

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030307

好兄弟流口水？探討拜拜對水果後熟的影響

學校名稱：基隆市私立二信高級中學(附設國中)

作者： 國三 王志仁 國三 章宇文 國三 黃稀昀	指導老師： 張宏文
---	------------------

關鍵詞：後熟作用、更年性水果、電石

探討拜拜對水果後熟的影響

摘要

就重量改變而言，電石處理、燃燒紙錢組處理對香蕉重量減輕有顯著的影響；但相同處理對柳丁重量的改變並不明顯。

以黃化的速率來看，香蕉實驗中的電石組變黃速度最快、紙錢組次之，再來則是影印紙組與炷香。在柳丁實驗中，黃化速率最快依序為：電石組、紙錢組、炷香組、影印紙組。實驗結果顯示，拜拜時燃燒紙錢確實會加速水果的後熟過程。

壹、研究動機

基隆中元祭是全台著名的宗教活動，每年到農曆七月時，家家戶戶都會準備許多祭品來祭祀好兄弟，希望能求得闔家平安與諸事平順，或許是心理作用或錯覺，當大家在享用祭祀過的供品時，總覺得口感不像一般未經祭祀過的水果那麼新鮮。民間有一種傳說解釋是因為好兄弟吃過了供奉的祭品，吸收了食物的精華，所以食品自然失去其鮮度與風味。

回想起國一生物有介紹到植物也有賀爾蒙會調節植物的生理，本實驗的動機就是希望以科學的方法來探討水果在拜拜過程中是否會受到紙錢、炷香等物質的煙薰而加速老化，以致失去其風味。

貳、實驗目的

- 一、探討燃燒紙錢對柳丁重量與顏色的影響
- 二、探討燃燒炷香對柳丁重量與顏色的影響
- 三、探討燃燒影印紙對柳丁重量與顏色的影響
- 四、探討乙炔氣體對柳丁重量與顏色的影響
- 五、探討燃燒紙錢對香蕉重量與顏色的影響
- 六、探討燃燒炷香對香蕉重量與顏色的影響
- 七、探討燃燒影印紙對香蕉重量與顏色的影響
- 八、探討乙炔氣體對香蕉重量與顏色的影響

參、實驗器材

本實驗的使用器材：

一、器材設備

- (一) 抽氣櫃
- (二) 紙錢
- (三) 炷香
- (四) 影印紙 (A4)
- (五) 燃燒筒
- (六) 電子秤
- (七) 數位相機
- (八) 保鮮盒
- (九) 玻璃乾燥器
- (十) 壓克力箱

二、化學藥品

電石(CaC_2)

三、實驗水果

香蕉

柳丁

肆、研究方法及步驟

一、研究材料及實驗原理

(一) 實驗材料特性

水果果實在採收後，產品本身離開植株，斷絕了水份和無機養分之供應。果實本身之光合作用也幾乎停止，只剩呼吸作用為生理代謝之主要生物氧化還原過程。其目的在將複雜的有機物分解成較簡單的物質，同時釋放能量以維持生命。

植物荷爾蒙--乙烯(C_2H_4)，是一種化學結構非常簡單的碳氫化合物，以氣體狀態存在，與植物生長發育及成熟衰老有關。例如，刺激呼吸作用、促進果實後熟、脫落反應、增加貯藏障礙和更年性的發生等。所有新鮮的園產品及組織都能產生乙烯。有些產生的量很少，對園產品之生理活性沒有明顯的影響；但有些產品的乙烯釋放量很大，明顯影響產品的生理活性。園產品在體內產生乙烯，首先受到影響的是產品本身。又產生的乙烯可由產品揮發至體外，藉由空氣中的擴散作用，影響其它園產品的生理反應。園產品產生乙烯的速率可能受幾項因子的影響：產品的種類、品種或成熟度，損傷，溫度，氧氣，二氧化碳，化學藥劑等。

果實根據不同的後熟過程可以分為兩類：一為更年性(climacteric)果實，後熟過程會有明顯的呼吸率增加的趨勢而達呼吸高峰，同時伴隨著大量乙烯的生合成反應；另一為非更年性(non-climacteric)果實，呼吸率沒有明顯的變化或呈緩慢下降的趨勢直到衰老死亡，且乙烯生成率也維持低濃度。

表一、果實在後熟時依其呼吸行為分為兩類

更年性果實	非更年性果實
蘋果、杏、酪梨、 香蕉 、麵包果、冷子番荔枝、無花果、番石榴、獼猴桃、芒果、洋香瓜、油桃、番木瓜、百香果、桃、梨、柿、煮食蕉、李、番茄、西瓜	可可、介壽果、櫻桃、茄、葡萄、葡萄柚、檸檬、萊姆、枇杷、荔枝、西洋橄欖、 柳丁 、番椒、鳳梨、石榴、樹莓、溫州密柑、草莓、桶柑、南瓜

隨著呼吸作用的進行，水果的重量會逐漸減輕；而葉綠素也會慢慢分解而呈現黃化的現象。本實驗選擇更年性水果（香蕉）與非更年性水果（柳丁）各一種為材料，目的就是希望藉由測量水果重量的變化與外觀顏色轉變的速率來比較不同處理的後熟速率，藉此瞭解不同氣體對更年性與非更年性水果的影響。

(二) 燃燒物及其成分特性

1. 紙錢： 祭拜用紙錢含有紙漿、金箔及鉛等金屬成分，燃燒紙錢會產生的主要氣體，如下列七項：

- (1) 一氧化碳(CO)
- (2) 二氧化碳(CO_2)

- (3) 粒狀污染物
- (4.) 氮氧化物(NOx)
- (5) 酸性氣體：如 HCl
- (6) 揮發性有機物：苯、甲苯、多環芳香烴(PAHs)等
- (7) 重金屬

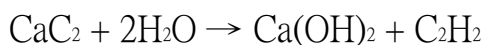
2. 炷香： 拜香點燃後，就會釋出苯。其原因是製香用的材料為竹枝、黏著劑、香料粉、紅色著色劑。竹枝以往取自台灣竹山，因為成本太高，現在八十%仰賴中國進口供應，不管是台灣竹枝，或是中國竹枝，竹枝均含有二十%到二十五%木質素成分，至於黏著劑楠樹皮粉，以及香料粉用的素材—沈木、檀木、楠木、檜木等研磨成的粉末，也均含有大量木質素成分。木質素的化學構造是無定形的「丙基苯天然聚合物」，焚香的高溫會使其化學結構發生裂解反應，釋放出丙烯、苯、甲苯、二甲苯。

至於焚香會釋出苯乙烯的原因，是黏著劑——台灣的楠樹皮粉，已被開採殆盡，必須靠印尼、越南進口供應，腦筋靈活的業者就使用更便宜的水性合成黏著劑代替，以降低成本。合成黏著劑是使用苯乙烯單體、各種丙烯酸酯單體製成，苯乙烯單體的功用是使黏著劑乾燥後，不會黏手。因此焚香時，焚香的高溫會使合成黏著劑的化學結構發生裂解反應，釋放出苯乙烯、丙烯。

至於焚香釋放出的丙酮、氯甲烷等揮發性有機物，則來自香料粉、以及摻雜的其他動物性香料、化學香料高溫裂解反應所生成。

3. 影印紙： 與模造紙內含物差不多，主要為短纖紙漿與白土，也就是碳酸鈣(白土加越多成本越便宜)，國內的技術最多加到 30%，紙張表面紙粉就是碳酸鈣剝離及短纖強度不夠(長纖成本高)，差別在壓光過程，高速壓光越徹底，紙面越平整，就成為道林紙或象牙紙。

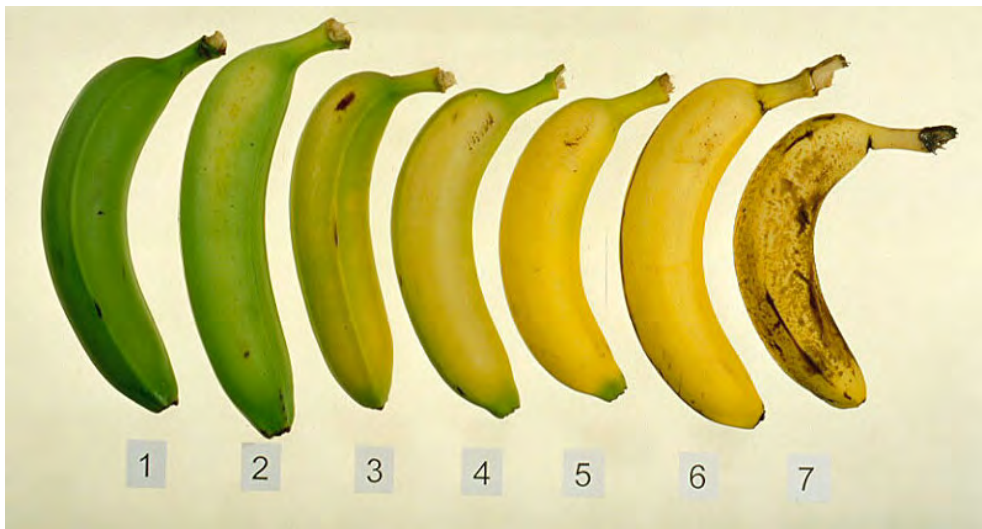
4. 電石： 碳化鈣(calcium carbide)俗稱電石，在接觸到水或潮濕的空氣時會產生乙炔氣(acetylene)，乙炔和乙烯同樣有催熟效果，只是其活性只有乙烯約三千分之一而已。電石加水之化學反應：



(三) 水果成熟顏色變化過程

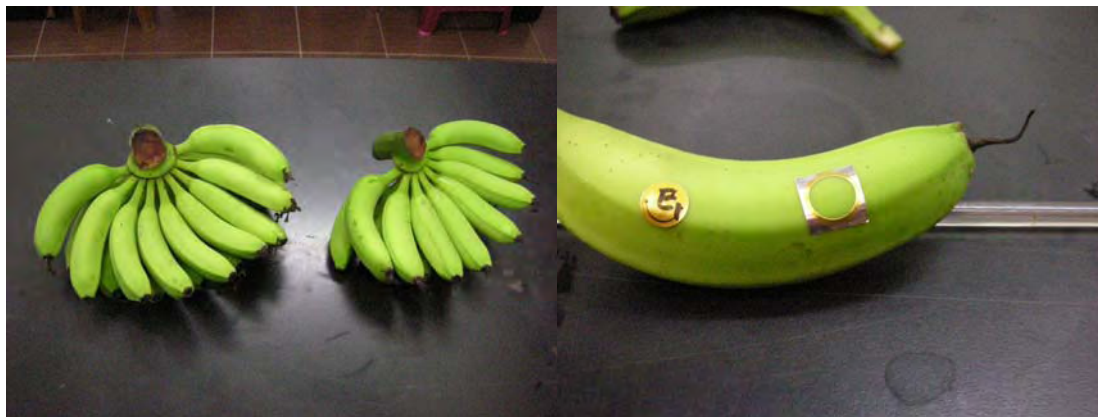
香蕉果實後熟程度之表示方式：是以其果皮轉色情形為判定標準，依據國際共用的轉色標準，香蕉的後熟可分為以下七級：(參看香蕉轉色圖)

- 1.全綠 (Green)
- 2.綠，略帶黃 (Green-trace of yellow)
- 3.綠中帶黃 (More green than yellow)
- 4.黃中帶綠 (More yellow than green)
- 5.黃，兩端仍綠 (Green tip)
- 6.全黃 (All yellow)
- 7.全黃，出現褐色斑點 (Yellow-flecked with brown)



圖一、香蕉轉色圖

本實驗採用『香蕉轉色圖』作為柳丁與香蕉顏色轉變的指標。

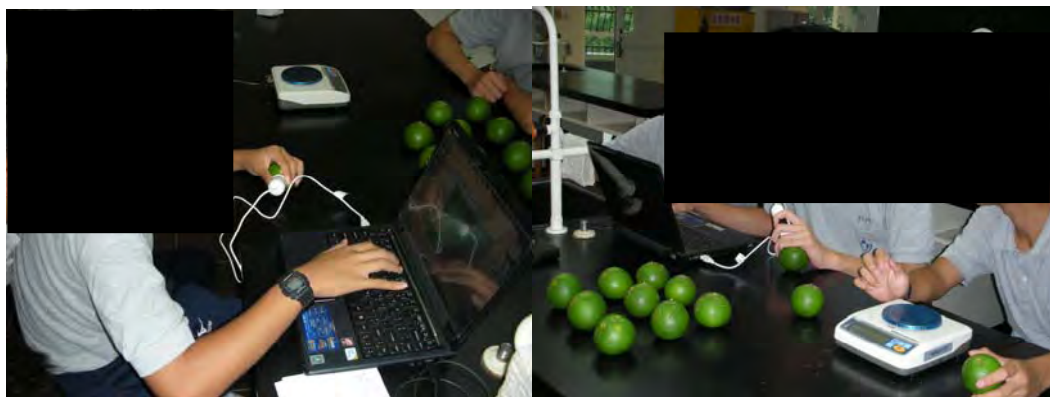


圖二、實驗之香蕉



圖三、實驗之柳丁

(三) 實驗步驟



圖四、實驗柳丁之拍攝與秤重

實驗一、探討燃燒紙錢對柳丁重量與顏色變化的影響

1. 實驗設計：取同一株柳丁樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠柳丁分別為實驗組與對照組（各三顆）。實驗組放置抽氣櫃中，以紙錢燃燒之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



圖五、以紙錢燃燒之氣體燻蒸柳丁

實驗二、探討燃燒影印紙對柳丁重量與顏色變化的影響

1. 實驗設計：取同一株柳丁樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠柳丁分別為實驗組與對照組（各三顆）。實驗組放置抽氣櫃中，以影印紙燃燒之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。

3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



圖六、以影印紙燃燒之氣體燻蒸柳丁

實驗三、探討燃燒炷香對柳丁重量與顏色變化的影響

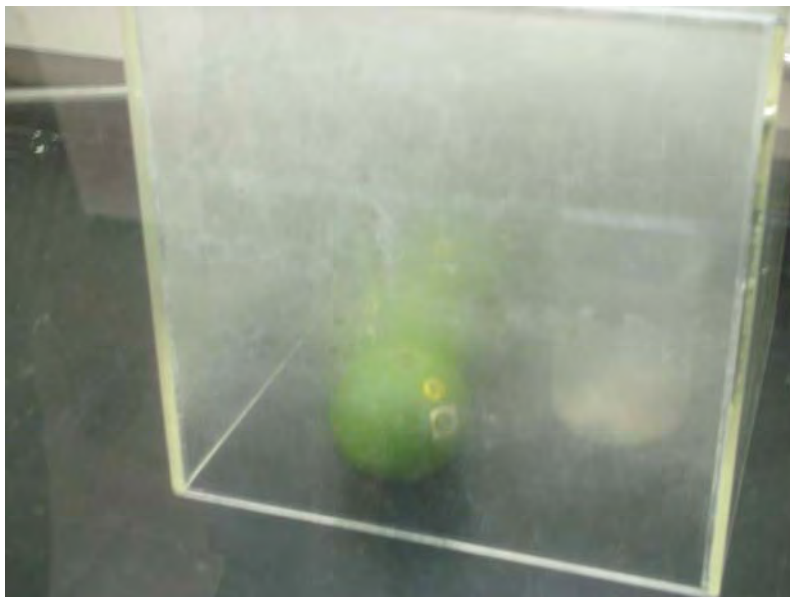
1. 實驗設計：取同一株柳丁樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠柳丁分別為實驗組與對照組（各三顆）。實驗組放置抽氣櫃中，以炷香燃燒之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



圖七、以炷香燃燒之氣體燻蒸柳丁

實驗四、探討乙炔氣體對柳丁重量與顏色變化的影響

1. 實驗設計：取同一株柳丁樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠柳丁分別為實驗組與對照組（各三顆）。實驗組放置抽氣櫃中之壓克力箱，以電石加水產生之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



圖八、以電石加水產生之氣體燻蒸柳丁

實驗五、探討燃燒紙錢對香蕉重量與顏色變化的影響

1. 實驗設計：取同一株香蕉樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠香蕉分別為實驗組與對照組（各三根）。實驗組放置抽氣櫃中，以紙錢燃燒之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量香蕉重量變化；並且使用數位相機拍攝香蕉固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



圖九、以紙錢燃燒之氣體燻蒸香蕉

實驗六、探討燃燒影印紙對香蕉重量與顏色變化的影響

1. 實驗設計：取同一株香蕉樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠香蕉分別為實驗組與對照組（各三根）。實驗組放置抽氣櫃中，以影印紙燃燒之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。

實驗七、探討燃燒炷香對香蕉重量與顏色變化的影響

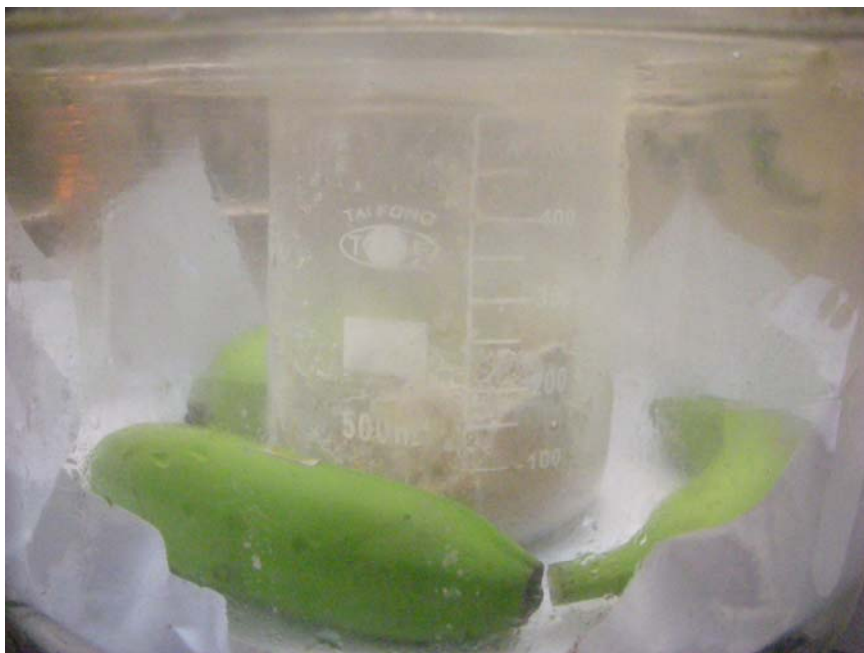
1. 實驗設計：取同一株香蕉樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠香蕉分別為實驗組與對照組（各三根）。實驗組放置抽氣櫃中，以炷香燃燒之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中，放置於抽氣櫃中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



圖十、以炷香燃燒之氣體燻蒸香蕉

實驗八、探討乙炔氣體對香蕉重量與顏色變化的影響

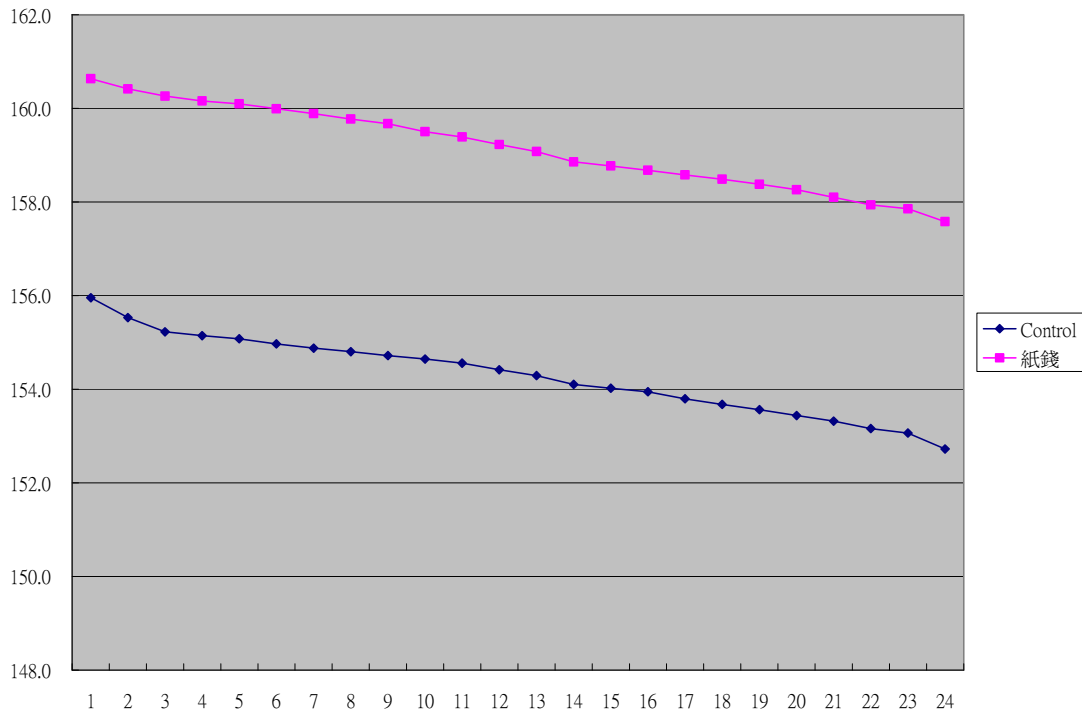
1. 實驗設計：取同一株香蕉樹上，大小、成熟度相同且未變黃之綠香蕉分別為實驗組與對照組（各三根）。實驗組放置玻璃乾燥器中，以電石加水產生之氣體燻蒸 50 分鐘，對照組則密閉于保鮮盒中。
2. 觀測過程：每日使用電子秤，測量柳丁重量變化；並且使用數位相機拍攝柳丁固定區域，以記錄其顏色轉變。
3. 資料分析：使用 Microsoft Excel 軟體分析重量、顏色變化繪製圖形。



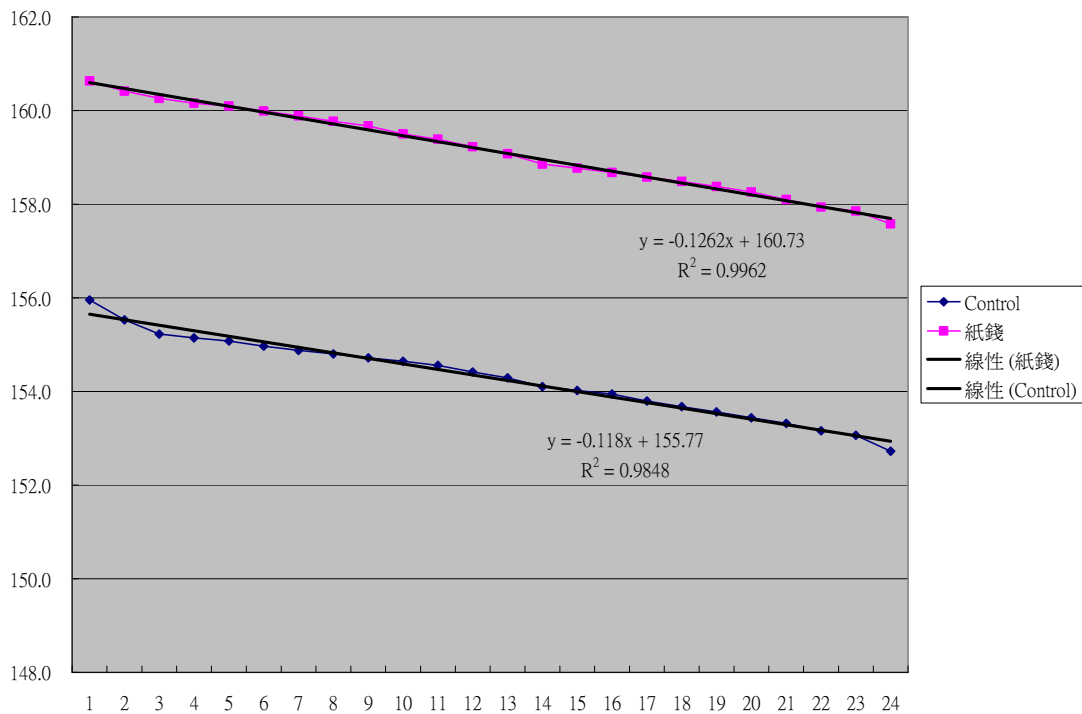
圖十一、以電石加水產生之氣體燻蒸香蕉

伍、研究結果

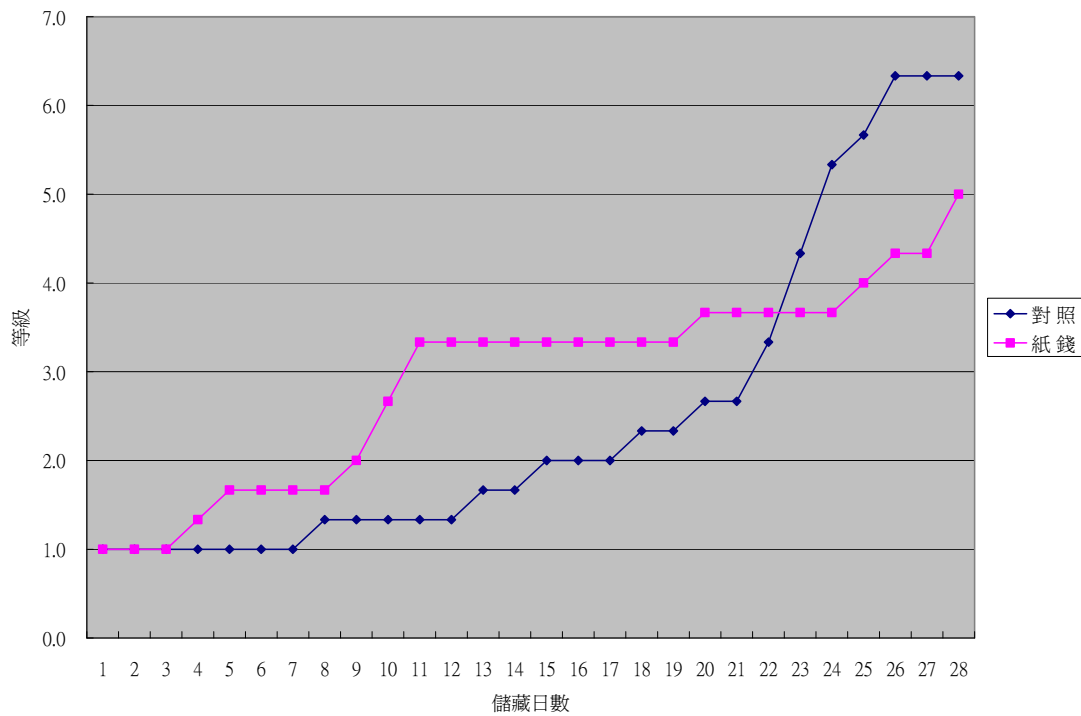
實驗一、探討燃燒紙錢對柳丁重量與顏色變化的影響



圖十二、紙錢組的每日重量(公克)變化



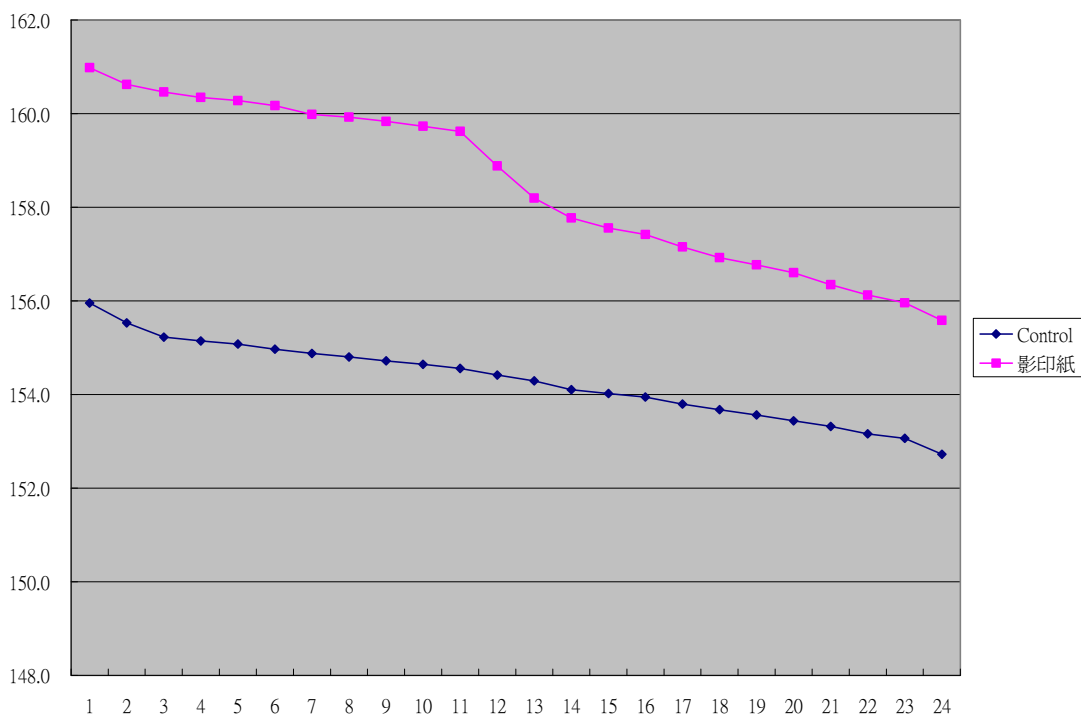
圖十三、紙錢組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



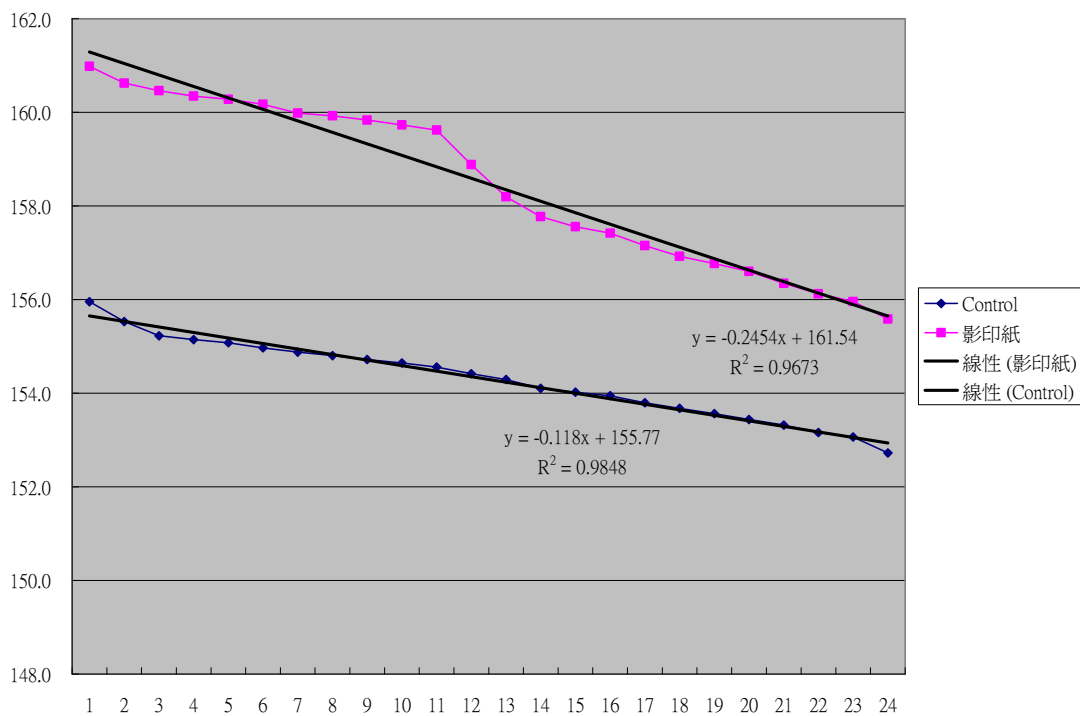
圖十四、紙錢組之顏色變動

結果與討論：由上圖可知紙錢組與對照組之重量下降率非常類似（紙錢組為-0.1262，對照組為-0.118），而且判定係數（ R^2 ）非常高，兩者都超過 0.98，非常符合非更年性水果的定義。然而在顏色轉變上，一開始比對照組快，但第十一天後卻有停頓現象，到第 20 天才又加速。

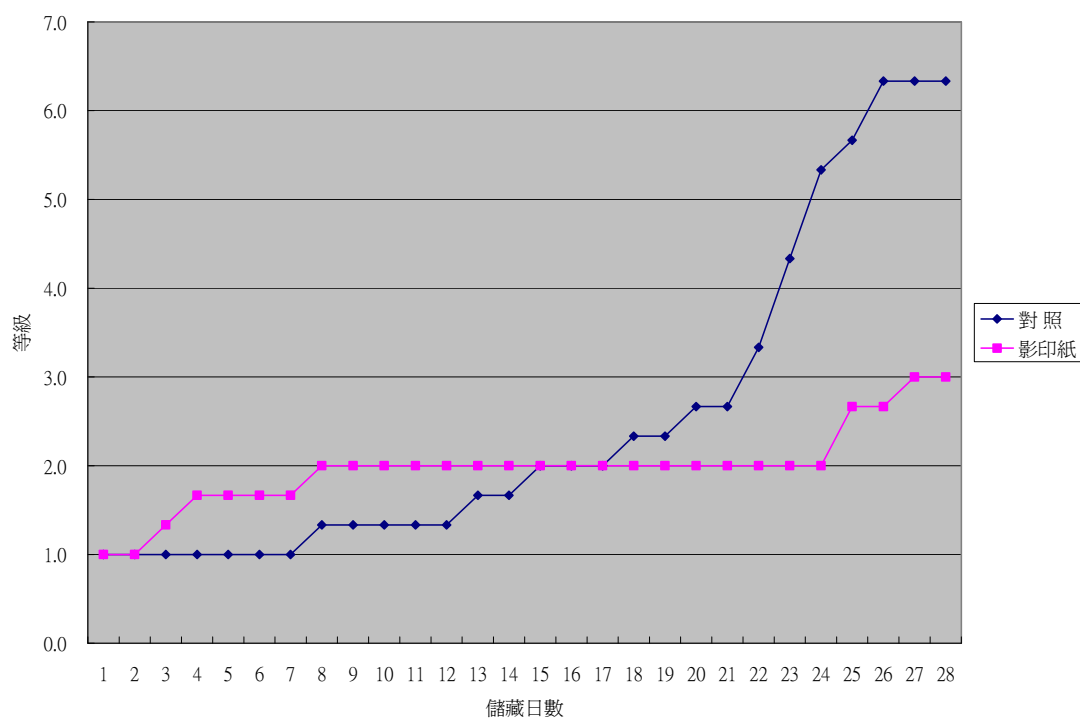
實驗二、探討燃燒影印紙對柳丁重量與顏色變化的影響



圖十五、影印紙組的每日重量(公克)變化



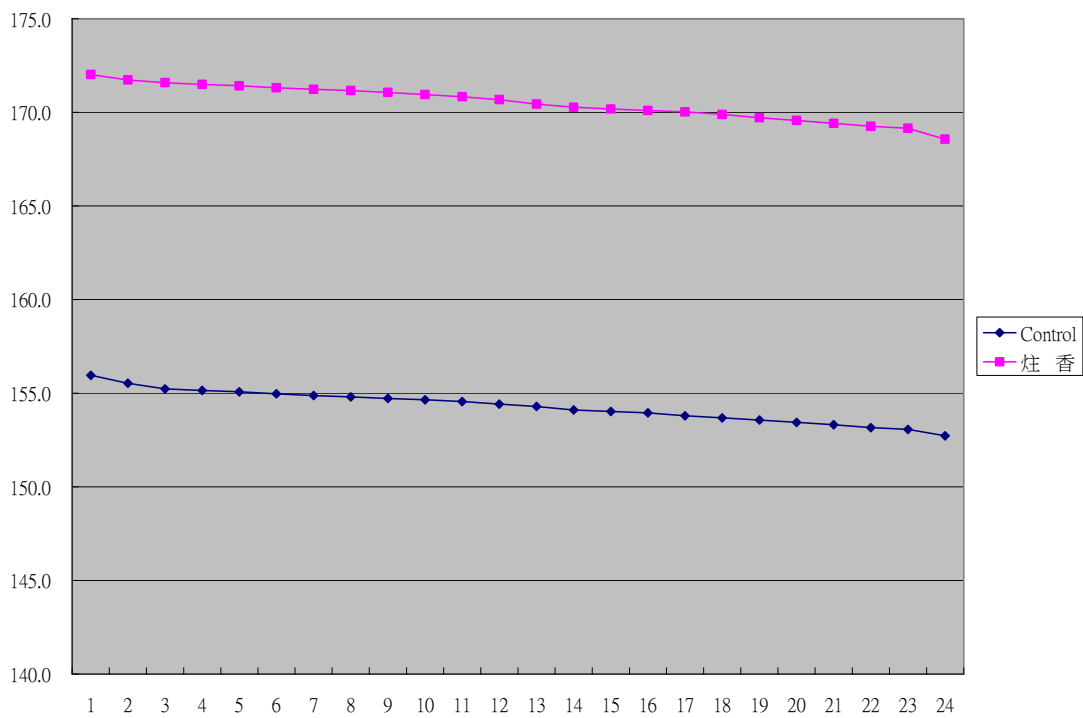
圖十六、影印紙組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



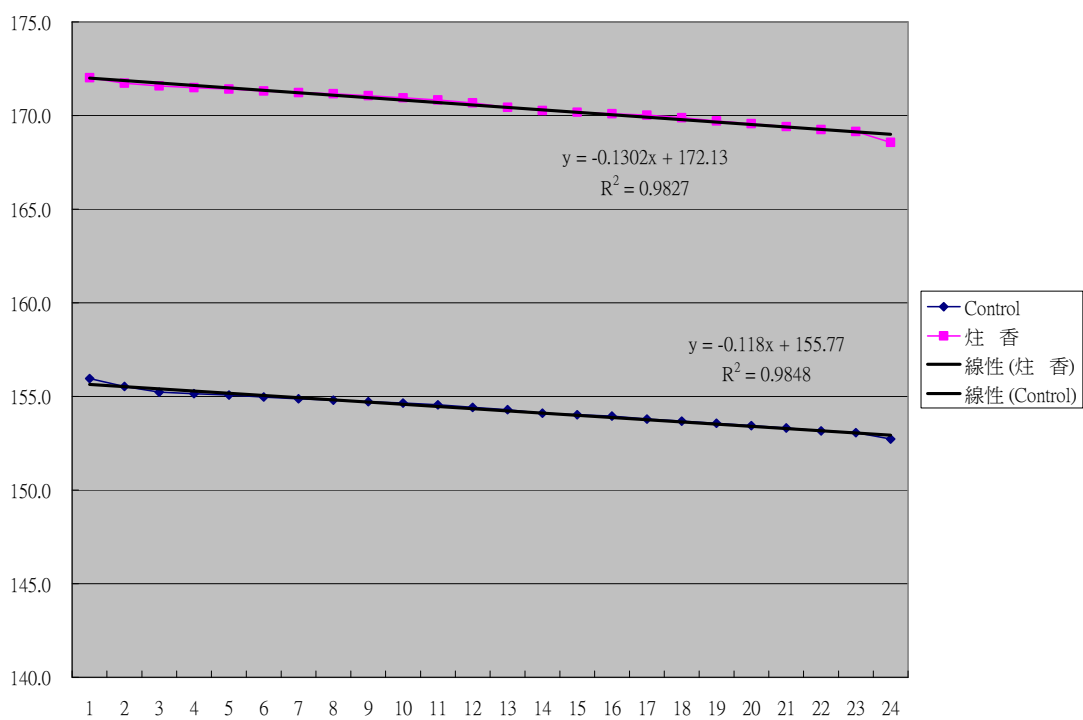
圖十七、影印紙組之顏色變動

結果與討論：影印紙組的重量下降幅度，在第十二天突然升高，原因可能是實驗組中有一顆柳丁出現果傷，導致乙烯釋放而加速果實的老化。在顏色轉變上，一開始比對照組快，但第8天後卻有停頓現象，到第25天才又爬升。

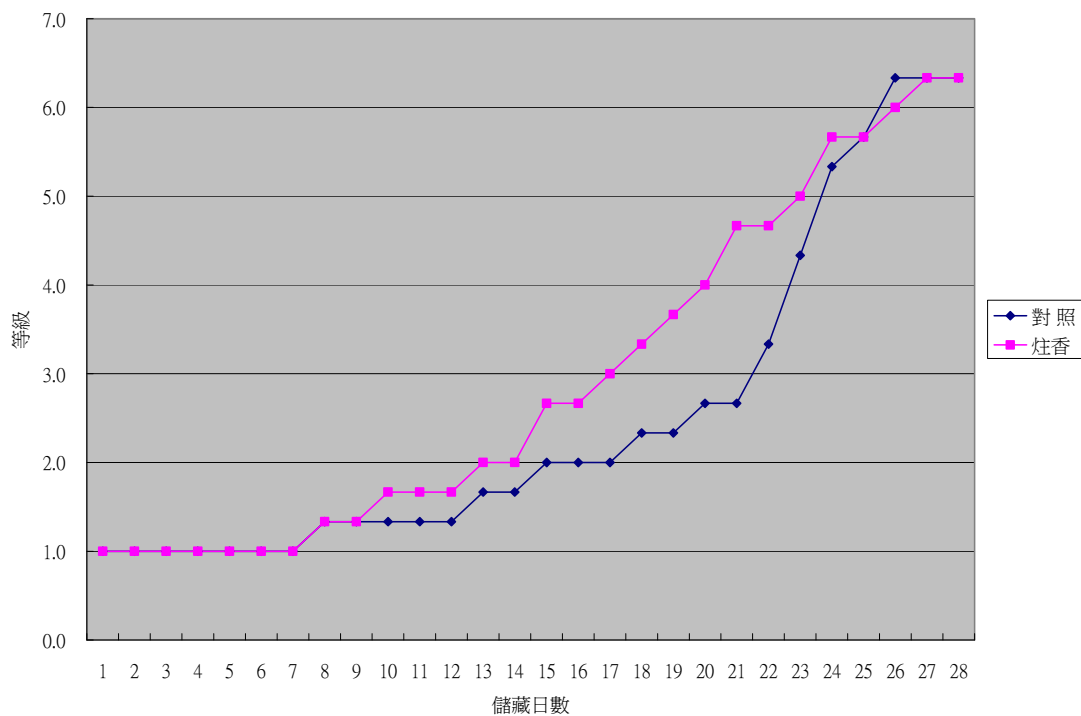
實驗三、探討燃燒炷香對柳丁重量與顏色變化的影響



圖十八、炷香組的每日重量(公克)變化



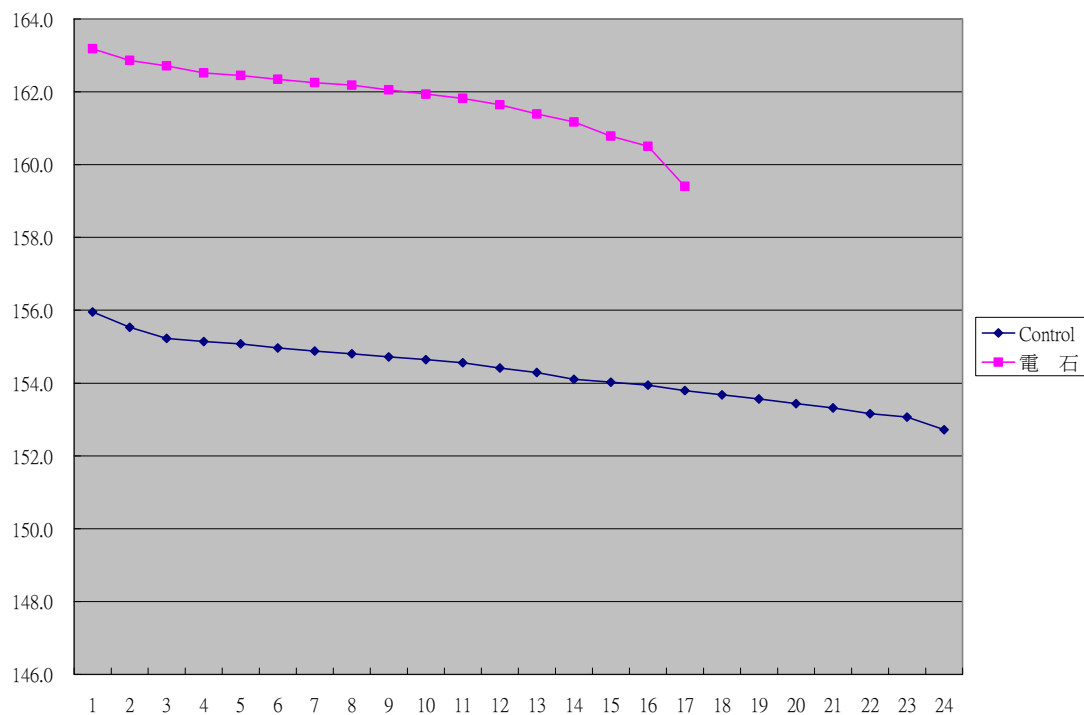
圖十九、炷香組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



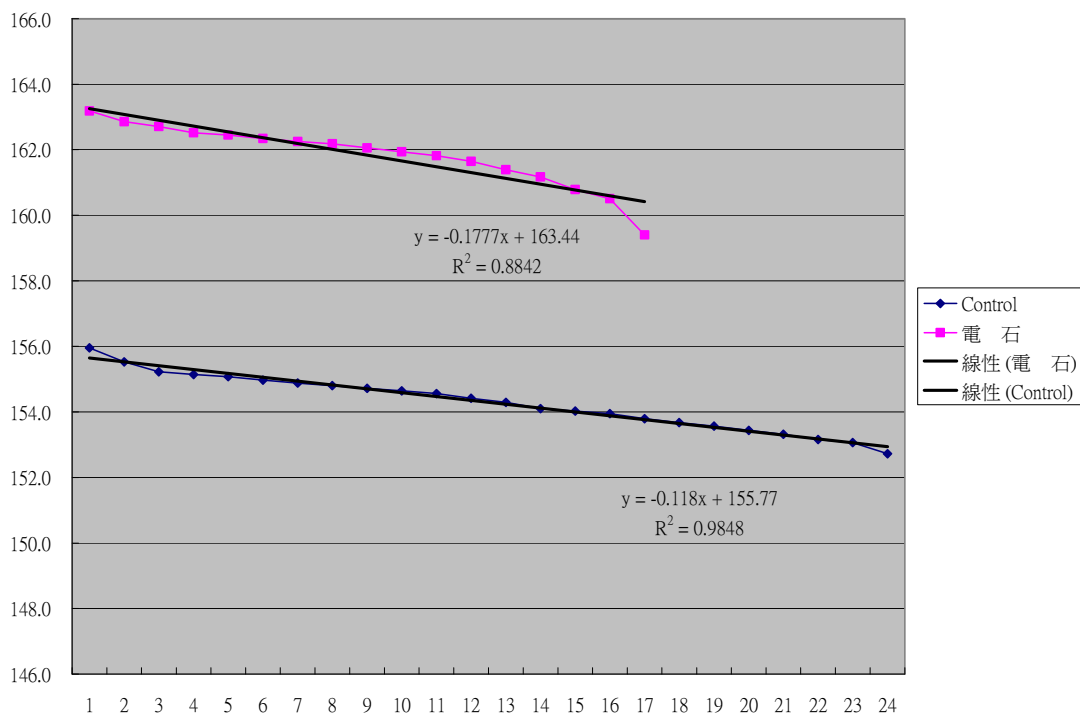
圖二十、炷香組之顏色變動

結果與討論：由圖六可知炷香組與對照組之重量下降率很接近，炷香組重量下降率稍為超過對照組，但差距不大。就顏色黃化速率而言，結果也很接近，炷香組比對照主稍快。

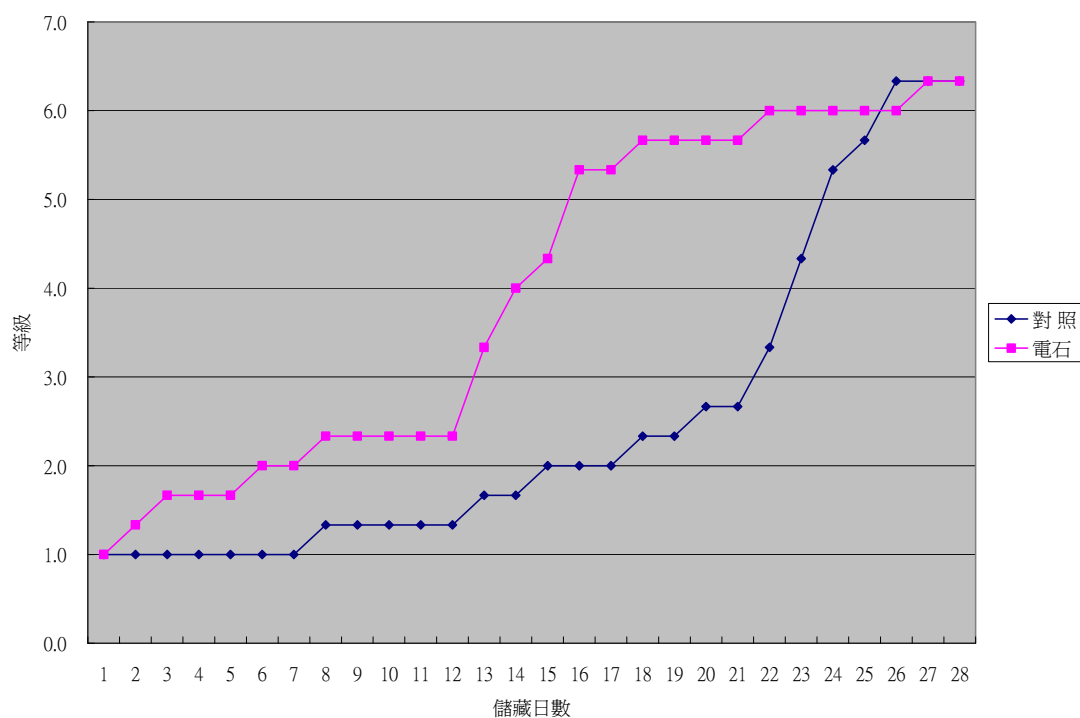
實驗四、探討乙炔氣體對柳丁重量與顏色變化的影響



圖二十一、電石組的每日重量(公克)變化



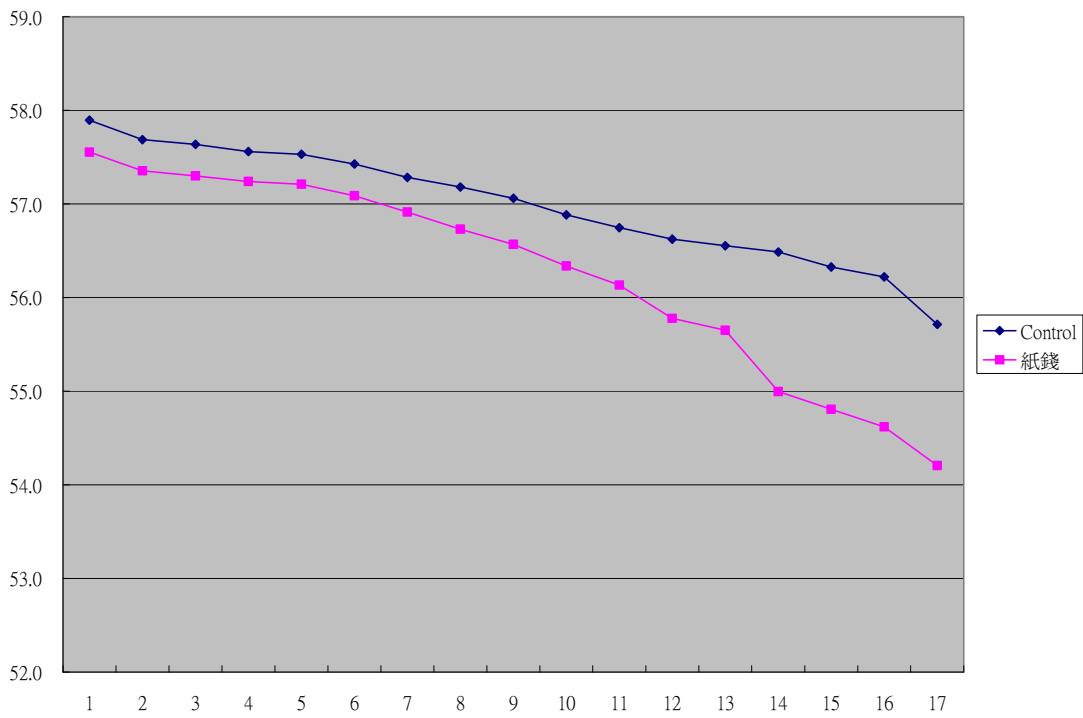
圖二十二、電石組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



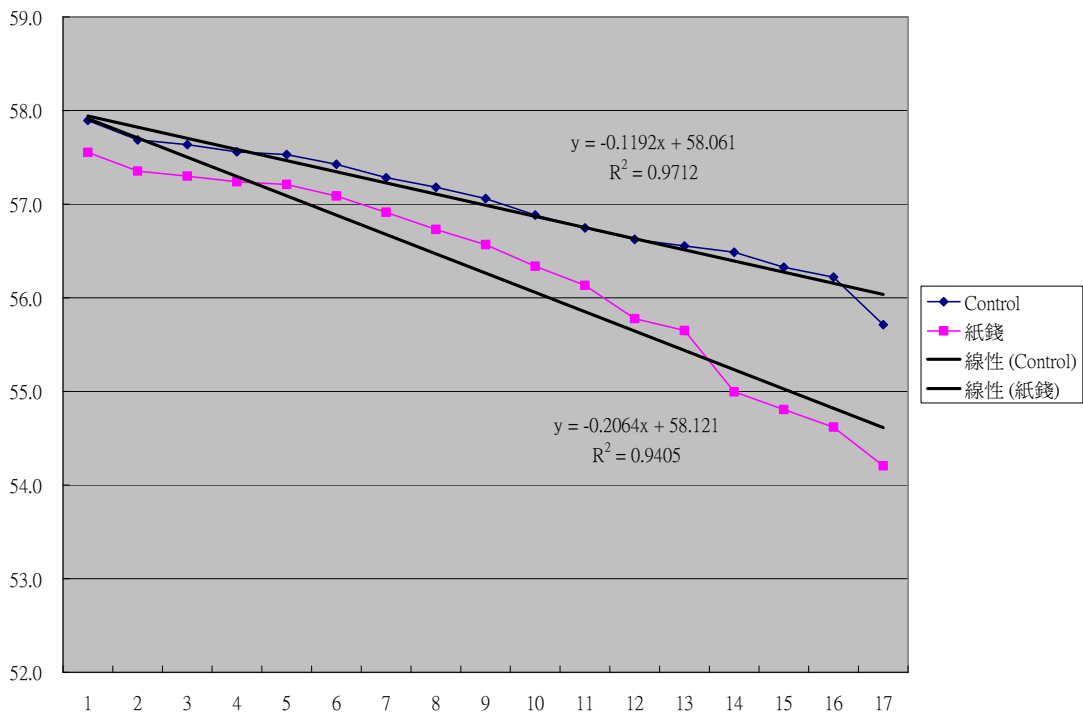
圖二十三、電石組之顏色變動

結果與討論：電石組原本的下降幅度並不明顯，但第十三天後卻急遽下降，造成判定係數降低，而且是所有組中最低的。就顏色改變來看，一開始就明顯較快，同樣在第十三天後顏色急遽變黃。

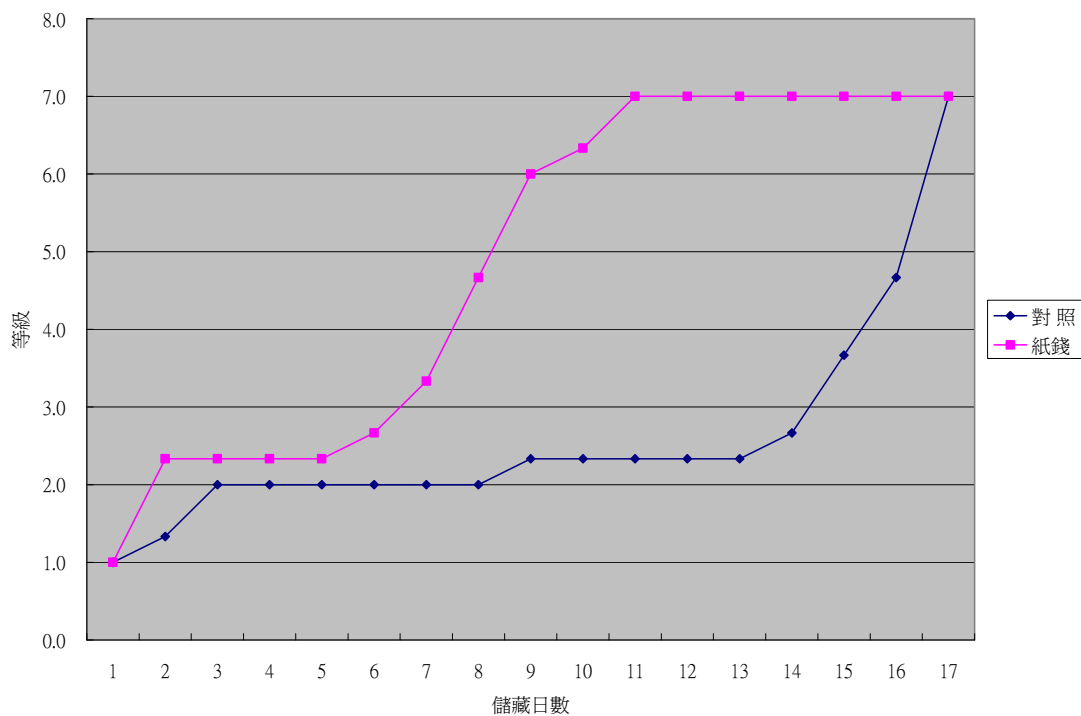
實驗五、探討燃燒紙錢對香蕉重量與顏色變化的影響



圖二十四、紙錢組的每日重量(公克)變化



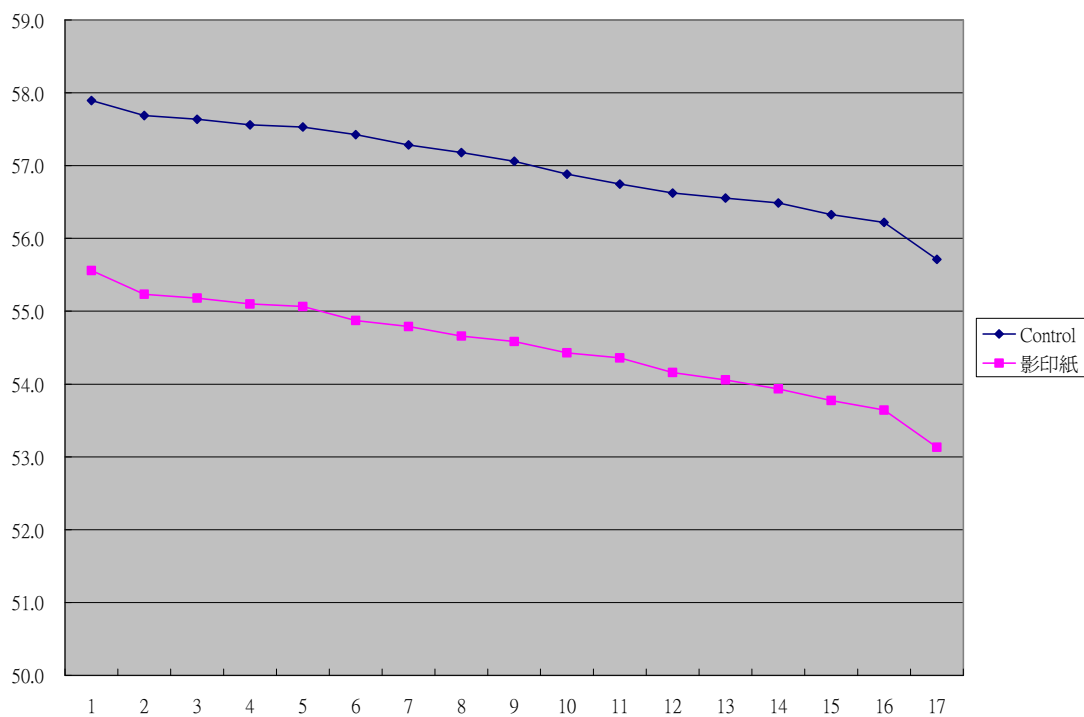
圖二十五、紙錢組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



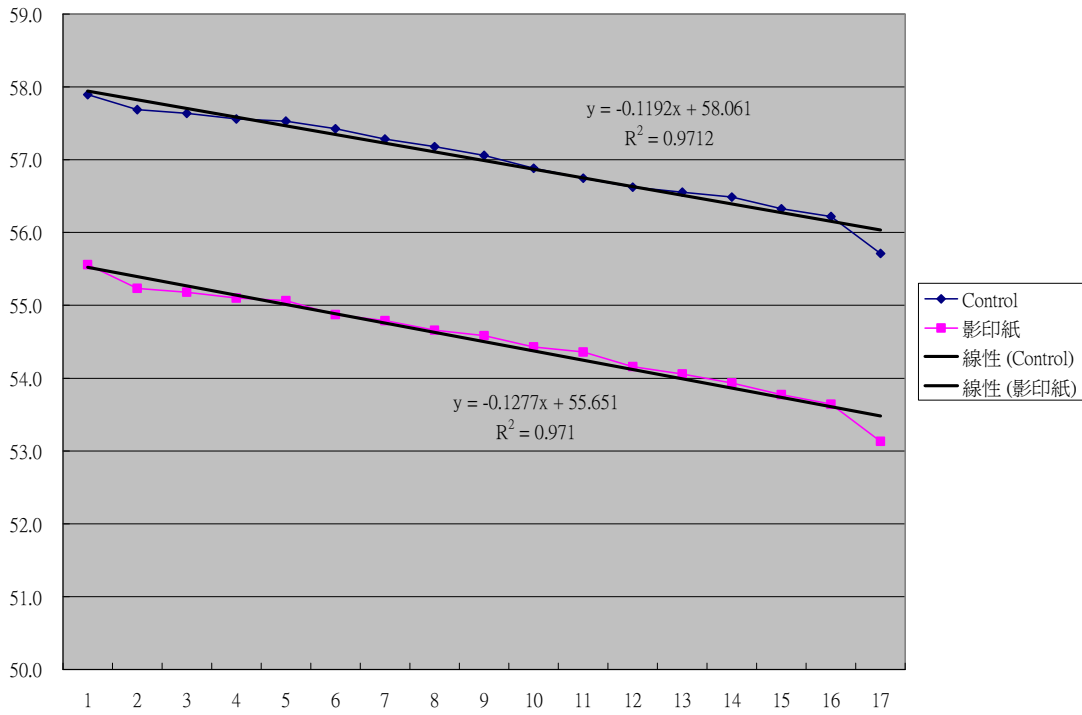
圖二十六、紙錢組之顏色變動

結果與討論：由圖可知紙錢組之重量下降速率明顯高於對照組，而顏色變化更是明顯。

實驗六、探討燃燒影印紙對香蕉重量與顏色變化的影響

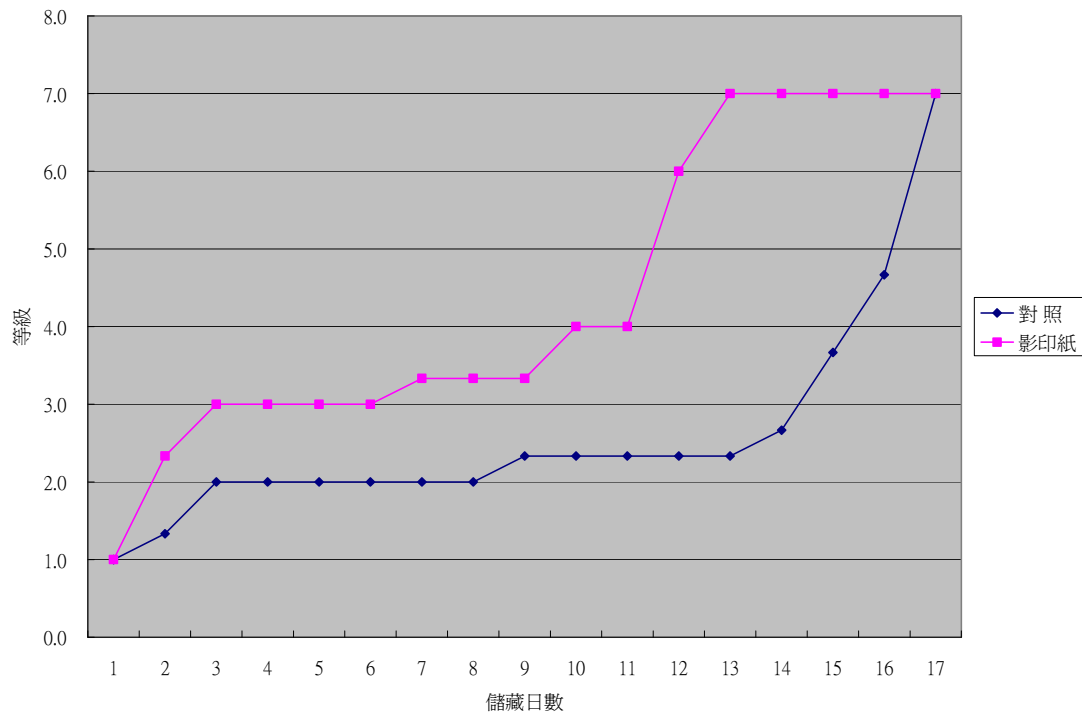


圖二十七、影印組的每日重量(公克)變化



圖二十八、影

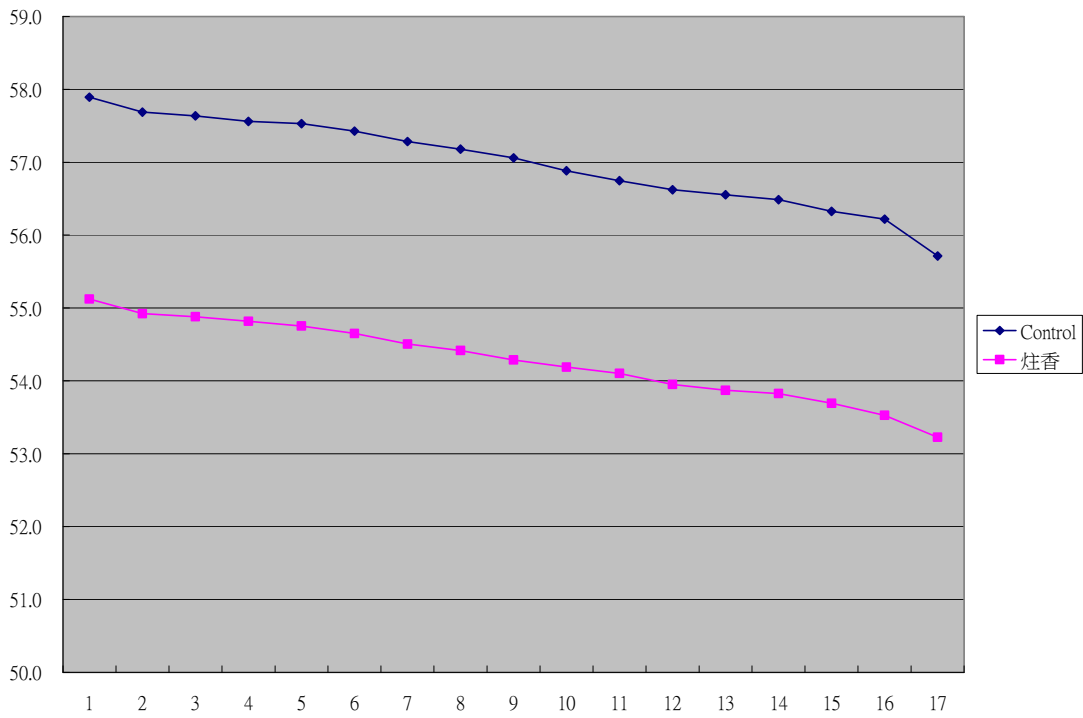
印組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



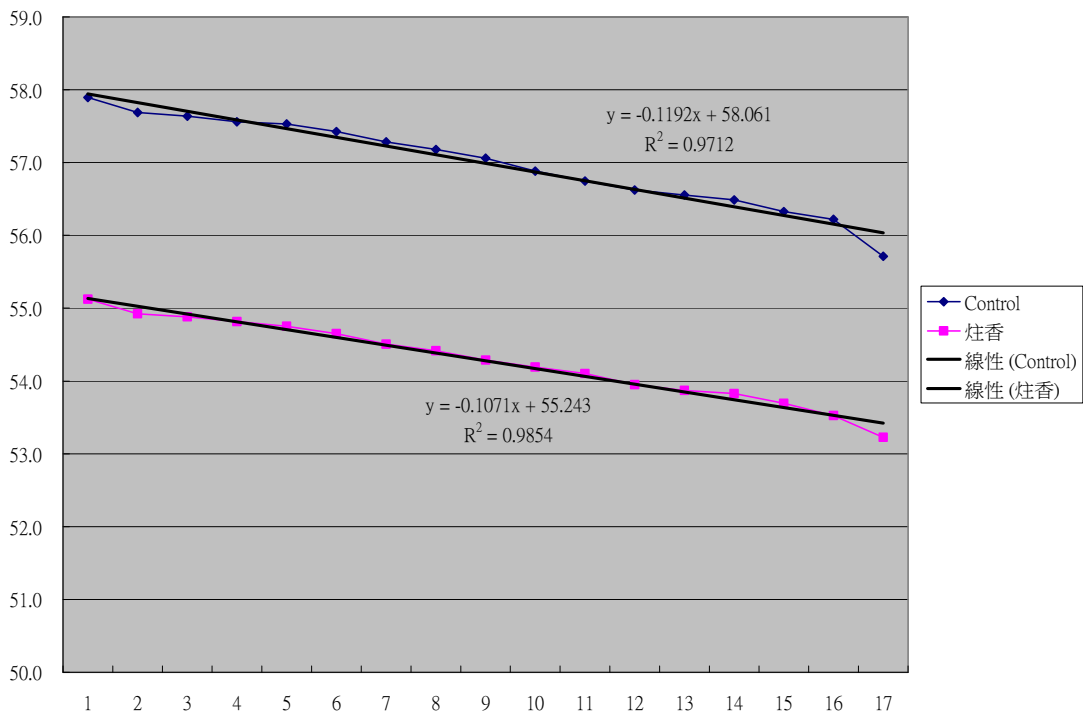
圖二十九、影印組之顏色變動

結果與討論：影印組與對照組之重量下降率沒有明顯差異，但顏色變動卻明顯較快。

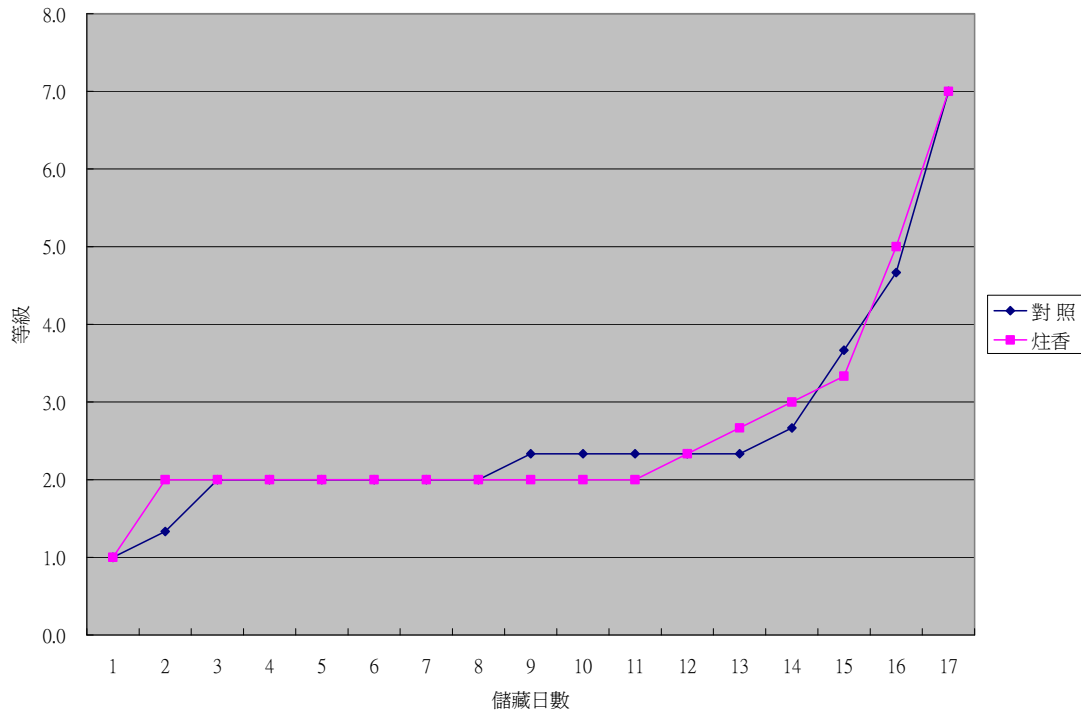
實驗七、探討燃燒炷香對香蕉重量與顏色變化的影響



圖三十、炷香組的每日重量(公克)變化



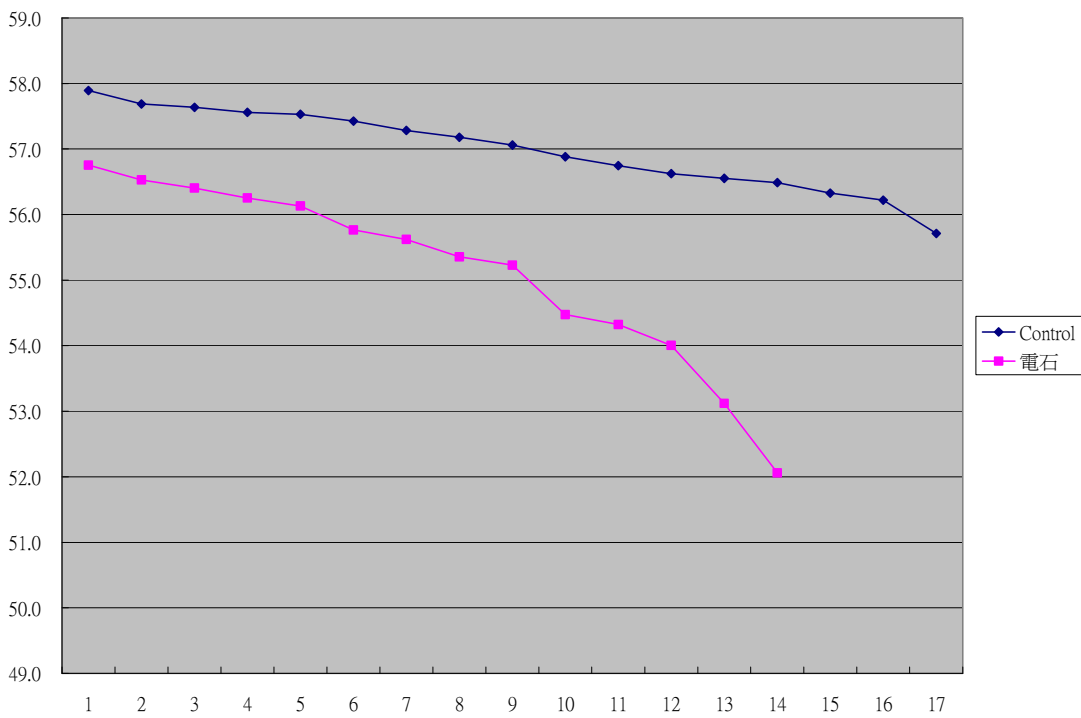
圖三十一、炷香組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式



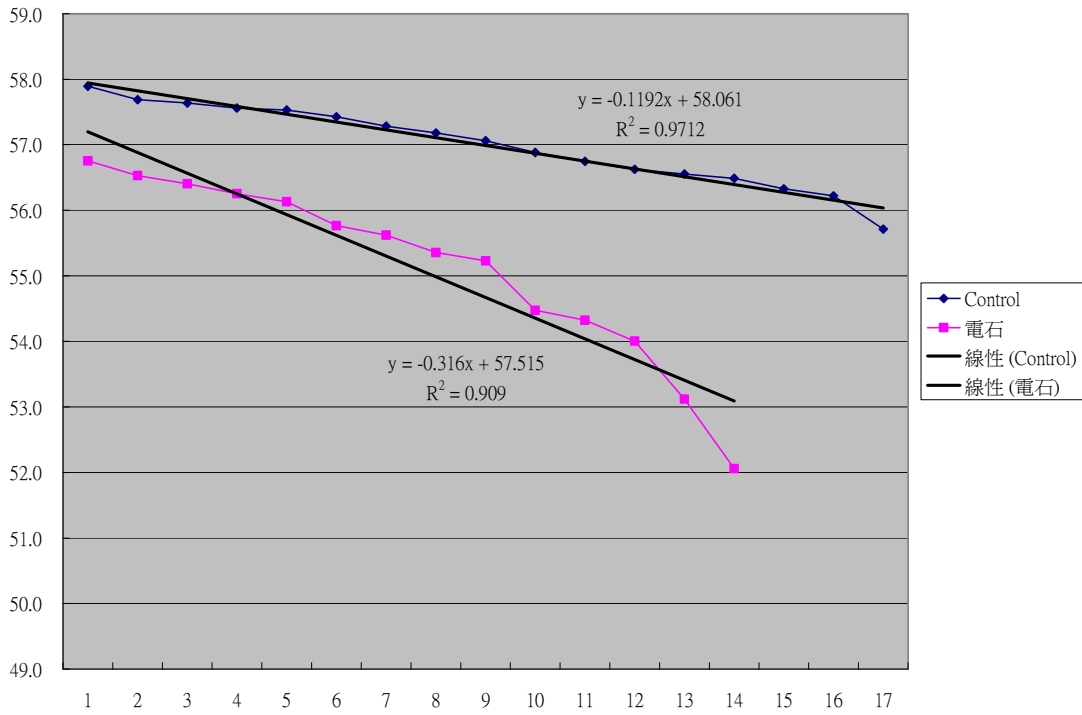
圖三十二、炷香組之顏色變動

結果與討論：炷香組與對照組沒有明顯差異。

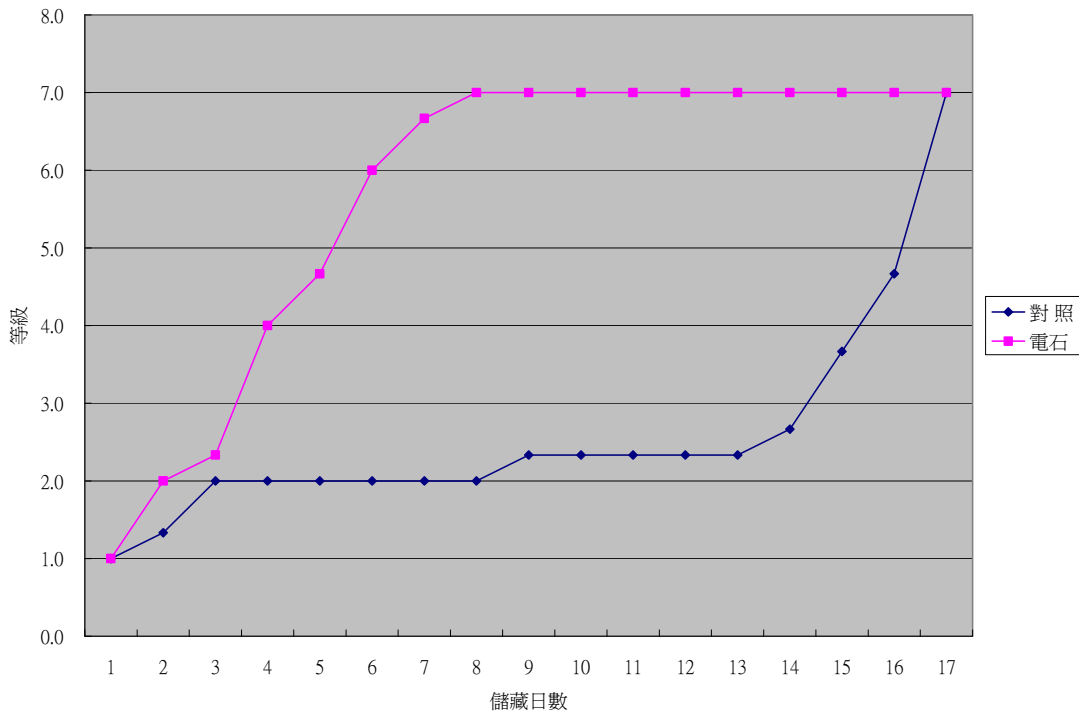
實驗八、探討乙炔氣體對香蕉重量與顏色變化的影響



圖三十三、電石組的每日重量(公克)變化

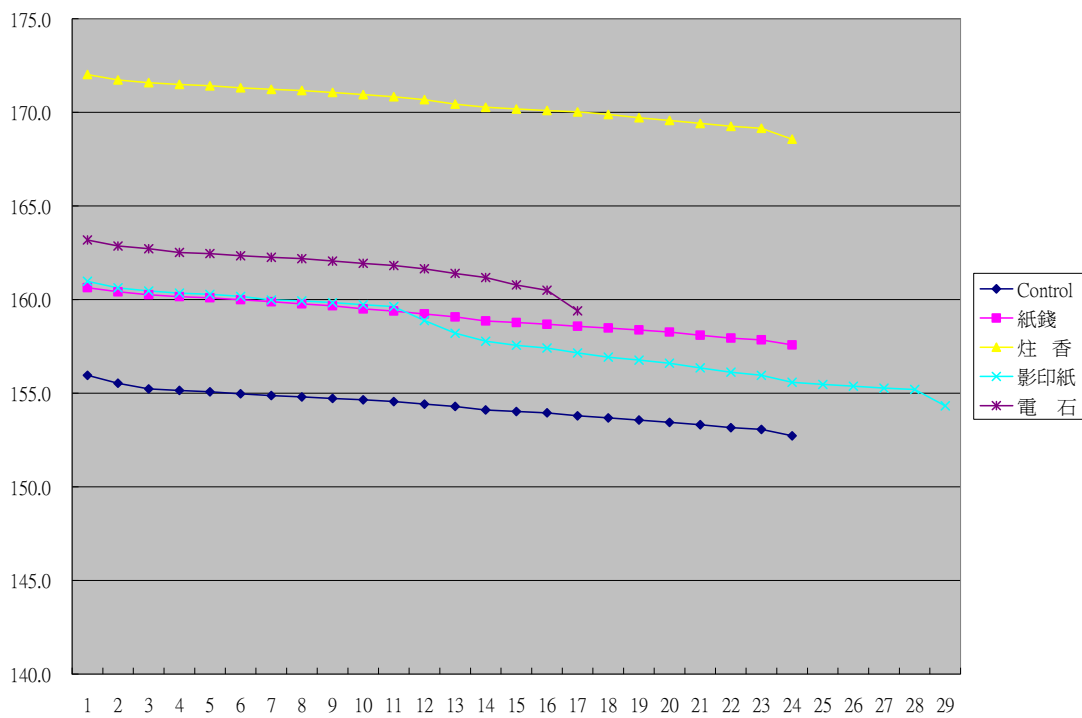


圖三十四、電石組組的每日重量(公克)變化之直線迴歸方程式

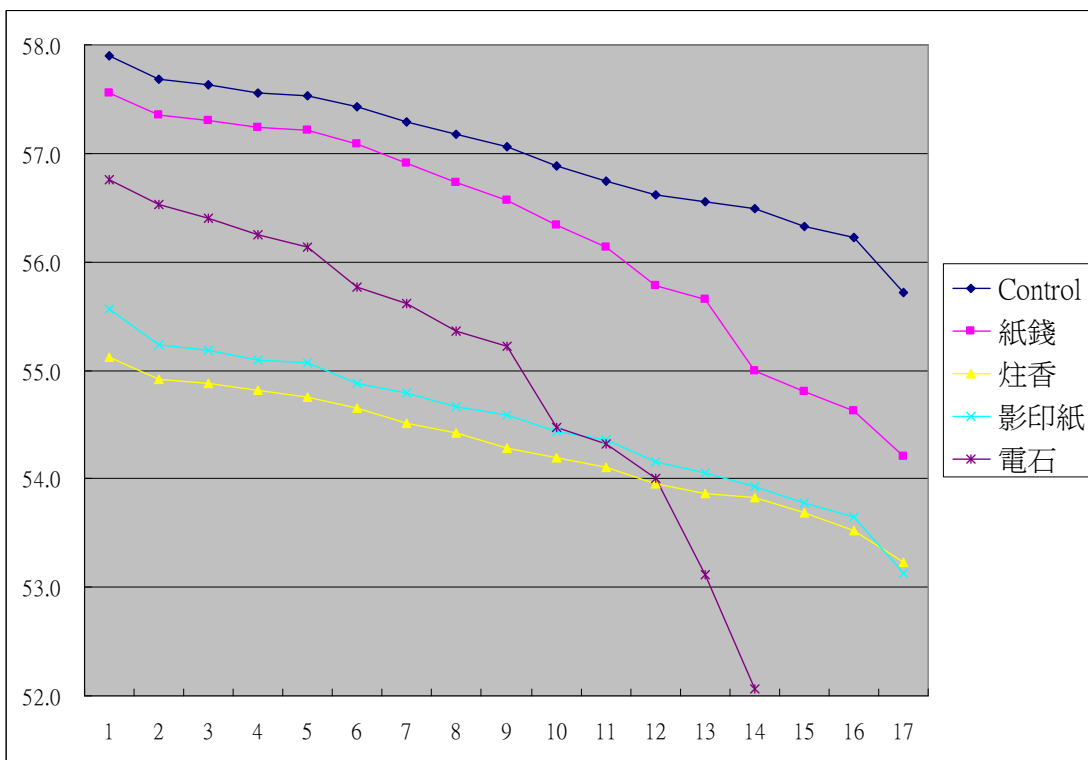


圖三十五、電石組之顏色變動

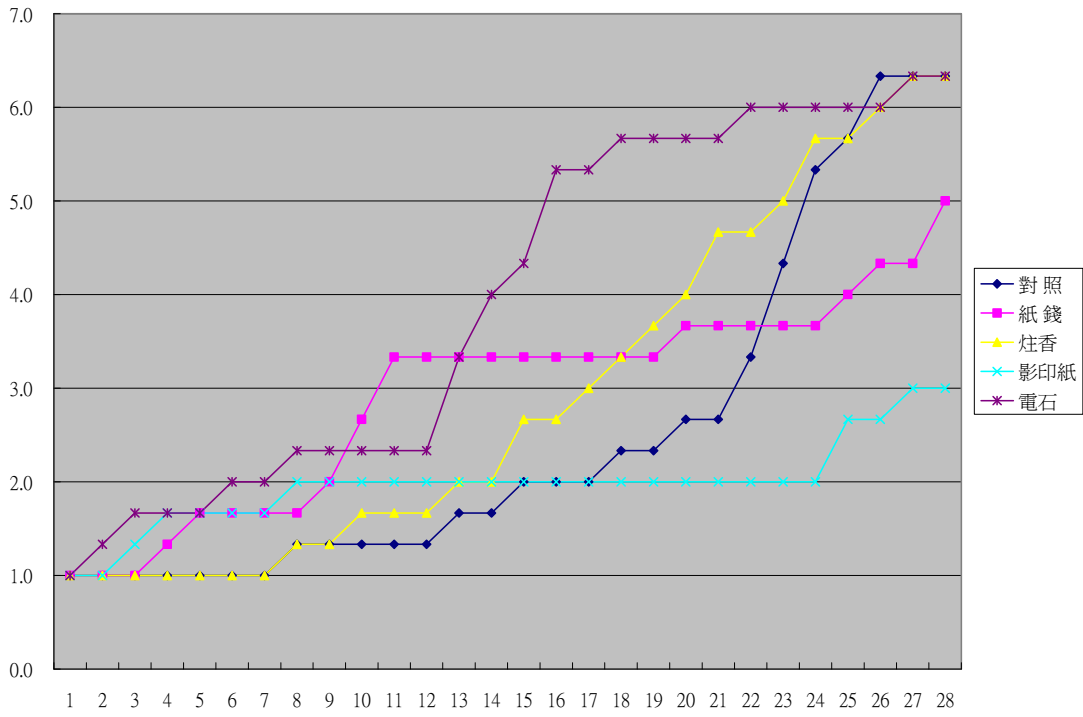
結果與討論：電石組明顯比對照組更迅速老化。



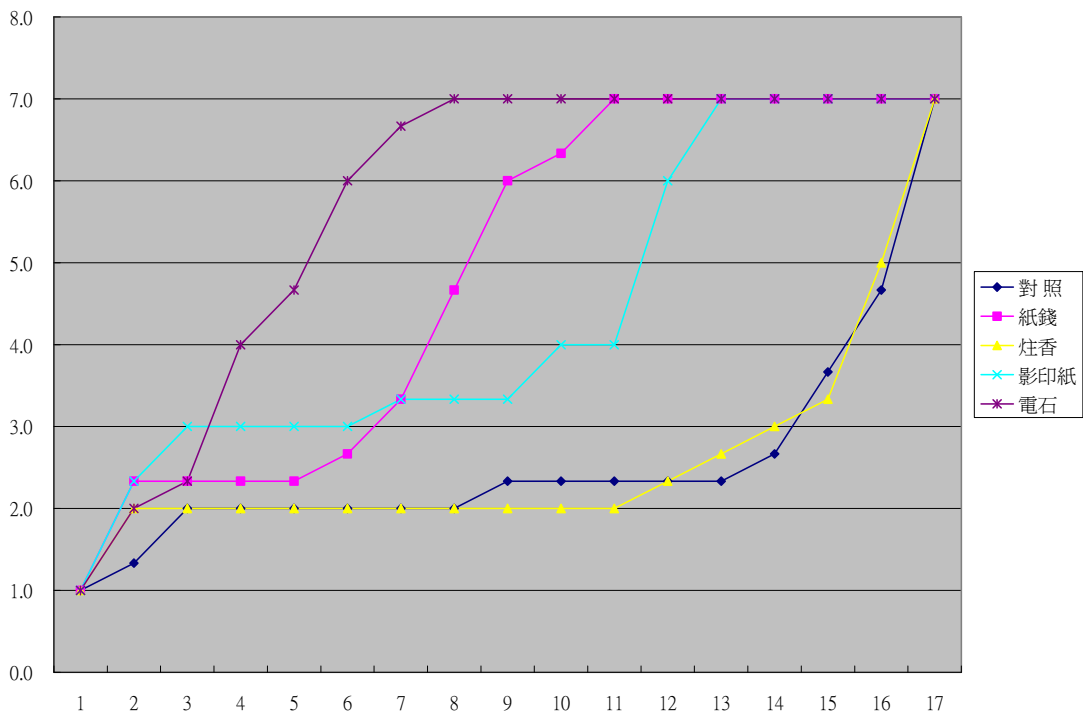
圖三十六、柳丁各組的每日重量(公克)變化



圖三十七、香蕉各組的每日重量(公克)變化



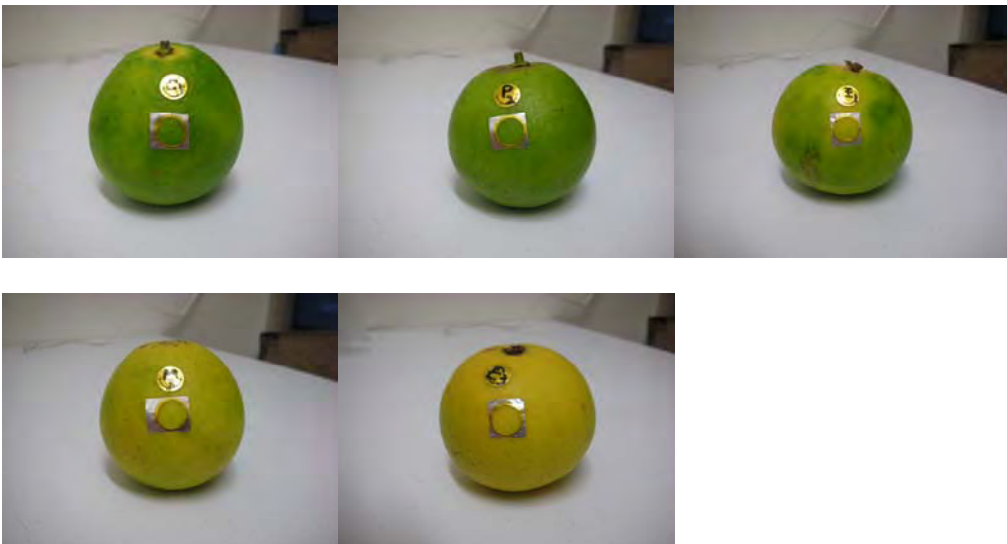
圖三十八、柳丁各組之顏色變動



圖三十九、香蕉各組之顏色變動



圖四十、第十四天之香蕉顏色改變



陸、討論

一、重量影響

表二、各處理對香蕉、柳丁重量的影響（與對照組比較）

處理 \ 水果	柳 丁	香 蕉
紙錢組	不明顯	明顯
影印紙組	明顯*	不明顯
炷香組	不明顯	不明顯
電石組	很明顯	很明顯

*實驗水果有果傷痕跡

除電石處理外，各種處理對柳丁組似乎沒有太大的影響，影印紙組的異常數據及可能是因為實驗組本身有受過碰撞所造成，所以結果很符合非更年性水果的特性描述。

對香蕉來說，電石與紙錢都有明顯催熟的效果，這部份很符合預期，但炷香組卻令人意外地並沒有太大作用，原因值得再進一步的探討。

二、顏色影響

表三、各處理水果黃化速率比較（與對照組比較）

處理 \ 水果	柳 丁	香 蕉
紙錢組	一開始較快，隨後停滯	第二名
影印紙組	一開始較快，隨後停滯	第三名
炷香組	稍快	不明顯
電石組	最快	最快

就柳丁而言，雖然紙錢組、影印紙組一開始黃化較快，但隨後顏色變化就停頓下來，甚至比對照組更慢變黃，炷香組雖稍快變黃，但也沒快太多，只有電石組最明顯，很快就變黃。

但對香蕉來說，除了炷香組不明顯外，各組都有促進黃化的效果。其中比較令人意外的是影印紙組也有明顯的效果，而炷香組卻沒有明顯效果。推測影印紙組可能是操作時溫度過高，造成輕度灼傷而加速其老化速度，至於炷香組結果與一般常識違背，可能是炷香的成分造成，可能要進一步分析炷香成分才能解開謎團。

柒、結論

由以上實驗可知拜拜時所燃燒的紙錢確實會促進更年性水果（香蕉）的後熟過程，雖然對非更年性的水果重量影響不大，但對其外觀顏色還是會有些影響。

所以拜過的水果確實是會較容易老化而失去一些風味，跟好兄弟有沒有吃過並無關。此外，

燃燒紙錢、炷香時也會試放許多有害的氣體（苯、甲苯、多環芳香烴等），所以能不燒就盡量不燒，如果非燒不可，也一定要選擇通風良好的地點。

捌、參考資料

1. 慈濟吉祥七月 <http://www2.tzuchi.org.tw/case/2008virtue-07/html/09.htm>
2. 李政達。『論燒香致癌』。自由時報 2007 年 8 月 20 日
3. 高中基礎生物 植物荷爾蒙
4. 屏科大。果樹學實習 『後熟作用及香蕉催熟處理』

【評語】 030307

1. 選擇兩種不同後熟特性水果作比較，但未能確切控制變因一致性，如：對照與實驗水果重量宜相似....等。（無法排除成熟度之一致性）
2. 環境溫度的變因無法完全排除，例如：燃燒放熱是否也影響水果後熟？