

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組化學科

080215

高雄縣茄萣鄉成功國民小學

指導老師姓名

蔡素伶

黃振益

作者姓名

邱志豪

郭秋陽

陳慧怡

蘇松懋

果真讓我心動

摘要

「果凍蠟燭」是近來風靡全台的一項『生活化』商品，特殊的配方使它有別於傳統的石蠟蠟燭。本實驗即在比較歸納果凍蠟燭與傳統蠟燭之差異，並配合康軒版三上單元『物質三態』、空氣的流動』、四下單元『毛細現象』、五上單元『空氣與燃燒』等教材，進一步探討影響果凍蠟燭燃燒的各種因素。

實驗中，我們發現果凍蠟燭優於傳統蠟燭的地方，以及果凍蠟燭可以燃燒更久的秘密，我們重要的發現有：

- 一、果凍蠟燭燃燒時火焰較小而穩定，無煙無臭，燃燒的時間約為傳統蠟燭的兩倍，但燃燒成本也較高。果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒的原理相同，都是因為蠟油受熱汽化而燃燒。燃燒時都會產生二氧化碳和水。果凍蠟燭的熔點較傳統蠟燭高，降溫的速度不論在水中或空氣中也較傳統蠟燭快，燃燒中蠟液的溫度及火焰溫度也較高。
- 二、燭芯對蠟燭燃燒時間的長短有很大的影響，浸過蠟油的棉線，燭芯較粗，燭芯長約 1-2 公分的果凍蠟燭燃燒時間較久。此外，容器的形狀、果凍蠟的量也會影響果凍蠟燭燃燒的時間，惟氣泡較多並不能增加燃燒的時間。
- 三、把傳統蠟和果凍蠟混合製成的蠟燭，燃燒時間比傳統蠟燭久而且沒有黑煙，色澤溫暖而勻稱，是一創新的環保蠟燭，極具參考價值。

壹、研究動機

歡度聖誕佳節，是一年一次企盼的節日，除了聖誕卡片可問候師長好友外，今年還有大發現，在大發文具店貨物架上，還看到一種很特別的蠟燭，全身透明、摸起來還軟軟 QQ 的像果凍一樣，而且非常漂亮。好奇心特別強的我們，當然不會錯過這個可愛寶貝，趕緊請教老闆，一問之下，才知道這是最新研發產品，造成購買熱潮的「果凍蠟燭」。

據老闆說果凍蠟燭不僅可愛漂亮，而且可以燒很久，到底是什麼秘密讓果凍蠟燭這麼迷人又這麼實用呢？忍不住好奇心，當下我們就請老闆點點看。沒想到一點燃，陣陣的香氣撲鼻而來，頓時整個人神清氣爽身心舒暢了起來，和經驗中燃燒「傳統蠟燭」時，常聞到陣陣惡臭和燻鼻傷眼的黑煙，使人懶洋洋不想做任何事情的感覺完全不同。這個奇妙的果凍蠟燭，立刻擄獲了我們的芳心，成為我們研究的下一個目標！

貳、研究目的

- 一、果凍蠟燭和傳統蠟燭的比較
- 二、果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒時及熄滅後產物的分析與比較
- 三、果凍蠟燭燃燒現象的探討
- 四、影響果凍蠟燭燃燒時間因素的探討
- 五、果凍蠟燭燃燒後冷卻溫度方法的比較
- 六、創意果凍 DIY

參、研究設備器材

傳統蠟燭、果凍蠟燭、白蠟塊、果凍蠟塊、蠟油、燭芯、燭杯、溫度計、酒精燈、試管、試管夾、玻璃滴管、鑷子、廣口瓶、調理秤、火柴、塩、沙子、冰塊。

肆、研究方法、結果與討論

研究一：果凍蠟燭和傳統蠟燭的比較

實驗一：果凍蠟燭和傳統蠟燭在燃燒前有什麼不同？

方 法：觀察二種蠟燭的顏色、形狀、硬度、漂浮性和嗅其氣味

發 現：（一）果凍蠟燭摸起來質感軟 QQ、有彈性、碰撞會反彈、無氣味、未加色料前，色澤清澈透明（圖一）；傳統蠟燭材質硬實、無彈性、氣味較香；色澤混濁不透明。材質上上網站查得，傳統蠟塊材質多為石蠟，而果凍蠟塊是果凍膠粉加大約 30 倍的白蠟油製成，亦即 33 公克的果凍膠粉加 1000ml 的白蠟油。

（二）各切 1 5 g 的固態蠟，壓入水中，發現二者體積上升約 1 6 cc，經查閱資料知道會漂浮，這是因為其密度小於水的緣故（圖二）。



種類 比較項目	果 凍 蠟 燭	傳 統 蠟 燭
材 質 觸 感	質感軟 QQ、有彈性、碰撞會反彈	材質硬實、無彈性
氣 味	無氣味	氣味較香
色 澤	色澤清澈透明	色澤混濁不透明
價 格	果凍蠟塊半斤 70 元	傳統蠟塊半斤 50 元
浮 水 性	漂浮在水上；不溶解於水	漂浮在水上；不溶解於水

實驗二：果凍蠟燭和傳統蠟燭在燃燒時有什麼不同？

方 法：觀察二種蠟燭的燃燒時各種燃燒現象的比較。

- (一) 燃燒現象的比較：點燃兩種蠟燭，觀察它們燃燒過程中的現象有何不同，並將蠟燭燃燒情形繪在紙上並著色。
 - (二) 燃燒時間的比較：把果凍蠟燭和傳統蠟燭做成形狀、燭芯高度、燭芯粗細、相同、重量同為 6g 的蠟燭來比較。
 - (三) 熔點及熔化時間比較：兩種蠟燭加熱之後，從固體完全熔化成液體的溫度及時間測量。
 - (四) 燃燒中蠟液溫度的比較：把果凍蠟燭和傳統蠟燭做成形狀、燭芯高度、燭芯粗細相同、重量同為 6g 的蠟燭，測量兩種蠟燭燃燒 20 分之後的蠟液溫度。
 - (五) 火焰溫度那個部位最熱：把兩支衛生筷分別同時橫過果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒的火焰，時間 5 秒、同人將筷子浸濕，觀察二者各層溫度的比較。
- 發 現：(一) 果凍蠟燭燃燒時火焰較小但較穩定，少有閃爍情形，黑煙很少，燃燒時沒有臭味，而這些剛好都是傳統蠟燭的缺點；兩種蠟燭熄滅時都有白煙產生，但傳統蠟燭的白煙較多(圖三)。
- (二) 將傳統蠟燭和果凍蠟燭做成重量與形狀相同的蠟燭，果凍蠟燭燃燒的時間比傳統蠟燭久，約為傳統蠟燭的 2 倍；另果凍蠟燭的燃燒成本約為傳統蠟燭的 1.4 倍，亦即傳統蠟燭較果凍蠟燭省錢。
 - (三) 果凍蠟燭的熔點較高，熔化時間較快，燃燒 20 分鐘後，蠟液的溫度也較高。
 - (四) 二者的火焰都是外焰溫度最高且最熱，因為該部位即是空氣與燃料相互作用的地方，而焰心溫度最低；且果凍蠟燭的外焰溫度比傳統蠟燭高(圖五)。果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒時火焰溫度最高最熱都是外焰；次之是內焰；最低是焰心(圖四、圖六)。



圖三



圖四



圖五



圖六

種類 比較項目	果凍蠟燭	傳統蠟燭
燃燒現象	1.一開始火焰大，慢慢變小後就趨於穩定。 2.黑煙很少。 3.吹熄時有白煙，但比傳統蠟燭少。	1.火焰較大，但較不穩定，常會閃爍。 2.燃燒時發光放熱冒黑煙且有臭味。 3.吹熄時有白煙；白煙多
燃燒時間	3 時 2 3 分	1 時 4 5 分
熔 點	全部熔化時溫度是 1 2 0 °C	全部熔化時溫度是 9 6 °C
熔化時間	2 分 1 0 秒	2 分 3 7 秒
燃燒中蠟液溫度 測量（20 分鐘後）	4 0 °C	3 5 °C
火焰溫度高低	1.燭焰分三層：外焰、內焰、焰心；外焰溫度最高、最熱；內焰最明亮，焰心溫度最低 2.外焰溫度在燃燒 2 0 秒後為 6 0 °C	1.燭焰分三層：同左 2.外焰溫度在燃燒 2 0 秒後為 4 7 °C

討 論：（一）在 20 分鐘後，果凍蠟燭燃燒中的蠟液溫度是 40°C，所形成的液態蠟凹槽範圍較傳統蠟燭大，如果容器不穩，容易傾倒，使得液體流出，形成蠟液浪費。

（二）果凍蠟燭燃燒的外焰溫度在 20 秒後為 60°C，溫度高於傳統蠟燭，這是果凍蠟燭燃燒時黑煙較少的原因之一嗎？我們決定再做燃燒產物的比較探討（見研究二）。

實驗三：果凍蠟塊和傳統蠟塊燃燒成液態蠟後在水中冷卻和在空氣中冷卻有差別嗎？

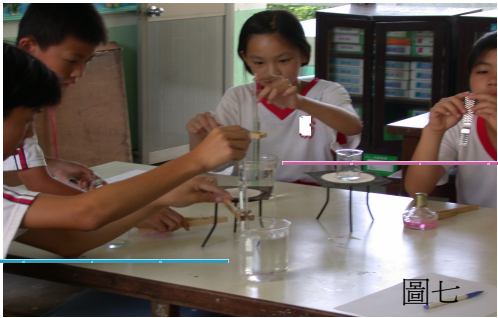
方 法：（一）將各 10g 的果凍液態蠟及傳統液態蠟倒入插有溫度計的試管中，並將試管置入相同水杯中，觀察自 96 °C 降到常溫的速度比較。

（二）將各 20g 的果凍液態蠟及傳統液態蠟，放置空氣中自然冷卻，觀察自 96 °C 降到常溫的速度比較。

發 現：（一）果凍蠟液不論在水中冷卻（圖七）或在空氣中自然冷卻（圖八），其時間速度都比傳統蠟液快，且約在 48°C 時即凝固成固態蠟。

（二）傳統蠟燭降溫的速度較慢且在 40-50°C 之間降溫時間花得最長，這段期間就花了 20 分鐘且凝固時從燭杯邊緣、底部開始凝固且中間凝固突起；果凍蠟燭則降溫速度均勻且速度較快，從中間開始凝固突起。

傳統蠟燭



果凍蠟燭

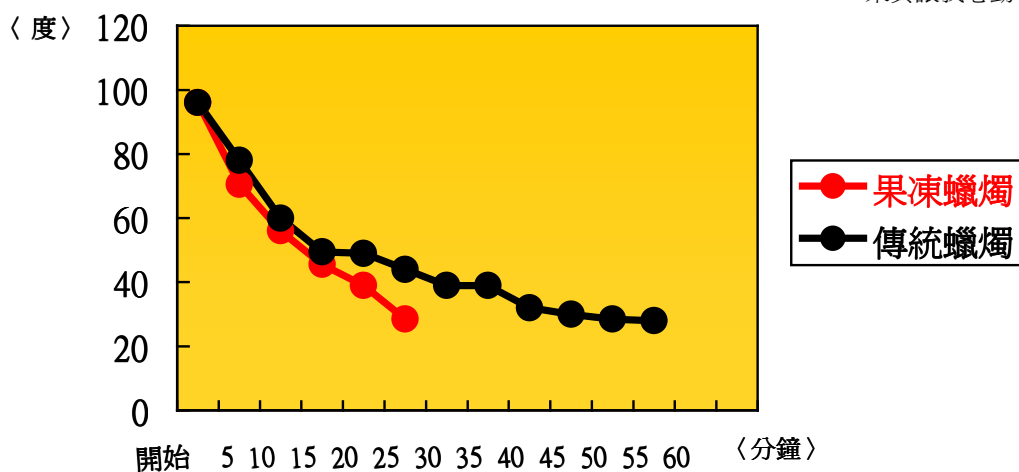
傳統蠟燭



果凍蠟燭

種類	果凍蠟燭	傳統蠟燭
水中降溫		
水溫測量為 28℃	6 分 10 秒後遇水冷卻 變成常溫固態蠟	17 分 15 秒後遇水冷卻 變成常溫固態蠟

種類	果凍蠟燭		傳統蠟燭	
自然降溫				
降 溫 速 度 (從 9 6℃ 到室溫 2 8℃ 每 5 分鐘測量一次)	全程時間花了 2 5 分 5 0 秒		全程時間花了 5 7 分 5 0 秒	
	起始溫度	9 6℃	起始溫度	9 6℃
	5 分鐘後溫度	7 0 · 5℃	5 分鐘後溫度	7 8℃
	1 0 分鐘後溫度	5 6℃	1 0 分鐘後溫度	6 0℃
	1 5 分鐘後溫度	4 5 · 5℃	1 5 分鐘後溫度	4 9 · 5℃
	2 0 分鐘後溫度	3 9℃	2 0 分鐘後溫度	4 9℃
	2 5 分鐘後溫度	2 8 · 5℃	2 5 分鐘後溫度	4 4℃
	2 5 分 5 0 秒後溫度	2 8℃	3 0 分鐘後溫度	3 9℃
			3 5 分鐘後溫度	3 9℃
			4 0 分鐘後溫度	3 2℃
			4 5 分鐘後溫度	3 0℃
			5 0 分鐘後溫度	2 8 · 5℃
			57 分 50 秒後溫度	2 8℃

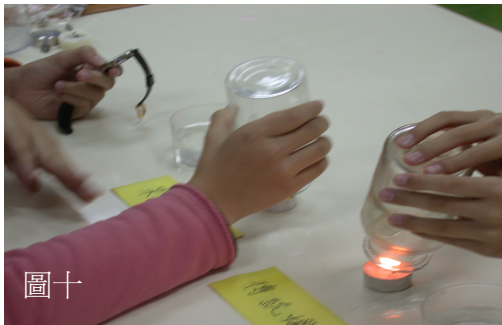


果凍蠟燭、傳統蠟燭自然冷卻速度比較圖

- 討 論：（一）蠟燭凝固位置不同原因很多：如材質、熱對流、容器等不同等。
- （二）空氣中熱對流作用，使得熱空氣上升、冷空氣補位加入，再加上杯狀容器係金屬材料容易散熱溫度較低，故從燭杯邊緣、底部開始凝固，致於中間凝固突起，討論結果，可能是毛細現象或蠟油的吸附作用。
- （三）果凍蠟液在空氣中自然冷卻速度已經比傳統蠟液快了，而倒入水中冷卻速度卻更快，如果想縮短產品的生產時間除了裝在金屬容器中使它容易散熱外，還能靠什麼材料使它加速冷卻呢？我們在老師的引導下，完成了果凍蠟液各種冷卻方法的比較（見研究五）。

研究二：果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒產物的分析與比較





圖十

黑煙收集



圖十一

白煙收集

實驗一：蠟燭燃燒時產生的黑煙產物，以及熄滅時產生的白煙是什麼東西？

方 法：（一）用飲料罐（圖九等）或廣口瓶（圖十）收集傳統蠟燭、果凍蠟燭燃燒時的黑煙產物各 90 秒，然後移注入水中及澄清的石灰水中，觀察其變化。

（二）用廣口瓶收集吹熄後二種蠟燭所產生的白煙（圖十一），再玻璃片封住廣口瓶並將其移注入杯水中，觀察其變化。

發 現：（一）果凍蠟燭的黑煙產物較少，且二種蠟燭燃燒的產物在水中都產生了油和碳粒，經與石灰水結合後亦發生混濁現象，因此了解有二氧化碳存在。

（二）果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒熄滅後所產生的白煙是汽化的蠟油，而且兩種蠟燭熄滅時都有白煙產生，但傳統蠟燭的白煙較多。

種類		果凍蠟燭	傳統蠟燭
比較項目	燃燒過程中的黑煙產物		
	在水中	油、碳粒	油、碳粒
	在石灰水中	二氧化碳	二氧化碳
滅熄時的產物（白煙）		油、蠟塊	油、蠟塊

討 論：（一）果凍蠟燭燃燒時產生的碳粒較少，我們在想除了是二者原料不同外，可能因為果凍蠟燭的熔點溫度（外焰溫度）夠高，在外焰高溫下容易將碳粒子燃燒掉，這也許是果凍蠟燭較少黑煙的主要原因。

（二）傳統蠟燭和果凍蠟燭熄滅時所產生的白煙注入水中，水面上會產生一層油膜和細碎的蠟塊我們猜想這些白煙是汽化的蠟油，因為遇水冷卻而還原為固體。如果真是這樣，那麼蠟燭的燃燒是不是汽化的蠟油在燃燒；如果是，汽化的現象又是在那裡產生的呢？果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒的原理是否相同？還有，液態的蠟液和固態的蠟塊是不是也可以燃燒呢？為了解答一連串的疑問，我們繼續設計了下面的實驗。

研究三：蠟燭燃燒現象的探討

實驗一：液態的蠟液和固態的蠟塊是不是也可以燃燒？

方 法：把點燃的火柴靠近液態和固態的果凍蠟燭，看看是否可以燃燒。

發 現：不管是果凍蠟燭或傳統蠟燭，其液態的蠟液或固態的蠟塊，都無法燃燒(圖十三)



圖十二



圖十三

實驗二：蠟燭的火焰是蠟油汽化燃燒的現象嗎？

方 法：將果凍蠟塊放入試管中，用試管夾夾著，以酒精燈加熱。等到蠟液沸騰有足夠的白煙冒出時，用一根點燃的火柴靠近玻璃管的一端，看看會有什麼現象發生。

發 現：試管口有火產生，而且火柴的火焰變大，證明有汽化的蠟油生成而且可燃(圖十二)。

實驗三：蠟油汽化現象在哪裡產生？

方 法：點燃果凍蠟燭，然後把玻璃管分別插入火焰的焰心、內焰及外焰，引出所含物質，然後用點燃的火柴靠近，觀察有何現象發生。

發 現：焰心或內焰較暗區引出的白煙可以點燃，所引出的白煙與前實驗吹熄蠟燭時所聞到的那股味道相同；暗區引出的物質可以燃燒，而且內焰引出物質燃燒的火焰比外焰大。可見蠟油汽化現象是在焰心處或內焰處汽化；外焰處燃燒因為有空氣對流情形，在外焰外圍，有燃燒所需的空氣，空氣與燃料結合的地方，也就是火焰中最熱的部位，空氣與燃料彼此相互作用，蒸氣被耗盡了，同時也產生了光亮，而火焰的上部已無蠟蒸氣即產生煙霧，就是火焰中的黑煙，它們是燃燒的產物(科學發展 2003/10)。

研究四：影響果凍蠟燭燃燒時間的因素探討

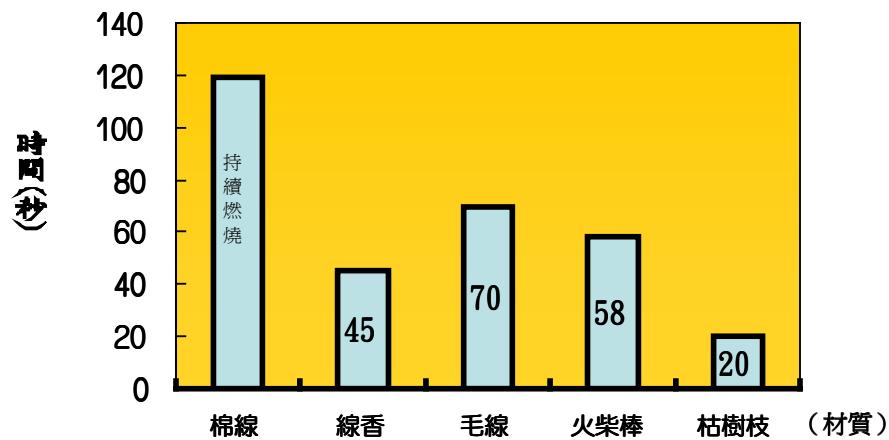
蠟燭燃燒需要靠燭芯源源不斷的把蠟油藉由毛細管原理吸上來然後汽化燃燒，可見燭芯對蠟燭燃燒時間的長短有很大的影響，當節慶來臨或停電時，能以最經濟的方式提供家庭照明，因此，我們還針對果凍蠟的量、氣泡、容器形狀、等變項來做探討。

實驗一：用哪一種材質當燭心，可以讓果凍蠟燭燃燒最久呢？

方 法：棉線、線香、毛線、火柴棒和枯樹枝各浸過蠟油 30 秒後，做成形狀、燭芯高度、燭芯粗細、重量相同 10 的蠟燭，同時點燃，觀察比較它們的燃燒的現象和燃燒時間。

發 現：用棉線做燭芯燃燒時間最久，其次是毛線、火柴棒、線香；枯樹枝的燃燒時間最短(圖十四)。

燭芯材質	棉線	線香	毛線	火柴棒	枯樹枝
燃燒時間	持續燃燒	45 秒	70 秒	58 秒	20 秒



燭芯材質不同燃燒時間比較



實驗二：果凍燭芯有無過蠟，對燃燒時間長短有影響嗎？

方 法：把兩條一樣長的棉線，一條浸過蠟油，另一條則不過蠟，然後做成形狀、燭芯高度、燭芯粗細、重量相同 10g 的蠟燭，同時點燃，觀察比較它們的燃燒的現象和燃燒時間。

發 現：用有過蠟的棉線當燭芯做成的蠟燭燃燒時間較久(圖十五)。

種 類	燃 燒 現 象	燃燒時間
有 過 蠟	1.剛開始火焰很大，然後火焰變小、變穩	6 時 5 2 分
沒有過蠟	1.剛開始火焰很大 2.棉線易分叉，毛細現象仍發生，燈芯可能因沒過蠟容易傾倒，因為冷卻於固態蠟之下而熄滅	3 3 分

實驗三：氣泡的多少對燃燒時間長短有影響嗎？

方 法：做兩個形狀、燭芯高度、燭芯粗細相同、重量為 10g 的果凍蠟燭，其中一個趁果凍蠟熔化時，用竹棒攪動使空氣進入形成很多氣泡，然後同時點燃，觀察比較它們的燃燒的現象和燃燒時間。

發 現：氣泡較多並不能增加燃燒的時間(圖十七)。

氣泡數量	燃燒現象	燃燒時間	比較
有氣泡	火焰較小，穩定燃燒，氣泡會逐漸消失，有啪啪聲響發出	4 時 4 5 分	燃燒時間短
無氣泡	火焰較大，穩定燃燒	6 時 5 2 分	燃燒時間長



圖十六



圖十七

實驗四：容器的形狀對燃燒時間長短有影響嗎？

方 法：把果凍蠟做成重量為 10g、燭芯粗細、燭芯高度相同，但形狀不同（杯狀和金魚缸狀）的蠟燭，同時點燃比較二者燃燒的時間。

發 現：金魚缸狀的果凍蠟燭燃燒時間較長，我們討論結果是金魚缸狀的容器保持風勢穩定，使得蠟油的消耗量減少(圖十六)，但也因燃燒不完全而污黑了杯口。

容器形狀	燃 燒 現 象	燃 燒 時 間	比 較
杯 狀	火焰易受風的影響	6 時 5 2 分	燃燒時間短
金魚缸狀	火焰從頭到尾都穩定燃燒	6 時 5 4 分	燃燒時間長

研究五：果凍蠟燭燃燒後冷卻溫度方法的比較

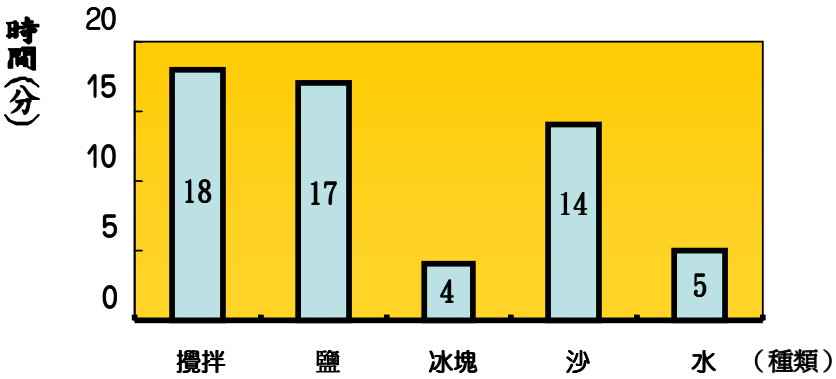
在前實驗中，我們已經了解果凍蠟液在空氣中和倒入水中冷卻速度都比傳統蠟液快，但如何更快更好的在短時間內就創造出一個果凍蠟燭成品呢？我們針對日常生活中有降溫效果的塩、沙、冰塊、攪拌等變項來做加速降溫探討比較。

方 法：將果凍蠟各切 20g 燃燒成液態蠟後連同杯器放入等量已裝有各 270g 的塩、沙、冰塊、水等玻璃杯中，觀察降溫變化比較（由熔點溫度 120℃ 降到 48℃ 時已凝固，共同決定以降到 48℃ 為標準來比較降溫快慢）(圖十八)。

發 現：果凍蠟液在冰塊中降溫速度比水快速，而攪拌方式是既費時又費力。



比 較 項 目	攪 拌	塩	冰塊	沙子	水
加速降溫比較	1 8 分鐘	1 7 分鐘	4 分鐘	1 4 分鐘	5 分鐘



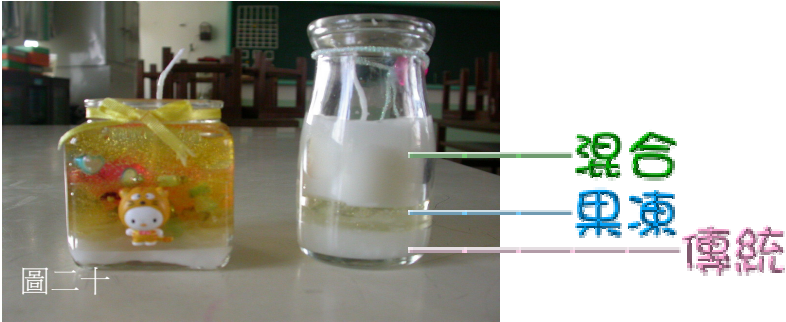
幫助果凍蠟液加速冷卻的各種方法比較

研究六：創意果凍 DIY

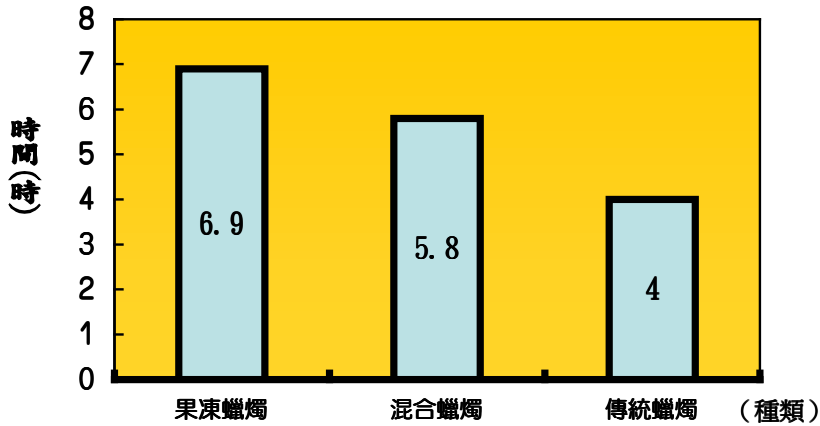
實驗一：將果凍蠟和傳統蠟混合可以使燃燒時間變長且更環保嗎？（A 組：秋陽·慧怡）

方 法：將果凍蠟及傳統蠟，以一比一的比例混合做成 10g 的混合蠟燭裝在金魚缸容器中。觀察比較純傳統蠟、純果凍蠟、以及混合蠟的燃燒時間和燃燒現象。

發 現：混合蠟的質感光滑，色澤像牛奶脂般，其燃燒時間比比純果凍蠟短，比純傳統蠟久，且其火焰比純果凍蠟大，火焰穩定、無黑煙(圖十九、二十)。



種類 比較項目	果凍蠟燭	傳統蠟+果凍蠟	傳統蠟燭
燃燒現象	火焰小且穩定，無黑煙	火焰大，無黑煙，火焰穩定，層次分明	火焰大，火焰層次分明，黑煙多
燃燒時間	6 時 5 4 分	5 時 4 9 分	3 時 5 6 分



不同材質蠟燭的比較

實驗二：騰空架水果凍蠟（B 組：志豪·松懋）

方 法：利用果凍蠟不溶於水及浮水性，在玻璃杯最底層置入冰水，加速第二層果凍液態蠟的成型並植入燈芯座，再漸層加上不同色層的果凍蠟（圖二十一）。

結 果：選擇的容器不僅使空氣中燃燒的熱對流容易，不會因燃燒不完全而產生碳粒子污黑杯口，另利用冰水有加速降溫的效果，快速生產產品且為科展節省材料成本，極富創意且是小兵立大功(含杯成本 24 元)。



伍、結論

經過這次研究，我們發現果凍蠟燭優於傳統蠟燭的地方，以及讓果凍蠟燭可以燃燒更久的秘密，以下是我們的結論。

- 一、果凍蠟燭燃燒時火焰較小但較穩定，少有閃爍情形，黑煙很少，燃燒時沒有臭味，蠟油也可以回收再利用，甚至可加入香精增加香味或加入裝飾品增加美觀，而這些剛好都是傳統蠟燭的缺點。
- 二、相同的重量和形狀，果凍蠟燭燃燒的時間比傳統蠟燭久，幾乎是傳統蠟燭的 2 倍。但是果凍蠟燭的燃燒成本較傳統蠟燭高，約為傳統蠟燭的 1.4 倍，但就環保觀點比較，果凍蠟燭較具效益。
- 三、果凍蠟燭的熔點較傳統蠟燭高，降溫的時間比也較快，燃燒中蠟液的溫度及火焰溫度也比較高。
- 四、二種蠟燭燃燒時都會產生二氧化碳和水。燃燒時，所產生的黑煙是沒有燃燒完全的蠟油和碳粒；熄滅時所產生的白煙是沒有燃燒完的汽化蠟油。
- 五、果凍蠟燭和傳統蠟燭燃燒的原理相同，都是因為蠟油受熱汽化而燃燒；而液態的蠟油和固態的蠟無法燃燒。
- 六、燭芯對蠟燭燃燒時間的長短有很大的影響，浸過蠟油的棉線、燭芯較細、燭芯長約 1-2 公分的果凍蠟燭燃燒時間較久。容器的形狀也會影響果凍蠟燭燃燒的時間，但氣泡增多並無影響。
- 七、以傳統蠟燭和果凍蠟燭一比一比例混合製成的蠟燭，燃燒時間比同重量的傳統蠟燭久而且沒有黑煙，蠟燭顏色色澤溫暖而勻稱，是 A 組改良的環保蠟燭，極具參考價值。

陸、參考資料

- (一) 林敬二(主編)(1990) 物質燃燒的情形。嘉義：明統圖書。
- (二) 張豐榮(主編)(1988) 物質的加熱與燃燒。台北：暢文出版社。
- (三) 劉君祖(主編)(1988) 小牛頓科學百科3。台北：牛頓出版社。
- (四) 謝基生(主編)(1992) 物體的加熱與燃燒。台北：鐘文出版社。
- (五) 羅煥耿(主編)(2001) 有趣的科學實驗100。台北：世茂出版社。
- (六) 國小自然課本三上單元『物質三態』、空氣的流動』 四下單元『毛細現象』 五上單元『空氣與燃燒』。康軒出版社。
- (七) 科學發展(2003/10) 370 期, P70 -75
(2004/1/4) 取自 www.nsc.gov.tw/popular_science.asp?add_year=2003&popsc_aid=303
- (八) 有趣的蠟燭特性(2004/1/4) 取自 www.bud.org.tw/Hu/essay35.htm - 8k 4
- (九) 蠟燭的燃燃情形(2004/1/4) 取自 content.edu.tw/primary/nature/ks_gc/chapter/4-13-2.htm - 12k -93/1/4
- (十) 科學小芽子(2004/3/3) 取自 <http://www.bud.org.tw>
- (十一) 指導教師手稿及學生實驗紀錄單

評 語

080215 國小組化學科 第一名

果真讓我心動

發展傳統蠟燭之替代品-果凍蠟燭，作品具新穎性及實用性。