

投稿類別：國小組自然科學類

篇名：

田園紅寶石—火龍果中天然色素之探討

作者：

張庭語。花蓮縣中正國民小學。六年一班

指導老師：

龍麗華老師

陳俞君老師

壹、前言

一、研究動機

「火龍果」可說是近年來熱門的水果，全台各地的栽種面積漸漸增加，花蓮縣也是重要的產地之一。五上時，我們以「火龍果」作為專題研究的主題，在查詢文獻資料、訪談果農、農改場研究員和食品加工科老師後，對它多了些認識。其中，最令我感到好奇的是火龍果內含的天然色素及其抗氧化效果，想要更進一步探究。

在五年級的自然課程中，剛好提到可應用植物製作天然酸鹼指示劑，我想了解火龍果中的甜菜紅素是否能用來檢驗水溶液的酸鹼性？此外，一般來說大家在食用火龍果時會將果皮丟棄，我覺得多少有點可惜，決定透過這次的研究探討火龍果果皮的應用價值。

二、研究目的

- (一) 探討火龍果內含天然色素的顏色組成。
- (二) 探討火龍果內含天然色素在不同酸鹼環境下的顏色變化。
- (三) 探討火龍果內含天然色素的抗氧化能力。
- (四) 探討火龍果內含天然色素應用在湯圓染色的效果。

三、研究方法

- (一) 文獻探討：利用訪談專家（農改場研究員和食品加工科老師）、蒐集書籍和網路資料等方式完成。
- (二) 依序進行色層分析、酸鹼值測試和抗氧化等實驗。
- (二) 親自製作火龍果湯圓，了解其色素的應用成效。

四、研究架構



圖一、研究架構圖

貳、正文

一、名詞定義

(一) 甜菜紅素

火龍果中的天然色素為甜菜紅素 (Betalains)，又稱甜菜苷色素，屬於水溶性色素，化學式為 $C_{24}H_{26}N_2O_{13}$ 。主要成分為甜菜紅苷，佔紅色素的 75%~95%，其餘為黃色的甜菜黃素。

(二) 色層分析

色層分析法是植物學家茨維特為了研究葉綠素所發明的，是用來分離混合物中各類成分的一個程序。本研究採用基本的分析方式—濾紙色層分析，將色素滴在吸水紙上，因毛細現象而擴散，每種色素的移動速度不同，快的會在濾紙較外側，慢的則靠近濾紙內側或底部，藉此觀察色素的顏色組成。

(三) 抗氧化的檢定

抗氧化的檢定方式有碘滴定法和高錳酸鉀滴定法，本研究採用碘滴定法進行實驗。碘滴定法是一種氧化還原的方法，當碘和澱粉結合會呈現深藍色，再將具有抗氧化力的待測抗氧化劑（火龍果汁液）加入與溶液中的碘反應，如溶液顏色從深藍色變成透明無色，表示達到滴定終點。

二、實驗步驟

(一) 汁液萃取方式

- 1、火龍果的果皮、果肉切成小丁。
- 2、依照各實驗需要的使用量進行秤重。
- 3、浸泡在水中 10 分鐘，讓甜菜紅素溶於水中。
- 4、以果汁機打成果汁後進行過濾，並加水稀釋。



將火龍果切丁

秤重

浸泡在水中

準備完成

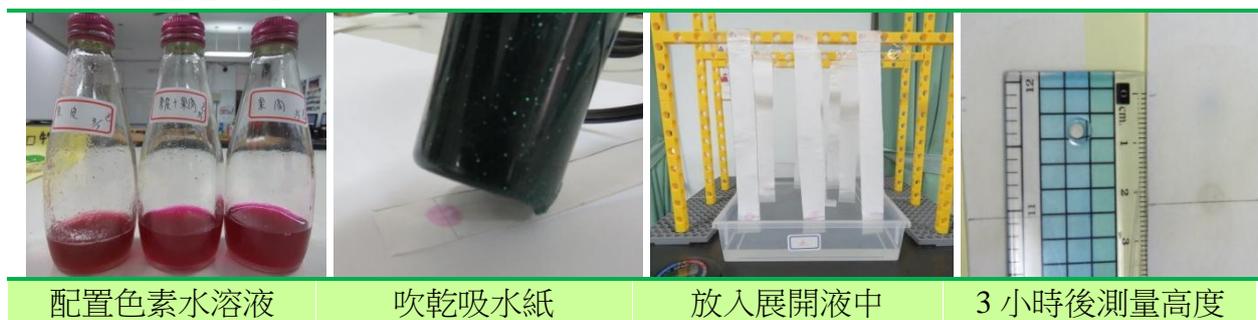
(二) 色素色層分析

- 1、配置色素水溶液：火龍果的果皮、果肉切丁後，秤 40g 的量浸泡在 200ml 的水裡 10 分鐘後打成汁液過濾，再添加 50ml 水稀釋。
- 2、裁剪每條長 22cm、寬 2.5cm 的吸水紙，在長度 1cm 的位置畫線標記。

田園紅寶石—火龍果中天然色素之探討

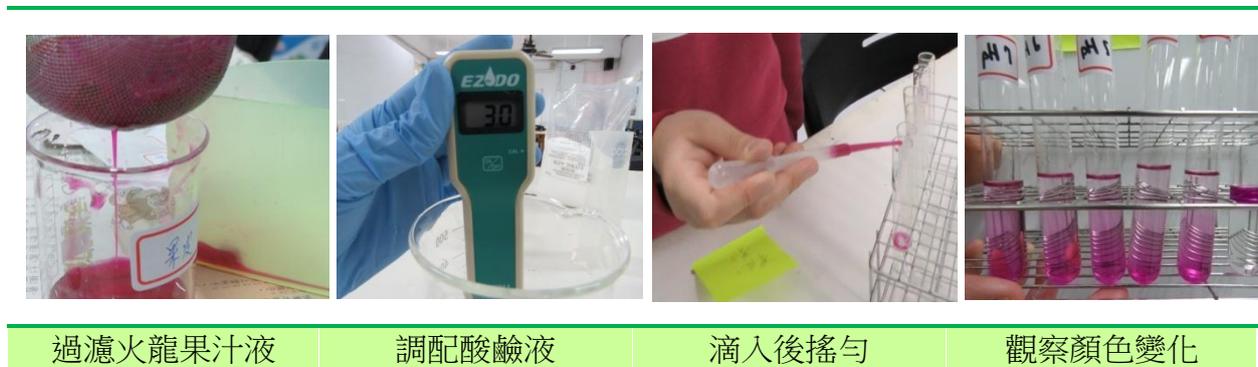
- 3、在吸水紙 1cm 記號上，用滴管滴 5 滴色素水溶液並用吹風機吹乾。
- 4、將吸水紙固定在以樂高積木拼組的支架上，下方容器各裝入 500ml 的水和乙醇當作展開液，每一種色素水溶液會進行三次測試。
- 5、等待 3 小時，過程中要觀察顏色並紀錄變化，最後用尺測量上升高度。

為了比較天然色素和人工色素的不同，我們一共準備了火龍果皮、火龍果肉、火龍果皮+果肉、葡萄皮、食用紅色 6 號色素（液體）和食用紅色 6 號色素（粉末）共六種進行比較。



（三）天然酸鹼指示劑

- 1、火龍果的果皮、果肉切成小丁後，秤 40g 的量浸泡在 200ml 的水裡 10 分鐘並過濾，再添加 50ml 水稀釋，共有果皮、果肉、果皮+果肉三種。
- 2、以檸檬酸、白醋、食鹽、氫氧化鈉加水混合，調配出 pH2~pH13 的酸鹼液，並使用 pH 計確認。
- 3、將上述酸鹼液分裝入試管內，分別以滴管滴入三種火龍果汁液各 5 滴。
- 4、觀察果汁滴入後產生的顏色變化並紀錄。



（四）抗氧化能力

- 1、準備澱粉液：4g 玉米粉和 200ml 的水隔水加熱，攪拌均勻後靜置冷卻。
- 2、火龍果的果皮、果肉切丁後，秤 40g 的量浸泡在 200ml 的水裡 10 分鐘並打汁過濾，再添加 50ml 水稀釋，共有果皮、果肉、果皮+果肉三種。
- 3、前一步驟果汁，分為冷藏一週、冷凍一週、隔水加熱 5 分鐘、15 分鐘和 25 分鐘等情況進行抗氧化實驗。
- 4、錐形瓶裝水 20ml，滴入碘液 5 滴和澱粉液 6 滴，呈現深藍色。
- 5、將果汁滴入錐形瓶內，直到深藍色液體變透明，並以火龍果原汁和色卡進行對照後確定達到滴定終點，再紀錄滴數。
- 6、前述步驟重複實驗五次後，求取平均值，四捨五入至個位數。



隔水加熱果汁

滴入碘液

滴入火龍果汁液

比對顏色

(五) 湯圓染色的應用

- 1、準備材料：糯米粉 75g、熱水 20g 和果汁液 40g。
- 2、用手將所有材料慢慢混合搓揉捏緊成團狀。
- 3、分割成小糰後，雙手搓滾成圓形。
- 4、下鍋煮熟後撈起，比較呈色。一共製作果皮、果肉、果皮+果肉、食用紅色 6 號色素（液體）和食用紅色 6 號色素（粉末）等五種進行比較。



秤重

分次混和材料

搓成圓球狀

煮熟湯圓

參、研究結果與討論

一、探討火龍果內含天然色素的顏色組成

我們應用濾紙色層分析法，比較火龍果中的甜菜紅素、葡萄皮中的花青素以及人工食用紅色色素的顏色組成差異。除了以視覺觀察吸水紙上的現象外，我們以尺測量吸水紙上的顏色最高高度，記錄下來計算平均值，如下表：

表一、不同色素的上升高度

種類		展開液	第一條	第二條	第三條	平均
甜 菜 紅 素	火龍果果皮 pH5.6	水	4.8cm	5.7cm	5.9cm	5.5cm
		乙醇	2.3cm	2.1cm	2.9cm	2.4cm
	火龍果果肉 pH5.6	水	5.9cm	5.6cm	5.8cm	5.8cm
		乙醇	1.9cm	1.8cm	2.4cm	2.0cm
	火龍果果皮+ 果肉 pH5.6	水	5.9cm	5.6cm	6.5cm	6.0cm
		乙醇	2.7cm	2.6cm	2.7cm	2.7cm
花 青 素	葡萄皮 pH4.8	水	2.0cm	2.3cm	2.3cm	2.2cm
		乙醇	2.0cm	1.8cm	1.5cm	1.8cm

田園紅寶石—火龍果中天然色素之探討

食用色素	液體 pH7.4	水	8.6cm	7.5cm	7.3cm	7.8cm
		乙醇	4.2cm	3.3cm	3.5cm	3.7cm
	粉末 pH7.8	水	8.8cm	7.6cm	8.4cm	8.3cm
		乙醇	4.6cm	3.6cm	3.3cm	3.8cm

(一) 結果

- 1、不同色素在接觸展開液一段時間後因毛細現象會往上逐漸攀升。葡萄皮中的花青素可清楚見到條狀上升，火龍果甜菜紅素和人工紅色色素卻水平往上，有的呈現v型。
- 2、在顏色差異方面：在未浸入展開液前，火龍果汁液是淡紫紅色、葡萄皮汁液是淡紫色，兩種人工紅色色素則是紅色，又以粉末狀的最鮮艷。浸入展開液後，火龍果汁液的淡紫紅色會漸漸暈開，顏色越變越淡，但人工紅色色素的顏色仍然很明顯。其中，葡萄皮汁液則出現靛藍色，與原本的淡紫色不同。
- 3、火龍果的果皮組在進入兩種展開液兩小時後，就看不見淡紫紅色。實驗終止時，則可看到黃綠色，如右圖。在果肉組和果皮+果肉組都仍可看到淡紫紅色。
- 4、比較色素移動上升的距離，人工色素 > 甜菜紅素 > 花青素。

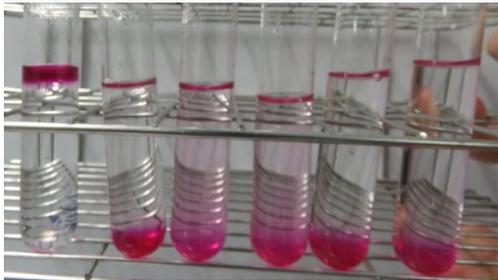
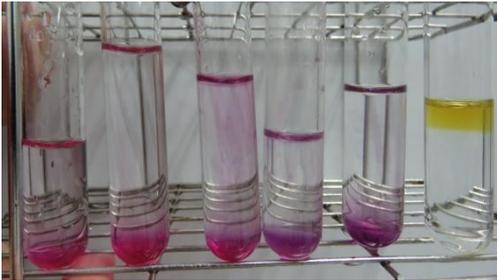
(二) 發現與討論

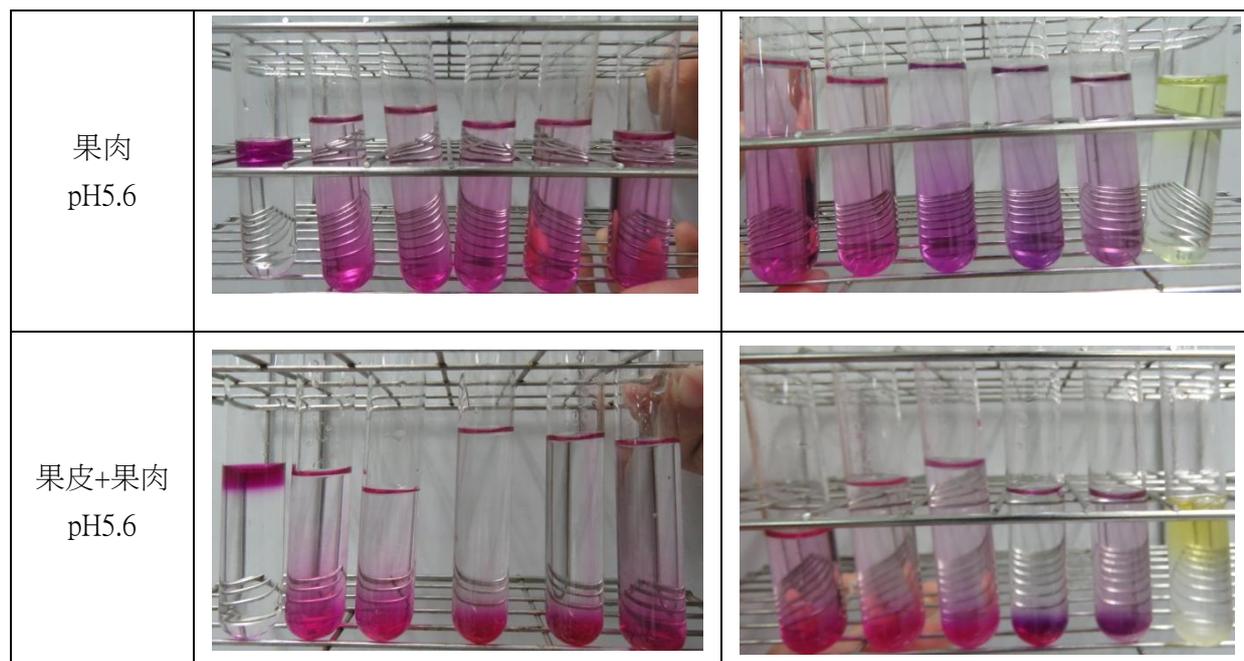
- 1、萃取火龍果三種部位的汁液時發現果皮組特別黏稠，詢問專家後得知這是因為火龍果皮富含纖維素、膠質性物質和白蛋白。
- 2、對照火龍果中甜菜紅素與葡萄中花青素的色層分析結果，兩者顏色組成不一致。
- 3、人工合成色素與天然色素相比，酸鹼值屬於中性，顏色更加鮮豔、穩定性較高，不易變化。

二、探討火龍果內含天然色素在不同酸鹼環境下的顏色變化

為了試驗火龍果的汁液能否作為天然酸鹼指示劑，我們將萃取後的果汁分別滴入 pH2.0~pH13.0 的酸鹼溶液中，再觀察顏色的變化情形，結果如下頁表：

表二 火龍果汁在酸鹼溶液中的呈色情況

酸鹼液 萃取果汁	pH2.0~pH7.0	pH8.0~pH13.0
	由左至右排列	由左至右排列
果皮 pH5.6		



(一) 結果

我們發現：果汁滴入 pH2.0~pH9.0 等範圍內的酸鹼溶液後，原本透明無色的溶液變成桃紅色，與火龍果汁液原本的顏色相同，並沒有明顯變化。但是，從 pH10.0 溶液開始，顏色漸漸出現紫色，pH11.0 跟 pH12.0 的溶液呈現紫色，顏色仍與原色相近。直到 pH13.0 的鹼性溶液顏色轉變成黃色。萃取汁液來自果皮、果肉或是混合果皮與果肉等三種果汁，顏色變化的結果都相同。

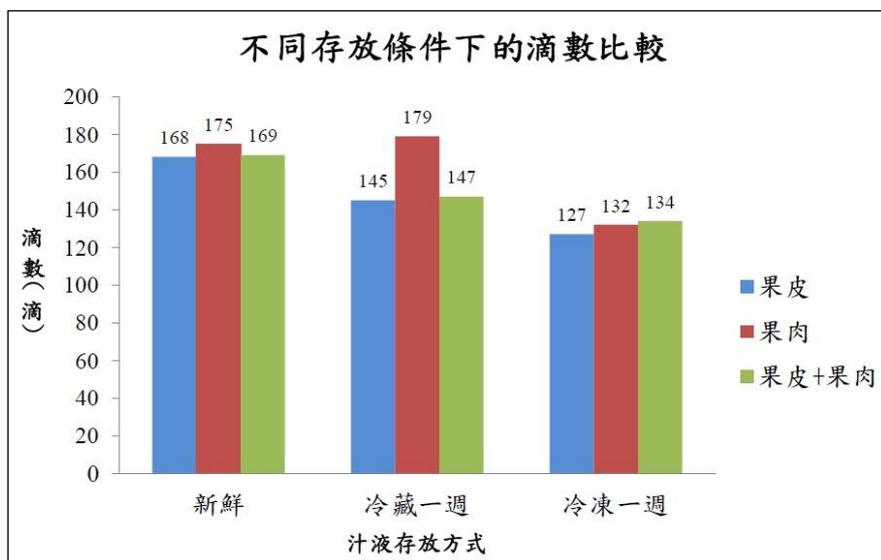
(二) 發現與討論

- 1、我們進一步查詢甜菜紅素遇酸鹼的變化，得到以下資訊：「pH 超過 10.0 時，變成黃色，此時絕大部分的甜菜紅素就已轉變為甜菜黃素。」與研究二的實驗結果不完全相同，經過試驗後發現：當 pH 為 10.0 時，溶液才出現一點紫色，滴入 pH13.0 時，才變成黃色；其他酸鹼液中都是呈紫紅色。
- 2、實驗中觀察到：只有 pH2.0 和 pH13.0 的水溶液，在火龍果汁滴入後會浮在上層。查詢資料及詢問專家後，得知是因為需要添加很多的酸、鹼物質，使溶液濃度高，所以密度大，果汁沉不下去。
- 3、查詢資料時，有人說火龍果具有花青素，卻也有人說是甜菜紅素，說法不一。經過實驗後，我們發現：花青素遇酸會變紅，遇鹼會變藍。對照火龍果中甜菜紅素遇酸鹼環境的顏色變化，兩者並不相同。

三、探討火龍果內含天然色素的抗氧化能力

查詢資料時，知道火龍果具有抗氧化效果。我們經過討論後決定比較火龍果果汁在不同存放條件和不同加熱時間的抗氧化能力差異，利用碘滴定法進行實驗，每種情況各實驗五次。因為發現火龍果的紫紅色會影響滴定終止的判斷，所以我們以深藍色溶液被滴到接近火龍果萃取果汁的原色時就停止，並比對色卡，以下實驗都依照這個方法判定。

(一) 比較不同存放條件的抗氧化力



圖二、不同存放條件的萃取汁液滴數比較

1、結果

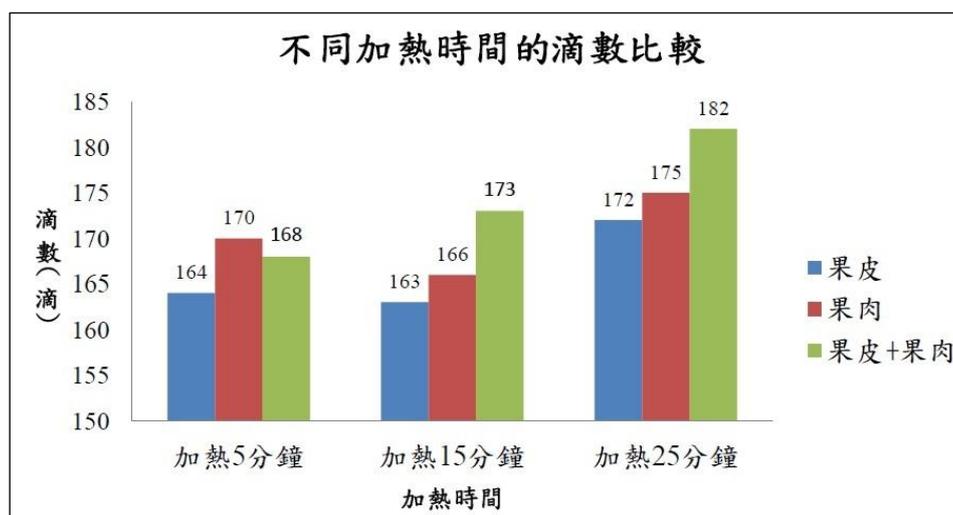
- (1)從上圖可知，不同的存放方式下，火龍果果皮汁液是滴數較少的，表示火龍果果皮的抗氧化較果肉佳。另比對其他研究資料，有相同結果。
- (2)比較不同存放方式，經過冷凍一週後的火龍果汁液是滴數最少的。因此，冷凍一週的火龍果果汁其抗氧化效果較新鮮和冷藏一週的狀態為佳。

2、發現與討論

- (1)雖然火龍果汁有密封冷藏一週，從冰箱取出發現：冷藏後的果皮汁液的表層顏色因氧化變得黯淡微黃（如圖），下層沒有變色，實驗時取用的是下層果汁，另外兩種果汁的表層則沒有明顯變色。
- (2)經過實驗和查詢資料後，得知把水果用冷凍的方式保存可以減緩營養成分隨時間流失，與本實驗結果相符。

(二) 比較不同加熱時間的抗氧化力

我們想要應用火龍果中天然的甜菜紅素進行湯圓染色，而湯圓須煮熟才能食用，因此我們設定了三種加熱時間，分別是 5 分鐘、15 分鐘和 25 分鐘，進一步比較火龍果經加熱後的抗氧化效果有無差異。



圖三、不同加熱時間的萃取汁液滴定滴數比較

1、結果

從上述圖表可知，加熱 25 分鐘的火龍果汁液是滴數較多的，表示加熱時間越長，火龍果的抗氧化能力會變弱。在本次實驗中，各加熱時間的滴數差距並不大，推測 25 分鐘內的烹煮對火龍果抗氧化不會有顯著影響。

2、發現與討論

進行隔水加熱時，發現火龍果果肉汁液加熱 15 分鐘和加熱 25 分鐘後，顏色會從原本的紫紅色變成偏朱紅色，其他兩種含有果皮的汁液則是變成偏桃紅色。



圖四、未含有果皮



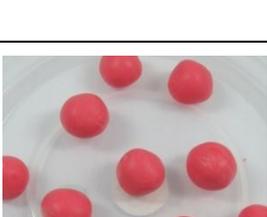
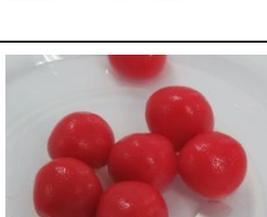
圖五、含有果皮

火龍果經加熱後變得較酸，但不是隨加熱時間愈久則愈酸。以平均值來看，新鮮的為 pH5.6；加熱 5 分鐘的是 pH4.8；加熱 15 分鐘的是 pH4.9；加熱 25 分鐘的則是 pH4.8。其中，又以加熱後的果肉汁液，其 pH 值較低。

四、探討火龍果內含天然色素應用在湯圓染色的效果

準備含有天然色素火龍果汁液和市售人工色素，跟糯米粉一起搓揉成湯圓後，觀察和比較煮熟前後的顯色。結果如下：

表三 不同色素製作湯圓的顯色度

甜 菜 紅 素	火龍果 果皮			
	火龍果 果肉			
	火龍果 果皮+果肉			
食 用 紅 色 色 素	液體			
	粉末			

(一) 結果

依顏色深淺度進行比較，依序是：食用紅色色素（粉末）>火龍果果汁的甜菜紅素>食用紅色色素（液體）。比較未加熱前的染色湯圓，使用火龍果果汁染色的湯圓，顏色和一般市售紅色湯圓相似。因火龍果的果肉有黑點，所以使用「果肉」與「果皮+果肉」染色的湯圓，從外觀上也可以看到小黑點。使用食用紅色色素（粉末）的湯圓，顏色變得更鮮紅，而且，加熱的過程中會發現色素會釋出溶於水中，其他色素則沒有這個問題。

(二) 發現與討論

搓揉湯圓時，我們發現使用「果肉」果汁製作會比較乾，還會有多餘的糯米粉無法揉合在一起。火龍果果汁染色的湯圓，沒有吃到火龍果的味道，只有糯米的味道，使用火龍果果汁染色對湯圓的味道和口感不會造成影響。

肆、結論

- 一、火龍果中的甜菜紅素經色層分析後，顏色包含原本即有的紫紅色，果皮部分還可以看到黃綠色。人工色素較天然色素鮮豔、不易淡化。同樣取自水果的天然色素—花青素（葡萄）和甜菜紅素（火龍果），兩者的色層分析結果並不一樣。
- 二、使用火龍果中的甜菜紅素作為天然酸鹼指示劑，應用程度並不廣泛。在 pH2.0~pH9.0 酸鹼溶液中沒有改變顏色，在 pH10.0~ pH12.0 酸鹼溶液則出現紫色，pH13.0 則變成黃色，此時的甜菜紅素已轉為甜菜黃素。
- 三、根據文獻資料和研究中色層分析和酸鹼測試結果，我們可以知道甜菜紅素和花青素不一樣，同時，火龍果並不具有花青素，可以證明部分網路資料提及「火龍果中的花青素」等敘述文字是有誤的。
- 四、關於火龍果的抗氧化效果，經過實驗，平常很少食用的果皮比常食用的果肉有較佳的抗氧化力；冷凍後的果汁可保有較佳的抗氧化效果；火龍果果汁經加熱後，加熱時間愈長，抗氧化效果變得愈差，但加熱時間在 25 分鐘以內，與新鮮火龍果的差異並不大。
- 五、以火龍果果汁進行湯圓染色，色澤與市售湯圓相似，經過煮熟後顏色會變得略深，但不會影響湯圓的味道和口感。而且，果肉中的黑色種子可以應用在分辨口味。

伍、參考資料

一、書籍

- 南一版自然與生活科技第五冊（五上）單元三：水溶液的性質。
高憲章（2015 年 8 月）。色素路跑障礙賽。科學少年，10，76-80。
蕭秀姍、黎明中（譯）（2015）。天天在家玩科學（原作者：Om Books）。臺北市：商周出版。

二、網路

- 蕭增宜（2007）。添加物對火龍果果皮色素萃取液的顏色及抗氧化力之影響（碩士論文）。取自 <http://handle.ncl.edu.tw/11296/ndltd/31852587371249982377>。
- 游宜屏、張育綺、李裕秀（2013 年 12 月）。火龍果果肉與果皮之抗氧化活性探討。華岡農科學報，32，1-12。
- zfang の科學小玩意（2013 年 6 月 3 日）。火龍果果實篇~ 紅肉火龍果之酸鹼變色實驗。取自 <http://zfang.zipko.info/602.html>。
- 我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討，中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品。
- 「紫」色魔力，非「茄」莫屬—天然抗氧化劑紫色茄子之探討，中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品。