

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030809

石化豆花－可以吃的粉筆！

學校名稱：花蓮縣私立海星高級中學

| | |
|--|-------------------------|
| <p>作者：</p> <p>國二 孔祥瑜</p> <p>國二 張芳瑀</p> | <p>指導老師：</p> <p>魏佩瑩</p> |
|--|-------------------------|

關鍵詞：粉筆、食用石膏

摘要

本實驗主要是著重在如何做出環保、可食用又不傷身的粉筆，以碳酸鈉加食用石膏為雛型，加入各種不同的物質(食品)，做出成品，並由實驗得知我們的自製粉筆密度較大、粉塵量較少且毒性也較小。雖在成本上比市售的粉筆成本高一些，但是可以回收再製，經濟效益好。

壹、研究動機

一下課，走到講臺上準備問老師剛剛上課沒聽懂的部份。突然發現不知道是因為老師上課實在太難以理解還是同學們素質偏低，排了一大串人都是來問問題的。無聊的我邊默默的排到後面，邊玩起了板溝槽裡的粉筆，後來便拿起盒子端詳。突然在”原料”的那一行看到：”豆腐石膏（與製作豆花原料相同）”這句話，真令我驚訝呢！原來粉筆跟豆花的主要原料是一樣的啊！那——粉筆也能吃嗎？

詢問老師後發現，原來粉筆真的能吃！不過當然對身體也是會有負擔，而且粉筆在書寫時的粉塵不易溶解，老師們深受其害啊！因此我們便有了一個構思：那如果研究出可以吃又較易溶解的粉筆，是不是就能改善老師們在課堂上使用黑板時難受的情況了呢？

貳、研究目的

我們希望能在研究的過程中，做出自製的粉筆，並符合我們原先可食用、可溶且較不傷身的原則，這也是為了保障老師們在寫黑板時自身以及坐在前排同學們的空氣品質。

為此我們規劃了五個階段的實驗，並期望能達成以下六點目的：

- 一、找出可替代一般市售粉筆原料之物質。
- 二、找出可食用且不影響書寫品質之物質加入其中。
- 三、自製粉筆較一般市售粉筆可溶、且密度較大，粉塵量少。
- 四、自製粉筆在毒性方面較一般市售粉筆小。
- 五、自製粉筆的可食用性及其食用量
- 六、自製粉筆改良並能夠回收再製。

參、研究器材

(一) 食用粉筆(基本)

1. 食用石膏(用於固定)
2. 水與乙醇〈95%〉
3. 食用色素(紅、黃、藍、綠)
4. 碳酸鈉
5. 碳酸氫鈉
6. 地瓜粉
7. 碳酸鎂
8. 硫酸鈣
9. 碳酸鈣

(二) 配料(用來比較)

1. 食鹽
2. 葡萄糖
3. 米飯
4. 鈣片
5. 維他命 E
6. 橄欖油

(三) 其它(調配粉筆用)

1. 電子秤、秤量紙、刮杓(秤粉筆的配料用)
2. 燒杯、量筒、玻璃棒、酒精燈、石棉心網、三腳架(調粉筆用)
3. 照相機、筆記本(記錄用)

(四) 模型

1. 粗吸管
2. 封口膜

(五) 毒性實驗

1. 水蚤
2. 培養皿(裝水蚤用)
3. 複式顯微鏡

肆、研究過程或方法

一、找出可替代一般市售粉筆原料之物質

- 1.準備食用石膏 15 克、水 20 毫升、碳酸鈣 10 克、硫酸鈣 10 克、地瓜粉適量、碳酸鈉 10 克、碳酸鎂 10 克、碳酸氫鈉 10 克。
- 2.秤取 15 克硫酸鈣、10 克碳酸鈣，加入 50 毫升燒杯中，並倒入 20 毫升水。
- 3.放置於酒精燈上燒煮至呈半固態。
- 4.倒入培養皿，靜置使其自然風乾。
- 5.書寫於黑板，觀察其是否可寫、可擦。
- 6.將硫酸鈣、碳酸鈣依續換成 1.所述藥品，重複步驟 2.~5.。
- 7.紀錄並比較，選出較適當者為結果。

二、找出可食用且不影響書寫品質之物質加入其中

- 1.準備食用石膏、葡萄糖、碳酸鈉、食鹽、鈣片、維他命 E、米飯及橄欖油。
- 2.利用 Na_2CO_3 +食用石膏製作出粉筆。
- 3.呈半固態時加入適量葡萄糖。
- 4.倒入培養皿，靜置使其自然風乾。
- 5.書寫於黑板，觀察其是否可寫、可擦。
- 6.將葡萄糖換成 1.所述藥品，重複步驟 2.~5.。
- 7.紀錄並比較，選出較適當者為結果。

三、比較自製粉筆與市售粉筆可溶性、密度；並比較書寫粉塵量。

甲：

- 1.秤取自製粉筆(Na_2CO_3 +食用石膏)(含加米、加葡萄糖、加食鹽及不加四種)、市售粉筆紅、黃、綠、藍、白色各 1 克。
- 2.計算其體積，算出各其密度，比較之。
- 3.紀錄及討論結果。

乙：書寫粉塵量比較

- 1.秤取自製粉筆(Na_2CO_3 +食用石膏)(含加米、加葡萄糖、加食鹽及不加四種)、市售粉筆紅、黃、綠、藍、白色各 5 克。
- 2.書寫於小黑板上至耗損完全，以白紙墊地收集其掉落地面之粉灰。
- 3.紀錄其重量，並依據前述之密度實驗數據算出其粉塵體積。
- 4.紀錄並比較其差異。

四、證明自製粉筆在毒性方面較一般市售粉筆小

- 1.準備自製粉筆（含加米、加葡萄糖、加食鹽及不加四種）白色、市售粉筆白色各 1 克並磨成粉狀。
- 2.抓取水蚤約 50 隻，以複式顯微鏡篩選無懷孕者。
- 3.10 隻一單位分裝於五培養皿中，裝入 20ml 河水。
- 4.分別灑入 1.所述粉灰，靜置一天。
- 5.根據水蚤死亡數，觀察並紀錄。
- 6.將五個培養皿數據比較，做出結論。



(圖一)以顯微鏡篩選無懷孕水蚤、觀察是否存活

五、自製粉筆的可食用性及其食用量

依據一般成人可食用制酸劑劑量，估算自製粉筆可食用量。

六、自製粉筆的改良與回收再製

甲：自製粉筆的改良

- 1.準備自製粉筆(雛型)原料加含水硫酸銅晶體、食用蠟、酚酞。
- 2.按照（一）步驟 2.~3.，製作自製粉筆雛型。
- 3.呈半固態時加入含水硫酸銅晶體。
- 4.倒入培養皿，靜置使其自然風乾。
- 5.書寫於黑板，觀察其是否可寫、可擦。
- 6.將含水硫酸銅晶體換成 1.所述藥品，重複步驟 2.~5.。

乙：改變溶劑

1. 不以水作溶劑，改以乙醇、紫色高麗菜汁、桑椹原汁為溶劑，製作方法不變。
2. 比較效果與製作時間。

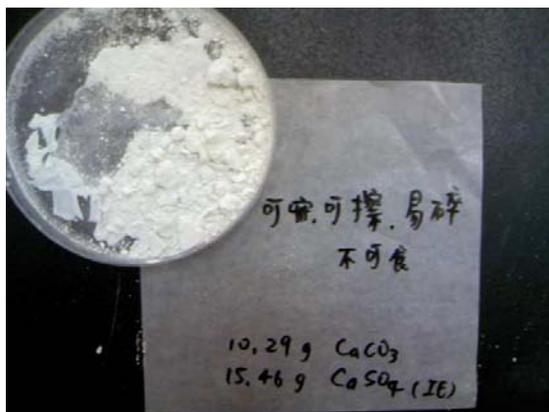
丙：回收再製

1. 秤取自製粉筆（含加米、加葡萄糖、加食鹽及不加四種）、市售粉筆白色各 1 克。
2. 將其各磨製粉狀，加入 5ml 清水放置火上均勻加熱攪拌
3. 倒入小型吸管模型內放置乾燥
4. 試寫於黑板上，比較原產及再製差異

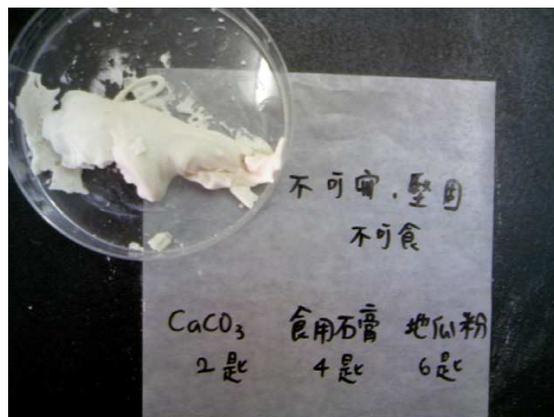
伍、研究結果

實驗一結果：

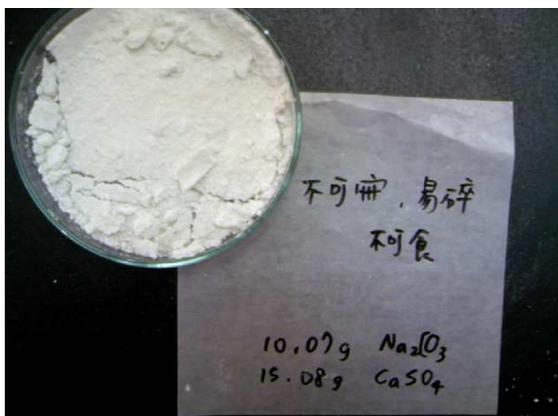
嘗試自製許多種類粉筆之後，我們發現並且推論以用石膏以及碳酸鈉比例為 22:7 時為粉筆的最佳化狀況。[參考圖五]



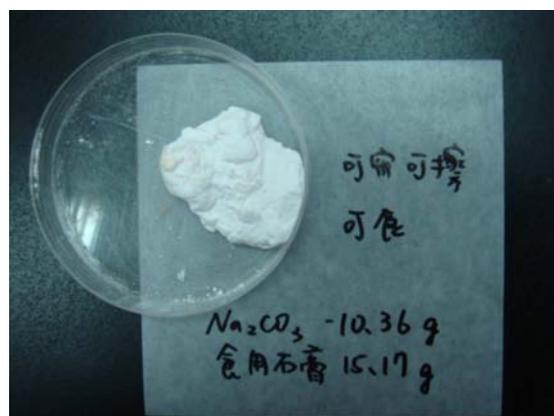
(圖二)自製粉筆：CaCO₃+CaSO₄



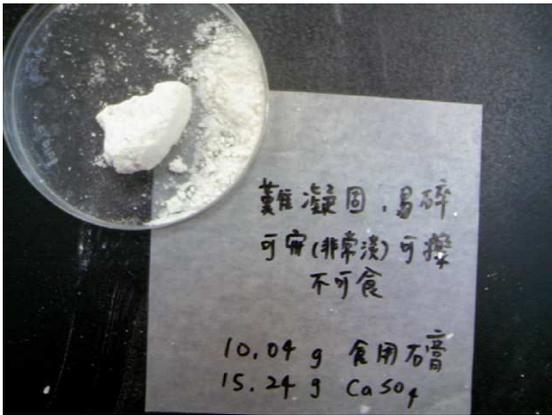
(圖三)自製粉筆：CaCO₃+食用石膏+地瓜粉



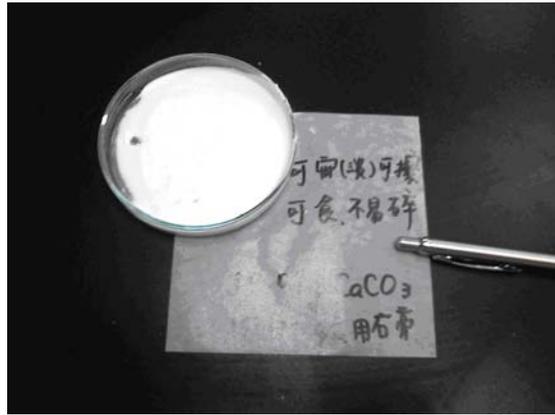
(圖四)自製粉筆：
Na₂CO₃+CaSO₄



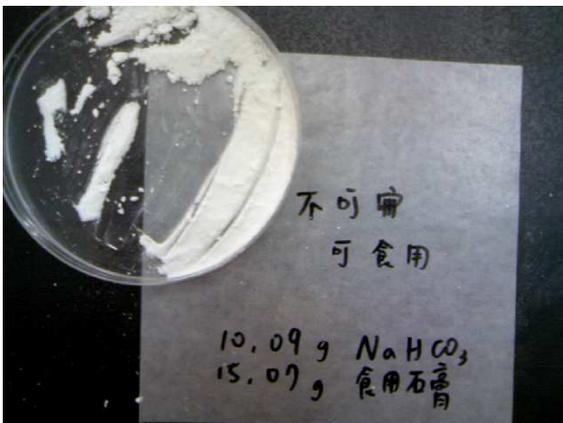
(圖五)自製粉筆：Na₂CO₃+食用
石膏



(圖六)自製粉筆： CaSO_4 +食用石膏



(圖七)自製粉筆： CaCO_3 +食用石膏



(圖八)自製粉筆： NaHCO_3 +食用石膏



(圖九)自製粉筆

實驗二結果：

在自製粉筆當中加入葡萄糖、食鹽、鈣片、維他命E、米飯及橄欖油。發現在加入葡萄糖、食鹽以及米飯不影響書寫狀況。

實驗三結果：

甲：比較自製粉筆及市售粉筆溶解度

我們簡單的把自製粉筆及市售粉筆、放入裝水燒杯中靜置十分鐘，後來發現自製粉筆遇水即溶，相反地一般市售粉筆不管浸泡再久都還是維持原狀（如下圖十，左為一般市售粉筆，右為自製粉筆雛型），



(圖十) 自製粉筆與市售粉筆溶在水中的情形

乙：比較自製粉筆與一般市售粉筆密度

發現市售粉筆的密度皆小於自製粉筆(1.食用石膏加碳酸鈉 2. 食用石膏加碳酸鈉中再加入米飯 3. 食用石膏加碳酸鈉中再加入葡萄糖 4. 食用石膏加碳酸鈉中再加入食鹽)

表一、市售與自製粉筆密度比較 (g/cm³)

| 粉筆 顏色 | 市售 | 自製 (不加) | 自製 (米飯) | 自製 (葡萄糖) | 自製 (食鹽) | 備註 |
|----------|------|------------|------------|-------------|------------|------------------------|
| 白 | 1.25 | 1.67 | 2.50 | 2.32 | 2.13 | 自製粉筆的 密度明顯比 市售的大 |
| 紅 | 1.67 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | |
| 綠 | 1.47 | 2.13 | 2.00 | 2.50 | 2.13 | |
| 藍 | 1.49 | 1.75 | 2.50 | 2.00 | 3.41 | |
| 黃 | 1.67 | 2.32 | 3.03 | 3.33 | 2.50 | |

丙：自製粉筆及市售粉筆粉塵量的比較
市售粉筆粉塵量明顯比自製粉筆多。

表二、市售粉筆粉塵量

| 市售 | 密度 (g/cm ³) | 重量 (g) | 產生粉塵重 量 (g) | 粉塵體積 (cm ³) | 備註 |
|----|----------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|----|
| 白色 | 1.25 | 5.0 | 0.503 | 0.402 | |
| 紅色 | 1.67 | 5.0 | 0.195 | 0.326 | |
| 綠色 | 1.47 | 5.0 | 0.448 | 0.305 | |
| 藍色 | 1.49 | 5.0 | 0.273 | 0.183 | |
| 黃色 | 1.67 | 5.0 | 0.854 | 0.511 | 最大 |

表三、自製粉筆〈不加〉粉塵量

| 自製 (不加) | 密度 (g/cm ³) | 重量 (g) | 產生粉塵重 量 (g) | 粉塵體積 (cm ³) | 備註 |
|------------|----------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|----|
| 白色 | 1.67 | 5.0 | 0.038 | 0.023 | |
| 紅色 | 2.50 | 5.0 | 0.071 | 0.028 | |
| 綠色 | 2.13 | 5.0 | 0.183 | 0.086 | |
| 藍色 | 1.75 | 5.0 | 0.087 | 0.050 | |
| 黃色 | 2.32 | 5.0 | 0.267 | 0.115 | |

表四、自製粉筆〈加飯〉粉塵量

| 自製 (加飯) | 密度 (g/cm ³) | 重量 (g) | 產生粉塵重 量 (g) | 粉塵體積 (cm ³) | 備註 |
|------------|----------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|----|
| 白色 | 2.50 | 5.0 | 0.013 | 0.005 | |
| 紅色 | 2.50 | 5.0 | 0.008 | 0.003 | 最小 |
| 綠色 | 2.00 | 5.0 | 0.056 | 0.028 | |
| 藍色 | 2.50 | 5.0 | 0.057 | 0.023 | |
| 黃色 | 3.03 | 5.0 | 0.092 | 0.030 | |

表五、自製粉筆〈加葡萄糖〉粉塵量

| 自製 (加葡萄糖) | 密度 (g/cm ³) | 重量 (g) | 產生粉塵重 量 (g) | 粉塵體積 (cm ³) | 備註 |
|--------------|----------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|----|
| 白色 | 2.32 | 5.0 | 0.049 | 0.021 | |
| 紅色 | 2.50 | 5.0 | 0.024 | 0.009 | |
| 綠色 | 2.50 | 5.0 | 0.016 | 0.006 | |
| 藍色 | 2.00 | 5.0 | 0.038 | 0.019 | |
| 黃色 | 3.33 | 5.0 | 0.029 | 0.009 | |

表六、自製粉筆〈加食鹽〉粉塵量

| 自製 (加食鹽) | 密度 (g/cm ³) | 重量 (g) | 產生粉塵重 量 (g) | 粉塵體積 (cm ³) | 備註 |
|-------------|----------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|----|
| 白色 | 2.13 | 5.0 | 0.033 | 0.015 | |
| 紅色 | 2.50 | 5.0 | 0.036 | 0.014 | |
| 綠色 | 2.13 | 5.0 | 0.029 | 0.014 | |
| 藍色 | 3.14 | 5.0 | 0.063 | 0.020 | |
| 黃色 | 2.50 | 5.0 | 0.035 | 0.014 | |

實驗四結果：

利用水蚤發現自製粉筆在毒性方面較一般市售粉筆小。

表七：毒性測試

| | 原水蚤數 | 一天後水蚤 數 | 備註 |
|----------|------|------------|----|
| 市售 | 10 | 4 | 最少 |
| 自製 (不加) | 10 | 7 | |
| 自製 (米) | 10 | 5 | |
| 自製 (葡萄糖) | 10 | 10 | 最多 |
| 自製 (食鹽) | 10 | 7 | |



(圖十一)水蚤與市售粉筆



(圖十二)水蚤與自製粉筆



(圖十三)水蚤與自製粉筆加米飯



(圖十四)水蚤與自製粉筆加葡萄糖



(圖十五)水蚤與自製粉筆加食鹽



(圖十六)水蚤與自製粉筆

實驗五結果：

以一日安全劑量 12 毫當量換算，相當於 6 毫莫耳的碳酸鈉，質量相當於：
 $W=6 \times 10^{-3} \times 106 = 0.636$ 〈克〉 石膏以及碳酸鈉比例為 22:7 時為粉筆的最佳
化狀況來換算，自製〈不加〉： $29 \div 7 \times 0.636 = 2.635$ 〈克〉；其它粉筆添加物以 1
克計： $30 \div 7 \times 0.636 = 2.726$ 〈克〉

- 體積：
1. 自製〈不加〉 $V = 2.635 \div 1.67 = 1.757$ 〈 cm^3 〉
 2. 自製〈加米飯〉 $V = 2.726 \div 2.50 = 1.090$ 〈 cm^3 〉
 3. 自製〈加葡萄糖〉 $V = 2.726 \div 2.32 = 1.175$ 〈 cm^3 〉
 4. 自製〈加食鹽〉 $V = 2.726 \div 2.13 = 1.280$ 〈 cm^3 〉

實驗六結果：

甲：加入不同物質並觀察其書寫時的差異

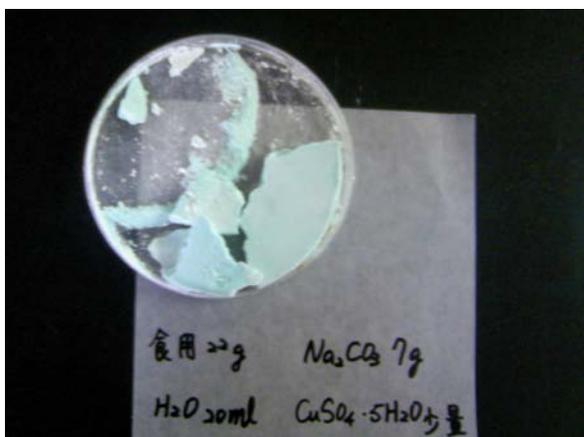
我們發現加入了酚酞、含水硫酸銅晶體及食用蠟後皆無法清楚書寫於黑板表面或無法擦拭乾淨。故我們不採用此實驗物質於研究中。

乙：更換溶劑並觀察書寫時的差異

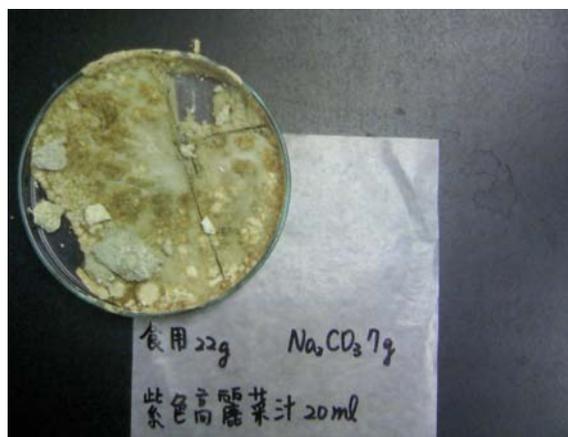
1. 我們使用紫色高麗菜汁是希望能藉此探討酸鹼指示劑對粉筆書寫出來的顏色會不會有影響，不過以紫色高麗菜汁做出來的成品易碎且不易書寫（如下圖十八），以桑椹汁作為溶劑的結果則是因糖份含量過高，遇熱即溶化變黏稠。
2. 使用乙醇為溶劑，不影響粉筆的製作品質，而且可以減少乾燥時間。

丙：將粉灰回收再製

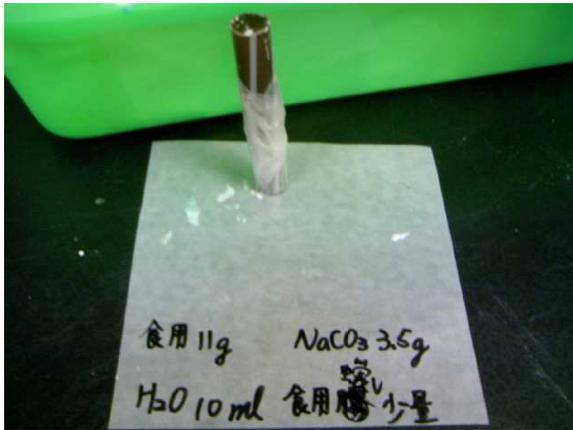
以自製粉筆（加飯、食鹽、葡萄糖及不加）和市售粉筆粉灰回收製成之再製粉筆的書寫效果皆與原本差異不大。市售白色粉筆再製後密度由增加製 $1.89(\text{g}/\text{cm}^3)$ ，粉塵量應可減少。



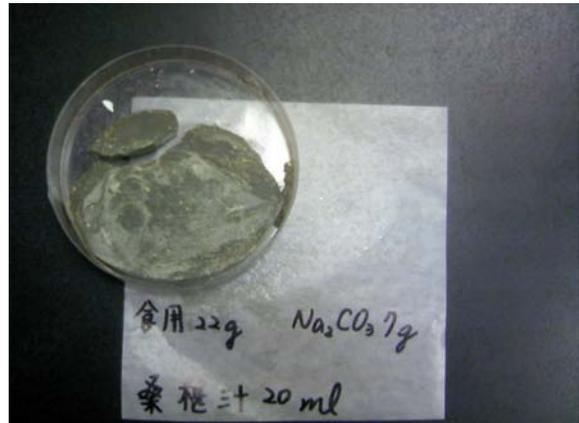
(圖十七)自製粉筆： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



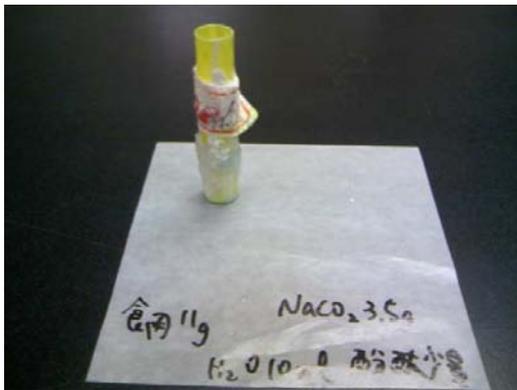
(圖十八)自製粉筆：紫色高麗菜汁



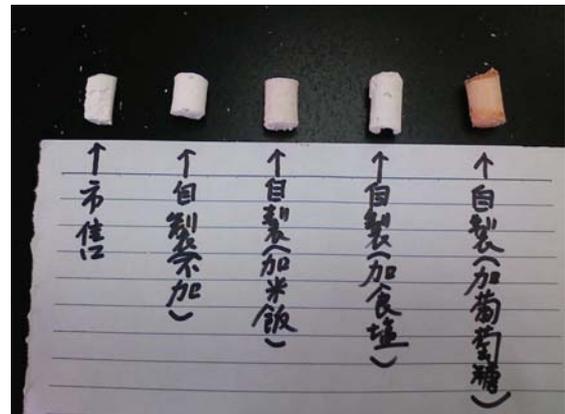
(圖十九)自製粉筆：食用



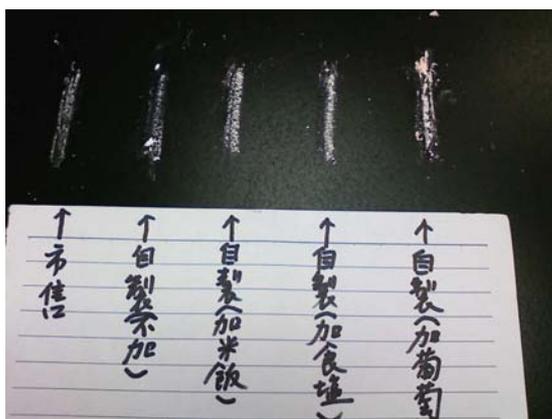
(圖二十)自製粉筆：桑椹汁



(圖二十一)自製粉筆：酚酞



(圖二十二)回收再製粉筆



(圖二十三)再製粉筆測試

陸、討論

（一）要如何確保自製粉筆的可食用性？

我們想過了許多方法，包括以無脊椎生物當實驗品、模擬人體消化系統觀察是否能吸收……後來因為時間的關係以及器材上的考量，還是決定用最簡單也最具公信力的方法，也就是原料皆以可食用、可消化者為優先。。

（二）自製粉筆針的能吃嗎？一次又該吃多少？

在實驗（四）中我們藉由水蚤推斷自製粉筆其毒性應不致對人體造成傷害，基本上自製粉筆的確是可食用的。由於我們的自製粉筆內加入了碳酸鈉，它有制酸劑的功能，至於劑量部分我們參考了一般制酸劑的含量，一日安全劑量約 0.636 克。若以體積而言因不同自製粉密度不同而有差異。不過因為自製粉筆並不是正式藥品，所以不建議直接拿來當作制酸劑使用。

（三）要如何解決粉塵對身體影響的問題？

粉筆對老師及學生們最危害的部分莫過於粉塵對肺部影響方面，我們做了密度的測試，發現自製粉筆的密度都較一般市售粉筆大，這也代表著在書寫時所產生的粉灰較易下沉，書寫者本身也就相對地較不易吸收到，降低了粉塵對身體的危害。

（四）如何做出圓柱狀粉筆？

由於我們在實驗時所調配的粉筆都是直接倒入培養皿中，一方面較易散熱快乾，一方面其實是因為沒有像網路資料中提及的銅製模型，於是我們便想到將粗吸管一口貼上封口膠，倒入燒煮好的粉筆，如此雖然乾燥時間會延長，但已達到美觀的目的。若以乙醇為溶劑，可以大幅縮減製作時間。

（五）以酸檢指示劑染色

我們粉筆的顏色都是以食用色素染製，但因為在學校課程中曾提及到像酚酞、紫色高麗菜汁等酸檢指示劑會隨著不同酸鹼值而起顏色變化，讓我們不禁有了以指示劑來做染色的構思，不知道那樣的粉筆會不會因為指示劑的顏色改變而跟著影響書寫出來的顏色，未來希望有機會能更深入研究這個議題。

〈六〉回收再製

回收再製效果與原粉筆差異不大，為了減少資源耗費，班級可以利用課餘製作。

柒、結論

利用食用石膏以及碳酸鈉做出一系列的粉筆，加入可以食用的食品，改變它們的密度，降低粉塵量以及毒性，讓教室內的空氣汙染降到最低，也降低了學生以及老師們長期對粉塵的困擾。

在密度測試方面，發現加入食鹽的密度為最大值，所製造出的粉塵量最少；而市售粉筆的密度皆小於我們自製的粉筆，而我們所自製的粉筆粉塵量皆比市售粉筆低。利用水蚤推論出毒性的大小，發現加入葡萄糖的粉筆其中水蚤存活率為100%，而市售粉筆的水蚤存活率最低，由此推論市售粉筆對人體的健康危害較大。另外，為珍惜資源，學校班級可動手回收粉筆灰再製。

未來希望能深入研究改變黑板表面以及粉筆的成分，讓寫出來的粉灰可以直接進入板溝當中不在空中飛舞；並且嘗試以指示劑代替食用色素，研究其寫出的顏色是否有所改變。

捌、參考資料

網路資源

Yahoo! 奇摩知識+ (<http://tw.knowledge.yahoo.com/>)

<http://www.doh.gov.tw/lane/publish/drug/antacid.htm>

<http://www.bud.org.tw/answer/0211/021139.htm>

【評語】 030809

創意佳，能進行一系列有趣的實驗，並加以分析討論，實驗結果亦具實用性。

應注意目的與方法之一致性，強調可食用性，但粉塵是影響健康之關鍵，可以考慮如何降低成本，並要注意以明確之數據來佐證結論。