤結果與討論：

- 發現不同食鹽含量的成品在常溫下的防腐期限確實有差異，添加50g食鹽含量的防腐效果最佳。
- 與[實驗五]不加植物油且25克鹽的配方相較之下，發現擦拭效果差了些，但差異性不大。

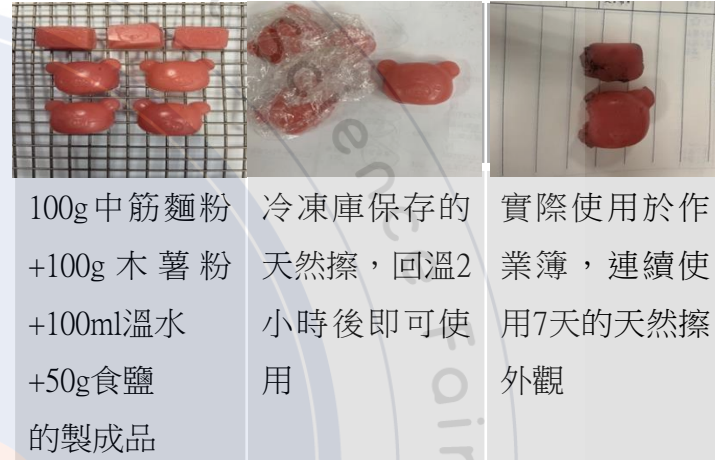
30天後	30g食鹽	35g食鹽	40g食鹽	45g食鹽	50g食鹽
外觀	明顯發霉	明顯發霉	明顯發霉	有霉斑	有些霉斑
數據	Area 90190.4 21μm	Area 79702.7 91μm	Area 55359.6 00μm	Area 51626μ m	Area 1539.62 3μm

實驗七

探討製成品置於冷凍庫的保存與擦拭效果

➤結果與討論：

- 與[實驗六]的常溫數據相較之下，現做的天然擦擦拭灰階值平均約204而冷凍後平均值約201。
- 冷凍庫保存可以延長使用期限，但有可能影響到擦拭效果。



實驗八

生物降解對照實驗

➤結果與討論：

- 土面下觀察第三週挖開泥土天然擦已經被生物降解。
- 土面上觀察第二週有菌絲，週圍有許多微生物，第四週外觀已崩解。



結論

- 本研究研發出以100g中筋麵粉+100g木薯粉+100ml溫水+50g食鹽最佳配方，以電鍋蒸煮的方式自製可造型天然擦。
- 以自造的定量設備獲取科學數據，證實本研究的天然擦具有擦拭鉛筆筆跡的效果。
- 增加食鹽的含量延長常溫下的保存期限，由原本的10天增加為30天。
- 以冷凍方式可以有效保存未使用的天然擦。
- 本研究製作的天然擦可被生物降解。

未來的展望

本研究「DIY天然粉好擦」研究材料全部為天然素材，與某文具品牌「環保無毒」與「地球永續」之經營理念相符，該公司主動表達合作意願。

參考文獻

- 吳昭慧（2016）· 澱粉之王-木薯· 526期科學發展2016年10月專題報導（34-37頁）。
- 食力food NEXT（2018）· 從口感到發酵鹽與糖如何調控麵糰· 取自 <https://www.foodnext.net/science/machining/paper/5852133443>