

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080211

黑糖蛇~糖類燃燒變化之探討

學校名稱：嘉義縣朴子市朴子國民小學

作者： 小六 官芯妤 小六 方心怡 小六 陳可欣 小五 劉冠頡 小五 張銘軒	指導老師： 黃佳慧
---	------------------

關鍵詞：溫度、碳粒、膨鬆劑

摘要

黑糖蛇的製作原料是糖與小蘇打粉。糖含大量蔗糖燃燒受熱後容易燃燒不完全產生大量碳粒；小蘇打受熱產生二氧化碳的速度再配合糖燃燒不完全產生碳粒的速度，使得燃燒後的糖產生空隙，將剩餘的碳逐漸推出，看起來就像產生一條黑蛇。從實驗結果，我們發現產生黑糖蛇的三個關鍵---糖加熱的溫度要高、產生的碳粒要多、膨鬆劑產生氣體的速度要適中；因此糖和小蘇打粉的比例為 4:1、配合酒精燃燒加熱的溫度就能製作出最長的黑糖蛇。

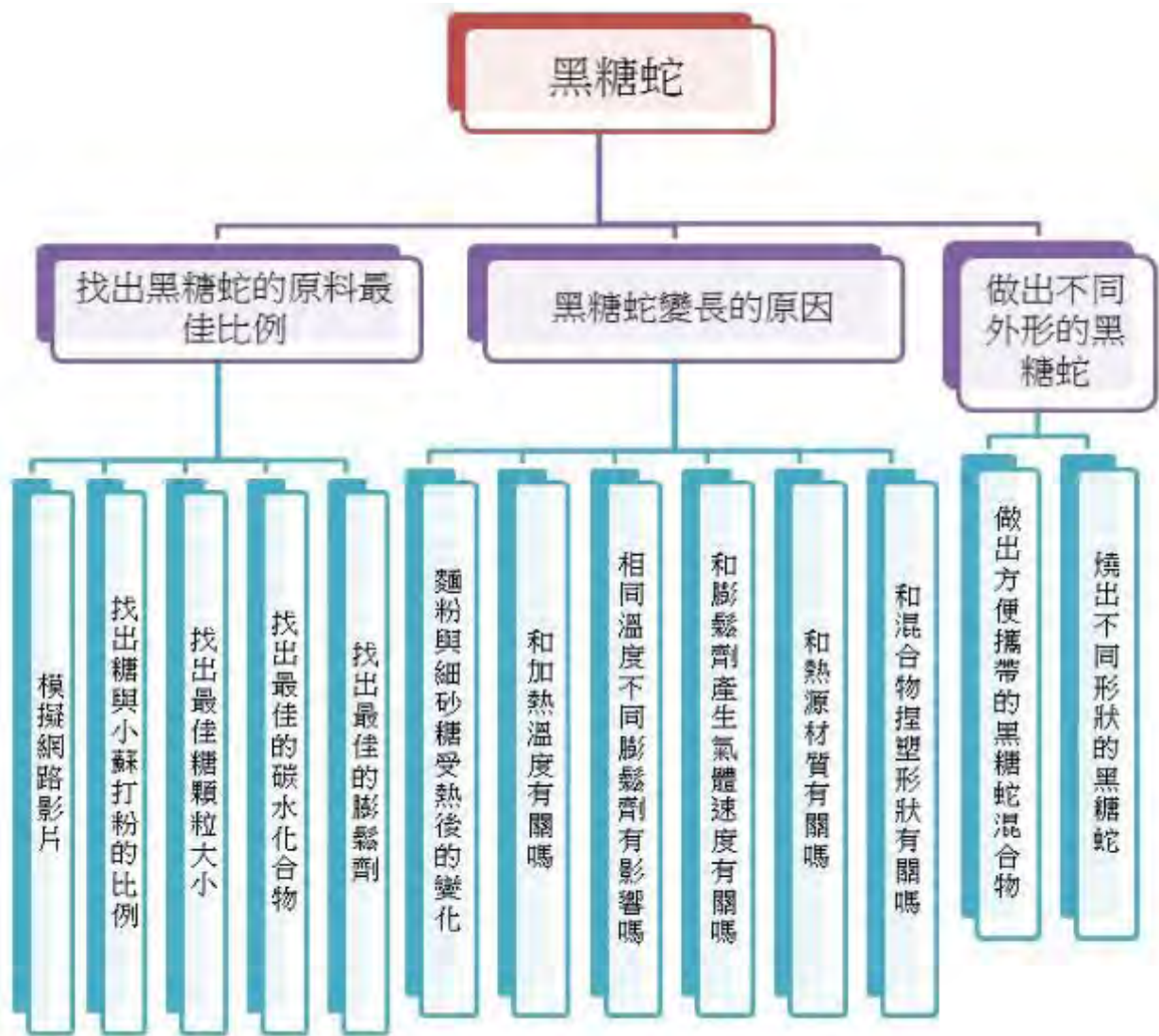
壹、研究動機

有一天，我們在網路上看到「黑糖蛇」的影片，影片中的人一點火，只見「黑糖蛇」從盤子中一直冒出來，而且長得很快也很長，就想說為什麼「黑糖蛇」可以長這麼長？自然課學過物質受熱後外觀、形狀、顏色或味道有可能會有變化，而「黑糖蛇」是甚麼物質受熱後變化呢？而且「黑糖蛇」會不會因為混合物比例的不同，讓它的長度有了改變？我覺得這真是個耐人尋味的實驗，值得我們深入探究。

貳、研究目的

- 一、找出製作最長黑糖蛇的混合物與比例
- 二、探究黑糖蛇變長的原因
- 三、做出不同外形的黑糖蛇

實驗流程



叁、研究設備及器材

器材：

滴管、量筒、燒杯、鋁箔紙、打火機、電子秤、小碟子、游標卡尺、直尺、棉繩、塑膠粗管、塑形用的木片、竹籤、蒸發皿、漏斗、塑膠管、熱熔膠槍、不同細目的篩網、果汁機、酒精燈、試管、排水集氣裝置。

耗材：

細砂糖、黑糖、特級砂糖、二號砂糖、冰糖、糖粉、麵粉、玉米粉、糯米粉、小蘇打粉、鉸粉、發粉、蛋殼粉、燃燒酒精、酒精膏、去漬油、蠟粉、純葡萄籽油、硝酸鉀、膠水、白膠、漿糊、食鹽、沙子、澄清石灰水。

肆、研究過程及方法

研究目的一：找出製作最長黑糖蛇的混合物與比例。

一、【實驗一之一】：模擬網路上的影片製作的黑糖蛇。

實驗步驟：

1. 取 4g 的砂糖和 1g 的小蘇打粉均勻混合。
2. 倒入 2ml 酒精，將混合物沾濕。
3. 在小碟子上平鋪沙子並倒入 6ml 酒精。
4. 將步驟 2 的混合物捏成細長條放到步驟 3 的小碟子上。(照片一)
5. 小碟子放在鋁箔紙上，用打火機在混合物上點火，使其燃燒，並仔細觀察其變化記錄黑糖蛇的長度及寬度。(照片二)



照片一、黑糖蛇原料與實驗裝置



照片二、黑糖蛇燃燒後情形

二、【實驗一之二】：找出糖與小蘇打粉的最佳比例。

實驗步驟：

1. 同【實驗一之一】的步驟，但是改變糖與小蘇打粉的分量比例。
2. 分別取糖 2g、小蘇打粉的重量依糖與小蘇打粉的比例 1 : 1、2 : 1、3 : 1、4 : 1、5 : 1、6 : 1 來決定，分別為 2g、1g、0.7g、0.5g、0.4g、0.3g。(照片三~照片八)
3. 重複實驗三次，觀察記錄黑糖蛇的長度及寬度變化。



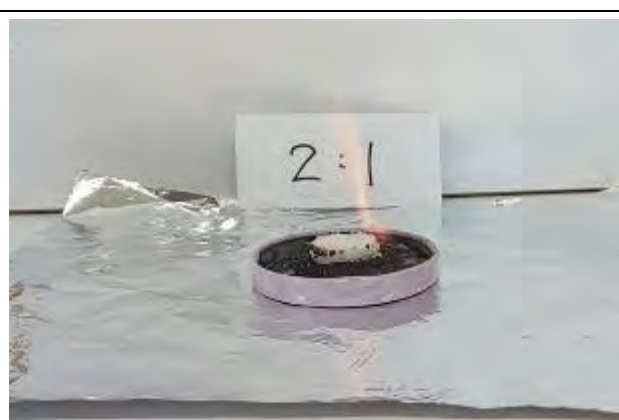
照片三、混合倒入模型中



照片四、混合物塑形



照片五、統一形狀的混合物



照片六、點火燃燒混合物



照片七、游標卡尺量黑糖蛇寬度



照片八、棉繩量黑糖蛇的長度

三、【實驗一之三】：找出最佳的糖顆粒大小。

*從【實驗一之二】中，我們知道糖與小蘇打粉的最佳比例為 4 : 1，所以接下來的實驗都是依此比例。

實驗步驟：

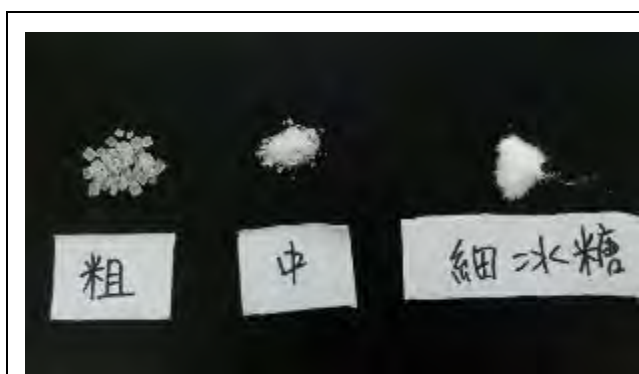
1. 將 10g 的冰糖放入果汁機攪碎，並用 2 個細小網目過濾網過濾，過濾網下的是最細小顆粒冰糖粉，留在過濾網上的為中顆粒大小，未攪碎的冰糖為大顆粒。(照片九、~十一)
2. 各取 2g 的大中小顆粒的冰糖，分別混入 0.5g 的小蘇打粉混合均勻。
3. 同【實驗一之一】的步驟實驗，觀察其變化情形。



照片九、果汁機攪碎冰糖



照片十、濾網過濾攪碎冰糖



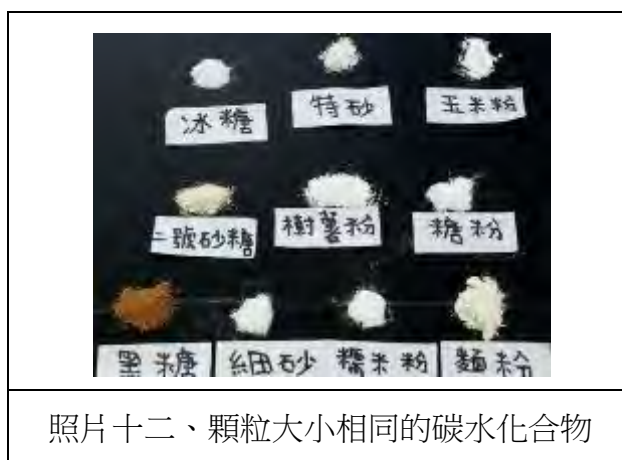
照片十一、粗、中、細三種尺寸的冰糖

四、【實驗一之四】：找出最佳的碳水化合物。

實驗步驟：

1. 取日常生活中常見的碳水化合物(冰糖、二號砂糖、特級砂糖、細砂、黑糖、糖粉、麵粉、玉米粉、糯米粉、樹薯粉)當作混合物原料。
2. 為了統一碳水化合物的顆粒大小，所以將其放入果汁機攪碎，並用細小網目過濾網過濾。(照片十)

3. 以上的細小顆粒碳水化合物各取 2g，分別混入 0.5g 小蘇打粉混合均勻，再依【實驗一之一】的步驟實驗觀察。



照片十二、顆粒大小相同的碳水化合物

五、【實驗一之五】：找出最佳的膨鬆劑。

※市面上有許多種類的膨鬆劑，是否都能當作黑糖蛇的膨鬆劑。

實驗步驟：

1. 取 2g 糖 5 份，再分別加入 0.5g 小蘇打粉(NaHCO_3)、0.5g 銨粉(NH_4HCO_3)、0.5g 發粉、0.5g 蛋殼粉和不加膨鬆劑，混合物編號為 A、B、C、D、E。
2. 同【實驗一之一】的步驟實驗，觀察其變化情形。
3. 重複實驗三次。



照片十三、果汁機攪碎蛋殼粉



照片十四、蛋殼粉磨碎過濾

研究目的二：探究黑糖蛇變長的原因

六、【實驗二之一】麵粉與細砂糖受熱後的變化

※在【實驗一之四】：找出最佳的碳水化合物的實驗中，我們發現麵粉與細砂糖的成分都是碳水化合物，但是加入小蘇打粉加熱後，麵粉卻無法形成黑色的長蛇，為什麼呢？

實驗步驟：

1. 各取 2g 的麵粉與 2g 的細砂糖，均勻鋪灑再滴入 6ml 酒精的沙盤，點火燃燒後，記錄麵粉與細砂糖剩餘重量，並觀察殘餘物的外型。
2. 取 2g 的麵粉與 2g 的細砂糖，均勻鋪在鋁箔紙上，並同時放入預熱 250°C 的烤箱中，烘烤 20 分鐘後，取出記錄麵粉與細砂糖剩餘重量，並觀察殘餘物的外型。
3. 重複上述實驗 3 次。



照片十五、酒精燃燒加熱



照片十六、烤箱控溫烘烤

七、【實驗二之二】：不同溫度下，黑糖蛇的生成情形。

※為了固定糖混合物加熱溫度，所以我們將加熱工具改成**烤箱**。

實驗步驟：

1. 將烤箱預熱 10 分鐘，溫度分別設定 150°C、200°C、250°C。
2. 準備 2g 糖加 0.5g 小蘇打粉的混合物 6 份。
3. 將混合物用塑形工具塑形在鋁箔紙上，每次放入 2 份混合物，並依序放入溫度設定 150°C、200°C、250°C 的烤箱中，烘烤 20 分鐘後，觀察其變化。



照片十七、烤箱預熱、測溫



照片十八、混合物在鋁箔紙上塑形



照片十九、烤箱內同時放入 2 份混合物

八、【實驗二之三】相同溫度下，不同膨鬆劑是否會影響黑糖蛇長度

實驗步驟：

1. 將烤箱預熱 10 分鐘，溫度設定 250°C。
2. 分別取 2g 糖加入 0.5g 小蘇打粉(NaHCO_3)、0.5g 銨粉(NH_4HCO_3)、0.5g 發粉和不加膨鬆劑，混合物編號為 A、B、C、D 各 2 份。
3. 將 A~D 的混合物分別塑形在鋁箔紙上，每種編號混合物 2 份同時放入烤箱烘烤 20 分鐘，取出測量其外觀長度。

九、【實驗二之四】膨鬆劑加熱後產生的氣體速度是否會影響黑糖蛇的形成？

※在前面的實驗中，我們發現只有小蘇打粉適合當膨鬆劑，為什麼呢？

實驗步驟：

4. 各取 0.5g 的小蘇打粉、銨粉、發粉及蛋殼粉，分別放入試管中。
5. 在集氣瓶 55 ml 處畫上記號。
6. 將上述試管放在排水集氣裝置上並點火加熱。(照片二十)
7. 記錄不同成分的膨鬆劑加熱後產生氣體將水排開 55ml 所需時間。
8. 再將產生氣體引入澄清石灰水中，觀察石灰水的顏色變化。



照片二十、排水集氣裝置



照片二十一、澄清石灰水檢驗 CO₂ 裝置

十、【實驗二之五】加熱熱源的材質會影響黑糖蛇的長度嗎？

實驗步驟：

1. 分別取 2g 糖加入 0.5g 小蘇打粉 7 份，編號為 A、B、C、D、E、F、G。
2. 將 A~G 的混合物分別加入 2ml 酒精膏、2ml 去漬油、2ml 酒精、2g 蠟粉、2g 鹽巴、2g 硝酸鉀、2ml 純葡萄籽油。(照片二十二)
3. 將步驟 2 放入小碟子上，點火加熱，觀察其變化。



照片二十二、加熱熱源材質

十一、【實驗二之六】混合物捏塑的形狀會影響黑糖蛇變長嗎？

實驗步驟：

1. 取 2g 糖 0.5g 小蘇打粉混合均勻 4 份，編號為 A、B、C、D。
2. 利用工具將上述混合物捏塑成圓球形、圓錐狀、直徑 2.5cm 圓柱、直徑 5.6cm 圓柱、直徑 1cm 高 2cm 圓柱、1cmx3cmx1cm 長條狀。(照片二十三~二十六)
3. 同【實驗一之一】的步驟實驗，觀察其變化情形。



照片二十三、混合物捏成圓球形



照片二十四、混合物捏成圓錐狀



照片二十五、混合物捏成直徑 2.5cm 圓柱



照片二十六、混合物捏成直徑 5.6cm 圓柱



照片二十七、混合物捏成直徑 1cm 圓柱



照片二十八、1cmx3cmx1cm 長條狀

研究目的三：做出不同外形的黑糖蛇

十二、【實驗三之一】：做出方便攜帶的黑糖蛇混合物

*在【實驗二之五】的實驗中我們發現硝酸鉀可作為加熱熱源的材質，但該加入多少硝酸鉀呢？

實驗步驟：

1. 取 2g 糖 0.5g 小蘇打粉混合均勻共 5 份。
2. 將上述混合物加入 0.5g、1g、2g、3g、4g 的硝酸鉀並混合均勻，編號 A、B、C、D、E。
3. 將上述混合物 A~E 加入少許漿糊，再將混合物倒入自製模型中塑型、陰乾。
4. 將陰乾的混合物放在沙盤上，用打火機點燃，觀察其燃燒情形。
5. 重複實驗三次。



照片二十九、自製模型



照片三十、從模型中取出混合物晾乾

十三、【實驗三之二】：燒出不同形狀的黑糖蛇---冰糖顆粒疊疊樂

*糖和小蘇打粉混合物燃燒後的黑糖蛇都是長長一條，如何燒出不同形狀的黑糖蛇？

實驗步驟：

1. 取 2g 糖 0.5g 小蘇打粉混合均勻共 5 份，及大顆粒冰糖數顆。
2. 先將混合物依不同形狀均勻平鋪在沙盤上，再將大顆粒冰糖依圖型擺放在混合物上方。
3. 點火燃燒，觀察其形狀變化。



照片三十一、混合物塑型 A



照片三十二、混合物塑型 B



照片三十三、混合物塑型 C



照片三十四、混合物塑型 D

伍、研究結果

研究目的一：找出製作最長黑糖蛇的混合物與比例。

一、【實驗一之一】：模擬網路上的影片製作黑糖蛇

(一)、實驗結果：照片三十五

(二)、實驗發現：

1. 小蘇打粉、砂糖加入酒精燃燒時會產生黑色的物質，就如同一條蛇般從碟子底部持續往上伸長，因此我們將此生成物稱為黑糖蛇。
2. 混合物燃燒時先從外圍變黑、變長，一開始是中空的，慢慢的內部填滿，黑糖蛇也一直向上伸長。
3. 黑糖蛇摸起來鬆鬆脆脆的，一捏就斷了。
4. 黑糖蛇底部有焦黃未燃燒完的糖。



照片三十五、模擬影片製成的黑糖蛇

二、【實驗一之二】：找出糖與小蘇打粉的最佳比例

(一)實驗結果：



照片三十六、(混合物 A)糖:小蘇打=1:1 燃燒後情形



照片三十七、(混合物 B)糖:小蘇打=2:1 燃燒後情形



照片三十八、(混合物 C)糖:小蘇打=3:1 燃燒後情形



照片三十九、(混合物 D)糖:小蘇打=4:1 燃燒後情形



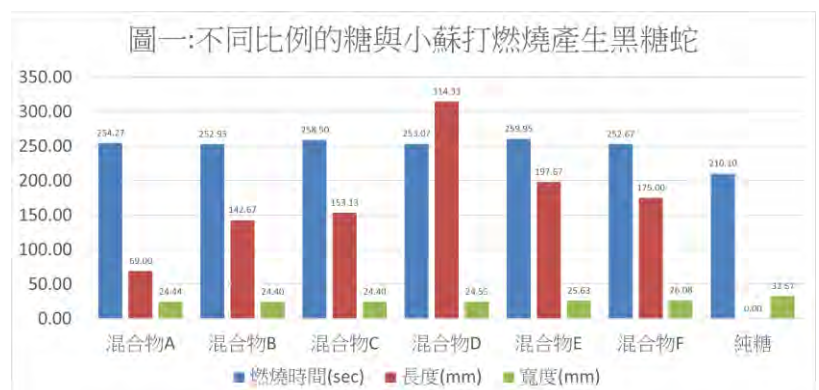
照片四十、(混合物 E)糖:小蘇打=5:1 燃燒後情形



照片四十一、(混合物 F)糖:小蘇打=6:1 燃燒後情形



照片四十二、純糖燃燒後情形



(二)實驗發現：

1. 混合物 D(糖與小蘇打比例 4:1)所產生黑糖蛇的長度最長，所以我們以後混合物的比例都用此比例。
2. 小蘇打比例越多，黑糖蛇的寬度越大。
3. 混合物中，小蘇打比例太多黑糖蛇反而不容易長長。

三、【實驗一之三】：找出最佳的糖顆粒大小

(一)實驗結果：



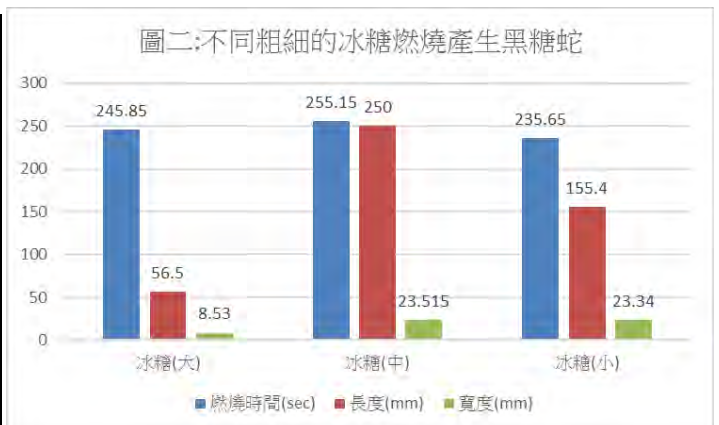
照片四十三、粗顆粒冰糖混合物燃燒後情形



照片四十四、中顆粒冰糖混合物燃燒後情形



照片四十五、細顆粒冰糖混合物燃燒後情形



(二)實驗發現：

1. 中顆粒冰糖燃燒後產生的黑糖蛇長度最長。
2. 大顆粒的冰糖和小蘇打粉不容易混合均勻。燃燒時，每顆冰糖都會產生一條小黑蛇，無法合成一條大黑蛇。
3. 小顆粒冰糖和中顆粒冰糖產生的黑糖蛇寬度差不多，但大顆粒的冰糖產生多條黑糖蛇所以寬度都很小。

四、【實驗一之四】：找出最佳的碳水化合物

(一)實驗結果：

1.各種碳水化合物的成分與製法

碳水化合物	成分	製法
冰糖	蔗糖	將精製特砂回溶再結晶加工，可以得到冰糖，蔗糖純度較高。
二號砂糖	蔗糖	在結晶工具中以穩定結晶的方式煮成糖膏並以分蜜機中利用離心力將糖粒與糖蜜分開，得到具有蔗糖晶形的砂糖稱為分蜜糖（例如二砂）。
特級砂糖	蔗糖	砂糖再經過精煉、分級後可以得到精製細砂、精製特砂與精製二砂。
細砂	蔗糖	砂糖再經過精煉、分級後可以得到精製細砂。
黑糖	蔗糖	熬煮甘蔗汁，以小火保持沸騰 6 小時，放流到結晶平台，以人工攪拌至冷卻，就會形成不規則的顆粒
糖粉	砂糖，澱粉	用粉碎機將白砂糖或冰糖粉碎加入澱粉
麵粉	澱粉、蛋白質、脂肪、水、礦物質以及少量的維生素和酶類	小麥磨製而成
玉米粉	澱粉、蛋白質、脂肪、水、礦物質以及少量的維生素和酶類	玉米製成的澱粉。
糯米粉	澱粉、蛋白質、脂肪、水、礦物質以及少量的維生素和酶類	糯米磨製成粉狀
樹薯粉	澱粉、蛋白質、脂肪、水、礦物質以及少量的維生素和酶類	木薯磨製成粉狀



照片四十六、冰糖混合物燃燒後情形



照片四十七、二號砂糖混合物燃燒後情形



照片四十八、特級砂糖混合物燃燒後情形



照片四十九、細砂糖混合物燃燒後情形



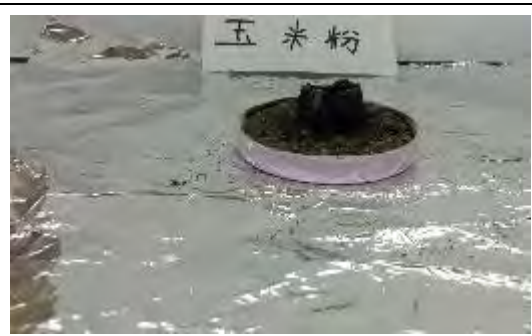
照片五十、黑糖混合物燃燒後情形



照片五十一、糖粉混合物燃燒後情形



照片五十二、麵粉混合物燃燒後情形



照片五十三、玉米粉混合物燃燒後情形

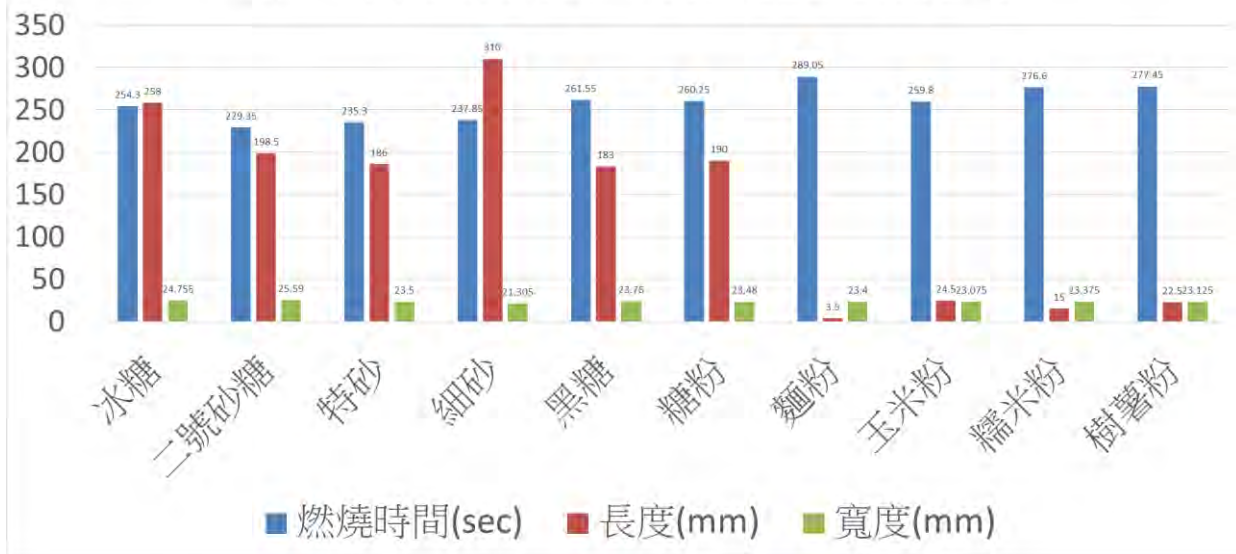


照片五十四、糯米粉混合物燃燒後情形



照片五十五、樹薯粉混合物燃燒後情形

圖三:不同碳水化合物燃燒產生黑糖蛇



(二)實驗發現：

1. 糖類的混合物產生黑糖蛇的長度比澱粉類長。
2. 糖類中的細砂產生黑糖蛇的長度最長，冰糖次之。
3. 澱粉類的混合物燃燒時一開始只產生焦黑點，待酒精燒完後，表面碳化，內部未燃燒完全，只有些許增長。

五、【實驗一之五】：找出最佳的膨鬆劑。

(一)實驗結果：



照片五十六、膨鬆劑是小蘇打粉(NaHCO_3)



照片五十七、膨鬆劑是銨粉(NH_4HCO_3)



照片五十八、膨鬆劑是發粉



照片五十九、膨鬆劑是蛋殼粉



照片六十、不加膨鬆劑



(二)實驗發現：

1. 小蘇打當作膨鬆劑的混合物燃燒後，黑糖蛇長度最長。
2. 不加膨鬆劑的糖燃燒後產生黑色物質長高一些，捏起來脆脆的但不膨鬆。
3. 糖是一種碳水化合物，燃燒產物主要有水、二氧化碳還有黑色的碳。
4. 糖加熱時，糖顆粒慢慢融化，顏色變為焦糖色；持續加熱，焦糖開始冒泡泡，糖瞬間膨大，但是不持久。繼續加熱，顏色從焦糖色變為焦黑。

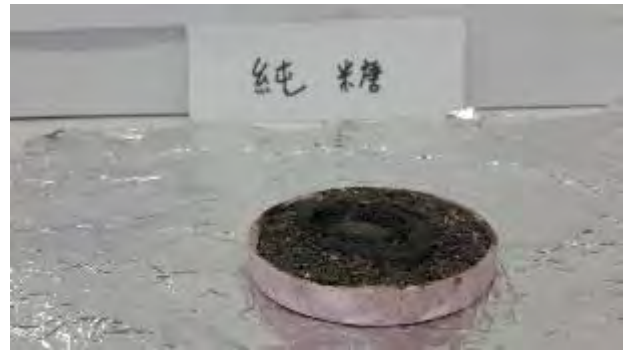
研究目的二：探究黑糖蛇變長的原因

六、【實驗二之一】麵粉與細砂糖受熱後的變化

(一)實驗結果：



照片六十一、麵粉燃燒後情形



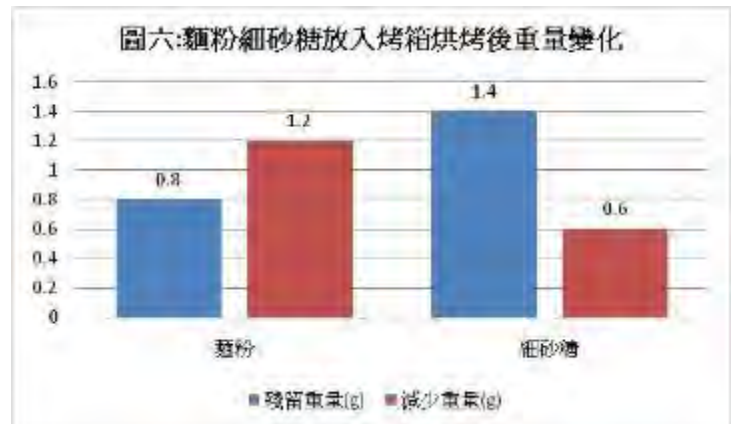
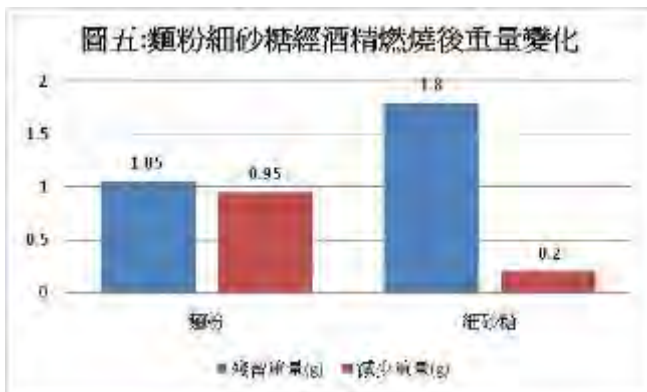
照片六十二、細砂糖燃燒後情形



照片六十三、麵粉放入烤箱烘烤情形



照片六十四、細砂糖放入烤箱烘烤情形



(二)實驗發現：

1. 麵粉燃燒加熱後會產生黑色細粉顆粒，輕輕一吹粉末會被吹散。
2. 細砂糖燃燒加熱後會有些膨脹，且表面緊黏在一起，摸起來硬硬的。
3. 麵粉燃燒加熱後殘留的重量都比細砂糖燃燒加熱後殘留的重量小。
4. 我們大膽推測麵粉燃燒後殘留少，顆粒間鬆散，所以無法產生較長的黑糖蛇。

七、【實驗二之二】：不同溫度下，黑糖蛇的生成情形。

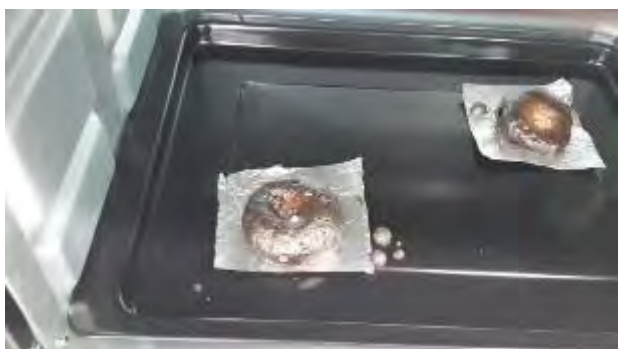
(一)實驗結果：



照片六十五、150°C 烤箱烘烤情形



照片六十六、150°C 烤箱烘烤結果



照片六十七、200°C 烤箱烘烤情形



照片六十八、200°C 烤箱烘烤結果

(二)實驗發現：

1. 烤箱溫度愈低，糖融解越慢，碳化的效果很差，無法形成黑糖蛇。
2. 烤箱烘烤時，混合物慢慢變成焦糖色，再變成黑色，膨脹時先變成甜甜圈狀(外圍先膨脹)，接著中心也膨脹。
3. 200°C 烤箱烘烤結果，混合物變成一個圓滾滾麵包形狀。







照片六十九、250°C 烤箱烘烤結果

4. 250°C 烤箱烘烤結果，混合物變長也變粗，表面比烘烤 200°C 時更鬆軟。

八、【實驗二之三】相同溫度下，不同膨鬆劑是否會影響黑糖蛇長度

(一)實驗結果：

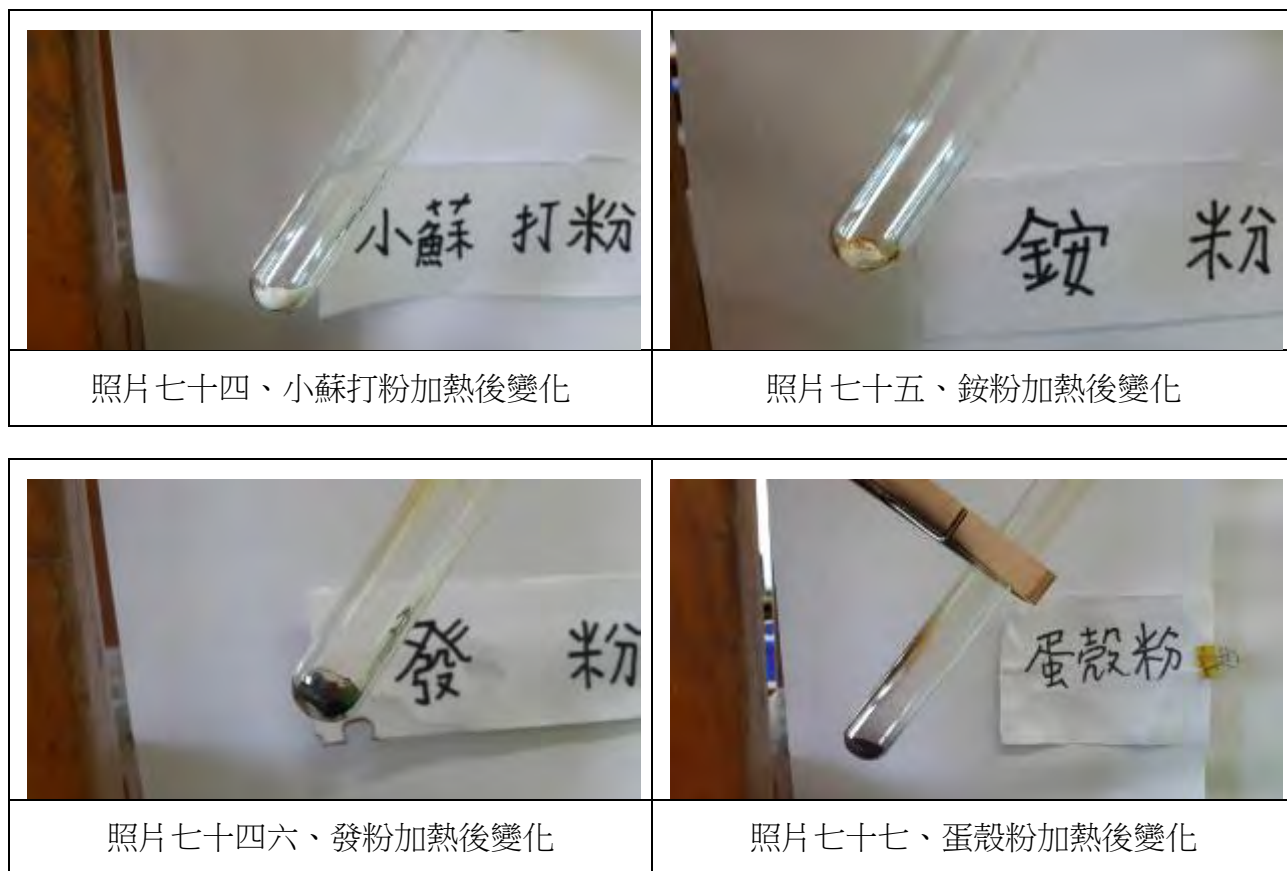
	
照片七十、膨鬆劑是小蘇打	照片七十一、膨鬆劑是鉸粉
	
照片七十二、膨鬆劑是發粉	照片七十三、不加膨鬆劑

(二)實驗發現：

1. 糖加入**小蘇打粉**加熱後，會產生**又粗又長**的黑糖蛇，黑糖蛇的直徑比酒精燃燒時還粗，但是長度就短了些；摸起來鬆鬆軟軟的。
2. 糖加入**鉸粉**加熱後，產生的黑糖蛇**扁扁短短的**，摸起來有點硬硬的。
3. 糖加入**發粉**加熱後，產生的黑糖蛇也是鬆鬆軟軟的，但是長度及直徑大小都不及小蘇打粉生成的。
4. 糖不加膨鬆劑加熱後，會有些許膨脹，但是**不變長**，表面光滑硬硬的。

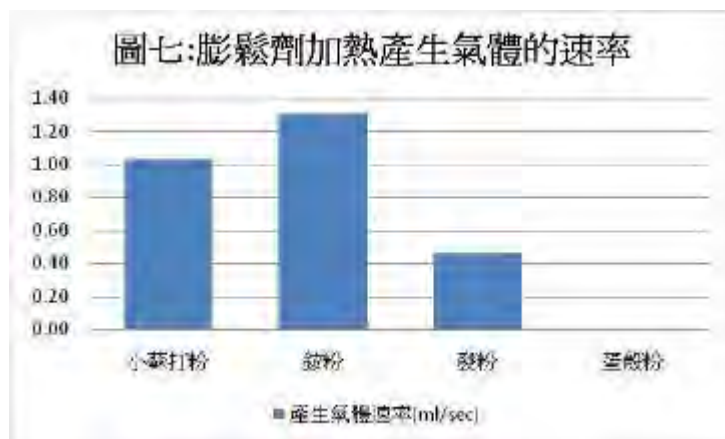
九、【實驗二之四】：膨鬆劑加熱後產生的氣體速度是否會影響黑糖蛇的形成？

(一)實驗結果：



(二)實驗發現：

1. 銨粉產生氣體的速度最快。
2. 蛋殼粉產生氣體的速度非常緩慢，加熱三分鐘以上，只產生數個小泡泡，我們推測這些氣泡應是瓶內空氣受熱膨脹所造成。
3. 銨粉加熱一段時間後，銨粉就慢慢減少。
4. 發粉加熱一段時間後，就慢慢變黑，可見發粉應該是多種物質混合而成。
5. 蛋殼粉加熱後會變黑，玻璃試管也有一層咖啡色污垢，查證一些文獻資料，我們知道蛋殼的主要成分是 CaCO_3 ， CaCO_3 要加到高溫(高於 700°C)才會分解產生 CO_2 。
6. 小蘇打粉、銨粉、發粉，產生的氣體會讓澄清石灰水變混濁，證明他們加熱後都會產生 CO_2 ，但是銨粉產生的氣體還帶有一股皮蛋味，老師說這就是氨氣。



十、【實驗二之五】加熱熱源的材質會影響黑糖蛇的長度嗎？

(一)實驗結果：



照片七十八、混合物的加熱源是酒精膏



照片七十九、混合物的加熱源是去漬油



照片八十、混合物的加熱源是酒精



照片八十一、混合物的加熱源是蠟粉



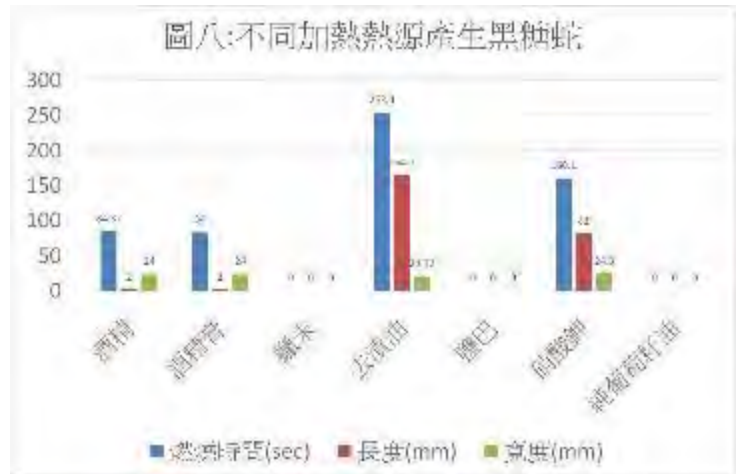
照片八十二、混合物的加熱源是鹽巴



照片八十三、混合物的加熱源是硝酸鉀

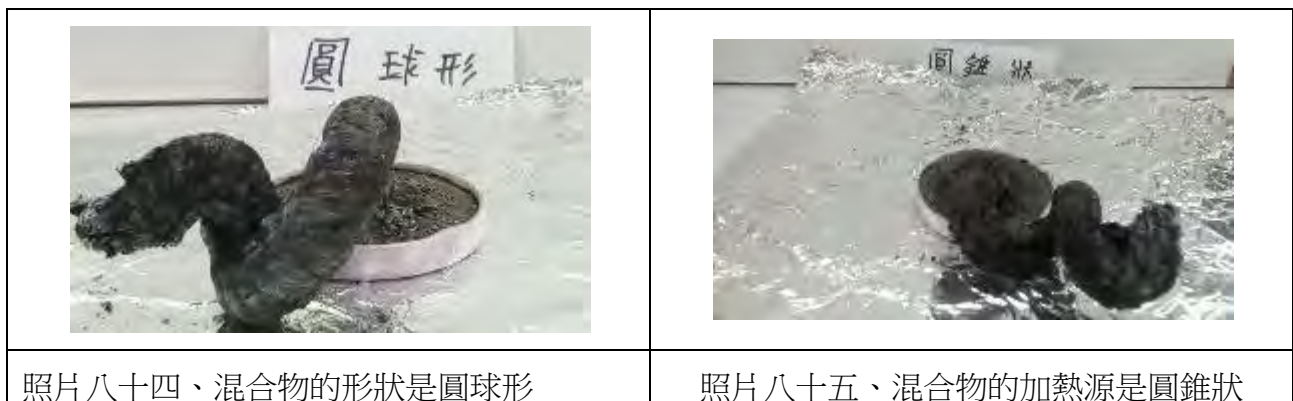
(二)實驗發現：

1. 加熱熱源是 2ml 酒精時，燃燒時間短，混合物來不及完全燃燒，只有在表面燃燒，周圍長出一點點黑糖蛇。
2. 加熱熱源是 2ml 酒精膏時，燃燒時間很短，混合物部分地方出現黑色小顆粒狀。
3. 加熱熱源是 2g 蠟粉、鹽巴和純葡萄籽油時，不容易燃燒，蠟粉融化完也無法燃燒，所以無法混合物無法加熱形成黑糖蛇。
4. 加熱熱源是 2ml 去漬油時，一開始燃燒很旺盛，冒黑煙，燃燒時間很長，產生的黑糖蛇長度長。
5. 加熱熱源是 2g 硝酸鉀時，燃燒時會有小火光，也會產生黑煙，燃燒結束後有部分糖結白色的塊狀。缺點是點燃硝酸鉀的時間需久一點。
6. 雖然去漬油當作加熱源產生的黑糖蛇較長，但是去漬油是屬於揮發性燃料，所以不適合我們後續想將糖、小蘇打粉及加熱熱源混合後加工製成方便攜帶的黑糖蛇玩具。



十一、【實驗二之六】混合物捏塑的形狀會影響黑糖蛇變長嗎？

(一)實驗結果：





照片八十六、混合物的形狀是直徑 2.5cm 圓柱



照片八十七、混合物的形狀是直徑 5.6cm 圓柱



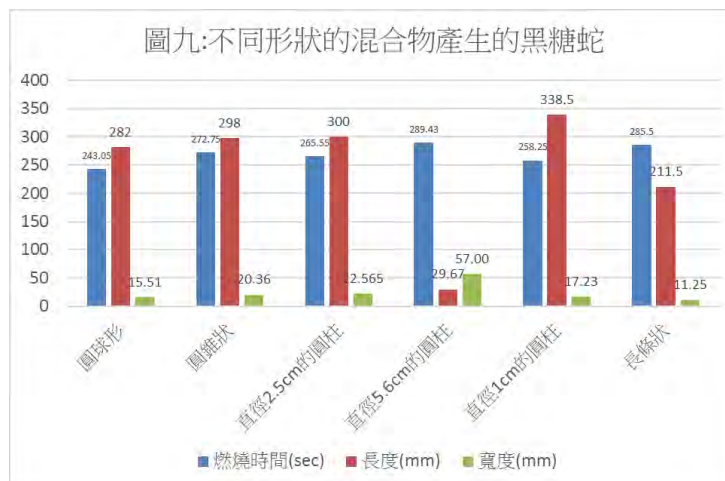
照片八十八、混合物的形狀是直徑 1cm 圓柱



照片八十九、混合物的形狀是 1cmx3cmx1cm 長條狀

(二)實驗發現：

1. 混合物的形狀是**瘦長型**(直徑 1cm 圓柱)所產生黑糖蛇的**長度最長**。
2. 混合物的形狀是**矮胖型**(直徑 5.6cm 圓柱)所產生黑糖蛇的**長度最短**，**形狀很不規則**。
3. 混合物的形狀是圓錐狀(底面直徑 2cm、高度 2cm)，燃燒時前端很細，但是底部後端較粗。
4. 混合物的形狀是矮胖型(直徑 2.5cm 圓柱)燃燒後，底部殘留較多未燃燒的混合物。
5. 產生黑糖蛇愈短混合物，燃燒愈不完全，殘留較多糖混合物。



研究目的三：做出不同外型的黑糖蛇

十二、【實驗三之一】：做出方便攜帶的黑糖蛇混合物

(一)實驗結果：



照片九十、混合物加入 0.5g 硝酸鉀



照片九十一、混合物加入 1g 硝酸鉀



照片九十二、混合物加入 2g 硝酸鉀



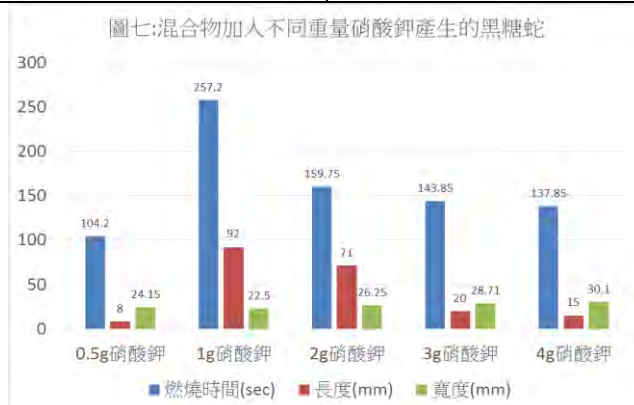
照片九十三、混合物加入 3g 硝酸鉀



照片九十四、混合物加入 4g 硝酸鉀



照片九十五、方便攜帶的混合物







(二)實驗發現：

1. 硝酸鉀加的越多，冒出的煙越多，燃燒反應更激烈。
2. 硝酸鉀加的越多，燃燒速度太快，使得混合物不斷冒出白色的液狀物，應該是混合物的糖融化，但來不及燃燒的現象。
3. 糖 2g、硝酸鉀 1g 的混合物燃燒後產生的黑糖蛇最長。

十三、【實驗三之二】：燒出不同形狀的黑糖蛇---冰糖顆粒疊疊樂

(一)實驗結果：

			
照片九十六、混合物 A	燃燒後	照片九十七、混合物 B	燃燒後

			
照片九十八、混合物 C	燃燒後	照片九十九、混合物 D	燃燒後

(二)實驗發現：

1. 混合物如果排列很整齊，表面很平整，燃燒後產生的黑糖蛇前端較平整，長長一條。
2. 在排列平整的混合物上方擺放大顆粒冰糖，燃燒後，大顆粒冰糖會變成一條條細細黑糖蛇，緊接著是條粗粗黑糖蛇，整體形狀很像希臘神話裡的蛇髮魔女。

陸、討論

一、在【研究目的一：找出黑糖蛇的原料最佳比例】中：

(一) 小蘇打的成分是碳酸氫鈉（化學式： NaHCO_3 ）， 50°C 以上開始逐漸分解生成碳酸鈉、二氧化碳和水；糖是一種碳水化合物，具有可燃性，燃燒產物主要有水、二氧化碳還有黑色的碳。而小蘇打在受熱時能分解出大量的二氧化碳，讓糖燃燒後的碳更為蓬鬆，形成一邊燃燒、一邊冒出黑蛇的現象。

(二) 糖和小蘇打的最佳比例是 4:1，小蘇打的量不夠多，無法讓糖燃燒後的產物蓬鬆，小蘇打的量太多產生過多二氧化碳，大量的二氧化碳會讓糖燃燒後的產物結構破壞，所以產生的黑糖蛇外形不是很完整的長條狀。

(三) 糖粉顆粒大小實驗中，我們認為細小顆粒的糖粉燃燒後產生的黑糖蛇應該是最長的，但事實卻不是，而是中顆粒。我們推測應該是糖粉顆粒太細小時，燃燒最完整，產生碳顆粒殘留較少。

(四) 糖和多種澱粉類雖然都屬於碳水化合物，但是糖燃燒後會殘留的物質比澱粉類燃燒後殘留的多，且糖類燃燒後的產物相互連接，不容易散掉。而小蘇打燃燒後能產生的氣體速度剛好配合糖碳化的速度，所以產生長長的黑糖蛇。

(五) 糖類中，冰糖和細砂糖產生黑糖蛇較長，應該是冰糖和細砂糖在製糖過程中蔗糖的純度最高，而熱糖在高溫時不會燃燒，卻會分解出碳粒子和水，有足夠的碳粒子就有機會產生長長的黑糖蛇。

二、在【研究目的二：黑糖蛇變長的原因】中：

(一) 麵粉與細砂糖燃燒後會殘留下來大量的碳粒子，但是麵粉的粒子是鬆散的，糖是相互連接的。加熱溫度越高，黑糖蛇越大隻。

(二) 膨鬆劑銨粉加熱後產生的氣體速率最快，但是糖產生碳粒的速度不及產生氣體的速率，所以加入銨粉的細砂糖無法產生很長的黑糖蛇。小蘇打加熱後產生的氣體速率配合糖產生碳粒的速度，所以黑糖蛇的長度最長。

(三) 小蘇打成分是碳酸氫鈉，受熱後會產生大量二氧化碳；而蛋殼的主要成分是碳酸鈣，加熱後也會產生二氧化碳，但是需要高溫超過 700°C ，雖然加入蛋殼粉，但混

合物燃燒後很難出現黑糖蛇。

(四)要使糖類燃燒需要一定的溫度，所以加熱熱源很重要，當我們用打火機點燃糖粉時，若無法持續供給熱能，糖就會熄滅。酒精很容易燃燒，是很好的加熱源，缺點是酒精的量要足夠，只有 2ml 是不夠的，酒精膏內含多種膠合物，所以酒精成分更少，當作熱源時，量要足夠。去漬油燃燒最旺盛，所以產生黑糖蛇的效果最好，但是燃燒時會產生大量黑煙。而硝酸鉀在 560°C 高溫分解為亞硝酸鉀和氧氣，分解的氧氣能幫助糖燃燒，所以加了硝酸鉀的混合物時，點火燃燒需要較久時間；燃燒時也是零星的小火光產生，黑糖蛇慢慢形成，並不會像酒精或去漬油燃燒時的大火。

三、在【研究目的三：做出不同外型的黑糖蛇】中：

(一) 因為要方便攜帶與保存，所以混合物的加熱源我們選擇硝酸鉀而不用易蒸發的酒精。硝酸鉀的量不能太多，太多時燃燒反應劇烈，而混合物快速的翻攪，無法形成美麗的黑糖蛇。

(二)混合物堆疊的外形不同，燃燒後就會產生不同的黑糖蛇形狀。

柒、結論

一、要做出效果最好的黑糖蛇，糖與小蘇打的比例是 4:1。

二、混合物選擇蔗糖含量較高的冰糖或精緻砂糖，糖的顆粒不宜太細緻，但也不能太大顆，糖顆粒間有些許空隙，可以使糖加熱但不完全燃燒，產生大量碳粒。

三、糖和小蘇打混合物燃燒後會產生黑糖蛇狀，最主要是因糖受到高溫後，會產生很多碳粒，而這些碳粒又被小蘇打受熱產生的二氧化碳推開，所以才會形成鬆鬆軟軟的黑糖蛇。糖碳化的速率配合小蘇打產生的氣體速率，完美呈現又黑又長的黑糖蛇。

四、混合物的形狀也是影響黑糖蛇長度的關鍵，混合物的形狀越瘦長，產生的黑糖蛇外形越瘦長。

五、產生黑糖蛇的三個關鍵：

(一)加熱的溫度：能讓糖顆粒轉換生成大量碳粒子

(二)碳粒要多且互相牽連，不能鬆散。

(三)膨鬆劑產生氣體的速率：不能太快也不能太慢，要配合糖顆粒轉換碳粒子的速度。

捌、參考資料

一、廖曉玲：書店的玩具自己動手做---蛇炮。台灣化學教育。2015.4.25，取自

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=7499>

二、科學教育與應用學系：燃燒的方糖。科學遊戲實驗室。取自

<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-004.html>

三、科學教育與應用學系：白糖變黑蛇。科學遊戲實驗室。取自

<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-010.html>

四、彭郁會等 3 人。3D 化學實驗：驚蟄的四條黑蛇。科學 Online。取自

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=74965>

【評語】 080211

本研究探討黑糖蛇的產生，利用蔗糖燃燒不完全產生大量碳質及小蘇打受熱產生二氧化碳將碳質推出，產生一條像黑蛇的物質。實驗結果發現產生黑糖蛇的三個要素，糖加熱的溫度、產生的碳質和膨鬆劑產生氣體的速度的影響，得出糖和小蘇打粉的比例為4:1、配合酒精燃燒加熱的溫度能製作出最長的黑糖蛇，實驗帶有趣味性與知識性。黑糖蛇雖是一個已知的科學遊戲，在網路上也可以找到之料，團隊能用科學方法研究黑糖蛇產生的原理，仔細觀察，並用不同的發泡膨鬆劑與糖類去嘗試，

工作亮點：

- (1) 有依據科學方法提出假設、變因、並依此設計實驗、實驗中也有因疑問而提出新假設與實驗、也驗證假設，實驗記錄詳實。
- (2) 本實驗的設計符合小學生的程度，作者充份了解其中相關燃燒化學原理。
- (3) 在海報討論時，有提供最新獲得的燃燒後黑蛇顯微照相，可清楚看到碳纖維的結構。甚有新意。

建議：

- (1) 如果團隊能嘗試多思考現象與物質物理特性關係(如熔點，黏度，溫度，膨鬆劑本身條件如發泡速率)，才能更有效的點出問題的關鍵所在。
- (2) 所用之材料與實驗略微危險，因為使用明火，並有使用硝酸鹽。
- (3) 在展示表達方面：因為實驗變因討論很多，將實驗論述與結果完全分開的討論方式略顯混亂，後有改進。

摘要

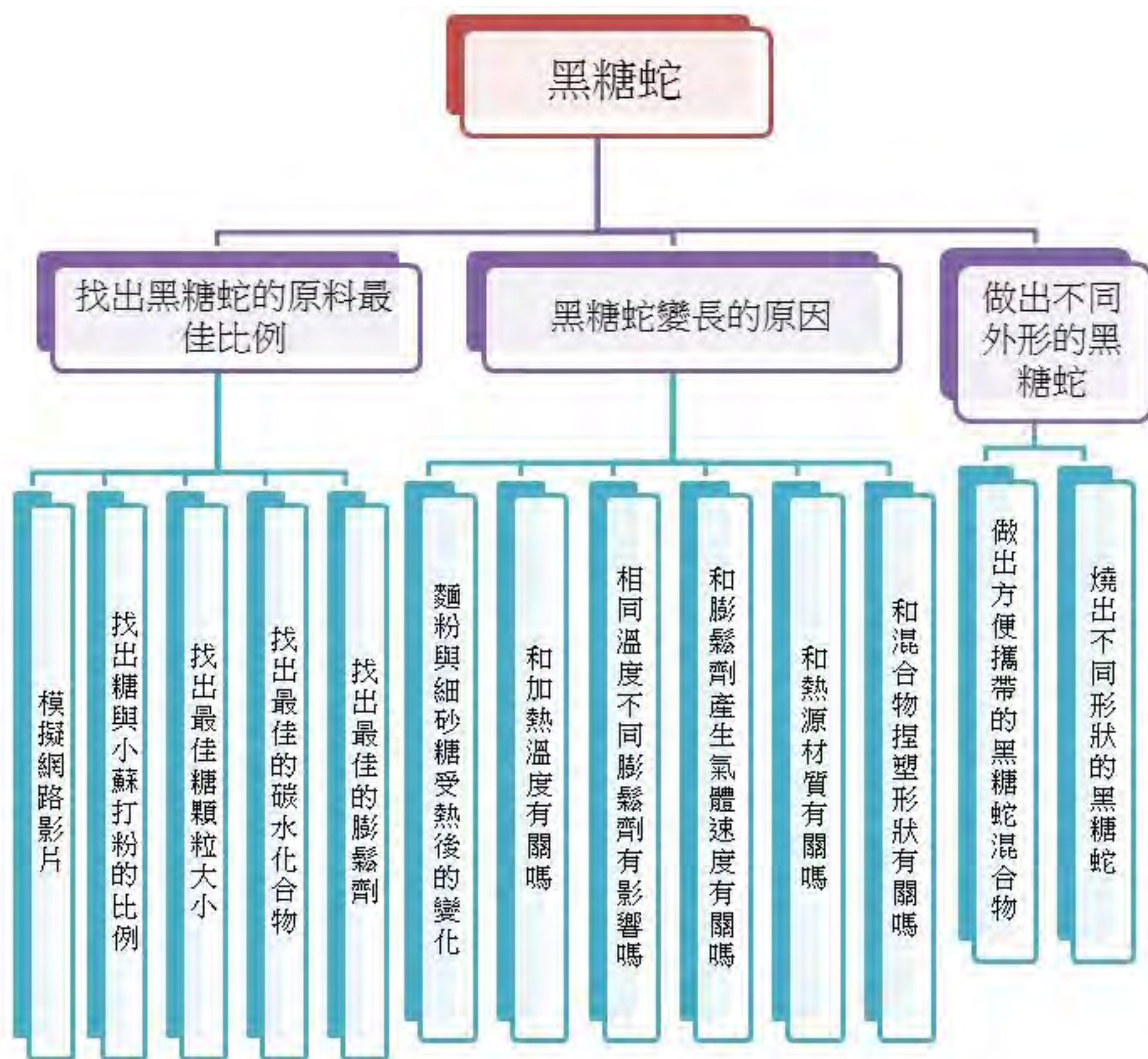
黑糖蛇的製作原料是糖與小蘇打粉。糖含大量蔗糖燃燒受熱後容易燃燒不完全產生大量碳粒；小蘇打受熱產生二氧化碳的速度再配合糖燃燒不完全產生碳粒的速度，使得燃燒後的糖產生空隙，將剩餘的碳逐漸推出，看起來就像產生一條黑蛇。從實驗結果，我們發現產生黑糖蛇的三個關鍵---糖加熱的溫度要高，產生的碳粒要多，膨鬆劑產生氣體的速度要適中；因此糖和小蘇打粉的比例為4:2、配合酒精燃燒加熱的溫度就能製作出最長的黑糖蛇。



壹、研究動機

有一天，我在網路上看到「黑糖蛇」的影片，影片中的人一點火，只見「黑糖蛇」從盤子中一直冒出來，而且長得很快也很長，就想說為什麼「黑糖蛇」可以長這麼長？自然課學過物質受熱後外觀、形狀、顏色或味道有可能會有變化，而「黑糖蛇」是甚麼物質受熱後變化呢？而且「黑糖蛇」會不會因為混合物比例的不同，讓它的長度有了改變？我覺得這真是個耐人尋味的實驗，值得我們深入探究。

實驗流程



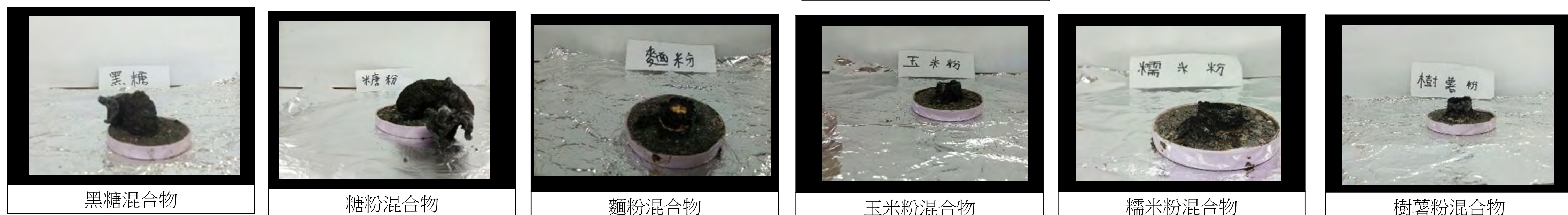
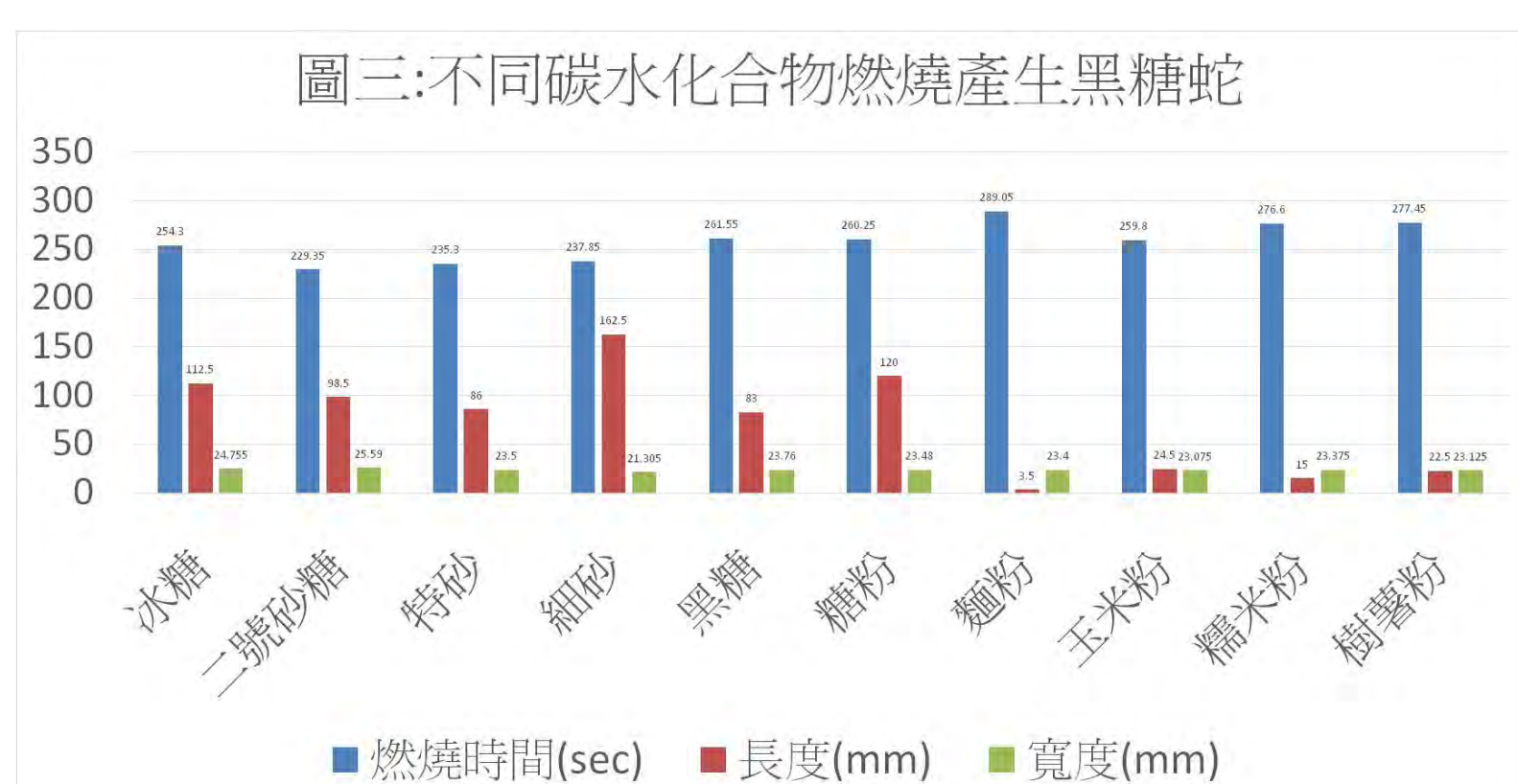
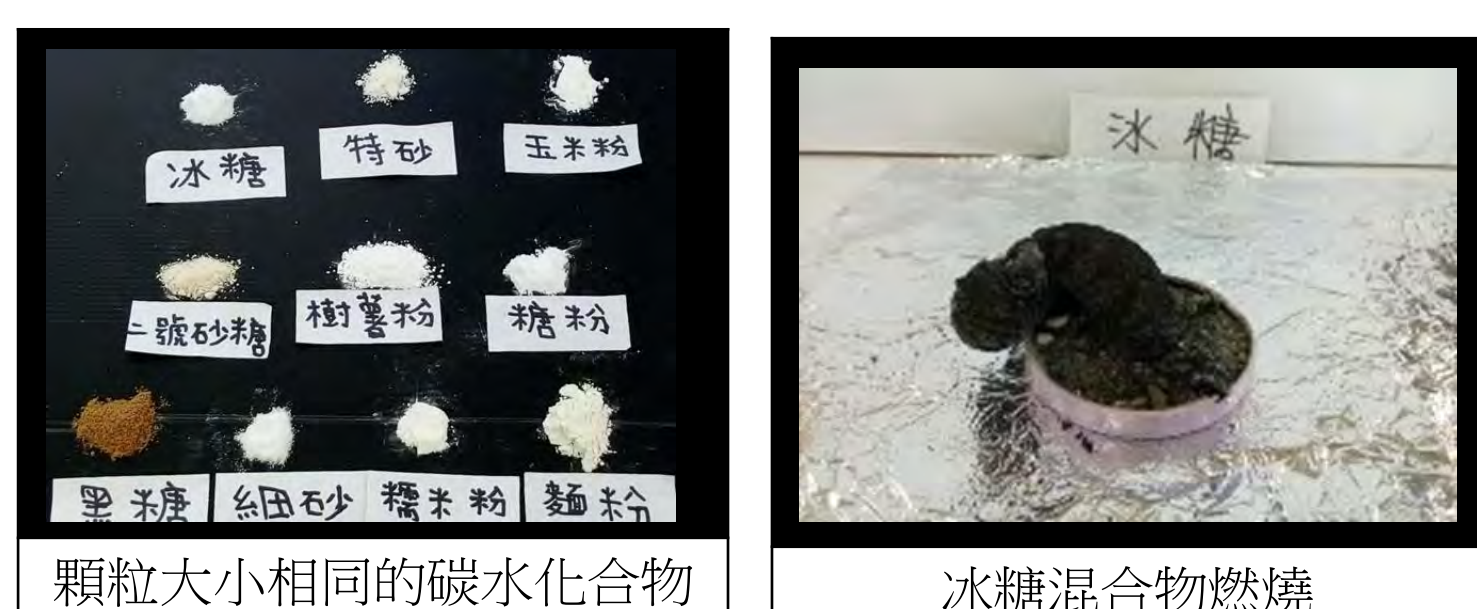
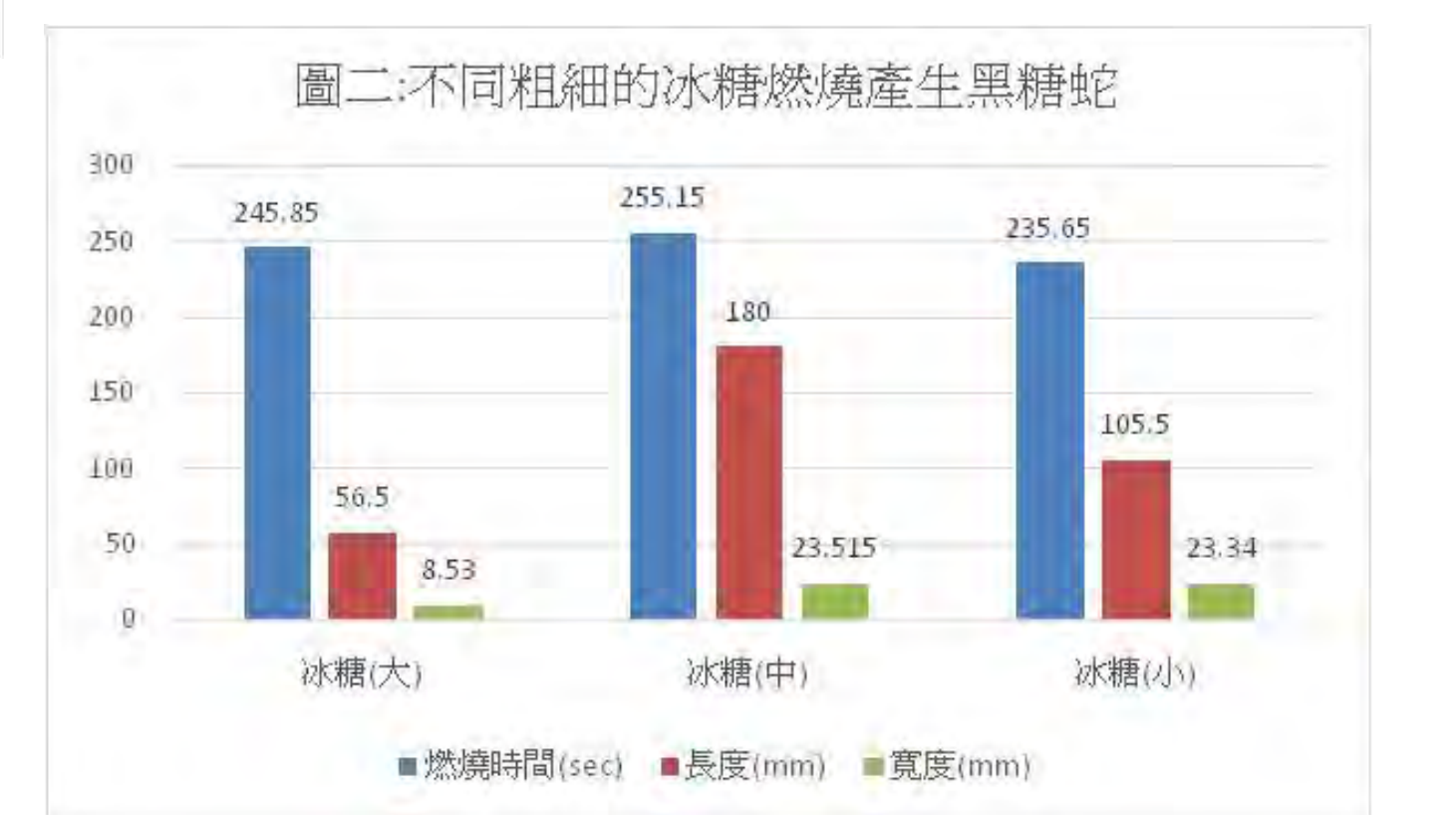
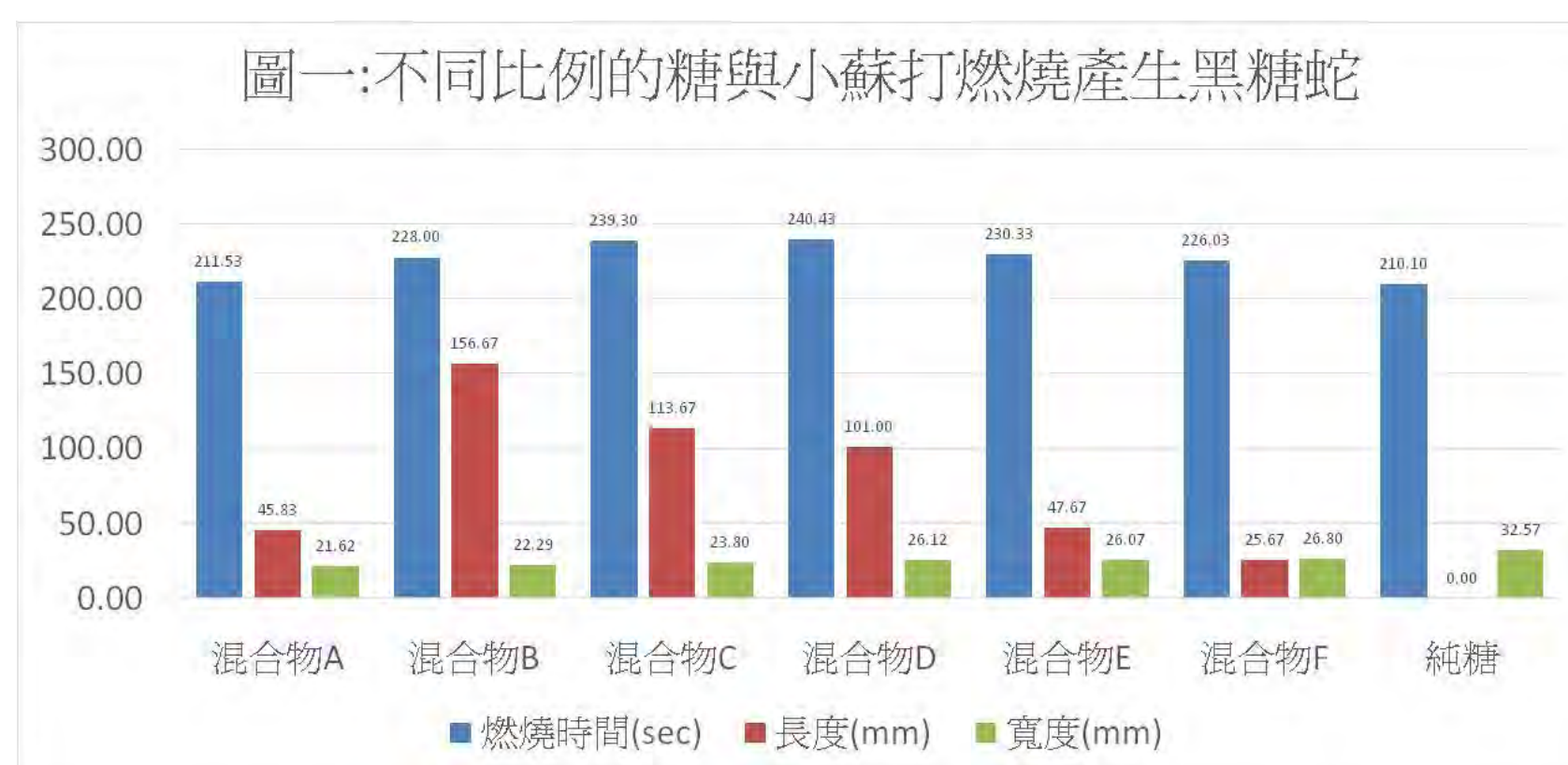
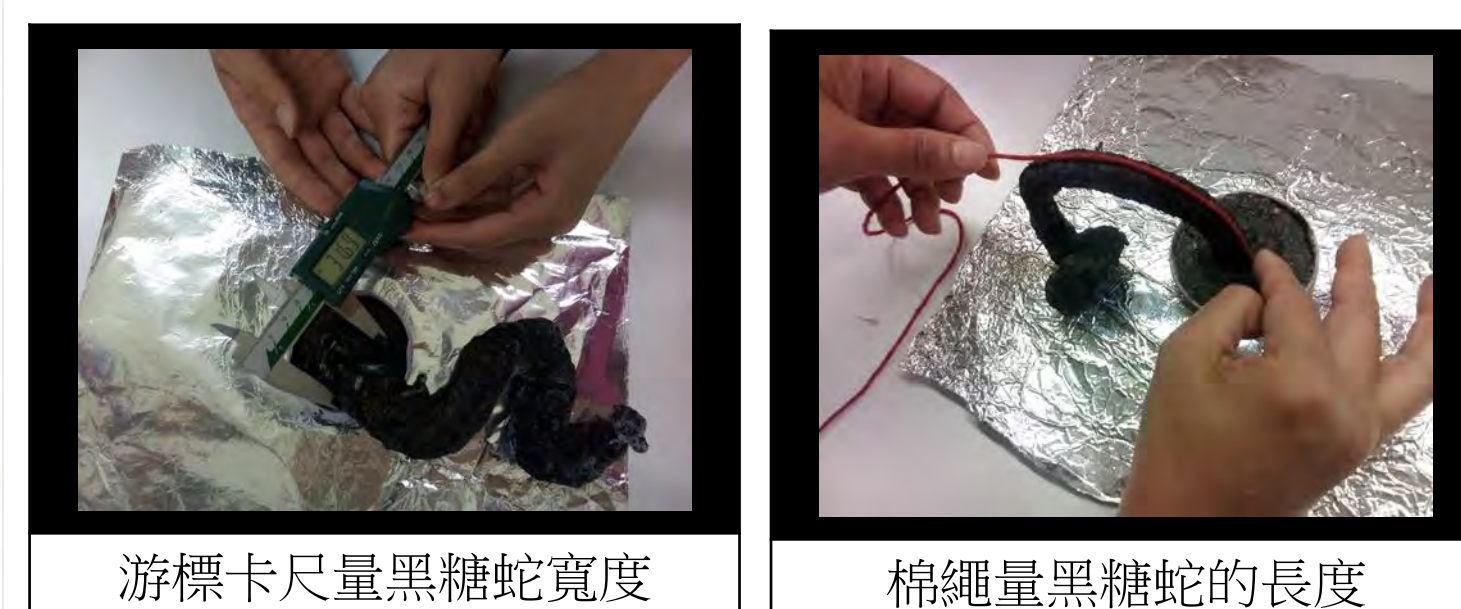
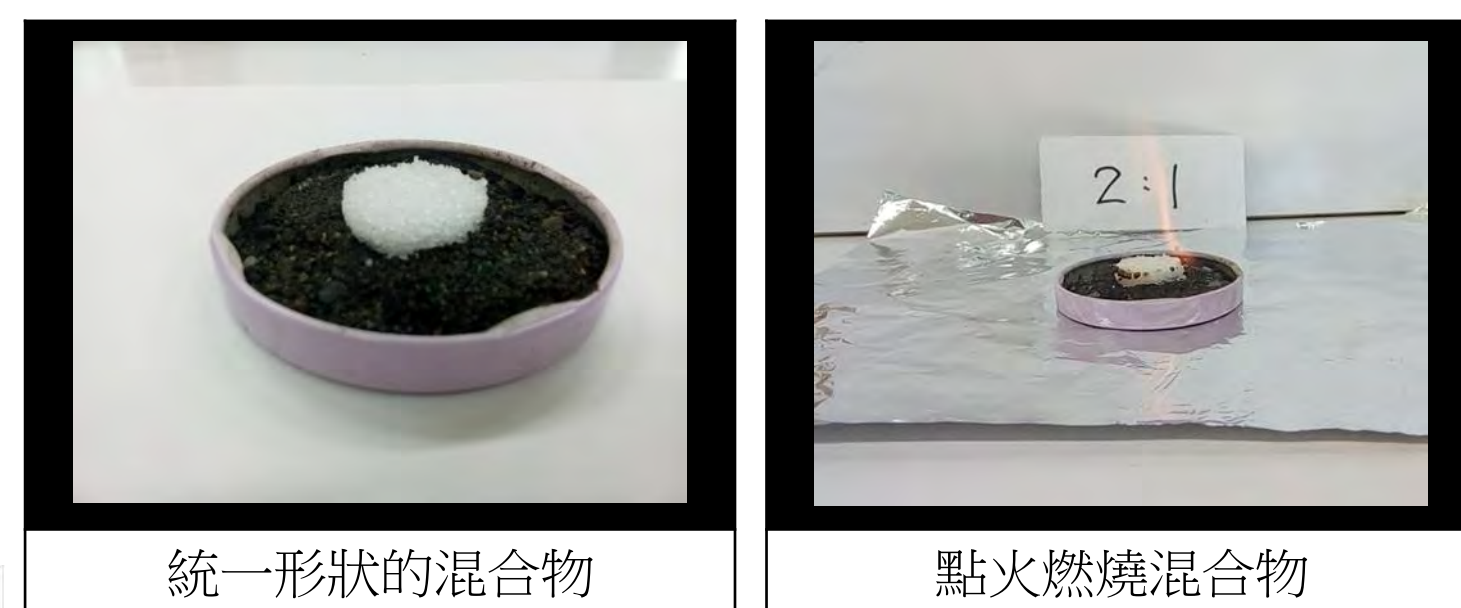
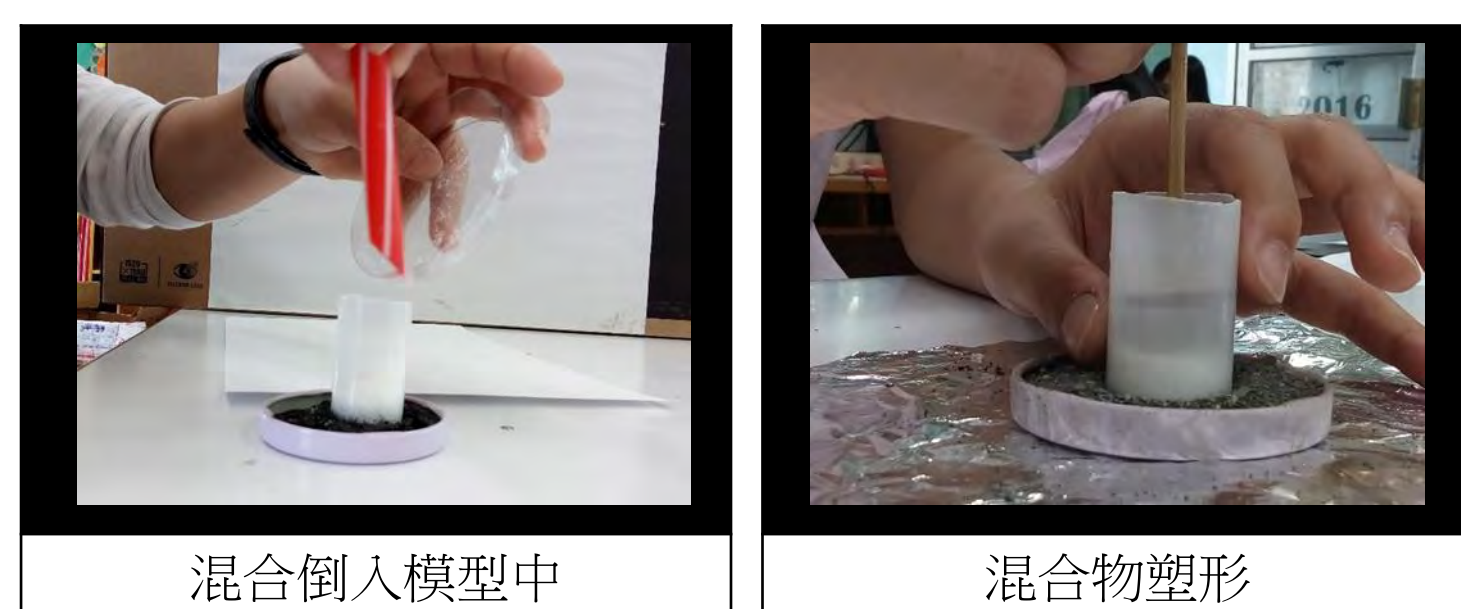
貳、研究目的

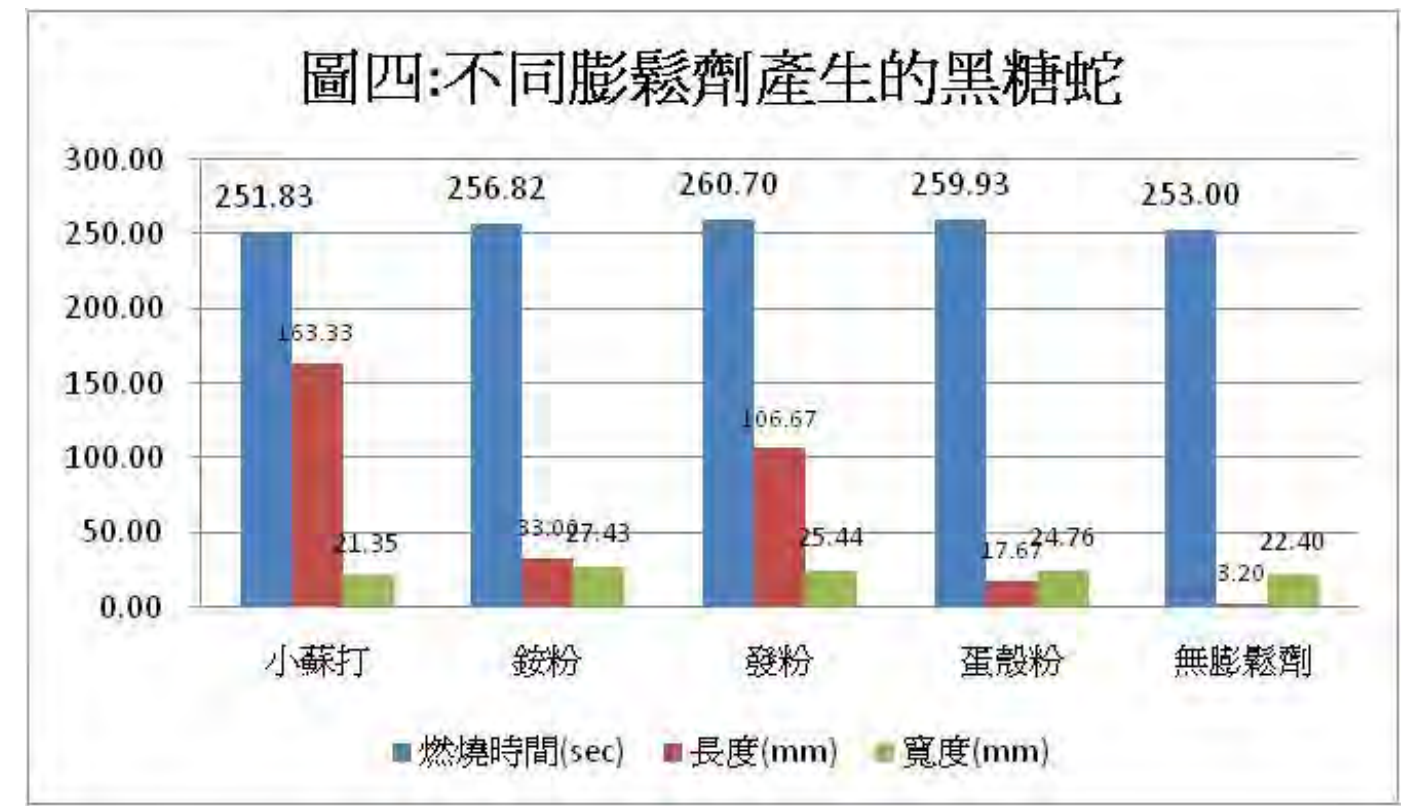
- 一、找出製作最長黑糖蛇的混合物與比例
- 二、探究黑糖蛇變長的原因
- 三、做出不同外形的黑糖蛇

參、研究過程與結果：

研究目的一：找出製作最長黑糖蛇的混合物與比例。

- 一、【實驗一之一】：模擬網路上的影片製作的黑糖蛇。
- 二、【實驗一之二】：找出糖與小蘇打粉的最佳比例。
- 三、【實驗一之三】：找出最佳的糖顆粒大小。
- 四、【實驗一之四】：找出最佳的碳水化合物。
- 五、【實驗一之五】：找出最佳的膨鬆劑。





實驗發現

1. 混合物燃燒時先從外圍變黑、變長，一開始是中空的，慢慢的內部填滿，黑糖蛇也一直向上伸長，摸起來鬆鬆脆脆的，一捏就斷了。
2. 混合物B(糖與小蘇打比例4:2)所產生黑糖蛇的長度最長，小蘇打比例越多，黑糖蛇的寬度越大，但黑糖蛇反而不容易長長；小蘇打當作膨鬆劑的混合物燃燒後，黑糖蛇長度最長。
3. 中顆粒冰糖燃燒後產生的黑糖蛇長度最長。大顆粒的冰糖和小蘇打粉不容易混合均勻。燃燒時，每顆冰糖都會產生一條小黑蛇，無法合成一條大黑蛇。
4. 糖類的混合物產生黑糖蛇的長度比澱粉類長；糖類中的細砂產生黑糖蛇的長度最長，冰糖次之。

研究目的二：探究黑糖蛇變長的原因

六、【實驗二之一】麵粉與細砂糖受熱後的變化

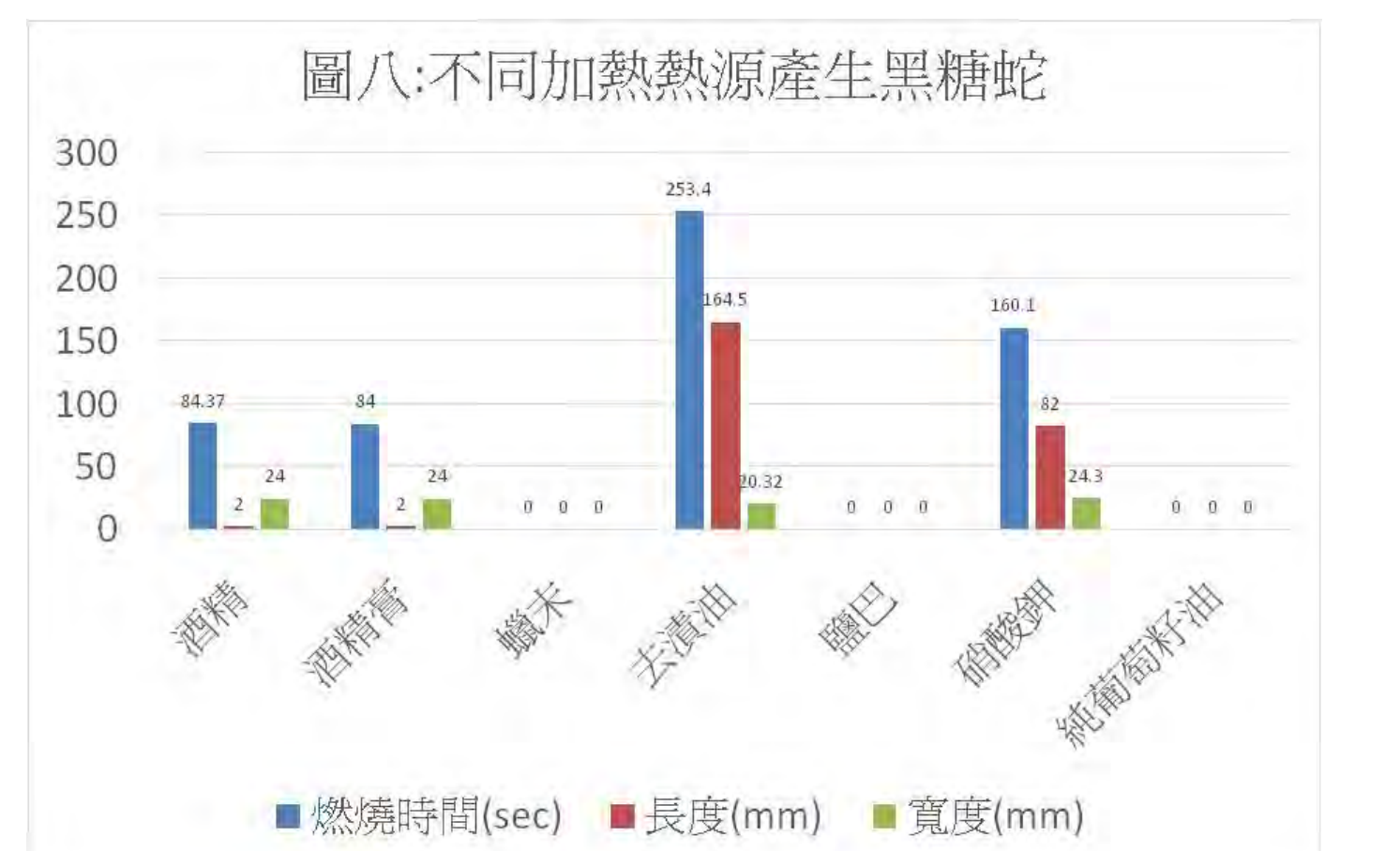
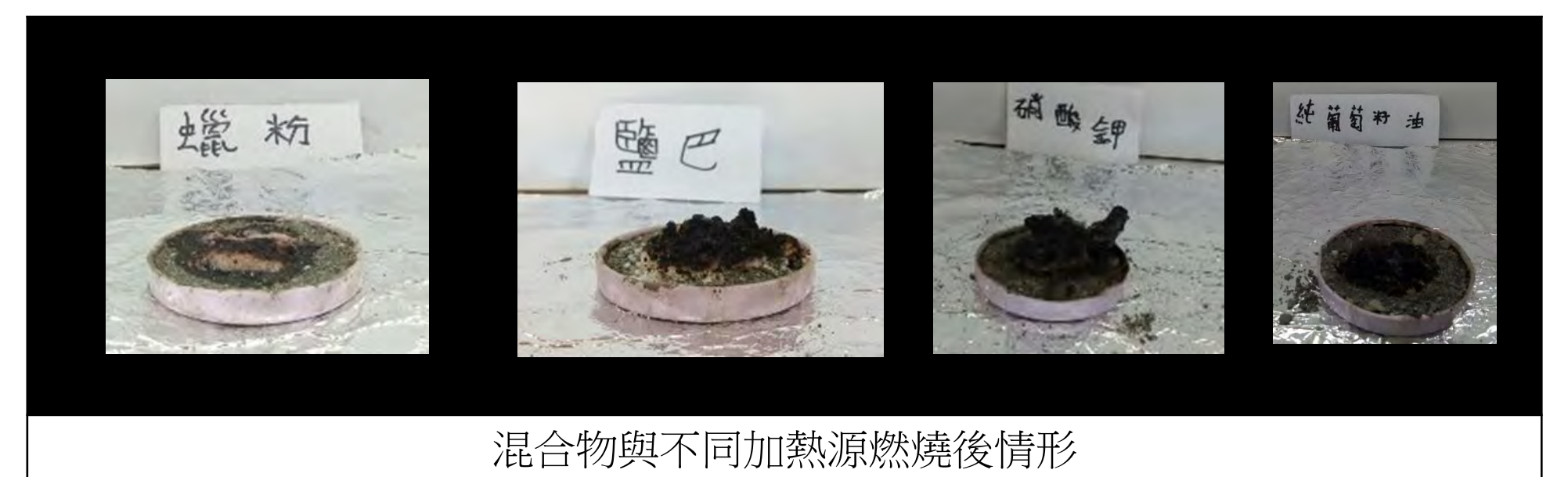
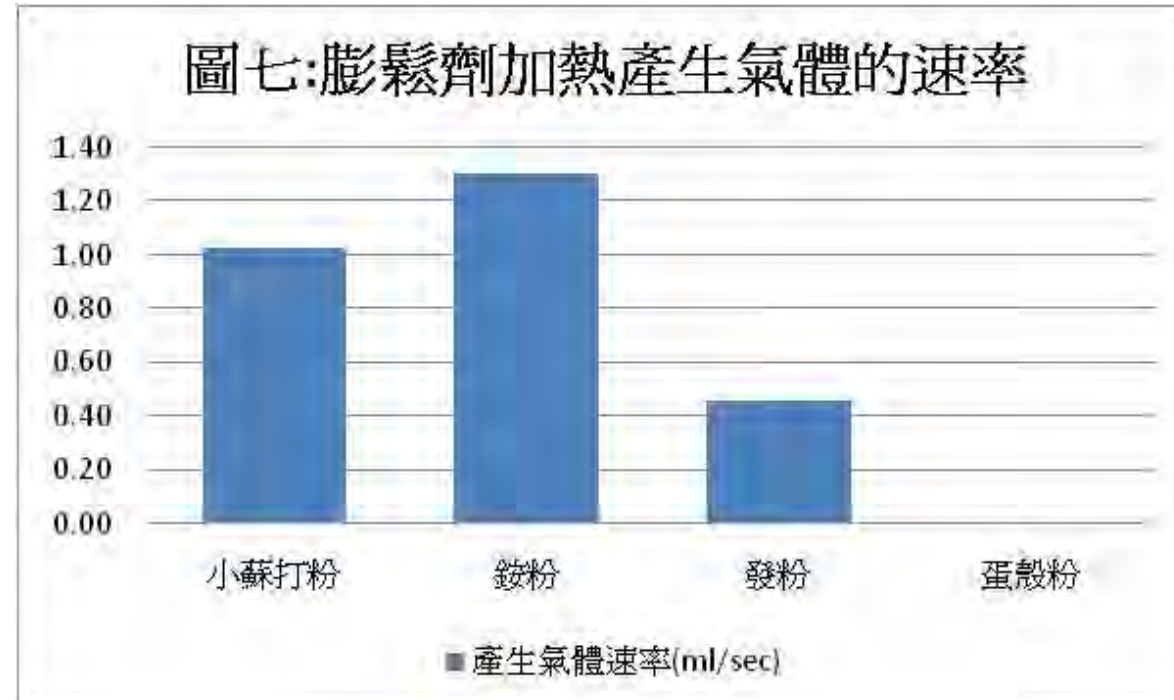
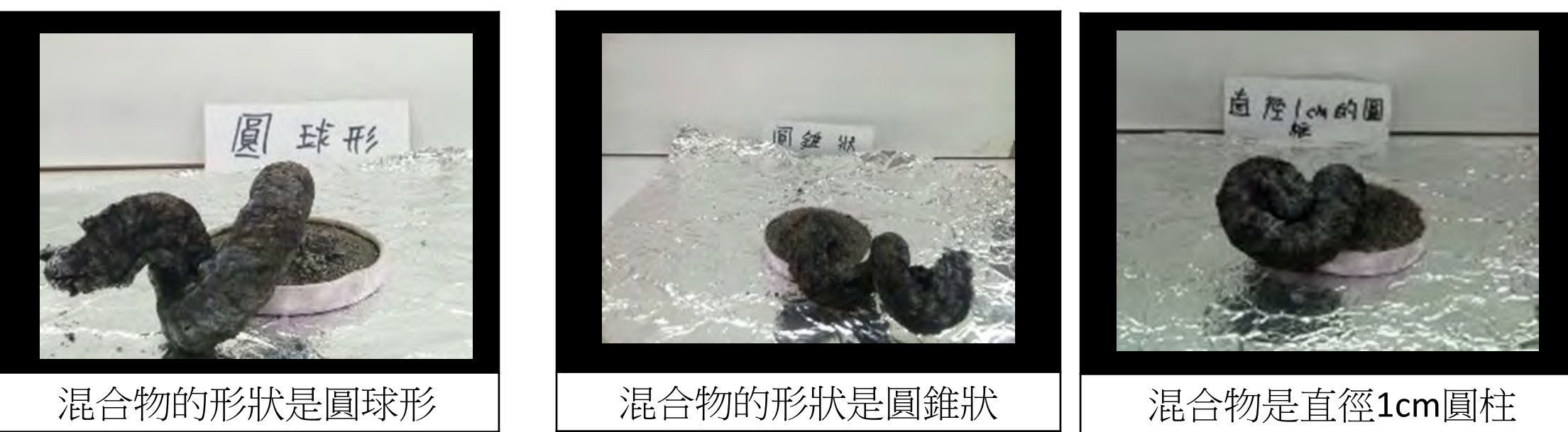
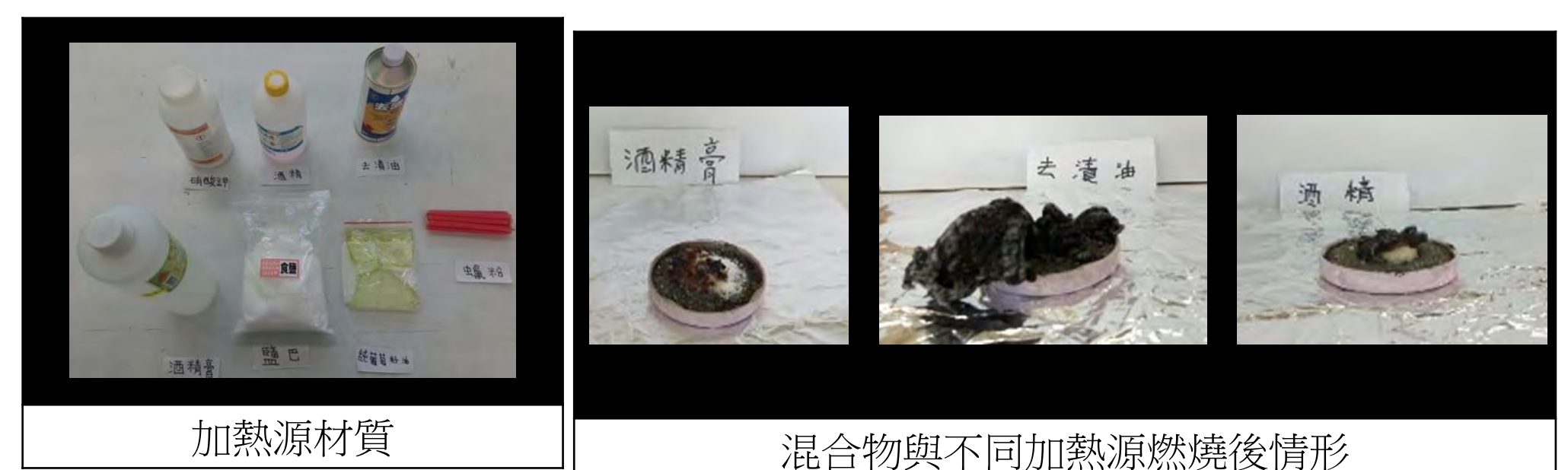
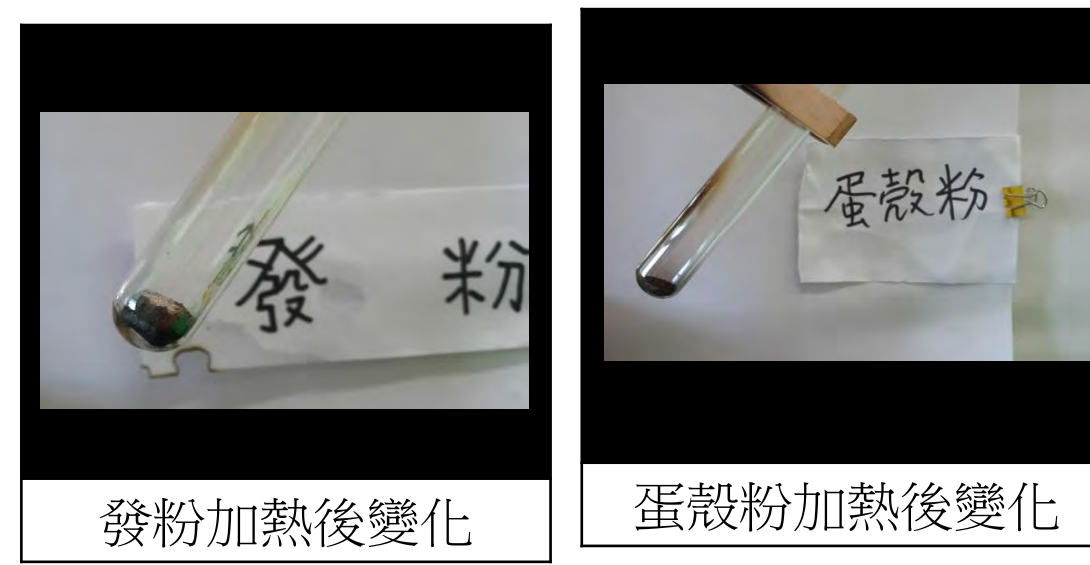
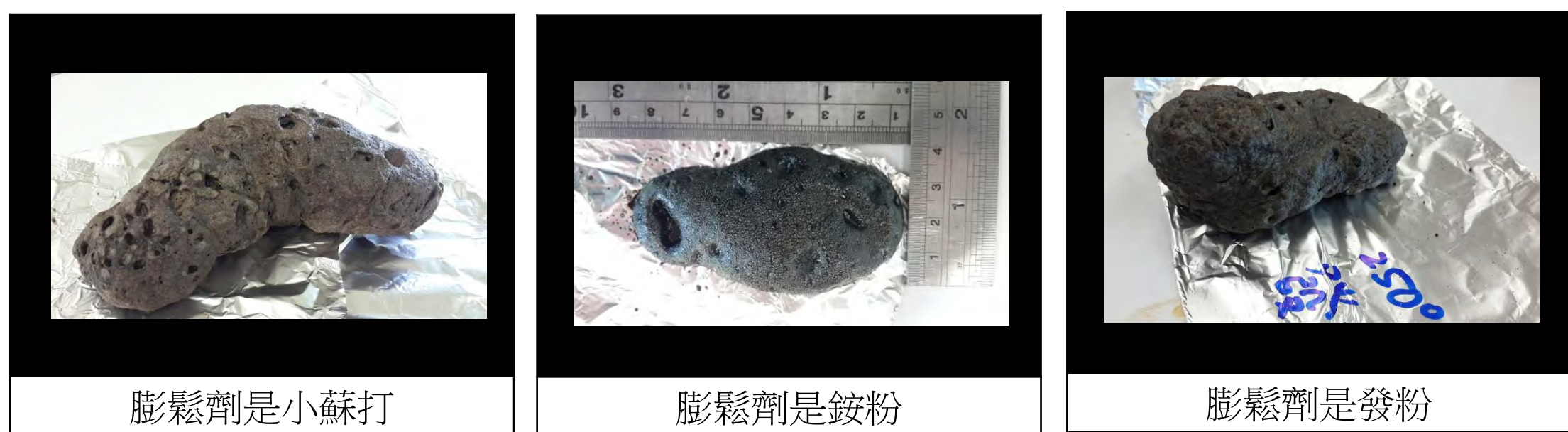
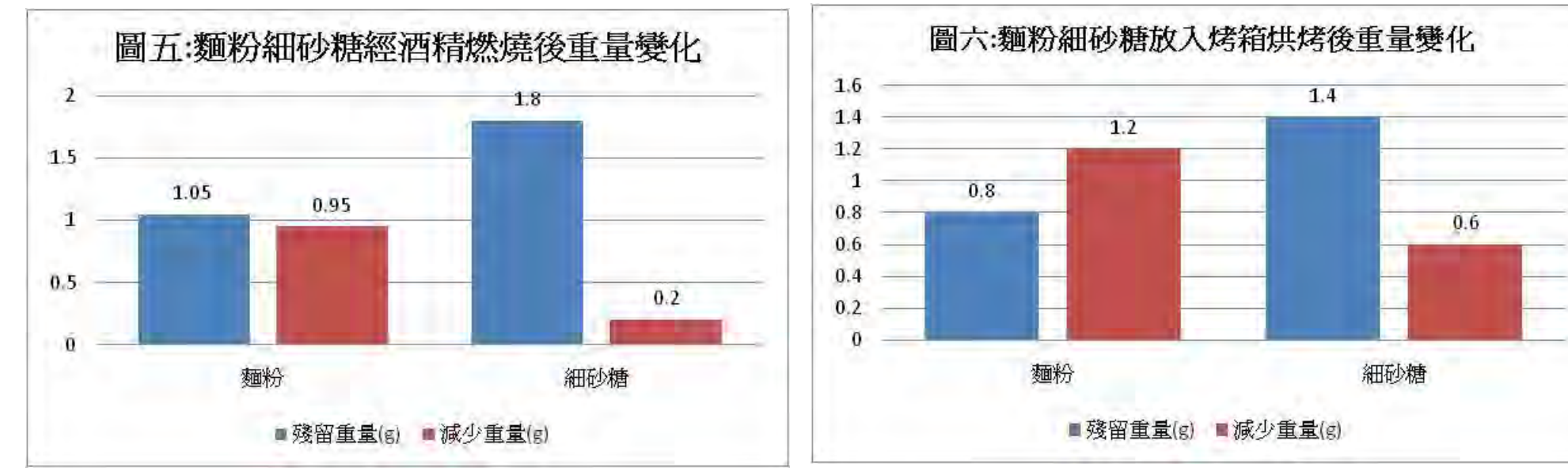
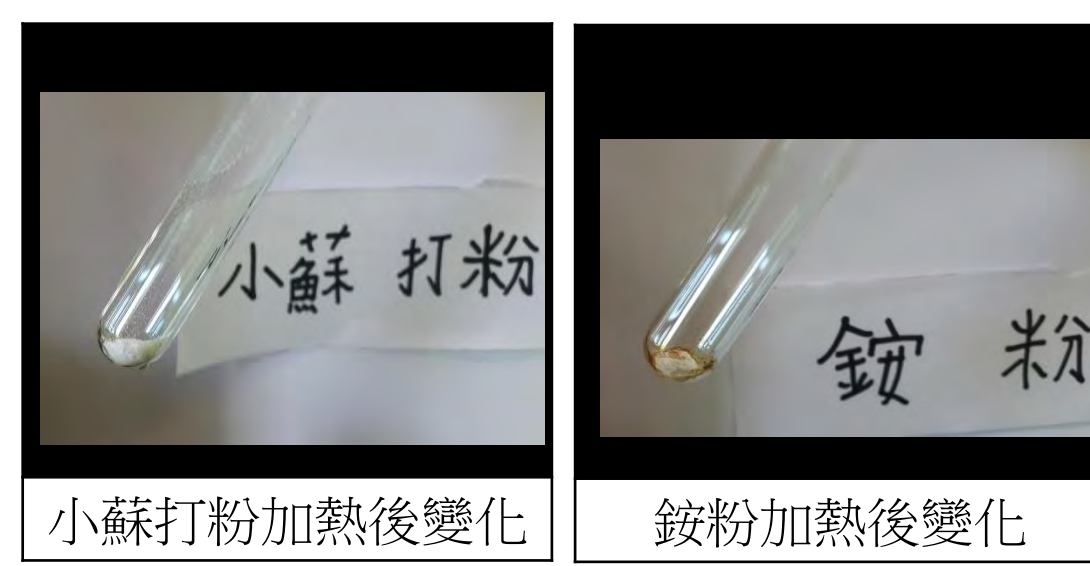
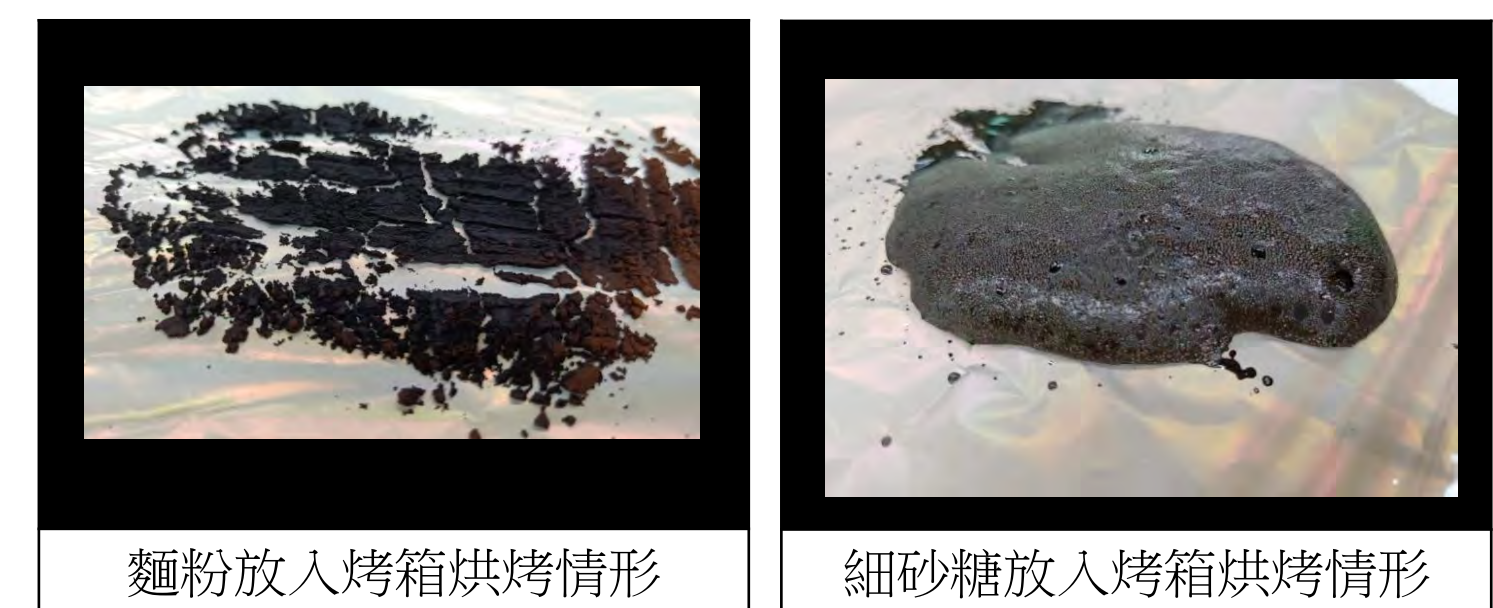
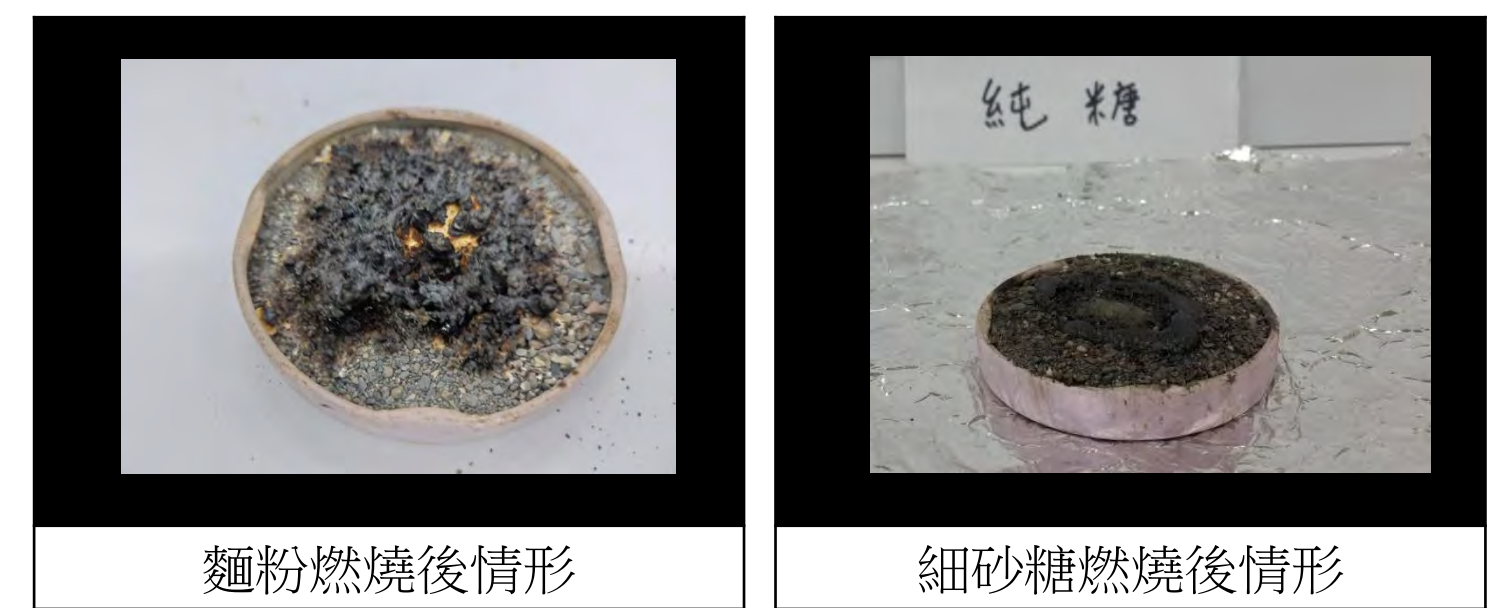
七、【實驗二之二】：不同溫度下，黑糖蛇的生成情形。

八、【實驗二之三】相同溫度下，不同膨鬆劑是否會影響黑糖蛇長度

九、【實驗二之四】：膨鬆劑加熱後產生的氣體速度是否會影響黑糖蛇的形成？

十、【實驗二之五】加熱熱源的材質會影響黑糖蛇的長度嗎？

十一、【實驗二之六】混合物捏塑的形狀會影響黑糖蛇變長嗎？



實驗發現

1. 麵粉燃燒加熱後會產生黑色細粉顆粒，輕輕一吹粉末會被吹散；細砂糖燃燒加熱後會有些膨脹，且表面緊黏在一起，摸起來硬硬的。
2. 麵粉燃燒加熱後殘留的重量都比細砂糖燃燒加熱後殘留的重量小；我們大膽推測麵粉燃燒時殘留少，顆粒間鬆散，所以無法產生較長的黑糖蛇。
3. 烤箱溫度愈低，糖溶解越慢，碳化的效果很差，無法形成黑糖蛇；250°C烤箱烘烤結果，混合物變長也變粗，表面比烘烤200°C時更鬆軟。
4. 糖加入不同的膨鬆劑，且固定加熱溫度，會產生不同效果的黑糖蛇：**加入小蘇打粉**，會產生又粗又長的黑糖蛇，黑糖蛇的直徑比酒精燃燒時還粗，但是長度就短了些；摸起來鬆鬆軟軟的；糖**加入銨粉**加熱後，產生的黑糖蛇扁扁短短的，摸起來有點硬硬的；糖**加入發粉**加熱後，產生的黑糖蛇也是鬆鬆軟軟的，但是長度及直徑大小都不及小蘇打粉生成的；糖不加膨鬆劑加熱後，會有些許膨脹，但是不變長，表面光滑硬硬的。
5. 膨鬆劑中的銨粉產生氣體的速度最快，蛋殼粉產生氣體的速度非常緩慢，加熱三分鐘以上，只產生10ml氣體，查證一些文獻資料，我們知道蛋殼的主要成分是CaCO₃，CaCO₃要加到高溫(高於700°C)才會分解產生CO₂。
6. 小蘇打粉、銨粉、發粉，產生的氣體會讓澄清石灰水變混濁，證明他們加熱後都會產生CO₂，但是銨粉產生的氣體還帶有一股皮蛋味。
7. 加熱熱源是2ml酒精時，燃燒時間短；2ml去漬油時，一開始燃燒很旺盛，冒黑煙，燃燒時間很長，產生的黑糖蛇長度長；2g硝酸鉀時，燃燒時會有小火光，也會產生黑煙，燃燒結束後有部分糖結白色的塊狀。缺點是點燃硝酸鉀的時間需久一點。
8. 混合物的形狀是瘦長形(直徑1cm圓柱)所產生黑糖蛇的長度最長。

研究目的三：做出方便攜帶的黑糖蛇混合物

十二、【實驗三之一】：做出方便攜帶的黑糖蛇混合物

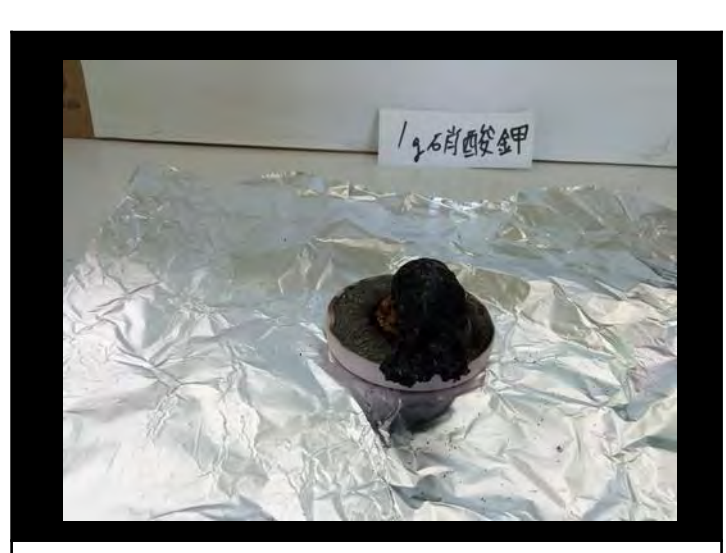
十三、【實驗三之一】：燒出不同形狀的黑糖蛇---冰糖顆粒疊疊樂



方便攜帶的混合物



混合物加入0.5g硝酸鉀



混合物加入1g硝酸鉀



混合物加入2g硝酸鉀



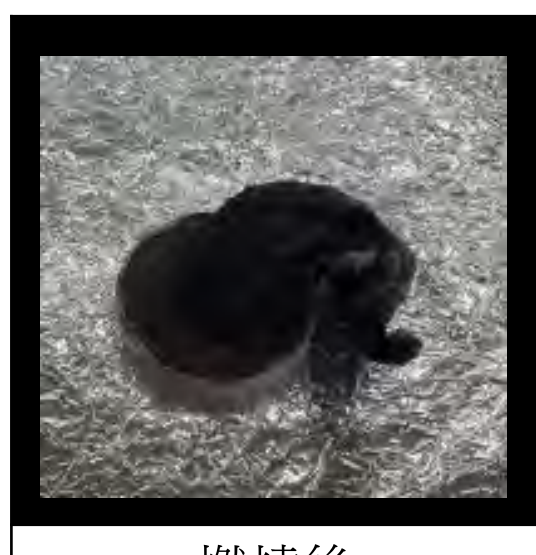
混合物加入3g硝酸鉀



混合物加入4g硝酸鉀



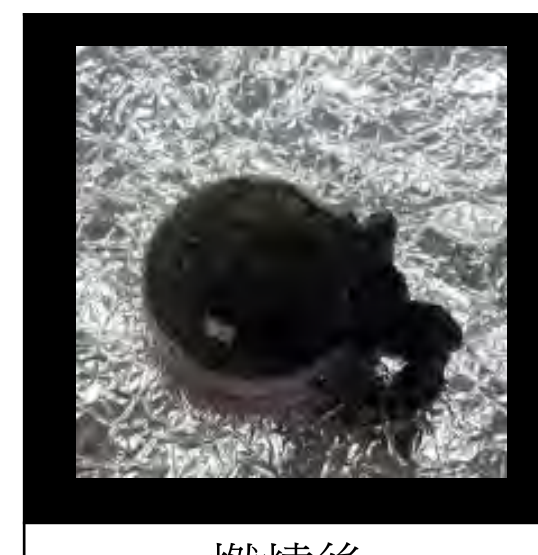
混合物A



燃燒後



混合物B



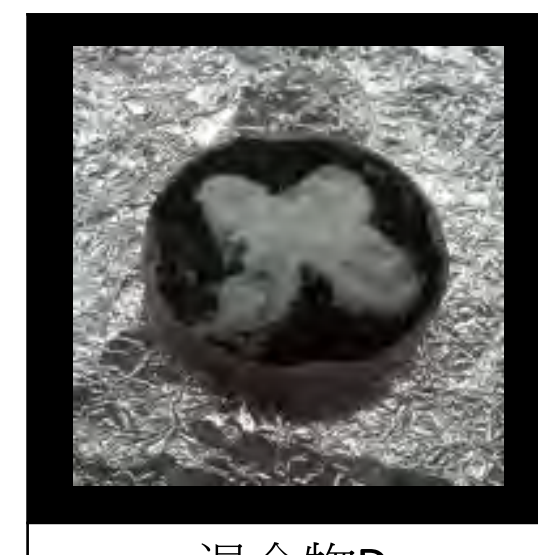
燃燒後



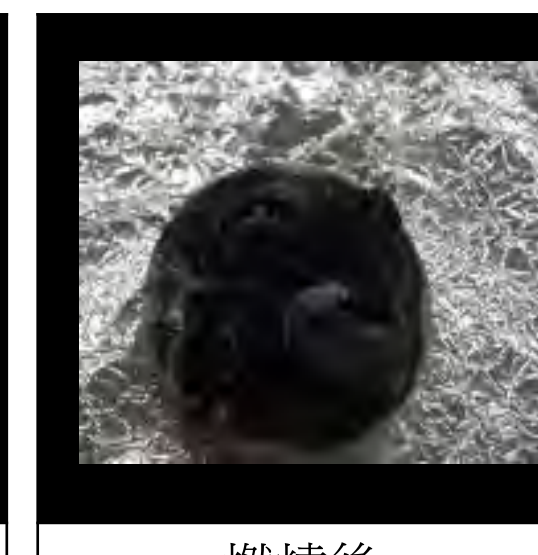
混合物C



燃燒後



混合物D



燃燒後

實驗發現

- 1.硝酸鉀加的越多，燃燒速度太快，使得混合物不斷冒出白色的液狀物，應該是混合物的糖融化，但來不及燃燒的現象。
- 2.糖2g、小蘇打1g、硝酸鉀1g的混合物燃燒後產生的黑糖蛇最長。
- 3.膠合物是漿糊的混合物燃燒時，產生的黑糖蛇較長。
- 4.混合物如果排列很整齊，表面很平整，燃燒後產生的黑糖蛇前端較平整，長長一條。
- 5.在排列平整的混合物上方擺放大顆粒冰糖，燃燒後，大顆粒冰糖會變成一條條細細黑糖蛇，緊接著是條粗粗黑糖蛇，整體形狀很像希臘神話裡的蛇髮魔女。

肆、討論與結論

一、在【研究目的一：找出黑糖蛇的原料最佳比例】中：

- (一) 小蘇打的成分是碳酸氫鈉（化學式： NaHCO_3 ）， 50°C 以上開始逐漸分解生成碳酸鈉、二氧化碳和水；糖是一種碳水化合物，具有可燃性，燃燒產物主要有水、二氧化碳還有黑色的碳。而小蘇打在受熱時能分解出大量的二氧化碳，讓糖燃燒後的碳更為膨鬆，形成一邊燃燒、一邊冒出黑蛇的現象。
- (二) 糖和小蘇打的最佳比例是4:2，小蘇打的量不夠多，無法讓糖燃燒後的產物膨鬆，小蘇打的量太多產生過多二氧化碳，大量的二氧化碳會讓糖燃燒後的產物結構破壞，所以產生的黑糖蛇外形不是很完整的長條狀。
- (三) 糖粉顆粒大小實驗中，我們認為細小顆粒的糖粉燃燒後產生的黑糖蛇應該是最長的，但事實卻不是，而是中顆粒產生的黑糖蛇最長。我們推測應該是糖粉顆粒太細小時，燃燒最完整，產生碳顆粒殘留較少。
- (四) 糖和多種澱粉類雖然都屬於碳水化合物，但是糖燃燒後會殘留的物質比澱粉類燃燒後殘留的多，且糖類燃燒後的產物相互連接，不容易散掉。而小蘇打燃燒後能產生的氣體速度剛好配合糖碳化的速度，所以產生長長的黑糖蛇。
- (五) 糖類中，冰糖和細砂糖產生黑糖蛇較長，應該是冰糖和細砂糖在製糖過程中蔗糖的純度最高，而熱糖在高溫時不會燃燒，卻會分解出碳粒子和水，有足夠的碳粒子就有機會產生長長的黑糖蛇。

二、在【研究目的二：黑糖蛇變長的原因】中：

- (一) 麵粉與細砂糖燃燒後會殘留下來大量的碳粒子，但是麵粉的粒子是鬆散的，糖是相互連接的。加熱溫度越高，黑糖蛇越大隻。
- (二) 膨鬆劑鹼粉加熱後產生的氣體速率最快，但是糖產生碳粒的速度不及產生氣體的速度，所以加入鹼粉的細砂糖無法產生很長的黑糖蛇。小蘇打加熱後產生的氣體速率配合糖產生碳粒的速度，所以黑糖蛇的長度最長。
- (三) 小蘇打成分是碳酸氫鈉，受熱後會產生大量二氧化碳；而蛋殼的主要成分是碳酸鈣，加熱後也會產生二氧化碳，但是需要高溫超過 700°C ，雖然加入蛋殼粉但混合物燃燒後很難出現黑糖蛇。
- (四) 要使糖類燃燒需要一定的溫度，所以加熱熱源很重要，當我們用打火機點燃糖粉時，若無法持續供給熱能，糖就會熄滅。酒精很容易燃燒，是很好的加熱源，缺點是酒精的量要足夠，只有2ml是不夠的，酒精膏內含多種膠合物，所以酒精成分更少，當作熱源時，量要足夠。去漬油燃燒最旺盛，所以產生黑糖蛇的效果最好，但是燃燒時會產生大量黑煙。而硝酸鉀在 560°C 高溫分解為亞硝酸鉀和氧氣，分解的氧氣能幫助糖燃燒，所以加了硝酸鉀的混合物時，點火燃燒需要較久時間；燃燒時也是零星的小火光產生，黑糖蛇慢慢形成，並不會像酒精或去漬油燃燒時的大火。

三、在【研究目的三：製作出方便攜帶的黑糖蛇原料】中：

- (一) 因為要方便攜帶與保存，所以混合物的加熱源我們選擇硝酸鉀而不用易蒸發的酒精。硝酸鉀的量不能太多，太多時燃燒反應劇烈，而混合物快速的翻攪，無法形成美麗的黑糖蛇。
- (二) 混合物堆疊的外形不同，燃燒後就會產生不同的黑糖蛇形狀。

伍、參考資料

- 一、廖曉玲：書店的玩具自己動手做---蛇炮。台灣化學教育。2015.4.25，取自<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=7499>
- 二、科學教育與應用學系：燃燒的方糖。科學遊戲實驗室。取自<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-004.html>
- 三、科學教育與應用學系：白糖變黑蛇。科學遊戲實驗室。取自<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-010.html>
- 四、彭郁會等3人。3D化學實驗：驚蟄的四條黑蛇。科學Online。取自<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=74965>