中華民國第53屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生活與應用科學科

佳作

080814

Let's Play Dough－自製無毒黏土之研究

學校名稱：新北市汐止區秀峰國民小學

作者：	指導老師：
小五 江宜蒨	翁慧娟
小五 李　妍	洪小理
小五 金冠辰	
小五 許　悅	

關鍵詞：黏土、麵糰、柔軟度

摘要

本研究主要在探討影響自製黏土的因素。由於擔心市售黏土是否有化學添加物？進而讓我們有自製安全無毒黏土的念頭。查資料時發現，大家寫的材料比例、作法都不相同，且都需再自行增添麵粉或水量，這讓我們感到疑惑，所以想用科學方法來測量，提供大家一個適合的比例與作法。

我們利用自製的「黏度」、「延展性」與「柔軟度」裝置來測試黏土的性質，再將結果與市售黏土做一比較，並記錄黏土靜置後的情形，藉此判斷出適合的比例與作法。

另方面，選出測試結果較合適的兩種自製黏土，與市售黏土一同進行問卷調查，以瞭解大家對自製黏土的看法。對照問卷調查的結果及實驗觀察的紀錄，提出建議的自製黏土比例與作法，讓大家可以安心享受玩黏土的樂趣！

壹、研究動機

色彩多變的黏土可捏塑成各種形狀，深受小朋友們的喜愛！但是我們有好幾次的經驗，在玩過黏土後，部分皮膚都會起小疹子，不知道是我們本身的體質太過敏感？還是這些黏土所含的化學成分所造成的？

上網查資料時發現，中文裡的「黏土」，英文叫「play dough」，而「dough」指的就是生麵糰。此外，網路上也有不少媽媽擔心黏土的安全問題，而提供了以麵粉來製作黏土的配方，但是網路上每位媽媽的作法，其麵粉、水、和油的份量都不太一樣，連製作方式都有些出入。

於是我們決定要研究出安全無毒的黏土作法，並利用五上「力的測量」單元裡所教到的一些知識，來檢驗我們所做出來的黏土性質，藉此提供一個適合小朋友在家製作黏土的方式，讓大家都可以好好享受到玩黏土的樂趣。

★與課程相關單元：1.三上第四單元「廚房裡的科學」

2.五上第四單元「力與運動」

貳、研究目的

一、比較「市售黏土」的特性。

二、瞭解「自製黏土」的比例與作法。

三、設計測試黏土「黏度、延展性與柔軟度」的裝置。

四、探討麵粉的種類（低中高筋的差別），對於「自製黏土」性質的影響。

五、探討製作方式（加熱與否），對於「自製黏土」的影響。

六、探討麵粉、水、食鹽與油之間的基本比例。

七、探討塔塔粉對於「自製黏土」性質的影響。

八、調查大眾對自製黏土的接受情形。

九、探討自製黏土的保存期限與方式。

參、研究設備及器材

黏度測試裝置	竹筷、橡皮筋、塑膠量杯（雙開口）、壓克力板、木板、泡棉膠帶、彎勾、椅子、砝碼。
延展性測試裝置	塑膠杯（30cc）、透明壓克力盒（一公升）、透明壓克力板、藍色數學積木、黃色數學積木、橘色數學積木、透明格子板。
柔軟度測試裝置	皮尺、塑膠棍、氣球插座、小台車、油土、絕緣膠布、木板、U 形磁鐵、透明壓克力盒（一公升）、透明壓克力盒（100c.c.）、鐵尺、大型量角器。
製作黏土材料	麵粉（低筋、中筋、高筋）、食鹽、水、沙拉油、塔塔粉、檸檬、糯米粉。
其他器材	量筒、燒杯、電磁爐、鍋子、塑膠盤、湯匙、電子秤、塑膠袋、培養皿、「培 X 多」黏土、樹脂土、數位照相機、冰箱、計時器、保鮮膜。

肆、研究過程與方法

一、研究流程

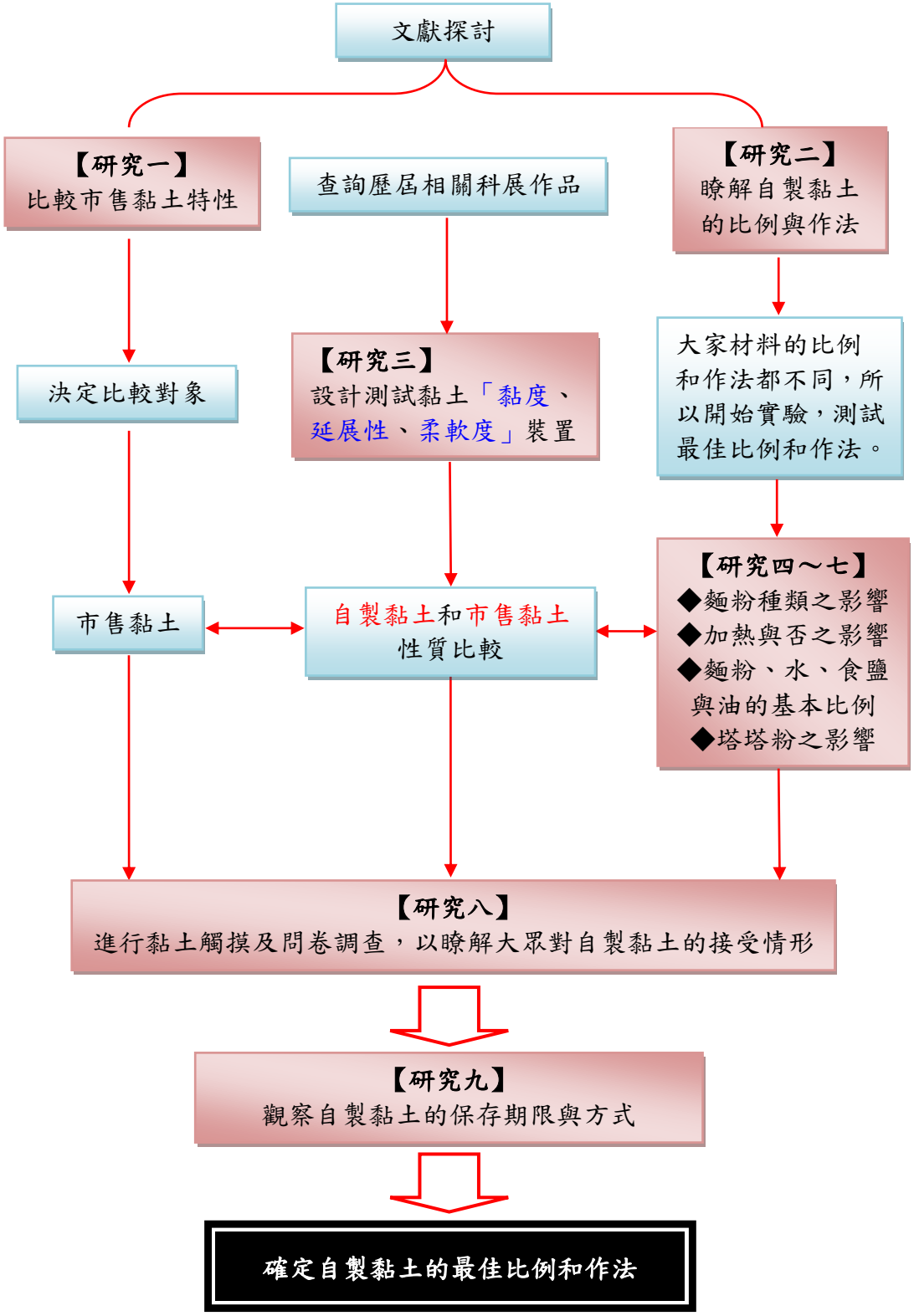


圖1：研究流程圖

二、研究過程

（一）比較「市售黏土」的特性

爲了研究出適合小朋友在家製作的安全無毒黏土，我們先調查市面上適合小朋友使用的黏土種類，瞭解其特性並作一比較（表1）：

表1：市售黏土比較表

特性	**陶土**	**油土**	**紙黏土**	**培╳多**	**樹脂土**	**超輕土**
成分	矽酸、氧化鋁	碳酸鈣、黏劑、滑石粉	紙漿、樹脂、石粉	麵粉糰、食鹽	白膠、澱粉、防腐劑、凡士林	膨脹樹脂、黏劑、水
是否會硬化	會	不會	會	會	會	會
成型方式	燒製	靜置	靜置	靜置	靜置	靜置
黏合方式	用水	直接黏合	用白膠	直接黏合	用白膠	用白膠
可否再重製成作品	未燒製前即可	可	不可	可	不可	不可

整體而言，小朋友在學校美勞課裡使用的黏土種類多爲陶土、紙黏土和油土等，其中，陶土的重量較重，且作品還需進窯燒製才能保存；紙黏土容易龜裂、且不易保存；油土雖然不易變乾，但觸感較硬，不易塑形，所以這些都不是我們想比較的黏土種類。

坊間才藝班多使用樹脂土或超輕土等，這類黏土的質地較輕軟，所以較易塑形，但其成分爲廠商的專利，較難模仿到相似的階段。而爸媽常選購讓孩子在家中使用的是像「培╳多」這類的麵糰黏土，其成分較接近我們的自製黏土。

考量「培╳多」的成分與自製黏土相似，較易達到相似的性質；而「樹脂土」易塑形的特質是我們想要效仿的性質。因此，我們選定「培╳多」作爲研究時主要的比較對象，而「樹脂土」爲參考對象。

（二）瞭解「自製黏土」的比例與作法

我們上網查詢了自製黏土的相關資料（整理如表2），主要是以麵糰來製作安全的黏土，這些配方的材料多是食材，麵粉和水是主要的材料，加入食鹽是爲了防腐，油是爲了避免黏手。

表2：網路自製黏土配方表

作法代號	A	B	C	D	E	F
麵粉	低筋麵粉（2 杯）	中筋麵粉（200g）	麵粉（一杯）	麵粉（400g）	中筋麵粉（400 g ）	麵粉（3杯）
食鹽	1 杯	100g	半杯	200g	100 g	半杯
油	2 湯匙	1 大匙	1 大匙	3 湯匙	不需要	1/4杯
水	水 2 杯	冷水（300cc）	水（一杯）	滾水（500ml）	水（250 g ）	水（1杯)
塔塔粉	4 湯匙	2 茶匙	1 大匙	不需要	2 匙	不需要
加熱拌勻	需要	需要	需要	需要	需要	不需要

從上表，我們發現：

（1）這些材料有的是用容量來計算，有的是以重量來計算。但用容量計算的「量杯」，又未說明是哪一種量杯。（標準量杯依國家不同又分數種，200cc、220cc、240cc、250cc等。）且麵粉及食鹽顆粒排列的鬆緊不一，會影響其容量大小，所以我們決定用「重量」計量，來進行自製黏土比例的相關實驗。

（2）部分作法並未說明麵粉種類，而麵粉之所以有低中高筋之分，就在於麵粉裡的蛋白質成分多寡。「高筋麵粉」含有約 11.5 ~ 14% 左右的蛋白質，筋度大、黏性強；「中筋麵粉」含有約 9.5 ~ 11.5% 左右的蛋白質，含量適中，因此筋度及黏度較均衡，是適用範圍最廣泛的麵粉種類；「低筋麵粉」含有約 6.5 ~9.5% 左右的蛋白質，由於含量是所有麵粉中最低的，因此不論筋度及黏度較低。到底低、中、高筋麵粉對黏土性質有何影響呢？進行【研究四】。

（3）這些作法大致可分爲有兩類：一類是不需加熱拌勻的作法；另一類需經加熱拌勻，且多需加入塔塔粉。但這兩種不同的製作方式，會對黏土造成何種影響呢？進行【研究五】。

（4）這些作法雖然都告知各種材料的量，但都建議麵粉和水的量要自行增減，直到不黏手爲止。由於這些作法的麵粉與食鹽比例皆接近2：1，且食鹽的作用在於防腐，油的作用在於不黏手，因此，我們將進行【研究六】，針對麵粉與水量進行實驗，以瞭解麵粉與水量對黏土性質的影響。

（5）「塔塔粉」的學名爲「酒石酸氫鉀」，在製作糕點時加入塔塔粉是爲了幫助蛋白打發，烘焙專家建議若沒有塔塔粉，可以用三倍量的檸檬汁代替。但自製黏土的配方中並沒有蛋白，且未說明塔塔粉的功用。由於有需加塔塔粉配方的作法，皆需加熱，到底塔塔粉的性質是否需經加熱才得以發揮？對黏土性質又有何影響？進行【研究八】。

（三）設計測試黏土特性的裝置

爲了檢測「自製黏土」的性質是否接近「市售黏土」？在考量黏土所應具備的性質後，我們決定以「黏度」、「延展性」以及「柔軟度」等項目來測試自製黏土。爲了研究出最適合自製黏土的測試裝置，我們先調查全國科展作品有關的裝置後，分析如下表：

表3：科展作品相關裝置分析表

作品名稱	相關裝置	可應用的優點	需改良的地方
黏土萬用在哪裡？	黏度裝置	• 利用重力來測試黏度	• 應控制好定量的黏土來進行測試。
好玩的鼻涕蟲	黏度裝置	• 使用固定重量的螺帽來作爲測試單位，可方便比較黏度。 • 以瓶蓋選取鼻涕蟲的量，可使測試量穩定。	• 裝螺帽用的底座，容易被手碰到而掉落。 • 選取鼻涕蟲的瓶蓋爲不透明的，很可能內部角落未填滿測試量而不自知。
	延展性裝置	• 以體積來選取定量的測試物。 • 使用格子紙可方便計算延展面積的大小。	• 按壓的壓克力板是從側面往下壓，非正向力。 • 僅讓兩片壓克力板疊合，不能控制好每次下壓的力量大小。
QQ變形蟲	延展性裝置	• 以重量來選取定量的測試物。 • 使用格子紙可方便計算延展面積的大小。	• 加壓的砝碼可能會因重心偏移而傾斜下壓。 • 加壓時間僅10秒，稍嫌不足。
「零漬靈」——大家一起來玩黏巴達	延展性裝置	• 以重量來選取定量的測試物。 • 使用有格子的切割墊，可方便計算延展面積的大小。	• 僅以裝水的燒杯下壓，燒杯的重心易偏移而傾斜。

綜合上表結果，在黏度裝置方面：我們決定以透明的盒子選取黏土，以幫助我們確認所選取的黏土量是否相同？另方面，我們利用砝碼的重力，來檢驗每種黏土的黏度。

在延展性裝置方面：爲了解決「下壓重物的重心會傾斜」的問題，我們利用學校教具中的數學積木盒來固定下壓重物的方向。此外，數學積木盒的凹痕，也方便我們計算黏土的延展面積。

在柔軟度裝置方面：由於沒有較適合的參考作品，所以我們決定應用五年級自然課所學到「力與運動」的相關知識，利用台車受重力下滑時的力量，來測試黏土的柔軟度。

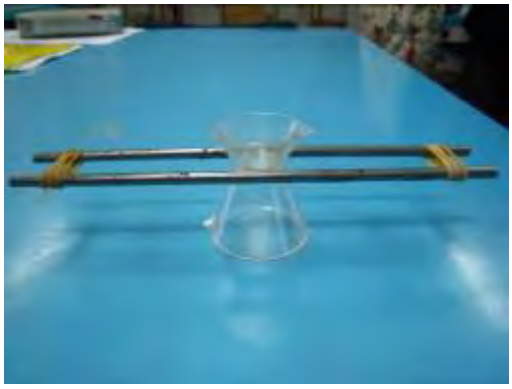
此外，為了有效運用學校的資源，會盡量以學校現有的教具來製作測試裝置，本研究使用的測試裝置如下：

1.黏度測試裝置

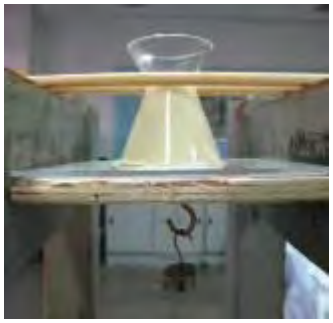
（1）製作黏度測試板

 a.取一透明壓克力板，以泡棉膠帶固定在木板上。	 b.將彎勾固定在木板之中心點上。

（2）製作黏土量杯

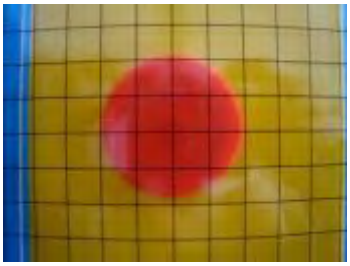
 a.取一雙開口之塑膠量杯。	 b.以橡皮筋將棒子固定在凹陷處即可。

（3）進行黏度測試實驗

 a.先取出適量的自製黏土放於黏土量杯中，並按壓在黏度測試板上。	 b.清除多餘黏土，以取得定量的黏土。	 c.將黏度測試板置於等高的椅子上。
 d.在黏度測試板下方的掛勾上掛上砝碼。	 e.依序加上砝碼，直到黏度測試板與黏土分離爲止。將板子分離前的砝碼數記爲該黏土的黏度。	

2.延展性測試裝置

 a.以30cc的塑膠杯取出定量的黏土。	 b.將黏土搓成圓形。	 c.在一公升的透明壓克力盒底部先放上藍色數學積木，再墊上一片透明壓克力板，最後將搓圓的黏土置於其上。

 d.放上黃色數學積木。	 e.在黃色數學積木上方放1公斤重的橘色數學積木，並靜置2分鐘。	 f.取出黏土，並以透明格子板覆蓋其上，數一數有幾格格子被蓋到，即可得知該黏土之延展性。

備註：（1）使用透明壓克力盒是爲了讓黃色數學積木在往下壓時，能固定往下的方向，使其平均的壓在黏土上，而不至於傾斜下壓。（請見步驟d之圖）

（2）藍色數學積木上方所放的透明壓克力板，是爲了避免在將黏土取出時，黏土會同時陷在上方的黃色數學積木以及藍色數學積木的細縫中，因而影響實驗結果之判讀。（請見步驟d之圖）

（3）在透明壓克力盒之底部，先放置一塊藍色數學積木，爲的是讓實驗完的黃色數學積木能高於透明壓克力盒，好方便取出黃色數學積木及黏土。（請見步驟e之圖）

3.柔軟度測試裝置

（1）製作測試台車（如圖2）

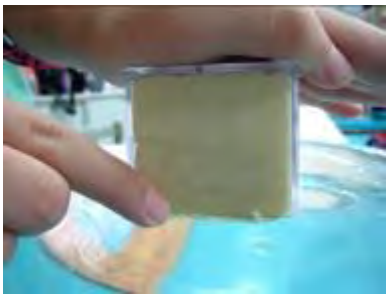
a.取一塑膠棍，將皮尺固定其上，製成皮尺棍，以方便測量黏土之下陷情形。

b.另取一台小台車，在前方固定一個氣球插座，其內塞入適量的油土，將前面製作好的皮尺棍固定在氣球插座上。

c.在台車內放上一個U形磁鐵（950克重）以增加其重量。

圖 2

（2）測試柔軟度

 a.以透明大燒杯爲底，鋪上保鮮膜以避免黏土黏在其上。	 b.以100c.c.之透明壓克力盒裝入適量的黏土，並按壓在大燒杯上，以取出一平整面之黏土。	 c.取一60公分長的木板作爲跑道，木板一端下方墊兩個1公升之壓克力盒，使得木板固定在離桌面約15度。
 d.將黏土放在木板底端	 e.將皮尺棍對準跑道中線，以鐵尺固定台車起跑位置。	 f.放開台車後計時兩分鐘，再測量皮尺棍之下陷深度，即可得知該黏土的柔軟度。

（四）自製黏土製作過程

1.不需加熱的自製黏土製作步驟

 a.先取麵粉、食鹽、水和油備用。	 b.將食鹽溶入熱水中。	 c.將油和鹽水加入麵粉中攪拌。

 d.繼續加麵粉或水，直到可將麵糰揉至三光（手光、麵光、盆光）為止。	 e.完成自製黏土。

2.需加熱的自製黏土製作步驟

 a.先取麵粉、食鹽、水和油備用。	 b.將食鹽溶入熱水中。	 c.將油和鹽水加入麵粉中攪拌。
 d.拌勻後開始加熱。	 e.麵糰變色且不易攪動時熄火。	 f.取出揉勻後即為成品。

（五）自製黏土測試過程

1.針對欲研究的變因進行黏土製作。

2.進行「黏度、延展性、柔軟度」測試，每種項目均進行三次測試，再取平均值作為該黏土的數據。（若有較大差異時，會進行五次測試，刪除兩個極端值後再取平均。）

3.將測試結果與市售黏土做一比較。

4.進行自製黏土靜置觀察紀錄。

（六）問卷調查過程

綜合實驗結果，選定兩種測試結果較佳的自製黏土，與培X多和樹脂土放入箱子中，讓201位同學測試黏土的觸感，並請同學填寫問卷（如附件）。問卷收回統計時，第一名給4分，第二名給3分，第三名給2分，第四名給1分。最後對照總分與同學對該黏土的感受，以瞭解同學對自製黏土接受情形。（如圖3）

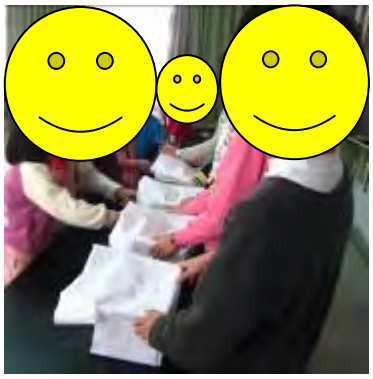


圖 3

伍、研究結果與討論

一、探討麵粉的種類（低中高筋的差別）對於「自製黏土」性質的影響

（一）實驗控制

實驗前初試，自製黏土能達到三光之比例初步定為：麵粉（100g）、食鹽（50g）、水（100ml）、油（4ml）。為了要瞭解不同麵粉種類所造成的影響，因此本次實驗的操縱變因：「麵粉種類」（高、中、低筋麵粉），控制變因：麵粉（100g）、食鹽（50g）、水（100ml）、油（4ml）、不加熱。

（二）實驗結果

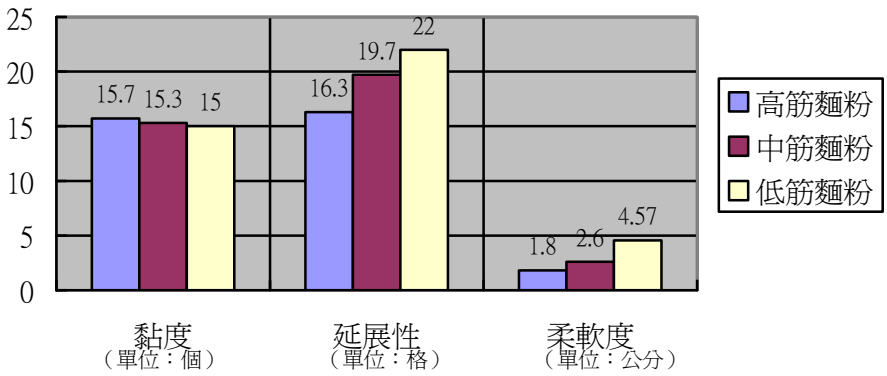


圖 4：麵粉種類與黏土性質關係圖

（三）討論

1.由「圖4」可知，不同麵粉種類的黏度比較：高筋＞中筋＞低筋，但差異不大；延展性比較：低筋＞中筋＞高筋；柔軟度比較：低筋＞中筋＞高筋。

2.在整個製程中，由於高筋麵粉的蛋白質含量較高，筋度較高，所以揉捏過程較為費力；而低筋麵粉過的蛋白質含量較低，筋度較低，其所製成的黏土過於柔軟；相形之下，中筋麵粉所製成的黏土不會太硬也不會太軟。所以，我們決定以中筋麵粉為材料，進行其他實驗。

二、探討不加熱時，麵粉、水、食鹽與油之間的基本比例

（一）實驗控制

本次實驗的操縱變因：中筋麵粉量（100g、125g、135g）；控制變因爲：食鹽（50g）、水（100ml）、油（4ml）、不加熱。

（二）實驗結果

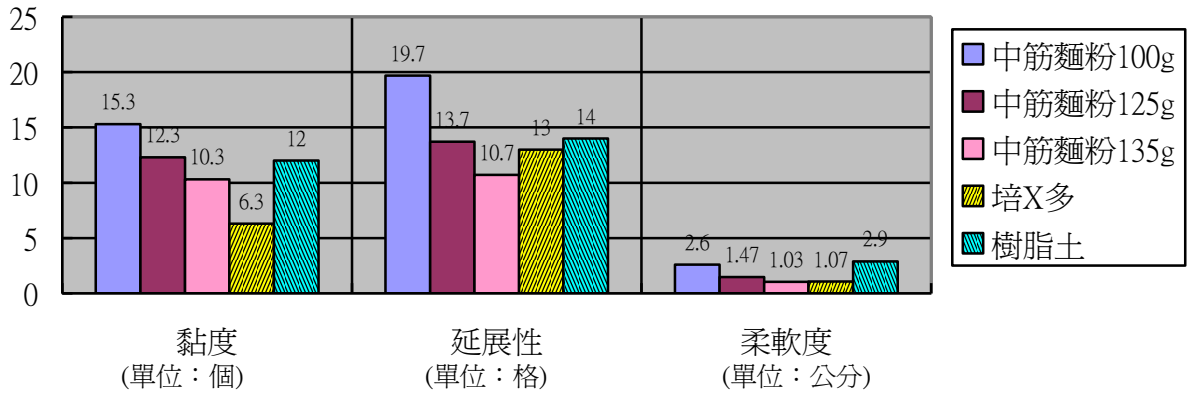


圖 5：麵粉量與黏土性質關係圖

表4：不同麵粉量之自製黏土靜置後的比較表

	中筋麵粉（100g）	中筋麵粉（125g）	中筋麵粉（135g）
當天樣貌			
兩天後樣貌			

（三）討論

1.不同麵粉量的黏度：麵粉量越多，黏度越低。其中，以中筋麵粉125g的比例較接近樹脂土的黏度。

2.不同麵粉量的延展性：麵粉量越多，延展性越小。其中，以中筋麵粉125g的比例較接近培X多與樹脂土的延展性。

3.不同麵粉量的柔軟度：麵粉量越多，柔軟度越低。其中，以中筋麵粉100g的比例較接近樹脂土的柔軟度；以中筋麵粉135g的比例較接近培X多的柔軟度。

4.整體而言，中筋麵粉125g的黏土性質較接近市售黏土。因此，我們決定以中筋麵粉（125g）、食鹽（50g）、水（100ml）、油（4ml）爲基本比例進行其他實驗。

5.從「表4」看來，無論哪種麵粉量的黏土，在靜置一天後其表面就出現光澤，表示有出水的現象，推論是由於自製黏土中的鹽粒尚未完全溶解，且黏土仍爲生麵糰，置於空氣中易因受潮，而使黏土有出水的現象，因此進行需加熱的作法之相關實驗。

三、探討有無加熱對於「自製黏土」性質的影響

（一）實驗控制

若以不加熱的材料比例進行加熱，則會因水量太少而無法攪動，所以，在需加熱的作法中，水至少要調整到120ml才能攪拌；但不需加熱的作法中，若水量也調整爲120ml時，會因水量太多而無法達到三光的情形。因此，操縱變因雖爲「加熱方式」，但這兩者的水量會有所差異（無加熱，水量100ml；有加熱，水量120ml）。控制變因爲：中筋麵粉（125g）、食鹽（50g）、油（4ml）。

（二）實驗結果

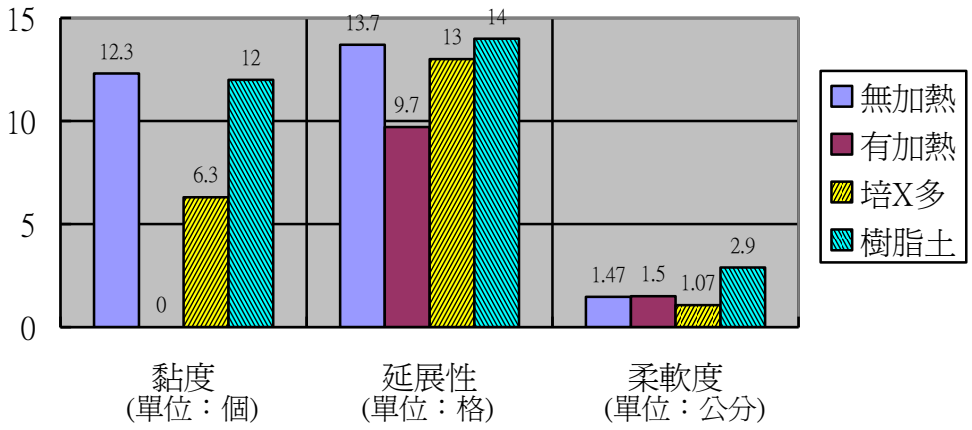
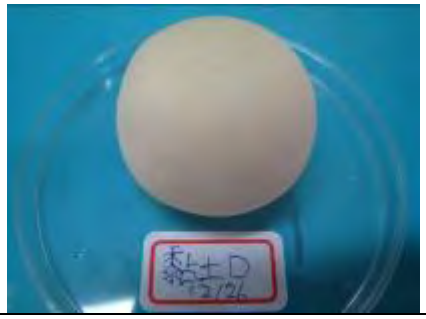


圖 6：有無加熱與黏土性質關係圖

表5：有無加熱之自製黏土靜置後的比較表

	無加熱	有加熱
當天樣貌		
靜置一天樣貌		

（三）討論

1.從「圖6」可知，有加熱的自製黏土其黏度爲0，表示其黏度小於黏度測試板的重量，可能是水分太少的緣故，從其表面仍可見麵粉碎屑可見一斑（表5中的右上和右下圖）。

2.由「圖6」可知，有加熱的自製黏土其延展性較差，但柔軟度與無加熱的自製黏土則差異不大。

3.由「表5」看來，靜置一天後，無加熱的黏土其表面出現光澤，表示有出水的現象，但有加熱的黏土狀況仍然很不錯，推論自製黏土若想在常溫下保存，則需經加熱的過程。

4.由於有加熱的自製黏土在水量120ml的狀況下的黏度不理想，因此進行需加熱時的理想水量實驗。

四、探討加熱時，麵粉、水、食鹽與油之間的基本比例

（一）實驗控制

由表二中網路上的各種作法可知，需加熱的作法皆需加入塔塔粉，因此我們以前項實驗之比例，並皆加入塔塔粉進行實驗。操縱變因：水量（120ml、140ml、160ml、180ml）；控制變因：中筋麵粉（125g）、食鹽（50g）、油（4ml）、塔塔粉（2.5g）、需加熱。

（二）實驗結果

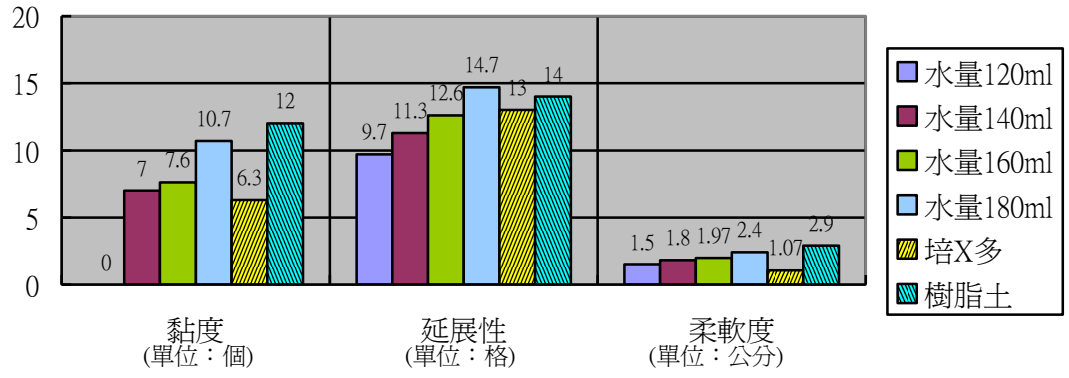


圖 7：水量與黏土性質關係圖

（三）討論

1.由「圖7」可知，水量越多，黏度越高，但水量140ml與160ml的黏度差異不大，皆較接近培X多的黏度。水量越多，延展性越大，其中，以水量160ml與180m的比例較接近培X多與樹脂土的延展性。水量越多，柔軟度越高，其中，以水量180m的比例較接近樹脂土的柔軟度。

2.整體而言，水量160ml的比例較為接近我們欲參考的培X多性質。因此，我們決定以中筋麵粉（125g）、食鹽（50g）、水（160ml）、油（4ml）、塔塔粉（2.5g）為需加熱的基本比例。

五、探討塔塔粉之功用

（一）實驗控制

為了瞭解自製黏土中塔塔粉的功用，本次實驗操縱變因：塔塔粉的量（0g、2.5g、5g），控制變因為：中筋麵粉（125g）、水（160ml）、食鹽（50g）、油（4ml）、需加熱。

（二）實驗結果

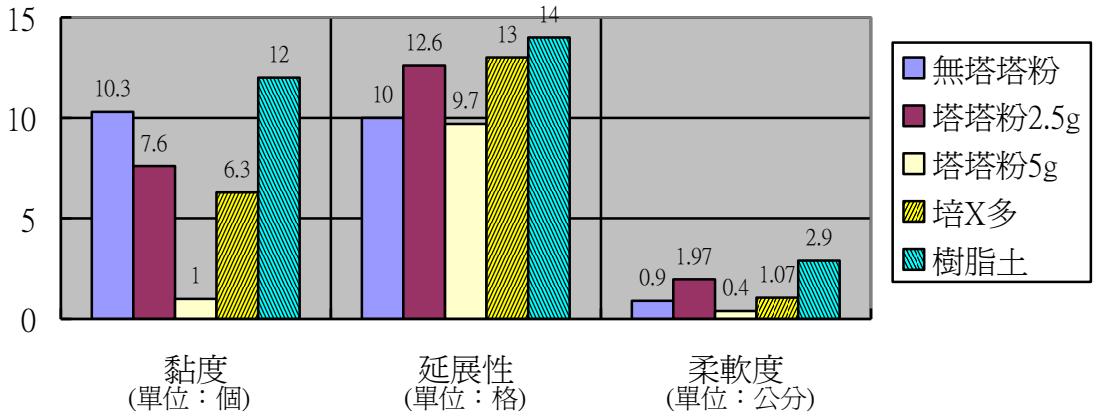


圖 8：塔塔粉量與黏土性質關係圖

（三）討論

1.由「圖8」看來，在有加熱的情形下，無塔塔粉的黏土與加2.5g塔塔粉的黏土黏度，皆接近市售黏土的黏度。但若塔塔粉加至5g時，黏度則過低。加2.5g塔塔粉的黏土其延展性與柔軟度皆較為接近市售黏土的性質。

2.整體而言，有加塔塔粉的黏土其延展性與柔軟度皆較佳，但若加過多會變得過硬，因此約加2.5g即可。

3.加2.5g塔塔粉的黏土，在搓揉時較有彈性。因此在下一個取代試驗中，將以糯米粉來進行實驗，以瞭解糯米粉是否也具有同樣的功用。

六、探討塔塔粉之取代性

（一）實驗控制

所查詢的資料中專家建議，若沒有塔塔粉可用約三倍量的檸檬汁代替，但由於檸檬汁為液體，因此為了瞭解檸檬汁的替代效果，會將水量減少為150ml；而加塔塔粉（2.5g）、糯米粉（2.5g）的黏土，水量則維持在160ml。本次實驗的操縱變因：塔塔粉（2.5g）、糯米粉（2.5g）、檸檬汁（10ml），控制變因為：中筋麵粉（125g）、食鹽（50g）、油（4ml）、需加熱。

（二）實驗結果

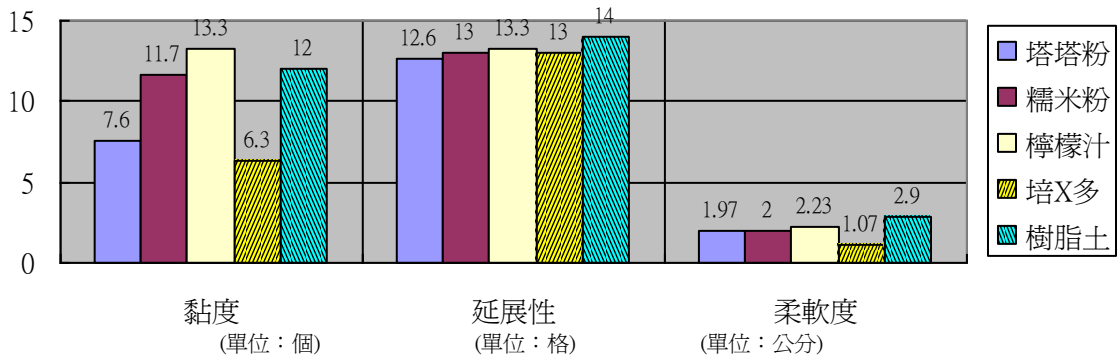


圖 9：添加物與黏土性質關係圖

（三）討論

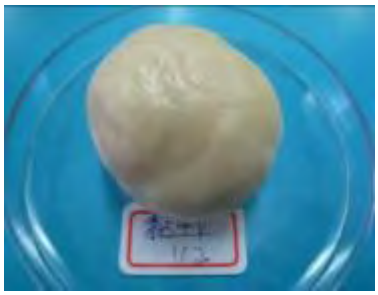


圖 10

1.黏度比較：塔塔粉＜糯米粉＜檸檬汁，而加塔塔粉的黏度與培X多較接近；加糯米粉和檸檬汁的黏度與樹脂土較接近。

2.延展性與柔軟度比較：塔塔粉＜糯米粉＜檸檬汁，但差異不大。

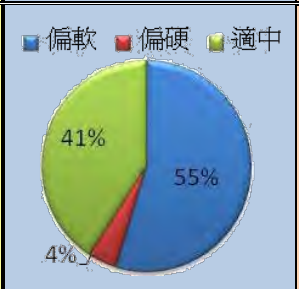
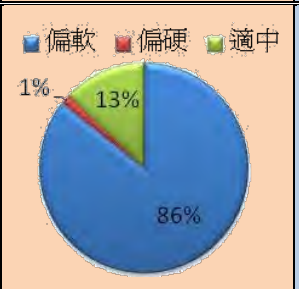
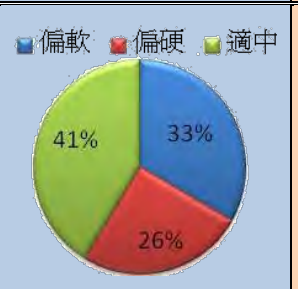
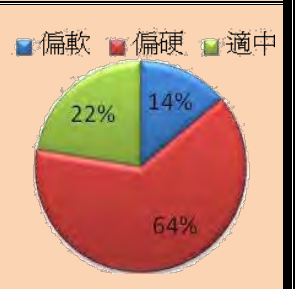
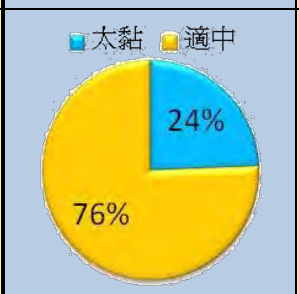
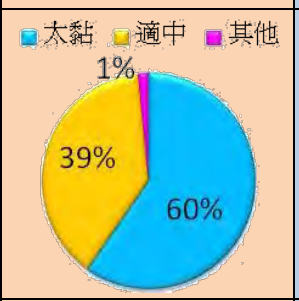
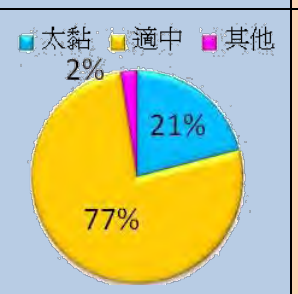
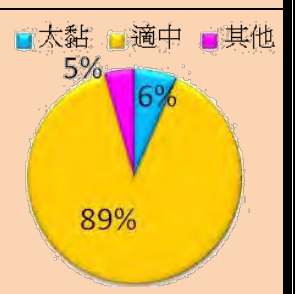
3.整體而言，添加塔塔粉的黏土會有一股淡淡的酸味；而加檸檬汁的黏土，即使已減少的部分水量，但仍較為柔軟易捏，且有檸檬的清香。而加糯米粉的黏土在測試性質時，其效果雖然不錯，但兩天後其表面就已有光澤且會黏手（如圖10），所以不建議用來取代塔塔粉。

七、調查大眾對自製黏土的接受情形

（一）統計結果

綜合實驗結果，我們選定添加塔塔粉以及檸檬汁的自製黏土，與培X多和樹脂土等黏土，讓201位同學進行問卷調查，其統計結果如下表：

表6：黏土問卷統計表

黏土名稱 / 評比內容	塔塔粉	檸檬汁	培X多	樹脂土
軟硬度感受				
黏度感受				
喜好情形總分	556分	584分	428分	370分

（三）討論

1.添加塔塔粉的黏土約有55%的同學認為偏軟，76%的同學認為黏度適中。添加檸檬汁的黏土約有86%的同學認為偏軟，60%的同學認為黏度太黏。培X多約有41%的同學認為軟硬適中，77%的同學認為黏度適中。樹脂土約有64%的同學認為偏硬，89%的同學認為黏度適中。但在實際以柔軟度裝置測試時，樹脂土的柔軟度是最軟的黏土，推論會讓同學感到較硬，是由於樹脂土的成分與其他以麵糰為主的黏土不同，在使用過程中需以保鮮膜密封保存，否則容易乾硬。而在讓同學觸摸的過程中，無法一直以保鮮膜封存，因此該黏土的性質會較硬。

2.喜好情形的總分比較：檸檬汁＞塔塔粉＞培X多＞樹脂土。由此可見，大部分的同學較喜愛軟硬度偏軟的黏土，此外，我們的自製黏土也被大部分的同學所接受。

八、觀察自製黏土適合的保存期限與方式

（一）觀察方法

為進一步瞭解自製黏土的可用期限，以及適合的保存方式，將未加熱、塔塔粉以及檸檬汁等三種製程的的自製黏土，分別以「保鮮膜密封」和「置於空氣中」兩種方式觀察，進行一個月的觀察紀錄，以瞭解自製黏土的保存情形。

（二）觀察結果

	未加熱	加塔塔粉	加檸檬汁
製成樣貌			
置於空氣中	隔天就有乾硬的情形，約一週後開始出水、變形。 一週後	表面有淡淡的白色粉末（如箭頭所示），觸感也有些乾硬，但仍有彈性。 一週後	一週後表面有一層淡淡的白色粉末，觸感也有些乾硬。 一週後
保鮮膜密封	觸感較「置於空氣中」的黏土為佳，但摸起來皆有鹽粒感，兩週後便出水且會沾黏保鮮膜。 兩週後	一個月後性質仍佳，依然很好塑形。 一個月後	黏土越來越軟，一個月後黏得無法與保鮮膜分離。 一個月後

（三）討論

1.靜置於空氣中的黏土易有乾硬的情形，而有用保鮮膜密封後，再放入冰箱保存的黏土則可有較長的使用期。

2.三種配方中，以加塔塔粉的黏土狀況最佳。在冬天，即使不放冰箱僅以保鮮膜封存，在30天後仍具有彈性、容易塑形。（圖11為加塔塔粉的黏土，在密封30天後才製成的作品。）

3.未加熱的黏土會有出水的問題，若做成作品也無法成形超過三天，因此未加熱的黏土配方僅建議當天使用。

4.加檸檬汁的黏土，性質會較加塔塔粉的黏土稍軟些，建議若無塔塔粉時，可以用檸檬汁代替，但使用期約兩週左右。

圖 11

陸、結論與建議

一、**麵粉種類的影響：**蛋白質含量較高的高筋麵粉，因其筋度較高、黏性強，所以製成的黏土黏度較高，但延展性和柔軟度較不足；反之，低筋麵粉製成的黏土，則顯得黏度較低，延展性和柔軟度較高；而中筋麵粉的性質較為適中，較適合用來製作黏土。

二、**製作方式的影響：**未經加熱的黏土會因鹽粒尚未完全溶解，揉捏時會有顆粒感，且因黏土仍為生麵糰，置於空氣中易因受潮，而使黏土有出水的現象；有經加熱的黏土，則因鹽粒能充分溶解，所製成的黏土較無顆粒感，且麵糰經煮熟後，即使置於空氣中，也較不易有出水的情形。

三、**麵粉與水量的影響：**麵粉的量越多，黏度越低，延展性越小，柔軟度也越低。水量越多，黏度越高，延展性越大，柔軟度也越高。

四、**塔塔粉的影響：**塔塔粉的量越多，黏度越低；但過多的塔塔粉反而讓延展性變小，柔軟度也變低。可見，塔塔粉可讓自製黏土更有彈性，但加入的比例不宜過多。

五、**自製黏土的建議配方：**本研究提出以下兩種建議配方，如圖 12。

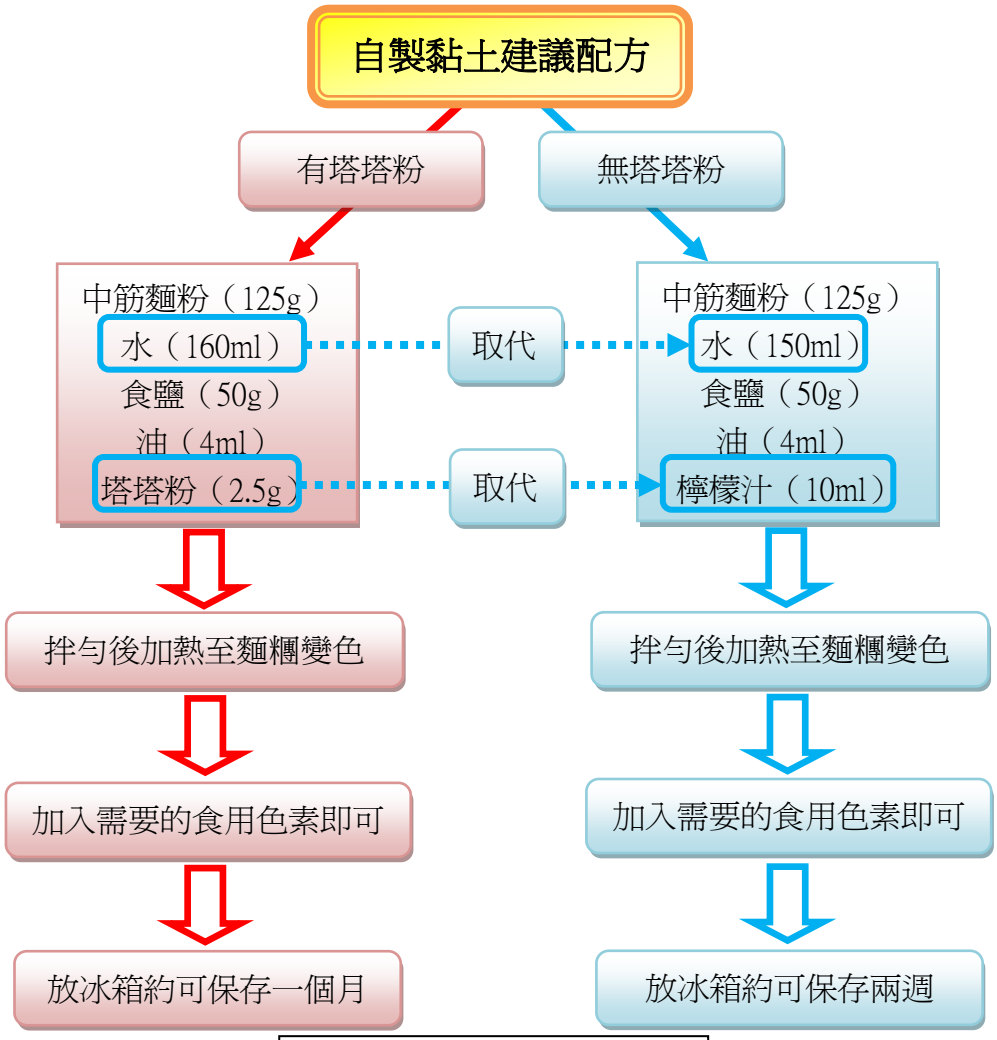


圖 12：自製黏土建議配方圖

柒、研究省思

一、研究的重要性

（一）利用簡單素材製作安全黏土：我們利用了簡單食材所做的麵糰黏土，一個拳頭大小的黏土成本僅約十元左右；但同樣大小的培 X 多黏土，約要三十多元；樹脂土更貴，約要五、六十元。因此，我們的配方不僅成本較為便宜，材料也可輕易在市面上買到，讓大家更方便在家享受玩黏土的樂趣。

（二）運用現有教具研發裝置，發揮巧思展現環保精神：廠商每年配發新的教具，因此教具室堆了不少寶貴、卻不常使用的教具。我們努力研究，希望能結合所學將這些資源加以運用，我們利用了台車、磁鐵、數學積木、學摩擦力時的木板、皮尺、大大小小的透明塑膠量杯等教具，組合成黏土測試裝置。在我們完成研究之後，這些教具也多能再回復原貌，提供學生學習，這份巧思其實也展現了我們愛地球的一份心意。

二、未來研究的方向

（一）檢測裝置之改良：在「黏度」測試方面：是比較起其他兩個項目，較需測試到五次，刪除兩個極端值後再取平均的項目，我們檢討其原因，覺得若將黏度測試板加以改良，可改進其缺點。而在「柔軟度」測試方面：測試柔軟度裝置的台車，是以絕緣膠布和油土將棍子固定的，在實驗後期，因長期使用與保存不當的緣故，棍子逐漸會往下垂，常需以手再次調整其方向，這部分可改良固定棍子的方式，以獲得更精確的數據。

（二）環境影響的考量：我們的研究主要在冬季進行，當時的氣溫較低，因此黏土即使不放冰箱保存，狀況也很不錯。夏季再次檢視研究成果，多需以冰箱封存才能維持黏土的狀況，這個環境溫度所造成的影響，是我們目前還未能有確切答案的部分。

捌、參考資料

一、自製安全黏土 2013 年 5 月 28 日，取自：http://life.easy-co.com/forum/viewthread.php?action=printable&tid=333

二、自製黏土 2013 年 5 月 28 日，取自：http://tw.myblog.yahoo.com/jw!rIhQ2cSfERpMg4SkV6oadA--/article?mid=716

三、李玟締、賴安萱（2010）。「零滯靈」－大家一起來玩黏巴達。**中華民國第五十屆中小學科學展覽會作品說明書**。

四、林愷博等（2009）。QQ 變形蟲。**中華民國第四十九屆中小學科學展覽會作品說明書**。

五、玩黏土囉！2013 年 5 月 28 日，取自：http://niousiaoning.pixnet.net/blog/post/36450919

六、保姆研究小組（2012）。**保姆人員丙級技能檢定學術科通關密笈**。松根出版社。

七、張佑慈等（2004）。好玩的鼻涕蟲。**中華民國第四十四屆中小學科學展覽會作品說明書**
八、程修和（2009）。**食物學原理**。華都文化。
九、傅意珍、孫昭明（2009）。黏土萬用在哪裡。**中華民國第四十九屆中小學科學展覽會作品說明書**。
十、塔塔粉的作用（周老師的美食教室）。2013 年 5 月 28 日，取自：
http://homeeconomics.pixnet.net/blog/post/66280333-207
十一、黏土的種類與使用心得。2013 年 5 月 28 日，取自：
http://blog.roodo.com/michelleoboe/archives/10276621.html

附錄

黏土喜好大調查

小朋友，請將你觸摸黏土後的感受寫下來，並排出你對黏土的喜愛順序，謝謝你協助完成本次的黏土喜好調查工作！

1. **黏土甲**的特性：

軟硬度（勾選）	□偏軟　□偏硬　□軟硬適中	其他感受＿＿＿＿＿＿＿＿
黏　性（勾選）	□太黏　□黏度適中	

2. **黏土乙**的特性：

軟硬度（勾選）	□偏軟　□偏硬　□軟硬適中	其他感受＿＿＿＿＿＿＿＿
黏　性（勾選）	□太黏　□黏度適中	

3. **黏土丙**的特性：

軟硬度（勾選）	□偏軟　□偏硬　□軟硬適中	其他感受＿＿＿＿＿＿＿＿
黏　性（勾選）	□太黏　□黏度適中	

4. **黏土丁**的特性：

軟硬度（勾選）	□偏軟　□偏硬　□軟硬適中	其他感受＿＿＿＿＿＿＿＿
黏　性（勾選）	□太黏　□黏度適中	

5. **喜愛程度**：（最喜歡的黏土排在最左邊）

黏土（　）＞黏土（　）＞黏土（　）＞黏土（　）

【評語】080814

1. 環保觀念與無毒環境的推廣，讓作品的重要性突顯。

2. 作品可供作教具學習與藝術創作用。

3. 製作過程合乎科學方法，且循序探索。