

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080204

察「顏」觀「色」~食品色素大解碼

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者： 小六 涂妤華 小六 楊裕安 小四 謝承洋	指導老師： 謝祥宏 湯千慧
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：色素、色層分析、CMYK

摘要

本研究源自生活中，便利商店的糖果含有色素，因此，進行了一場食品色素大解碼研究之旅。

研究結果發現：

- 一、色層分析效果：以用廚房吸水紙，95% 酒精進行色層分析效果好。
- 二、糖果中的色素為人工色素，經 C M Y K 數值分析，符合伊登十二色環混色原理。
- 三、天然色素與人工色素比較：
 - (一)色層分析：天然色素，未出現新的顏色；人工色素出現新的顏色。
 - (二)加入酸鹼變化：天然色加酸鹼色素的顏色會改變，人工色素不變。
 - (三)色素混色變化：天然色素不符合伊登十二色環混色原理；人工色素符合伊登十二色環混色原理。
- 四、色素染色、定色效果：不同色素，浸泡酸鹼中性液體，定色效果不同。
- 五、利用人工色素具混色效果，可以製作「人工色素畫」。

壹、研究動機

在我們生活中，有許多的便利商店，裡面賣了小朋友喜歡吃的形形色色糖果。有一次吃完糖果時，發現舌頭上沾了許多糖果的顏色。我們上網查了資料發現糖果中含有「色素」的成分。這些糖果色素和顏料的色素一樣？色素混合後，它的變色是怎樣？這些色素和天然色素有什麼不同？基於我們的好奇心，在老師指導下，進行了一場「食品色素大解碼」專題研究之旅。

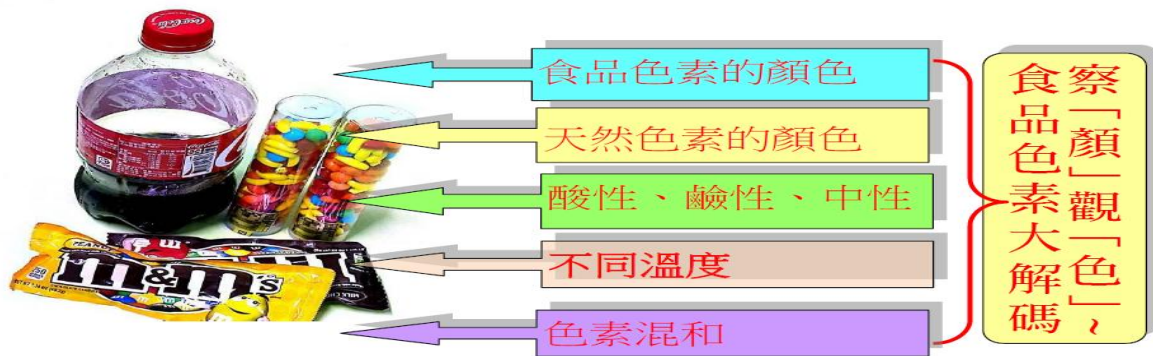


圖 1：研究方向思考圖

貳、研究目的及研究問題

我們針對「食品色素」，進行一系列的研究，並提出以下研究問題：

■目的 一、測試紙張及展開液對色層分析效果

- 研究 1-1：測試不同材質紙對色層分析效果？
- 研究 1-2：測試不同展開液對色層分析效果？

■目的 二、人工食品色素的研究

- 研究 2-1：不同食品色素，色層分析何不同？
- 研究 2-2：不同人工色素，色層分析何不同？

■目的 三、天然色素的研究

- 研究 3-1：不同蔬果色素，色層分析有何不同？
- 研究 3-2：不同天然色素粉，色層分析有何不同？

■目的 四、不同酸鹼水溶液對色素影響

- 研究 4-1：不同酸鹼水溶液，對人工色素色層分析有何影響？
- 研究 4-2：不同酸鹼水溶液，對天然色素色層分析有何影響？

■目的 五、人工色素與天然色素染色大解碼

- 研究 5-1：不同酸鹼水溶液，對人工色素與天然色素定色有何影響？
- 研究 5-2：不同酸鹼水溶液，對食品色素的定色有何影響？

■目的 六、色素混合對色素顏色影響

- 研究 6-1：人工色素混合，對色素顏色有何影響？
- 研究 6-2：食品色素混合，對色素顏色有何影響？
- 研究 6-3：天然色素混合，對色素顏色有何影響？

■目的 七、色素應用

- 研究 7-1：色素應用~天然色素與人工色素分辨大解碼。
- 研究 7-2：色素應用~人工色素畫。

參、研究架構

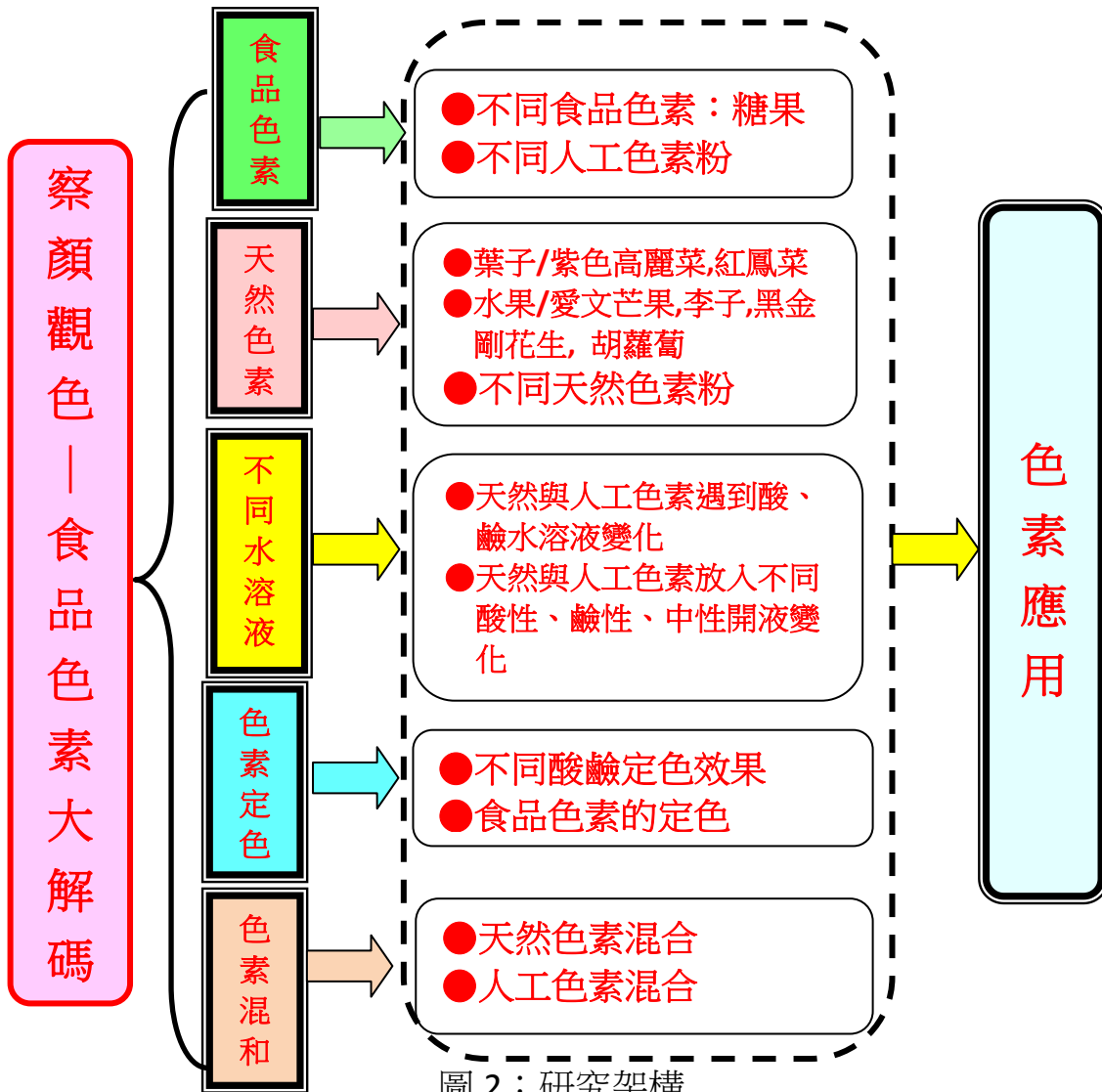


圖 2：研究架構

肆、文獻探討

一、色素

食品著色劑，又稱食用色素，使食品著色，從而改善食品色調和色澤的食品添加物。根據 iQC 商品安全資料庫，「孩童愛吃鮮豔糖果，人工色素多易過動」，表示人工色素對健康影響。什麼是色素？從衛生福利部公告之色劑核准的包括藍色 1、2 號，綠色 3 號，黃色 4、5 號，紅色 6、7、0 號與焦糖色素…等，這些色素為人工色素屬化學合成的食品著色劑。

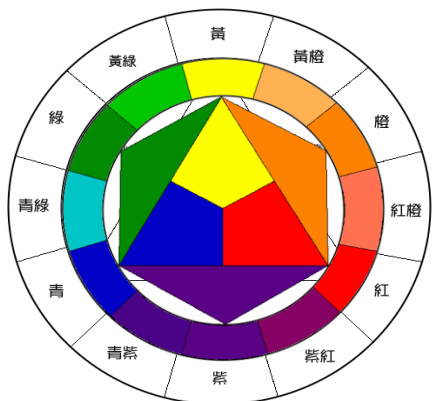
二、濾紙層析法~檢驗色素的方法，有好幾種，根據查到的資料選擇用「濾紙層析法」分離色素中物質。「濾紙層析法」法是利用濾紙當作固定相，展開溶液為移動相，利用色素分子對於「濾紙」及「展開液」親合力不同而產生的差異，而使色素中物質分離的方法。

三、色彩相關原理(取自網站~參考資料 4)

(一) 色料三原色、彩度與明度

- 色料三原色：紅、黃、藍。
- 色相：或稱為「色度」，是指色彩的名稱，如：紅、橙、黃、綠、藍、紫等等。
- 彩度：是指顏色的鮮豔程度、飽和度，或稱色彩的純度。任何顏色純色，其彩度高。
- 明度：是指色彩的明暗或深淺程度。越接近白色的明度越高，越接近灰或黑色的明度越低。

(二) 伊登十二色相環



根據伊登十二色相環的製作，顏色混色原理如下：

1. **中央三角形**：純紅、純黃、和純藍，為色料三原色（第一次色）。
2. **正三角形外之正六邊形及圓**：中央三角形兩兩純色的混色，得到紅+黃=橙、藍+黃=綠、紅+藍=紫，橙、綠、和紫為第二次色。混色時不可偏於任一種第一次色。
3. 在圓的外側畫一個同心圓，再將兩圓所形成的環等分為**十二個扇形**，扇形中分別塗上相對位置的第一次色和第二次色。
4. 空白扇形中，塗上「第一次色」和「第二次色」混合而成的「第三次色」，分別是黃橙、紅橙、紅紫、黃綠、青紫、青綠。

四、色彩分析工具的試驗與選擇

軟體	優缺點	網址
Colors 色票擷取工具	1. 直接上傳，立即得到色卡 2. 可下載分析結果~色卡	https://colors.co/999a9e-acafbe-9c9470-a39309-c5ccde
Color Palette Generator	1. 圖片需上傳至一個網站，再把網址貼上，立即得到色卡。 2. 可下載分析結果~色卡	https://www.degraeve.com/color-palette/
Web Colour Data	1. 圖片需上傳至一個網站，再把網址貼上，立即得到色卡。 2. 可下載分析結果~色卡	http://webcolourdata.com/
ImageJ	1. 可下載離線版 2. 使用較複雜 3. 可分析 RGB 值、色相圖	https://imagej.net/Welcome

五、相關之研究

我們上網查閱相關資料後，發現有 5 篇關於「色素」的相關研究，比較如下表：

科別	作品名稱	研究發現
嘉義市第 26 屆科展國小組，化學科	奶油獅的祕密 --- 濾紙色層分析法在毛細現象課程的應用	<ul style="list-style-type: none"> ● 彩色筆所使用的顏料不一定只含單一成分 ● 12 色奶油獅彩色筆大概含有 10 種成分 ● 36 色水彩筆有許多顏色只是相同兩種成分以不同比例混合而成。 ● 彩色筆的顏料成分並不是使用顏料三原色，再依照伊登十二色相環的規則來混合
嘉義市第 29 屆科展國小組，化學科	還以顏色~ 添加在糖果中的人工色素分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 濾紙色層分析法，分析出隱藏在樹葉裡的顏色，發現除了綠色的葉綠素之外，還含有黃色的胡蘿蔔素及葉黃素 ● 利用色層分析法分析人工食用色素，色素在不同極性的展開液中，移動的距離會不同 ● 丙酮的比例，可以使色素分離的效果更明顯。 ● 彩虹糖、彩色巧克力及棒棒糖，含有不利於健康的食用色素紅色 40、藍色 1 號、黃色 4 號及 5 號。
全國科展第 46 屆國小組，自然科	顏色跑跑跑	<ul style="list-style-type: none"> ● 愈薄愈軟的紙在吸收水的時候會很快。 ● 顏色愈深的彩色筆是由較多的顏色組合而成的。 ● 醋溶液可以將顏色分散的路徑表現出來。 ● 80°C 的水用來分析顏色，速度最快。
全國科展第 54 屆國小組，化學科	食紫大動尋找 食在安心的魔法色素	<ul style="list-style-type: none"> ● 分析衛生署天然食用色素衛生標準，花青素為天然色素中最主要的來源。 ● 利用色層分析及在酸鹼環境中的顏色變化，可看出花青素的種類繁多。 ● 花青素不論經過高溫烹煮或低溫冷凍保存，經實驗二個月下，均不影響其遇酸鹼變色能
臺灣化學教育倪行健(2015)	透過變因探討「紙」色層分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 嘗試不局限於「在封閉容器中」、「使用濾紙」、以及「實驗室內的溶劑當展開液」的濾紙層分析實驗

從這些研究發現(奶油獅的祕密、顏色跑跑跑、倪行健 (2015), 彩色筆具有不同顏色, 而有關人工色素方面「食紫大動尋找食在安心的魔法色素」, 從食安方面提及人工色素不好, 致力於「天然色素」研發; 在「還以顏色」這篇研究發現樹葉裡的顏色, 含葉綠素、黃色的胡蘿蔔素及葉黃素, 且發現糖果中色素含有不利於健康的食用色素紅色 40、藍色 1 號、黃色 4 號及 5 號。上述有關顏色之分析、比較, 偏向以人工判定顏色, 以定性為主之顏色分析。

本研究先利用色層分析探討「食品中所含色素」, 利用色票分析軟體、ImageJ、RGB 轉換 CMYK 軟體分析顏色; 接著更進一步探究色素特性(酸鹼、溫度、混色), 並比較「人工色素」、「天然色素」差異; 最後進行人工色素、天然色素染色定色的效果。研究過程中, 利用設計簡易實驗裝置進行色層分析, 進而利用色素分析軟體, 定量分析所含顏色。

伍、研究設備及器材

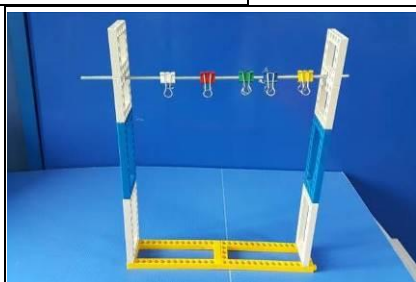
一、實驗器材：

(一) 各式食品與蔬果：

- 1.食品：彩虹糖(2 包)、m&m 巧克力(2 包)、加拿大水果糖(2 包)、森永水果糖(2 包)、曼陀珠(2 條)、100%柳橙汁(1 瓶)、100%葡萄汁(1 瓶)
- 2.蔬果：紫色高麗菜(1 顆)、胡蘿蔔(1 根)、黑豆(1 包)、紫蘇(1 包)、愛文芒果(1 顆)、紅肉李(10 顆)、黑金剛花生(1 包)、紅肉火龍果(1 顆)、紫玉米(1 根)
- 3.天然色素粉：
 - (1)Life 天然色素粉：紫薯粉(1 包)、蝶豆花粉(1 包)、胡蘿蔔粉(1 包)、菠菜粉(1 包)、南瓜粉(1 包)、竹炭粉(1 包)、甜菜根(1 包)
 - (2)采鴻天然色素粉：梔子綠(1 包)、蘿蔔紅(1 包)、黃梔子(1 包) 紫甘薯(1 包)、紅麴(1 包)、梔子藍(1 包)、梔子紫(1 包)
- 4.人工色素粉
 - (1)色膏色素粉：紅色色膏(1 罐)、橙色色膏(1 罐)、粉紅色色膏(1 罐)、綠色色膏(1 罐)、藍色色膏(1 罐)、紫色色膏(1 罐)、咖啡色色膏(1 罐)
 - (2)香香香色素粉：紅色香香香色素粉(1 包)、粉紅色香香香色素粉(1 包)
- (二) 不同種類液體：95%酒精(1 瓶)、75%酒精(1 瓶)、工業酒精(1 瓶)、蒸餾水(1 瓶)、醋(1 瓶)、檸檬汁(1 瓶)、小蘇打水(1 瓶)、鹽水(1 瓶)
- (三) 器材：吸水紙(2 捲)、塑膠試管(20 個)、燒杯(20 瓶)、滴管(20 個)濾紙(2 捲)、小蘇打水(1 瓶)、鹽水(1 瓶)、培養皿(20 個)、積木(1 箱)
- (四) 儀器工具：平板電腦(1 台)、碼錶(3 支)、溫度計(5 支)、電子秤(1 台)、照相機(1 台)、果汁機(1 台)、蔬果榨汁機。

二、實驗裝置

- 1.自製色層分析實驗裝置：利用樂高積木、長尾夾、鐵棒，組裝成色層分析實驗架。
- 2.自製透光度檢測器：利用 LED 燈、電池、塑膠盒、照度計組裝成透光度檢測器。



樂高積木組裝成實驗架



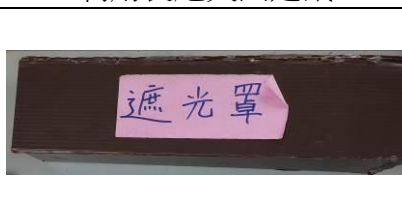
利用長尾夾固定紙



透光度檢測器



中央放入待測液



遮光照照度計

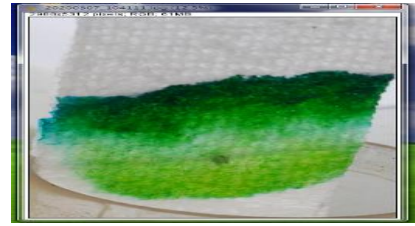


利用照度計測出亮度(Lux)

三、顏色分析軟體使用步驟

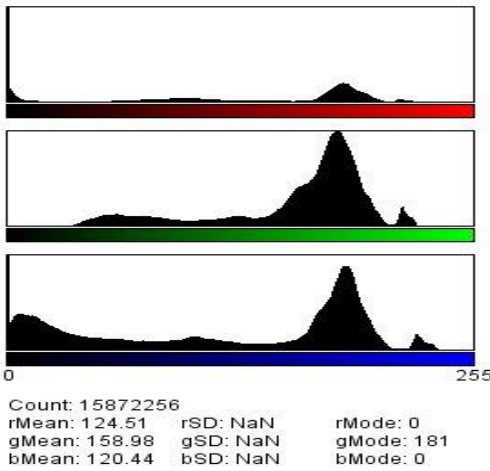
(一)ImageJ 使用步驟

- 1.開啟圖片（範例一如右圖）
- 2.工具列 File→Open→選檔案



(二)RGB 分析操作

- 工具列→Analyze→TOOL→Color Histogram



●範例一 RGB 值

channel	mean	mode
red	124.573	0
green	158.973	181
blue	120.484	185

●將範例一 RGB 分析結果複製在 EXCEL

blue	channel	mean	mode	SD
1	red	124.509	0	NaN
2	green	158.979	181	NaN
3	blue	120.437	0	NaN

(三)RGB 轉換 C M Y K 操作

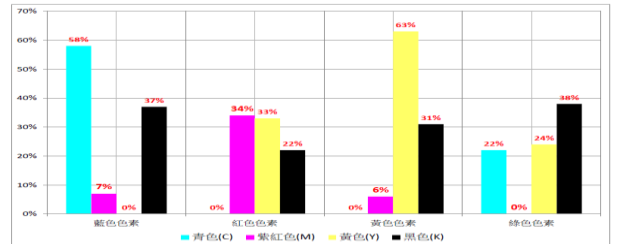
- 1.連線至 https://www.ginifab.com.tw/tools/colors/cmyk_to_rgb.html（RGB 轉換 C M Y K 網頁）
- 2.將範例一 RGB 值輸入至右側 RGB 空格→顯示轉換後 C M Y K 值



3.在 Excel 整理 RGB 值及轉換後 C M Y K 值

四色水/分析	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
藍色色素	67.00	149.51	161.62	58%	7%	0%	37%
紅色色素	199.36	132.44	133.74	0%	34%	33%	22%
黃色色素	176.95	166.44	64.90	0%	6%	63%	31%
綠色色素	124.51	158.98	120.44	22%	0%	24%	38%

4.畫成統計圖



- 5.結果：四色水人工色素中，藍色色素水以青色 58%最多，紅色色素水以紫紅及黃色佔最多，黃色色素水以 63%黃色最多，綠色色素水以青色、黃色佔最多。

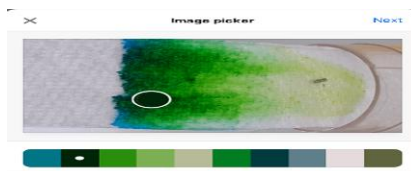
四、Colors 色票擷取工具使用說明

- 1.進入色票擷取工具 <https://colors.co/generate>

- 2.上傳要分析檔案

- 3.調整分析範圍

- 4.輸出分析結果



陸、研究過程與結果

■目的一、測試哪一種紙張及展開液對色層分析效果較好

研究 1-1：不同材質色層分析紙，哪一種效果較佳？

【研究構想】我們想知道哪一種材質的紙，較能有效讓色素顯現出來，我們準備了濾紙、圖畫紙、廚房吸水紙進行實驗。

【實驗步驟】

- 1.準備不同材質的紙：濾紙、廚房吸水紙、圖畫紙，將其裁成長寬為 2 公分 x10 公分，並在一端五公分處，利用鉛筆畫一條直線。
- 2.準備不同展開液：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 3.人工色素~四色水，用滴管滴在各種材質紙五公分處。
- 4.將滴了色素之紙，放入已裝了展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器(詳見二、實驗裝置~自製色層分析實驗裝置)。
- 5.利用碼錶計時 1 小時。
- 6.利用 Colors 色票擷取軟體工具。

【研究發現】

- 1.濾紙雖然可以看出顏色變化，但上升高度不明顯。
- 2.廚房吸水紙是裡面效果最好的，不但顏色色層很多，上升高度也很高。
- 3.圖畫紙不但色層少，上升高度也很低。
- 4.結果如表 2、圖 3。

【實驗結果與討論】：

根據研究【研究 1-1】實驗，發現色素在廚房紙巾的上升高度、顏色分層效果很好，以下實驗將以效果較好的「廚房紙巾」進行後續的實驗。

表 1：不同材質紙色層分析比較表

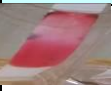





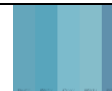
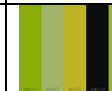

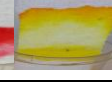













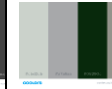
紙	項目	紅	黃	藍	綠
濾紙	色層分析				
	色票分析				
廚房吸水紙	色層分析				
	色票分析				
圖畫紙	色層分析				
	色票分析				

表 2：不同材質紙色層分析上升高度

紙/上升高度	紅	黃	藍	綠
濾紙	2.5	2.5	2	2.5
廚房吸水紙	2.9	4	3.3	3.8
圖畫紙	0.3	0	0.7	0.4

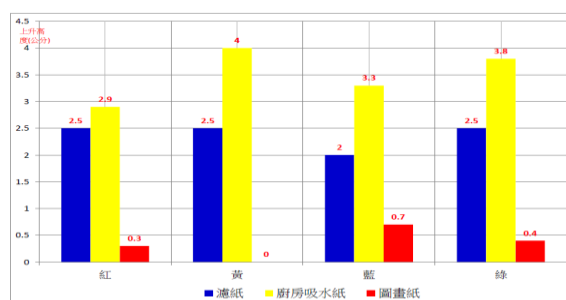


圖 3：不同材質紙上升高度比較

研究 1-2：不同展開液，哪一種效果較佳？

【研究構想】我們想知道哪一種展開液，較能有效讓色素顯現出來，我們準備了 95%酒精、75%酒精、工業酒精進行實驗。

【實驗步驟】

- 1.根據測 1-1 最佳效果材質~廚房吸水紙，將其裁成長寬為 2 公分 x10 公分，並在一端五公分處，

利用鉛筆畫一條直線。

- 2.準備不同展開液：各取 95%酒精、工業酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 3.將測試之人工色素~四色水，用滴管滴在各種材質紙五公分處。
- 4.與【研究 1-1】步驟 4.~6.相同。

【研究發現】

- 1.兩種酒精都可以看出顏色變化。
- 2.95% 酒精上升高度較高，95% 酒精的綠色有 5 種顏色；工業酒精的綠色只有 3 種。
- 3.結果如表 3-4、圖 4。

【實驗結果與討論】：

由【研究 1-2】實驗結果發現，95% 酒精色層分析效果較好。以下實驗將以 95% 酒精作為展開液。

表 3：不同展開液色層分析比較表

液體	項目	紅	黃	藍	綠
95% 酒精	色層分析				
	色票分析				
工業酒精	色層分析				
	色票分析				

表 4：不同展開液色層分析上升高度

紙/上升高度	紅	黃	藍	綠
95%酒精(cm)	2.7	4	3.3	3.8
工業酒精(cm)	5	5	5.5	5

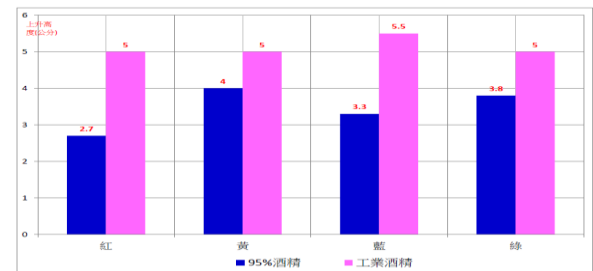


圖 4：不同展開液上升高度比較

目的二、食品色素的研究

研究 2-1：不同食品，色素種類有何不同？

【研究構想】：我們想知道日常生活中，常吃的糖果、巧克力含有哪些色素，因此就進行了以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備廚房紙巾：將其裁成長寬為 2 公分 x10 公分，並在下端五公分處，利用鉛筆畫一條直線，作為測試液滴入的起始點。
- 2.準備展開液：取 95%酒精，分別倒入小塑膠管，讓液面高度為 1 公分。



- 3.食品測試液準備：取森永水果糖、m&m 巧克力、加拿大水果糖、彩虹糖、曼陀珠加入蒸餾水 2mL。浸泡一段時間，直到色素溶解於水中。
- 4.用滴管吸取森永水果糖、m&m 巧克力、加拿大水果糖、彩虹糖、mentos 曼陀珠色素，滴在廚房紙巾上，放入展開液，利用「色層分析實驗架」固定。
- 5.用碼錶計時一小時，並將結果拍照記錄。
- 6.利用 Colors 色票擷取軟體工具、ImageJ 分析、RGB 轉換 C M Y K **【詳見伍研究設備及器材~三、顏色分析軟體使用步驟】**。

【研究發現】：

- 1.彩虹糖：色層分析發現糖果中橙色的出現淡紅色、黃色，黃色出現淡黃，綠色出現淡黃及淡藍，紫色出現紅色及藍色。
- 2.森永水果糖：色層分析發現原先糖果的色素較淡，色層分析較不明顯，無法分辨顏色。
3. m&m 巧克力：色層分析發現原先糖果中，紅色出現淡紅色、橙色出現紅色黃色，黃色出現淡黃，綠色出現淡黃及淡綠，藍色出現淡藍，咖啡出現淡紅及淡藍。
- 4.加拿大水果糖：色層分析發現藍色出現淡藍色，橙色出現淡黃及淡紅，黃色出現淡黃色，紅色出現淡紅色，綠色出現淡藍及淡黃。
- 5.曼陀珠：色層分析發現色素較淡，無法分辨顏色。
6. C M Y K 數值分析

- (1)綠色的糖果色素：在綠色彩虹糖、綠色 m&m 巧克力、綠色加拿大水果糖，都出現青色、淡黃顏料成分，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。
- (2)橙色的糖果色素：橙色彩虹糖、橙色 m&m 巧克力、橙色加拿大水果糖，出現紫紅色、淡黃顏料成分，符合伊登十二色環，紫紅色和淡黃顏料混色產生橙色的原理。

7.結果如表 5-12、圖 5-8。

【實驗結果與討論】：

由研究【研究 2-1】發現這些水果糖的色素，在利用色層分析後，除了有些顏色變淡，還出現了原本沒有的其他顏色。彩虹糖的綠色出現淡黃及淡藍；m&m 巧克力的橙色出現紅色及黃色；橙色出現淡黃及淡紅；加拿大水果糖綠色出現淡藍及淡黃。符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色、紫紅色和淡黃顏料混色產生橙色的原理。推測這些糖果色素是由顏料混色產生，有待後續進行色素混色實驗更進一步確認。

表 5：彩虹糖色素色層分析






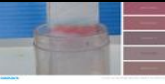




	原來顏色	紅色	橙色	黃色	綠色	紫色
彩虹糖	色層分析					
	上升高度(cm)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3
	色票分析					

表 6：彩虹糖色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

彩虹糖/分析	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
紅色糖果	178.15	101.36	75.05	0%	43%	58%	30%
橙色糖果	172.53	153.29	146.11	0%	11%	15%	33%
黃色糖果	159.16	159.21	101.74	0%	0%	36%	38%
綠色糖果	136.93	152.37	81.54	11%	0%	47%	40%
紫色糖果	150.83	146.88	147.45	0%	20%	8%	36%

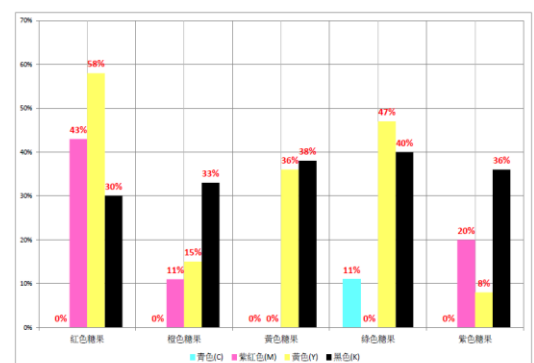


圖 5：彩虹糖色素 CMYK 數值分析

表 7：森永水果糖色素色層分析








原來顏色	桃紅	橘色	深黃	淺黃	粉紅	淺綠	咖啡
色層分析							
上升高度(cm)	0.2	0.4	0.3	0.6	0.1	0.2	-0.2
色票分析	不明顯	不明顯	不明顯	不明顯	不明顯	不明顯	不明顯

表 8：森永水果糖色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

森永水果糖	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
桃紅	150.85	133.83	136.38	0%	11%	1%	41%
橘色	154.69	152.97	144.69	0%	1%	6%	39%
深黃色	144.14	142.69	128.87	0%	1%	11%	43%
淺黃色	157.18	158.01	153.27	1%	0%	3%	38%
粉紅色	152.00	152.60	142.66	0%	0%	7%	40%
淺綠色	147.92	147.87	141.82	0%	0%	4%	42%
咖啡色	151.59	152.52	144.76	1%	0%	5%	4%

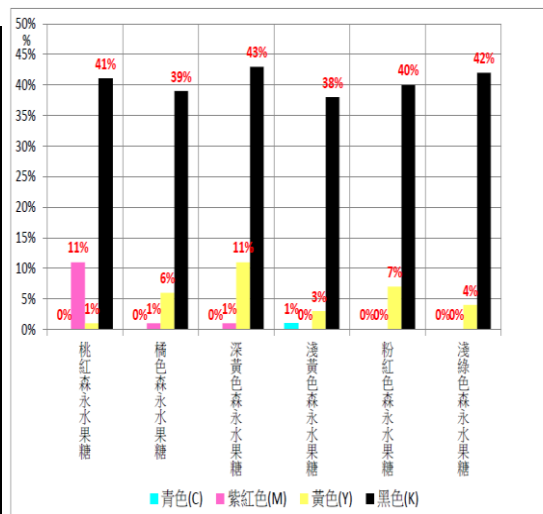


圖 6：森永水果糖色素 CMYK 數值分析

表 9：m&m 巧克力色素色層分析

原來顏色	紅色	橙色	黃色	綠色	藍色	咖啡
色層分析						
上升高度(cm)	2	2.5	2.8	3	3.5	2.5
色票分析						

表 10：m&m 巧克力色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

m&m 巧克力分析	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
紅色 m&m	141.76	115.12	125.76	0%	19%	11%	44%
橙色 m&m	147.37	142.27	160.13	8%	11%	0%	37%
黃色 m&m	167.09	172.49	150.79	3%	0%	13%	32%
綠色 m&m	116.02	134.85	122.60	14%	0%	9%	47%
藍色 m&m	152.69	136.31	174.33	12%	22%	0%	32%
咖啡 m&m	143.49	124.82	123.59	0%	13%	14%	44%

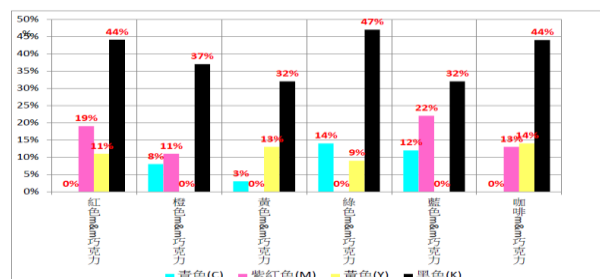


圖 7：m&m 巧克力色素 CMYK 數值分析

表 11：加拿大水果糖色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

加拿大水果糖	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
藍色	82.43	134.04	138.39	40%	3%	0%	46%
橙色	145.41	124.55	108.46	0%	1%	25%	43%
黃色	141.71	137.65	124.96	0%	3%	12%	44%
紅色	177.57	122.11	117.31	0%	31%	34%	30%
綠色	107.33	132.72	117.26	19%	0%	12%	48%

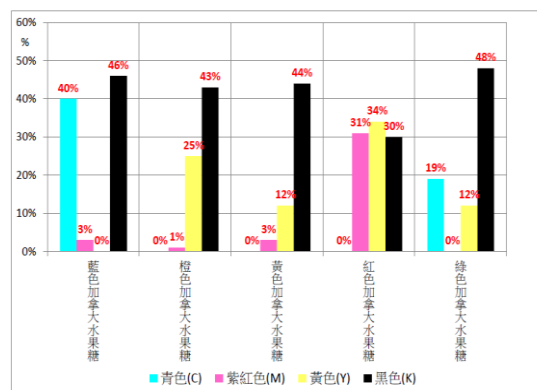












圖 8：加拿大水果糖色素 CMYK 數值分析

表 12：加拿大水果糖色素色層分析

原來顏色	藍色	橙色	黃色	紅色	綠色
色層分析					
上升高度(cm)	2	1	4	1.5	3.3
色票分析					

研究 2-2：不同人工色素，色層分析何不同？

【研究構想】：我們在 2-1 的實驗發現常吃的糖果，含有不同顏色的色素。我們想更進一步了解，市售的人工色素裡面的色素是否一樣？因此，進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備廚房紙巾：將其裁成長寬為 2 公分 x10 公分，並在下端五公分處，利用鉛筆畫一條直線，作為測試液滴入的起始點。
2. 準備展開液：取 95%酒精，分別倒入小塑膠管，讓液面高度為 1 公分。
3. 人工色素測試液準備：購買市售的人工色素~**四色水、色膏、香香香人工色素**加入蒸餾水 2mL，用棉花棒攪拌，直到色素均勻溶解於水中。



4. 用滴管吸取四色水、色膏、香香香人工色素，滴在廚房紙巾上，放入展開液，利用「色層分析實驗架」固定。
5. 用碼錶計時一小時，並將結果拍照記錄。
6. 與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】：

1. 四色水人工色素經色層分析，紅色色素水出現淡紅色、紅色；黃色色素水出現淡黃色、黃色；綠色色素水出現綠色、淡藍色、淡黃色、黃綠色；藍色色素水出現藍色、紫色、淡藍色。
2. 色膏人工色素經色層分析，紅色出現淡紅、深紅，橙色出現黃色、紅色及淡黃，粉紅色出現淡紅、深紅，綠色出現淡黃及淡綠，藍色出現淡藍及深藍，紫色出現淡藍及深紅，棕色出現綠、紅、淡紅。
3. 香香香人工色素經色層分析，紅色 6 號出現紅色、淡紅色，紅色 7 號出現淡藍、淡紫、深藍色。
4. C M Y K 數值分析
 - (1) 綠色的四色水人工色素、綠色的色膏人工色素，C M Y K 數值都是以青色、淡黃顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。
 - (2) 橙色的色膏人工色素，C M Y K 數值都是以黃色、紅色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，黃色和紅色顏料混色產生橙色的原理。
 - (3) 紫色的色膏人工色素、紫色的紅色 7 號香香香人工色素，C M Y K 數值都是以藍色、紅色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，藍色和紅色顏料混色產生紫色的原理。
- 5 結果如表 13-18、圖 9-11。

【實驗結果與討論】：

由【研究 2-2】發現市售的人工色素~四色水、色膏、香香香人工色素，都出現了原來顏色沒有的顏色。四色水人工色素，綠色色素水出現綠色、淡藍色、淡黃色；色膏人工色素，橙色出現黃色、紅色及淡黃，紫色出現淡藍及深紅；香香香人工色素，紅色 7 號出現淡藍、淡紫、深藍色。推測四色水、色膏等人工色素跟顏料一樣，是由原先兩種顏色混合而成，有待後續

進行色素混色實驗更進一步確認。

表 13：四色水人工色素色層分析









顏色	紅色	綠色	黃色	藍色
色層分析				
上升高度(cm)	2.7	3.8	4.0	3.3
色票分析	 淡紅色、紅色	 綠色、淡藍色、淡黃色	 淡黃色、黃色	 藍色、紫色、淡藍色

表 14：四色水人工色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

四色水	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
藍色色素	67.00	149.51	161.62	58%	7%	0%	37%
紅色色素	199.36	132.44	133.74	0%	34%	33%	22%
黃色色素	176.95	166.44	64.90	0%	6%	63%	31%
綠色色素	122.72	157.52	118.39	22%	0%	24%	38%

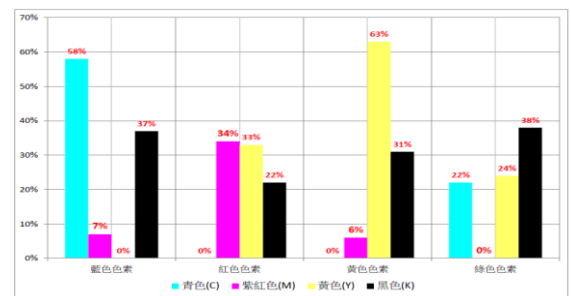


圖 9：四色水人工色素 CMYK 數值分析

表 15：色膏人工色素色層分析




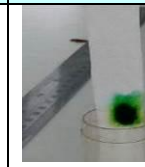
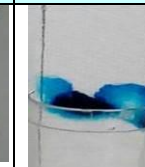



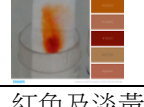

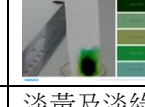
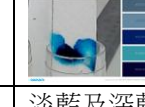

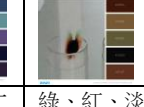
原來顏色	紅	橙	粉紅	綠	藍	紫	棕
色層分析							
上升高度(cm)	2.7	2.8	1.8	3.4	2.9	1.9	3.1
色票分析	 淡紅、深紅	 紅色及淡黃	 淡紅、深紅	 淡黃及淡綠	 淡藍及深藍	 淡藍及深紅	 綠、紅、淡紅

表 16：色膏人工色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

色膏/分析	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
紅色色膏	169.70	31.19	32.85	0%	82%	81%	33%
橙色色膏	179.88	102.64	22.10	0%	43%	88%	29%
粉紅色膏	93.30	16.34	21.23	0%	82%	77%	63%
綠色色膏	9.34	41.99	12.28	78%	0%	71%	84%
藍色色膏	7.25	55.80	76.76	91%	27%	0%	70%
紫色色膏	69.84	88.35	103.06	32%	14%	0%	60%
棕色色膏	73.26	57.03	34.70	0%	22%	53%	71%

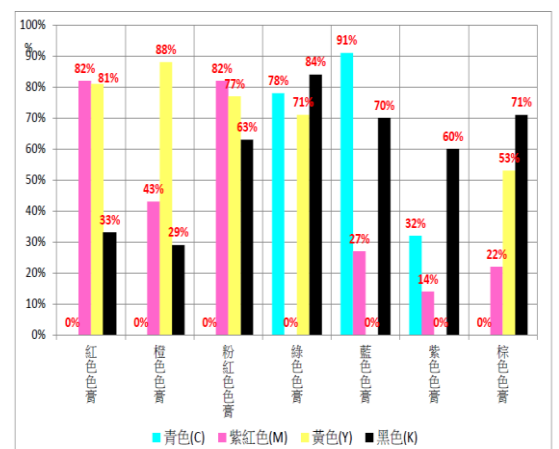






圖 10：色膏人工色素 CMYK 數值分析

表 17：香香香人工色素色層分析

顏色	香香香人工色素六號	香香香人工色素七號
色層分析		
上升高度(cm)	4.0	3.0
色票分析		

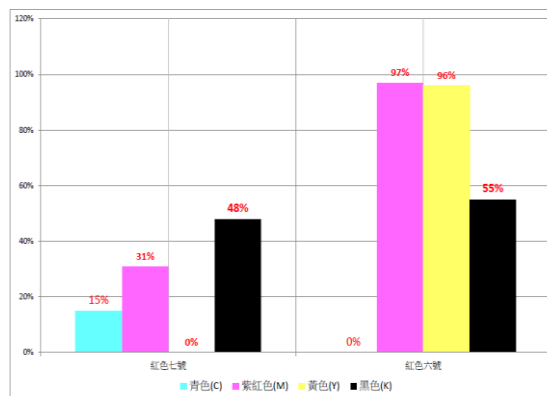


圖 11：香香香人工色素 CMYK 數值分析

表 18：香香香人工色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

香香香/顏色	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
香香香紅色 7 號	112.84	90.56	132.05	15%	31%	0%	48%
香香香紅色 6 號	115.15	3.46	4.88	0%	97%	96%	55%

目的三、天然色素的研究

研究 3-1：不同蔬果色素，色層分析有何不同？

【研究構想】：我們想知道三餐吃的蔬果等天然的色素有哪些顏色，這些顏色是不是像糖果、人工色素一樣，含有不同顏色呢？因此，我們找了生活中，具有明顯顏色的紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、李子，進行了以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 紫高麗菜汁準備：取 100 克紫高麗菜切成小片，放進果菜機打碎，取出紫高麗菜色素水。
2. 胡蘿蔔汁準備：將胡蘿蔔切碎，放進果菜機打碎，取出胡蘿蔔色素水。
3. 黑豆水準備：用 100mL 燒杯取 50 克黑豆，加蒸餾水浸泡 1 小時後，取出黑豆色素水。
4. 黑金剛花生色素水準備：用 100mL 燒杯取 50 克黑金剛花生(去殼)，加蒸餾水浸泡 1 小時後，取出黑金剛花生色素水。
5. 市售 100%葡萄汁、100%柳橙汁直接取用。
6. 愛文芒果汁準備：取 100 克愛文芒果切成小片，放進果菜機打碎，取出愛文芒果色素水。
7. 李子汁準備：取 100 克李子去子切成小片，放進果菜機打碎，取出李子色素水。
8. 將步驟 1.~6.的有色色素水，滴一滴在廚房吸水紙上。
9. 用碼錶計時一小時，並將結果拍照記錄。
10. 與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】：

1. 紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、李子，經過色層分析發現沒有其他顏色的色素出現。
2. 天然的蔬菜色素顏色很淺，所以不是很明顯。
3. CMYK 數值分析
 - (1) 紅肉李汁、葡萄汁，經 CMYK 數值分析，都是以紫紅色(M)、黃色(Y)佔最多，不符合伊登十二色環混色原理。
 - (2) 黑金剛花生汁、柳橙汁，經 CMYK 數值分析，都是以青色(C)、黃色(Y)佔最多，不符合伊登十二色環混色原理。
 - (3) 紫高麗菜汁、黑豆汁，經 CMYK 數值分析，紫高麗菜汁是以紫紅色(M)、黑豆汁以黃色(Y)佔最多，都不符合伊登十二色環混色原理。
 - (4) 愛文芒果汁、胡蘿蔔汁，經 CMYK 數值分析，都是以紫紅色(M)、黃色(Y)佔最多，符合伊登十二色環混色原理。

4.結果如表 19-20、圖 12。

【實驗結果與討論】：

由【研究 3-1】生活中具有明顯顏色的紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、李子，經過色層分析發現沒有其他顏色的色素出現。經過 CMYK 數值分析，其中紫色高麗菜、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、李子汁液，出現其他不同顏色顏料，但是不符合伊登十二色環混色原理。愛文芒果、胡蘿蔔經 CMYK 數值分析，都是以紫紅色(M)、黃色(Y)佔最多，符合伊登十二色環混色原理。推測胡蘿蔔的成分並非花青素，有待進一步查證。

表 19：天然蔬菜汁色素分析










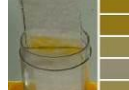




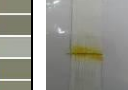

項目	紫色高麗菜	胡蘿蔔	黑豆	黑金剛花生	100%葡萄汁	100%柳橙汁	愛文芒果	李子
原汁								
色層分析								
顏色	淺紫、淺藍	橘色	淺紫、淡咖啡	深紫	紫色	淺橘	深橘	紫紅

表 20：不同蔬果色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

不同蔬果色素/分析	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
胡蘿蔔	136.68	115.76	35.35	0%	15%	74%	46%
愛文芒果	168.82	162.99	118.53	0%	3%	30%	34%
紫高麗菜	134.59	124.87	134.70	0%	7%	0%	47%
紅肉李	159.86	123.60	126.19	0%	23%	21%	37%
黑金剛花生	112.35	122.36	113.49	8%	0%	7%	52%
黑豆	123.18	122.67	108.41	0%	0%	12%	52%
柳橙汁	163.00	166.18	151.57	2%	0%	9%	35%
葡萄汁	137.86	124.40	121.15	0%	10%	12%	46%

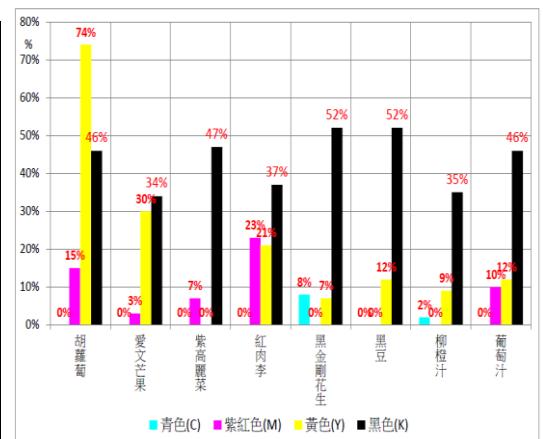


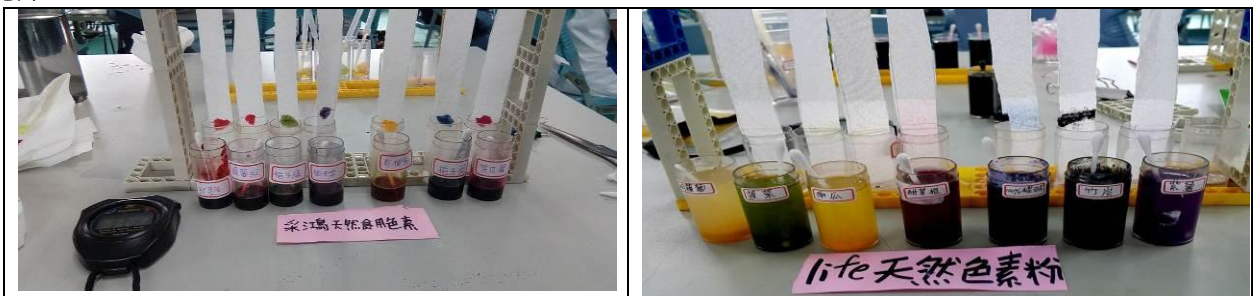
圖 12：不同蔬果色素 CMYK 數值分析

研究 3-2：不同天然色素粉，色層分析有何不同？

【研究構想】：天然色素，除了由植物直接打碎，取得原汁外，目前也有市售天然色素。我們很好奇這種磨成粉袋裝的天然色素真得是天然嗎？與一般人工色素有什麼不同？因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.取市售采鴻色素粉、Life 天然色素粉，每種秤取 1 公克粉，倒入小塑膠試管，加 2mL 蒸餾水攪拌。



- 2.用滴管吸取采鴻色素，滴在廚房紙巾上，放入展開液，利用「色層分析實驗架」固定。

3.用碼錶計時一小時，並將結果拍照記錄。

4.與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】：

1.采鴻色素粉中，梔子綠出現綠色，蘿蔔紅出現深桃紅，黃梔子出現深黃色(橘)，紫甘薯出現桃紅色，紅麴出現桃紅色，梔子藍出現藍，梔子紫出現深紫色。

2. Life 天然色素粉中，紫薯粉出現淡紫色，蝶豆花粉出現淡藍色，胡蘿蔔粉出現淡黃色，菠菜粉出現淡綠色，南瓜粉出現淡黃色(橘)，竹炭粉出現黑色，甜菜根粉出現淡紅色。

3. C M Y K 數值分析

(1)采鴻色素粉梔子綠、Life 天然色素粉菠菜粉，都出現綠色，經 C M Y K 數值都是以青色、淡黃顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。

(2)采鴻色素粉梔子紫、Life 天然色素粉紫薯粉，都出現深紫色，經 C M Y K 數值都是以青色、紫紅色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和紅色顏料混色產生紫色的原理。

(3)采鴻色素粉黃梔子、Life 天然色素粉南瓜粉都出現橘色，經 C M Y K 數值分析，以紫紅色(M)、黃色(Y) 成分佔最多，符合伊登十二色環，紫紅色和黃顏料混色產生橘色的原理。

(4)除了(1) ~ (3)之外的天然色素粉，經 C M Y K 數值，都沒有出現其他顏色，所以，都不符合伊登十二色環顏料混色原理。

4.結果如表 21-24、圖 13-14。

【實驗結果與討論】：

采鴻天然色素粉、Life 天然色素粉中，有些出現原本顏色中沒的顏色。符合伊登十二色環由原先兩種顏色混合而成，推測這些色素粉成份為人工合成，有待後續進行混色實驗繼續研究。而天然色素粉中有些不符合伊登十二色環由原先兩種顏色混合而成，推測這些色素粉成份是花青素，有待進行酸鹼測試。

表 21：采鴻天然色素粉色層分析



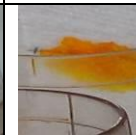
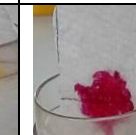
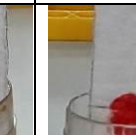
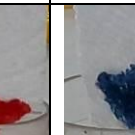


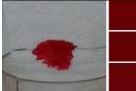


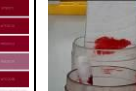

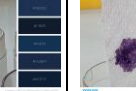
名稱	梔子綠	蘿蔔紅	黃梔子	紫甘薯	紅麴	梔子藍	梔子紫
原來顏色	深綠	暗紅	深黃(橘)	紫色	紅色	深藍	紫色
色層分析							
上升高度(cm)	2.8	2.3	0.8	0.8	3	1.9	2.8
色票分析	綠色	桃紅	深黃(橘)	桃紅	桃紅	藍	深紫
							

表 22：采鴻天然色素粉 RGB 色碼轉換為 CMYK

采鴻/分析	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
梔子綠	49.07	52.94	10.02	7%	0%	81%	79%
蘿蔔紅	107.64	3.91	8.42	0%	96%	92%	58%
黃梔子	173.66	101.13	4.55	0%	42%	97%	32%
紫甘薯	129.71	4.33	30.79	0%	97%	76%	49%
紅麴	126.98	5.44	6.42	0%	96%	95%	50%
梔子藍	8.56	25.32	48.76	82%	48%	0%	81%
梔子紫	72.72	47.22	87.54	17%	46%	0%	66%

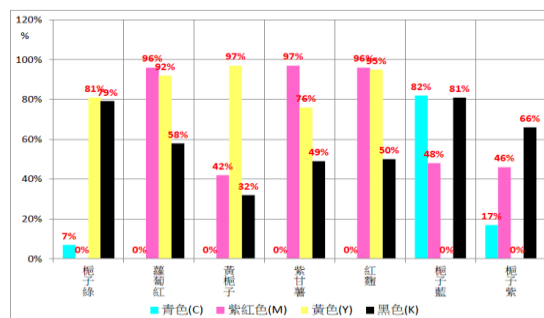


圖 13：采鴻天然色素粉 CMYK 數值分析

表 23：Life 天然色素粉色層分析






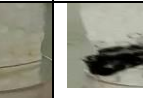






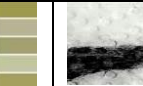

名稱	紫薯粉	蝶豆花粉	胡蘿蔔粉	菠菜粉	南瓜粉	竹炭粉	甜菜根粉
原來顏色	紫色	藍色	淡黃色	深綠色	黃色(橘)	黑色	淡紅色
色層分析							
上升高度(cm)	2	1.4	0	0.5	0.5	0.5	1.9
色票分析							

表 24：Life 天然色素粉 RGB 色碼轉換為 CMYK

Life 分析	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
紫薯粉	201.70	204.24	210.06	4%	3%	0%	18%
蝶豆花粉	153.07	172.57	191.76	20%	10%	0%	25%
胡蘿蔔粉	169.68	172.51	165.53	2%	0%	4%	32%
菠菜粉	207.50	211.65	185.93	2%	0%	12%	17%
南瓜粉	169.16	167.79	131.05	0%	1%	23%	34%
竹炭粉	14.58	14.71	14.82	2%	1%	0%	94%
甜菜根粉	194.77	190.29	177.68	0%	2%	9%	24%

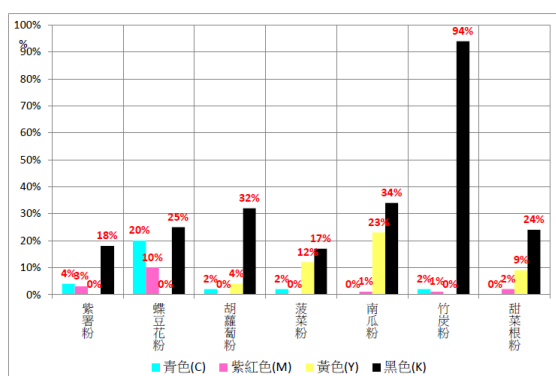


圖 14：Life 天然色素粉 CMYK 數值分析

目的四、不同酸鹼水溶液對色素影響

研究 4-1：不同酸鹼水溶液，對人工色素色層分析有何影響？

【研究構想】我們想知道酸鹼水溶液，對色素色層分析有何影響？我們將醋酸、小蘇打水、蒸餾水加入不同人工色素，觀察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【實驗步驟】

1. 不同酸性、鹼性水溶液準備：醋酸、小蘇打水（飽和）、蒸餾水。
2. 展開液準備：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
3. 中性色素水準備：將色膏（紅黃紫色）、四色水（四種色），用滴管取 1mL 各放入小塑膠管，將各塑膠管加入 1mL 蒸餾水。
4. 酸性及鹼性色素水準備：將色膏（紅黃紫色）、四色水（四種色），用滴管取 1mL 各放入小塑膠管，分別加入 1mL 醋酸、小蘇打水。
5. 將步驟 3.4. 酸性、鹼性、中性色素水，用滴管滴在廚房吸水紙 5 公分處，放入已裝了 95%酒精展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器。
6. 利用碼錶計時 1 小時。
7. 與【研究 2-1】步驟 6. 相同。

【研究發現】

1. 色膏加蒸餾水、醋酸及蘇打水色層分析結果：紅色產生淡紅色；綠色產生黃、綠色；紫色產生藍色及淡紅色，產生的顏色相同。
2. 四色水加蒸餾水、醋酸及蘇打水色層分析結果：紅色產生淡紅色；黃色還是黃色；綠色產生淡黃、綠、藍色；藍色產生藍色及淡藍色，產生的顏色相同。
3. CMYK 數值分析
 - (1) 加蒸餾水、小蘇打水及醋酸的綠色色膏，都出現黃、綠、藍色，經 CMYK 數值分析都是以青、淡黃顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。
 - (2) 加蒸餾水、小蘇打水及醋酸的紫色色膏，都出現藍色、淡紅色，經 CMYK 數值分析都是以青色、紫紅色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和紫紅色顏料混色產生紫色的原理。
 - (3) 加蒸餾水、小蘇打水及醋酸的綠色四色水，都出現黃、綠、藍色，經 CMYK 數值分析都

是以青色、淡黃顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。

4.從表 26、表 28 發現人工色素遇到酸鹼產生的顏色 CMYK 數值相同。

5.結果如表 25-28、圖 15-16。

【實驗結果與討論】：

色膏（紅黃紫色）、四色水（四種色）人工色素，加蒸餾水、小蘇打水及醋酸不同水溶液，並不會變色。這是可以用來分辨是否是天然、人工合成色素的方法。

表 25：不同酸鹼對色膏色層分析影響

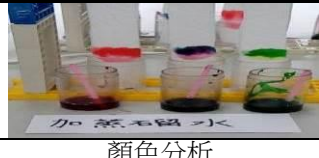
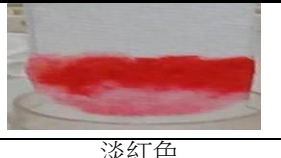
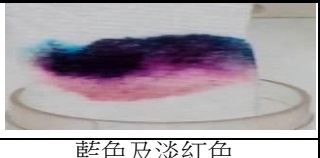
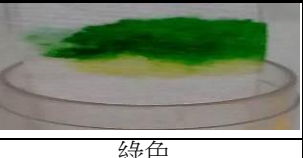
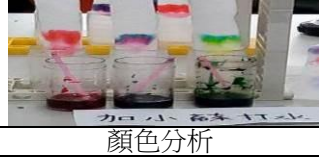
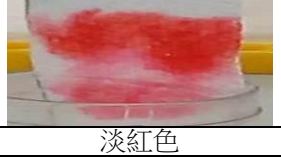
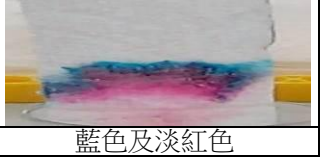
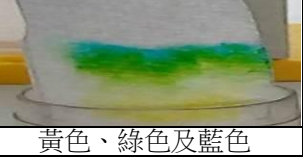

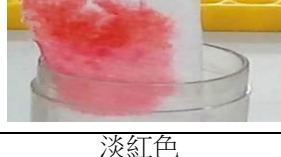

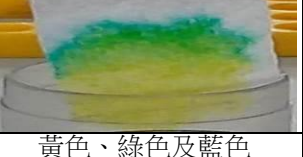
蒸餾水				
	顏色分析	淡紅色	藍色及淡紅色	綠色
小蘇打水				
	顏色分析	淡紅色	藍色及淡紅色	黃色、綠色及藍色
醋酸				
	顏色分析	淡紅色	藍色及淡紅色	黃色、綠色及藍色

表 26：不同酸鹼對色膏 RGB 色碼轉換為 CMYK

色膏/分析	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)	
蒸餾水	紅色色膏	211.92	70.71	64.91	0%	67%	69%	17%
	綠色色膏	136.19	154.27	56.06	12%	0%	64%	40%
	紫色色膏	94.00	96.56	133.63	30%	28%	0%	48%
小蘇打水	紅色色膏	197.80	102.24	110.60	0%	48%	44%	22%
	綠色色膏	85.91	139.26	37.21	38%	0%	73%	45%
	紫色色膏	71.43	57.25	82.95	14%	31%	0%	67%
醋酸	紅色色膏	189.81	82.20	93.81	0%	57%	51%	26%
	綠色色膏	36.51	92.44	16.89	61%	0%	82%	64%
	紫色色膏	104.09	88.72	110.25	6%	20%	0%	57%

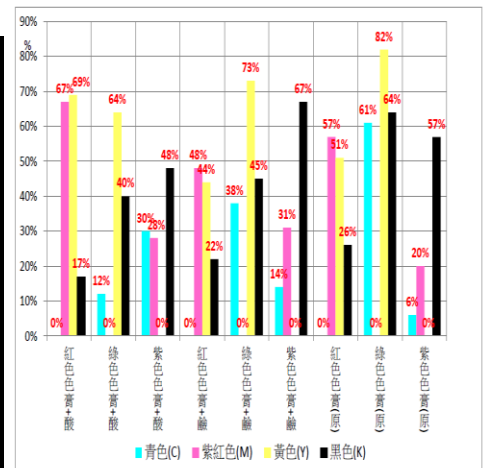


圖 15：不同酸鹼對色膏 CMYK 數值分析

表 27：不同酸鹼對四色水色層分析影響


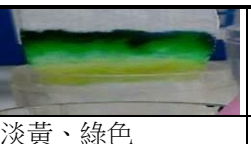



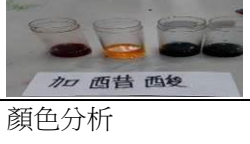
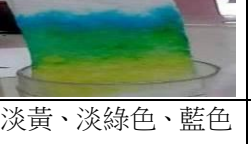




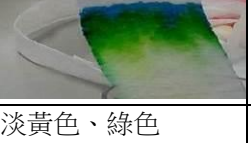
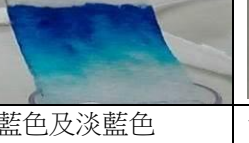

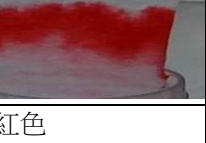
蒸餾水					
	顏色分析	淡黃、綠色	藍色及淡藍色	黃色	淡紅色
小蘇打水					
	顏色分析	淡黃、淡綠色、藍色	藍色及淡藍色	黃色	淡紅色
醋酸					
	顏色分析	淡黃色、綠色	藍色及淡藍色	黃色	淡紅色

表 28：不同酸鹼對四色 RGB 色碼轉換為 CMYK

四色水/分析		Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
蒸餾水	紅色四色水	145.92	22.88	19.93	0%	84%	86%	43%
	黃色四色水	199.11	181.34	33.61	0%	9%	83%	22%
	綠色四色水	47.13	104.77	50.80	55%	0%	52%	59%
	藍色四色水	0.92	87.30	161.62	99%	46%	0%	37%
小蘇打水	紅色四色水	132.18	21.06	23.10	0%	84%	83%	48%
	黃色四色水	187.10	169.36	25.06	0%	9%	87%	27%
	綠色四色水	43.64	102.46	46.21	57%	0%	55%	60%
	藍色四色水	3.75	80.81	139.36	97%	97%	0%	45%
醋酸	紅色四色水	181.39	48.15	50.50	0%	73%	72%	29%
	黃色四色水	151.08	130.54	2.18	0%	14%	99%	41%
	綠色四色水	33.08	119.89	70.66	72%	0%	41%	53%
	藍色四色水	0.68	110.92	183.17	100%	39%	0%	28%

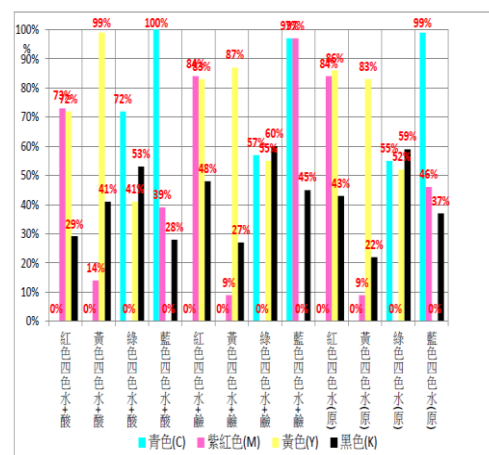


圖 16：不同酸鹼對四色水 CMYK 數值分析

研究 4-2：不同酸鹼水溶液，對天然色素色層分析有何影響？

【研究構想】我們想知道酸鹼水溶液，對天然色素色層分析有何影響？我們將醋酸、小蘇打水、蒸餾水加入天然色素，觀察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【實驗步驟】

- 1.不同酸性、鹼性水溶液準備：醋酸、小蘇打水（飽和）、蒸餾水。
- 2.展開液準備：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 3.中性色素水準備：將天然色素~采鴻色素及研究 3-不同蔬果色素(紅肉李、黑金剛花生、紫高麗菜汁、胡蘿蔔、黑豆汁、愛文芒果)，用滴管取 10mL 放入三個小塑膠管，各塑膠管加入 10mL 蒸餾水。
- 4.酸性及鹼性色素準備：將每種天然色素，其中兩個塑膠管，分別加入醋酸、蘇打水 10mL，觀察記錄顏色變化。
- 5【研究 4-1】步驟 5.~7.相同。

【研究發現】

- 1.采鴻天然色素粉加蒸餾水、醋酸及小蘇打水色層分析：梔子綠、蘿蔔紅、黃梔子、紫甘薯、紅麴、梔子藍、梔子紫分別加入酸鹼中不同液體，產生的顏色相同。
- 2.Life 天然色素粉加蒸餾水、醋酸及小蘇打水色層分析：紫薯粉、蝶豆花粉加酸後出現紅色系列顏色，加鹼後出現藍色系列顏色。
- 3.不同蔬果色素加醋酸色層分析：肉李還是紫色、深粉紅等紅色系、黑金剛花生變淡粉紅色、紫高麗菜汁變淡紅色、胡蘿蔔淡橘色、黑豆汁變淡紫色、愛文芒果還是淡黃色。
- 4.不同蔬果色素加小蘇打水色層分析：肉李還是紫色、深粉紅等紅色系、黑金剛花生變淡粉藍色、紫高麗菜汁變淡紫及淡綠色、胡蘿蔔淡橘色、黑豆汁變淺咖啡色、愛文芒果變淡黃色。
5. C M Y K 數值分析
 - (1)采鴻天然色素粉加小蘇打水、醋酸
 - 梔子綠，都出現黃色、藍色，經 C M Y K 數值分析都是以紫紅色、淡黃顏料成分佔最多，不符合伊登十二色環混色，紫紅色、淡黃顏料混色產生綠色的原理。（梔子綠加蒸餾水出現綠色，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色）
 - 紫甘薯，都出現淺藍、紫、綠，經 C M Y K 數值分析都是以紫紅色、淡黃顏料成分佔最多，不符合伊登十二色環，混色產生紫色的原理。（紫甘薯加蒸餾水出現深紫色，符合伊登十二色環，青色和紅色顏料混色）
 - 梔子紫，都出現淺紫，經 C M Y K 數值分析都是以紫紅色、青色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，混色產生紫色的原理。（與梔子綠加蒸餾水結果相同）
 - (2)Life 天然色素粉加小蘇打水及醋酸：紫薯粉、蝶豆花粉加酸後出現紅色系列顏色，加鹼後出現藍色系列顏色。但不符合伊登十二色環混色原理。而胡蘿蔔粉、菠菜粉、南瓜粉、竹炭粉、甜菜根粉加小蘇打水及醋酸後，顏色幾乎不變，同樣不符合伊登十二色環混色原理。

(3)天然色素加小蘇打水及醋酸：紅肉李、黑金剛花生、紫高麗菜汁、黑豆汁，加酸後出現紅色系列顏色，加鹼後出現藍色系列顏色。經 C M Y K 數值分析都出現不同顏料成分，但不符合伊登十二色環混色原理。而胡蘿蔔、愛文芒果加小蘇打水及醋酸後，顏色幾乎不變，同樣不符合伊登十二色環混色原理。

6.結果如表 29-34、圖 17-22。

【實驗結果與討論】：

Life 天然色素粉、采鴻天然色素粉加酸鹼，顏色幾乎相同。梔子綠、紫甘薯不符合伊登十二色環混色，加蒸餾水符合混色原理；梔子紫加酸鹼中都符合混色原理。推測酸鹼可能影響色素性質。天然色素加酸鹼，顏色會改變。

表 29：采鴻天然色素粉加蒸餾水、小蘇打水、醋酸色層分析

原色	梔子綠	蘿蔔紅	黃梔子	紫甘薯	紅麴	梔子藍	梔子紫
醋酸							
	黃、藍	粉紅	淺黃	桃紅紫	淡紅	淺藍	淺紫
小蘇打水							
	綠、黃、藍	紫、深藍、粉紅	黃、深黃	淺藍、紫、綠	粉紅	淺藍	淺紫

表 30：采鴻天然色素粉加醋鹼 RGB 色碼轉換為 CMYK

采鴻天然色素粉/顏色	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色(K)
醋酸	梔子綠	101.16	84.75	4.24	0%	16%	96%
	蘿蔔紅	185.37	87.00	90.87	0%	53%	51%
	黃梔子	190.71	104.71	12.71	0%	45%	93%
	紫甘薯	145.73	10.42	9.39	0%	93%	94%
	紅麴	196.36	18.68	60.39	0%	90%	69%
	梔子藍	76.34	103.17	132.63	42%	22%	0%
	梔子紫	126.42	83.12	127.90	1%	35%	0%
小蘇打水	梔子綠	163.87	64.57	9.91	0%	61%	94%
	蘿蔔紅	232.12	52.24	47.92	0%	77%	79%
	黃梔子	204.94	55.88	1.59	0%	73%	99%
	紫甘薯	216.78	80.64	77.62	0%	63%	64%
	紅麴	207.81	20.49	23.87	0%	90%	89%
	梔子藍	84.44	63.77	95.61	12%	33%	0%
	梔子紫	83.62	31.33	92.10	9%	66%	0%

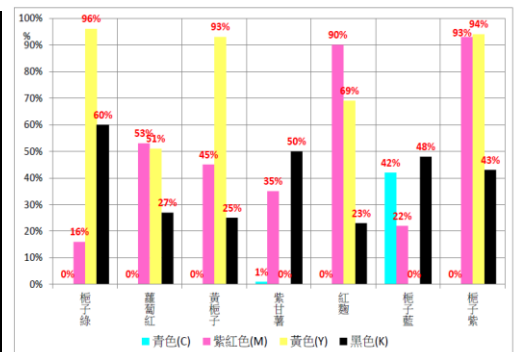


圖 17：采鴻天然色素粉加酸 CMYK 數值分析

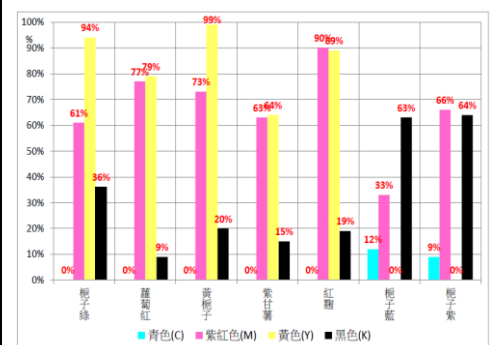


圖 18：采鴻天然色素粉加鹼 CMYK 數值分析

表 31：天然色素加酸加鹼色層分析

原色	紅肉李	黑金剛花生	紫高麗菜汁	胡蘿蔔	黑豆汁	愛文芒果
醋酸						
	紫色、深粉紅	淡粉紅	淺紫、粉紅藍、黃	橘色	紫、粉紅	淺黃
小蘇打水						
	不明顯	淡藍	淺紫、綠	橘色	淺咖啡	橘色、黃色

表 32：天然色素加酸加鹼 RGB 色碼轉換為 CMYK

天然色素加酸加鹼	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)	
醋酸	紅肉李	144.8	108.8	107.2	0%	25%	26%	43%
	黑金剛花生	126.8	124.1	118.8	0%	2%	6%	50%
	紫高麗菜汁	155.8	124.1	129.7	0%	20%	17%	39%
	胡蘿蔔	132.8	118.4	98.4	0%	11%	26%	48%
	黑豆汁	143.4	120.6	115.3	0%	16%	20%	44%
	愛文芒果	164.1	161.0	124.0	0%	2%	24%	36%
小蘇打水	紅肉李	120.41	127.88	121.20	6%	0%	5%	50%
	黑金剛花生	115.23	127.67	115.63	10%	0%	9%	50%
	紫高麗菜汁	112.91	135.58	125.69	17%	0%	7%	47%
	胡蘿蔔	132.81	120.48	101.16	0%	9%	24%	48%
	黑豆汁	111.18	116.08	97.87	4%	0%	16%	54%
	愛文芒果	153.90	148.71	104.08	0%	3%	32%	40%

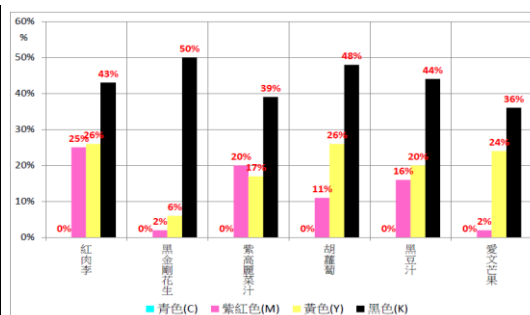


圖 19：天然色素加酸 CMYK 數值分析

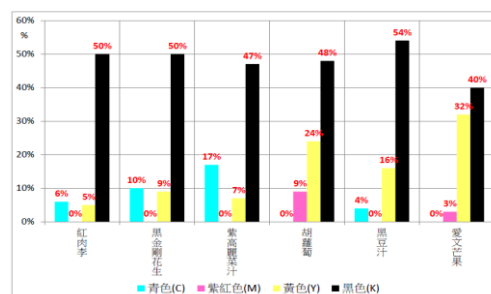


圖 20：天然色素加鹼 CMYK 數值分析

表 33：Life 天然色素粉加醋鹼 RGB 色碼轉換為 CMYK

原色	紫薯粉	蝶豆花粉	胡蘿蔔粉	菠菜粉	南瓜粉	竹炭粉	甜菜根粉
醋酸							
	墨綠、淡紫	淡紫色	淡黃色	綠色	黃色	黑色	桃紅色
小蘇打水							
	淡藍色	綠色	淡黃色	淺綠色	淡黃色	黑色	土黃色

表 34：Life 天然色素加酸加鹼 RGB 色碼轉換為 CMYK

life 天然色素	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)	
醋酸	紫薯粉	134.81	131.02	126.21	0%	3%	3%	47%
	蝶豆花粉	133.70	124.95	121.10	0%	7%	9%	48%
	胡蘿蔔粉	132.13	132.47	114.11	0%	0%	14%	48%
	菠菜粉	133.51	136.57	113.72	2%	0%	17%	46%
	南瓜粉	130.01	129.06	107.36	0%	1%	17%	49%
	竹炭粉	120.99	125.29	109.56	3%	0%	13%	51%
	甜菜根粉	156.54	139.87	132.29	0%	11%	15%	39%
小蘇打水	紫薯粉	134.35	140.47	123.51	4%	0%	12%	45%
	蝶豆花粉	110.98	128.91	113.09	14%	0%	12%	49%
	胡蘿蔔粉	132.67	132.90	114.54	0%	0%	14%	48%
	菠菜粉	118.02	122.57	88.74	4%	0%	28%	52%
	南瓜粉	139.37	138.80	114.60	0%	0%	18%	45%
	竹炭粉	107.32	109.78	100.20	2%	0%	9%	57%
	甜菜根粉	138.79	138.45	124.17	0%	0%	11%	46%

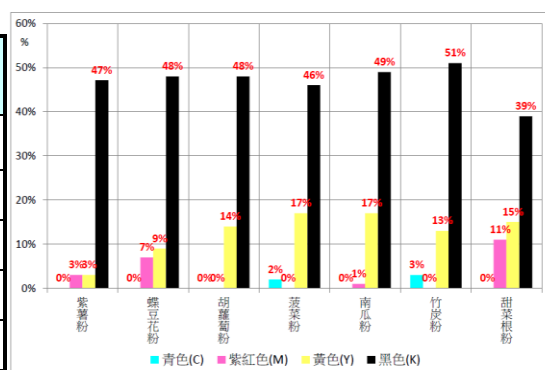


圖 21：Life 天然色素粉加酸 CMYK 數值分析

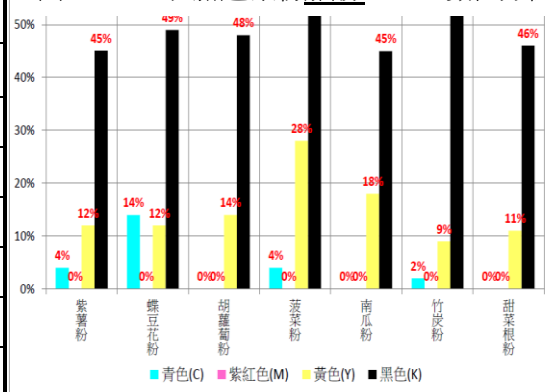


圖 22：Life 天然色素粉加鹼 CMYK 數值分析

目的五、人工色素與天然色素染色大解碼

研究 5-1：浸泡不同酸鹼水溶液，對人工色素與天然色素定色有何影響？

【研究構想】我們看到客家藍染，是利用天然的植物顏色將布染色，為了讓顏色能牢固（定色）在布上，會將染色的布浸泡酸性水溶液。因此，我們想探討天然色素、人工色素將食品染色後，遇到酸鹼時對定色的影響？因此，進行以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.不同酸性、鹼性水溶液準備：醋酸、小蘇打水（飽和）、蒸餾水。
- 2.色素水準備：將天然色素~采鴻色素、life 色素及人工色素~四色水，秤取 1 克放入小塑膠試管，各塑膠管加入 10mL 蒸餾水。
- 3 染色：將 2 公分 x10 公分濾紙放入步驟 2.天然色素、人工色素水溶液浸泡 10 分鐘。
- 4.將浸泡 10 分鐘後染色的濾紙取出，直到晾乾後進行以下實驗。
- 5.定色前透光度檢測：用小塑膠試管取 20mL 蒸餾水、醋酸、小蘇打水，利用透光度檢測器測透光度。
- 6.定色實驗：將晾乾後染色的濾紙，放入步驟 5.水溶液浸泡 10 分鐘後取出、晾乾，利用透光度檢測器測水溶液透光度。再將晾乾濾紙再重複步驟 5.~6.一次。
- 7.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】

- 1.天然色素粉~life 色素、人工色素~四色水，以泡醋 20 分鐘透光度較大，顯示色素被溶在醋酸中較少。
- 2.天然色素~胡蘿蔔、紫色高麗菜，以泡蒸餾水 20 分鐘透光度較大，顯示色素被溶在蒸餾水水中較少，而溶在酸中較多。
- 3.結果如表 35、圖 23-24。

【實驗結果與討論】：

由【研究 5-1】天然、人工色素遇到酸鹼時，對定色的影響，發現life色素、四色水，以泡醋 20 分鐘透光度較大。而純天然自己榨取汁液的胡蘿蔔、紫色高麗菜，反而在遇到酸鹼水溶液時，透光度變小，顯示自己榨取的天然色素的胡蘿蔔、紫色高麗菜，遇到酸鹼時有更色素溶解在水中，以致於透光度變小。

表 35：酸鹼對人工色素與天然色素定色影響

定色/透光度	天然色素粉~life 色素			人工色素~四色水				天然色素	
	紫薯粉	菠菜粉	胡蘿蔔粉	紅色	黃色	藍色	綠色	胡蘿蔔	紫色高麗菜
泡醋酸 20 分鐘(Lux)	9	10	8	3	8	2	3	5	3
泡小蘇打 20 分鐘(Lux)	4	7	7	2	5	1	2	4	4
泡蒸餾水 20 分鐘(Lux)	7	5	4	3	6	2	3	10	8

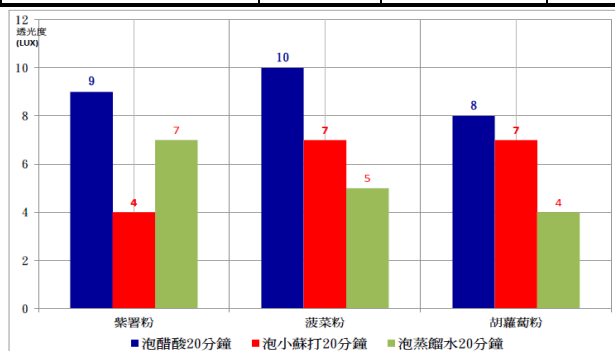


圖 23：酸鹼對 life 天然色素定色影響

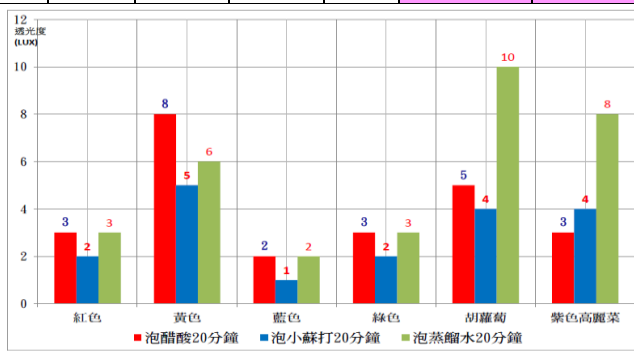


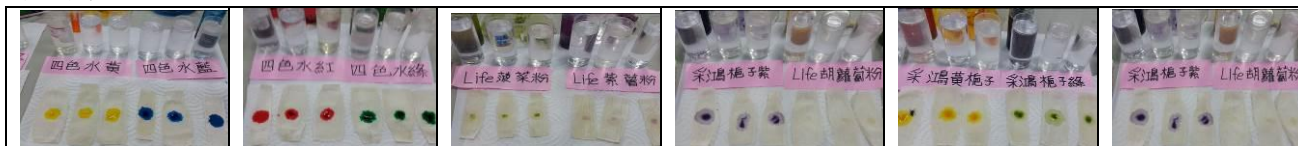
圖 24：酸鹼對人工及天然色素定色影響

研究 5-2：不同酸鹼，對食品色素的定色有何影響

【研究構想】我們想知道天然色素與人工色素對食品染色效果影響。因此，利用餛飩皮模擬要染色的食品，進行以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.與研究 5-1 步驟 1.~3.相同。
- 2.染色：將餛飩皮剪成 2 公分 x5 公分，用將管將天然色素、人工色素滴一滴到餛飩皮，接著進行晾乾。



- 3.定色實驗：與研究 5-1 步驟 5.~6.相同。

- 4.將結果記錄表格，畫成統計圖。

【研究發現】

- 1.所有的餛飩皮染色後，浸泡時間越長，透光度都變小。
- 2.用四色水、天然色素粉染色後，以泡蒸餾水透光度較大，顯示色素被附著在餛飩皮中較多，溶在蒸餾水中較少，而溶在酸、鹼水溶液中較多。
- 3.天然色素~紫色高麗菜、胡蘿蔔，在蒸餾水、醋酸及小蘇打水溶液透光度接近，顯示色素被溶在酸鹼水接近。
- 4.浸泡酸水溶液定色，以紫薯粉浸泡醋酸透光度降低最少(42%)；浸泡鹼水溶液定色，以梔子紫浸泡小蘇打透光度降低最少(40%)；浸泡蒸餾水定色，以梔子綠浸泡蒸餾水透光度降低最少(42%)。
- 5.結果如表 36-37、圖 25-28。

【實驗結果與討論】：

從利用餛飩皮模擬食品染色、定色實驗，發現四色水、天然色素粉色效果，以蒸餾水較好，顯示色素被附著在餛飩皮中較多。從定色效果發現，紫薯粉泡醋酸，梔子紫浸泡小蘇打，梔子綠浸泡蒸餾水，顯示不同色素，定色效果不同。因本實驗僅用「餛飩皮」模擬食品進行實驗，若永其他食品例如麵條、包子、水餃皮效果，有待未來進行實驗。

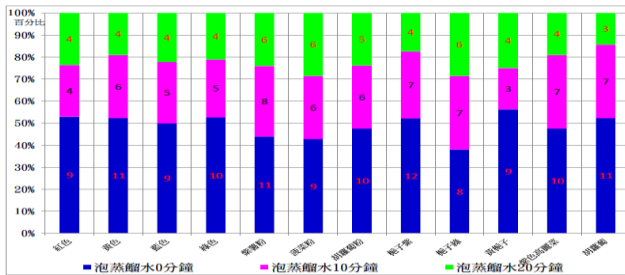


圖 25：浸泡蒸餾水對色素定色影響

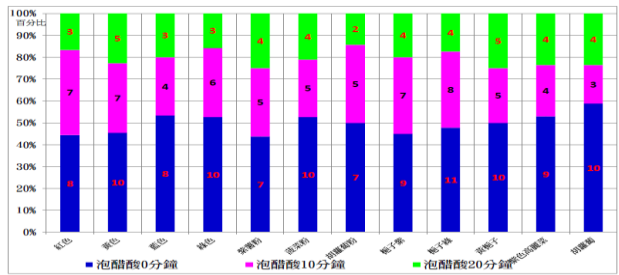


圖 26：浸泡醋酸對色素定色影響

表 36：餛飩皮定色實驗

色素類別	人工色素-四色水				天然色素粉-life 色素、采鴻色素						自製天然色素	
	紅色	黃色	藍色	綠色	紫薯粉	菠菜粉	胡蘿蔔粉	梔子紫	梔子綠	黃梔子	紫高麗菜	胡蘿蔔
泡蒸餾水 0 分鐘	9	11	9	10	11	9	10	12	8	9	10	11
泡蒸餾水 10 分鐘	4	6	5	5	8	6	6	7	7	3	7	7
泡蒸餾水 20 分鐘	4	4	4	4	6	6	5	4	6	4	4	3
泡醋酸 0 分鐘	8	10	8	10	7	10	7	9	11	10	9	10
泡醋酸 10 分鐘	7	7	4	6	5	5	5	7	8	5	4	3
泡醋酸 20 分鐘	3	5	3	3	4	4	2	4	4	5	4	4
泡小蘇打 0 分鐘	7	9	10	10	9	9	10	10	10	11	9	9
泡小蘇打 10 分鐘	5	7	5	6	4	7	5	6	4	5	4	6
泡小蘇打 20 分鐘	3	5	3	4	4	5	4	6	5	6	4	5

表 37：餛飩皮定色效果比較

色素類別	人工色素-四色水				天然色素粉-life 色素、采鴻色素						自製天然色素	
	紅色	黃色	藍色	綠色	紫薯粉	菠菜粉	胡蘿蔔粉	梔子紫	梔子綠	黃梔子	紫高麗菜	胡蘿蔔
泡蒸餾水%	-55.56	-63.64	-55.56	-60.00	-45.45	-33.33	-50.00	-66.67	-25.00	-55.56	-60.00	-72.73
泡醋酸%	-62.50	-50.00	-62.50	-70.00	-42.86	-60.00	-71.43	-55.56	-63.64	-50.00	-55.56	-60.00
泡小蘇打%	-57.14	-44.44	-70.00	-60.00	-55.56	-44.44	-60.00	-40.00	-50.00	-45.45	-55.56	-44.44

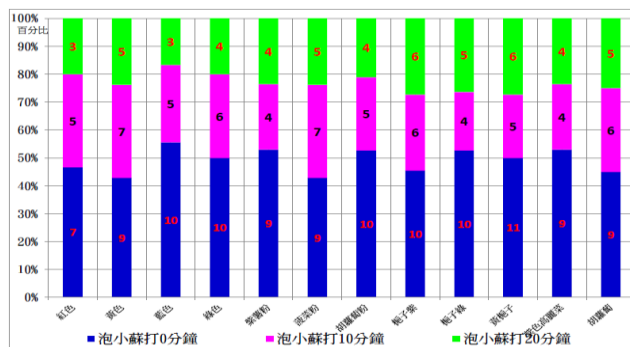


圖 27：浸泡小蘇打水對色素定色影響

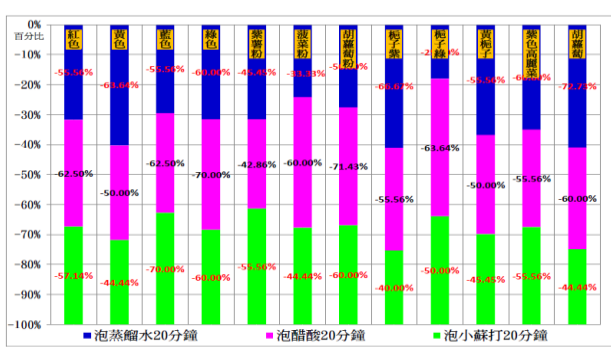


圖 28：浸泡酸鹼對色素定色影響比較

目的六、色素混合對色素顏色影響

研究 6-1：人工色素混合，對色素顏色有何影響？

【研究構想】我們想知道不同人工色素，混合後顏色是怎樣的？混色結果跟顏料混色原理一樣嗎？因此，我們找了人工色素進行混色實驗，察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【實驗步驟】

- 1.人工色素水溶液準備：將人工色素~色膏（紅黃紫色）、四色水（四種色），用滴管取 1mL 放入三個小塑膠管，各塑膠管加入 1mL 蒸餾水。
- 2.展開液準備：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 3.混色：將人工色素~色膏（紅黃紫色），兩兩混色，觀察顏色變化。
- 4.將步驟 3.混色後的水溶液，用滴管滴在廚房吸水紙 5 公分處，放入已裝了 95%酒精展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器。
- 5.利用碼錶計時 1 小時。
- 6.改用四色水（四種色），進行步驟 3.~5.。
- 7.與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】

- 1.色膏水混色：紅+藍變成藍、紅、紫色，紅+橘變成紅、橘、淡紅，藍+橘變成藍、綠、淡黃。
 - 2.四色水混色：紅+綠變成咖啡，紅+黃變成黃、橘，紅+藍變成紫、藍、紅，綠+黃變成綠、黃，綠+藍變成藍、綠，黃+藍變成黃、綠。
7. C M Y K 數值分析
- (1)色膏水混色後，經 C M Y K 數值分析，紅+藍混色後，以青色、紫紅顏料成分佔最多；紅+橘混色後，以黃色、紫紅顏料成分佔最多；藍+橘混色後，以青色、黃色顏料成分佔最多；都符合伊登十二色環混色的原理。
 - (2)四色水混色後，經 C M Y K 數值分析，紅+綠混色後，以黃色、紫紅顏料成分佔最多；紅+黃混色後，以黃色、紫紅顏料成分佔最多；紅+藍混色後，以青色、紫紅色顏料成分佔最多；綠+黃混色後，以青色、紫紅色顏料成分佔最多；綠+藍混色後，以青色、黃色顏料成分佔最多；黃加藍色後，以青色、黃色顏料成分佔最多，以上都符合伊登十二色環混色的原理。
- 8.結果如表 38-41、圖 29-30。

【實驗結果與討論】：

由【研究 6-1-1】人工色素~色膏、四色水混合後，會產生新的顏色。例如四色水混色，紅+黃變成橘，紅+藍變成紫，黃+藍變成綠，都符合伊登十二色相環混色原理。因此，這些人工色素~色膏、四色水像顏料樣，具混色效果。

表 38：色膏混色結果

紅+藍	紅+橘	藍+橘
		
		
藍、紅、紫色	紅、橘、淡紅	藍、綠、淡黃

表 39：色膏混色 RGB 色碼轉換為 CMYK

色膏顏色混合	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
紅+藍	50.28	53.38	73.29	31%	27%	0%	71%
紅+橘	208.81	71.32	61.74	0%	66%	70%	18%
藍+橘	35.91	89.43	77.94	60%	0%	13%	65%

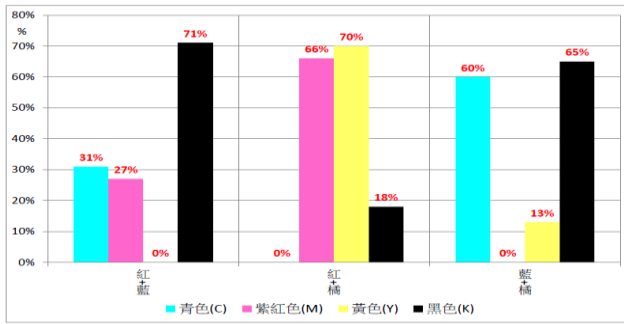


圖 29：色膏混色 CMYK 數值分析圖

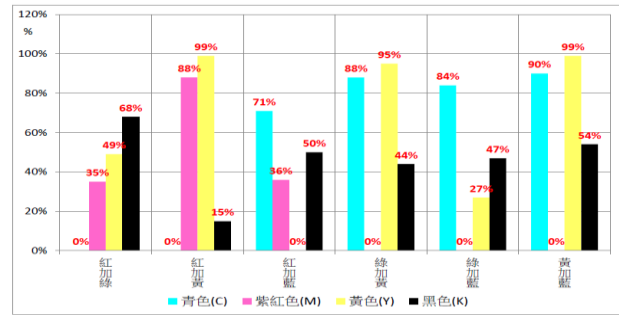


圖 30：四色水混色 CMYK 數值分析

表 40：四色水混色結果

紅+綠	紅+黃	紅+藍	綠+黃	綠+藍	黃+藍
咖啡	黃、橘	紫、藍、紅	綠、黃	藍、綠	黃、綠

表 41：四色水混色 RGB 色碼轉換為 CMYK

四色水顏色混合	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
紅加綠	81.20	52.40	41.56	0%	35%	49%	68%
紅加黃	217.70	25.90	1.84	0%	88%	99%	15%
紅加藍	37.23	81.12	127.68	71%	36%	0%	50%
綠加黃	17.07	141.81	6.83	88%	0%	95%	44%
綠加藍	21.69	134.67	98.77	84%	0%	27%	47%
黃加藍	11.70	116.05	1.44	90%	0%	99%	54%

研究 6-2：食品色素混合，對色素顏色有何影響？

【研究構想】我們想知道糖果中不同色素，混合後顏色是怎樣的？混色結果跟顏料混色原理一樣嗎？因此，我們找了糖果進行混色實驗，觀察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【實驗步驟】

- 糖果色素水溶液準備：將彩虹糖、加拿大水果糖、mentos、m&m 巧克力，依照顏色放入塑膠試管，再用滴管取 1mL 蒸餾水，放入塑膠管中。
- 展開液準備：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 混色：將彩虹糖色素水，兩兩混色，觀察顏色變化。
- 將步驟 3.混色後的水溶液，用滴管滴在廚房吸水紙 5 公分處，放入已裝了 95%酒精展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器。
- 利用碼錶計時 1 小時。
- 改用彩虹糖、加拿大水果糖、mentos、m&m 巧克力，進行步驟 3.~5.。
- 與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】

- 彩虹糖混色結果：綠+黃變成黃、淡綠，綠+橘變成咖啡色，綠+紅變成咖啡色，黃+橘變成淡橘，黃+紅變成深紅，紅+橘變成深紅。
- 加拿大水果糖混色結果：紅+藍變成紫色，藍+黃變成綠色，黃+紅變成橘色。

3. m&m 巧克力混色結果：黃+藍變成綠色，紅+黃變成橘色，藍+紅變成紫色。

4.糖果混色的結果與水彩混色相同。

5. C M Y K 數值分析

(1) 彩虹糖混色，經 C M Y K 數值分析，綠+黃、綠+橘、黃+橘混色後，以青色、黃色顏料成分佔最多；黃+紅、紅+橘混色後，以紫紅、黃色顏料成分佔最多；都符合伊登十二色環混色的原理。

(2) 加拿大混色後，經 C M Y K 數值分析，紅+藍、紅+黃混色後，以紫紅、黃色顏料成分佔最多；藍+黃混色後，以黃色、青顏料成分佔最多，以上都符合伊登十二色環混色的原理。

(3) m&m 巧克力混色後，經 C M Y K 數值分析，黃+藍，以青、黃色顏料成分佔最多；紅+黃、藍+紅混色後，以黃色、紫紅顏料成分佔最多，以上都符合伊登十二色環混色的原理。

6.結果如表 44-44、圖 31-33。

【實驗結果與討論】：

由【研究 6-2】食品色素混合後，會產生新的顏色。例如加拿大水果糖，紅+藍變成紫色。結果符合伊登十二色相環混色原理（紅+藍變成紫色）相同。

表 42：彩虹糖混色結果

綠+黃	綠+橘	綠+紅	黃+橘	黃+紅	紅+橘
黃、淡綠	咖啡色	咖啡色	淡橘	深紅	深紅

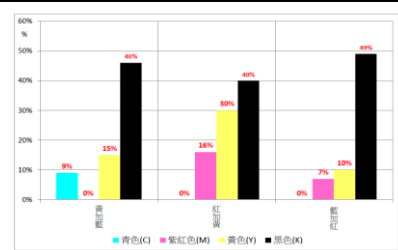
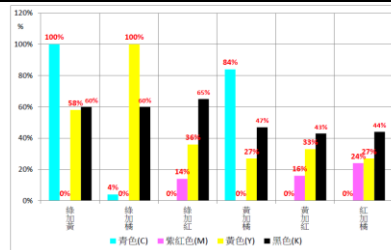
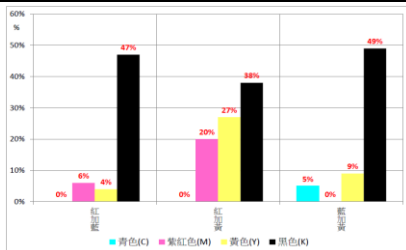


圖 31：彩虹糖混色 CMYK 數值分析





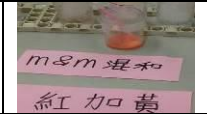













圖 32：加拿大水果糖混色 CMYK 分析

圖 33：m&m 巧克力混色 CMYK 分析

表 43：彩虹糖混色 RGB 色碼轉換為 CMYK

顏色混合		Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
彩虹糖	綠加黃	98.93	102.99	43.22	100%	0%	58%	60%
	綠加橘	98.93	102.99	43.22	4%	0%	100%	60%
	綠加紅	90.28	77.63	58.19	0%	14%	36%	65%
	黃加橘	21.69	134.67	98.77	84%	0%	27%	47%
	黃加紅	146.51	122.68	97.83	0%	16%	33%	43%
	紅加橘	142.14	108.55	103.96	0%	24%	27%	44%
加拿大糖	紅加藍	134.99	127.27	129.13	0%	6%	4%	47%
	紅加黃	157.76	126.87	114.60	0%	20%	27%	38%
	藍加黃	124.35	130.75	118.66	5%	0%	9%	49%
m&m 巧克力	黃加藍	123.80	136.43	115.76	9%	0%	15%	46%
	紅加黃	152.41	127.76	106.14	0%	16%	30%	40%
	藍加紅	128.83	119.90	115.90	0%	7%	10%	49%

表 44：加拿大水果糖及 m&m 巧克力混色結果

加拿大水果糖混色			m&m 巧克力混色		
紅+藍	藍+黃	黃+紅	紅+藍	藍+黃	黃+紅
					
紫色	綠色	橘色	綠色	橘色	紫色
					
					

研究 6-3：天然色素混合，對色素顏色有何影響？

【研究構想】市售的色素也有天然色素(采鴻天然色素)。我們很好奇這種磨成粉，裝成袋的天然色素，混色後跟「人工色素」混色變化一樣嗎？因此進行以下「天然色素混色」實驗。

【實驗步驟】

- 1.采鴻天然色素溶液準備：將采鴻天然色素，用滴管取 1mL 放入三個小塑膠管，各塑膠管加入 1mL 蒸餾水。
- 2.展開液準備：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 3.混色：將采鴻天然色素水，兩兩混色，觀察顏色變化。
- 4.將步驟 3.混色後的水溶液，用滴管滴在廚房吸水紙 5 公分處，放入已裝了 95%酒精展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器。
- 5.利用碼錶計時 1 小時。
- 6.與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】

- 1.采鴻天然色素混色結果：藍+紫變成淺紫、深紫，藍+黃變成深綠、淡黃，紫+黃變成淡黃、淡紫，綠+黃變成深黃、淡綠，綠+紫變成深紫、深黃，綠+藍變成淡藍、深黃。
- 2.采鴻天然色素混色結果，並未出現新的顏色。
- 3.結果如表 45-46、圖 34。

【實驗結果與討論】：

由【研究 6-3】混色實驗，發現采鴻天然色素兩兩混色後，並未出現其他新的顏色，看到的顏色，也不符合伊登十二色相環混色原理。

表 45：采鴻天然色素混色 RGB 色碼轉換為 CMYK

采鴻天然色素混色	Red	Green	Blue	青色 (C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
藍+紫	71.32	70.58	94.15	24%	25%	0%	63%
藍+黃	113.72	119.73	54.04	5%	0%	55%	53%
紫+黃	120.37	91.14	31.22	0%	24%	74%	53%
綠+黃	139.84	121.85	22.16	0%	13%	84%	45%
綠+紫	98.42	84.71	66.14	0%	14%	33%	61%
綠+藍	88.20	107.75	78.94	18%	0%	27%	58%

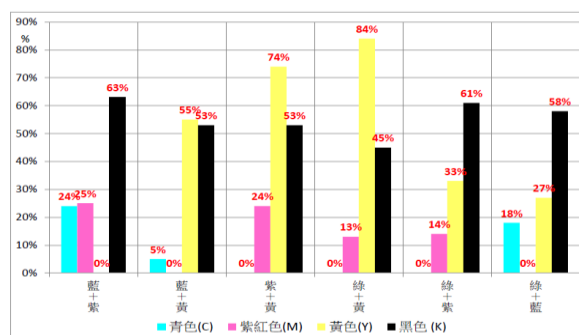
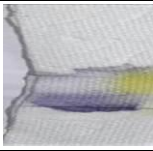
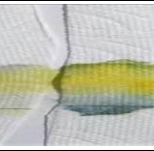
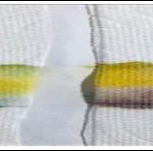
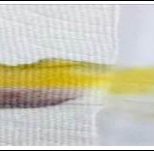
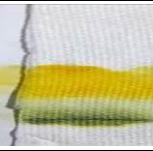
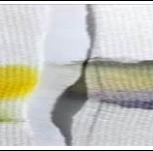


圖 34：采鴻天然色素混色 CMYK 數值分析

表 46: 采鴻天然色素混色結果

原色	藍+紫	藍+黃	紫+黃	綠+黃	綠+紫	綠+藍
混合後顏色						
	淺紫、深紫	深綠、淡黃	淡黃、淡紫	深黃、淡綠	深紫、深黃	淡藍、深黃

■目的七、色素應用

研究 7-1：色素應用~天然色素與人工色素分辨大解碼。

【研究構想】 取市售蒟蒻椰果，進行色素分辨實驗。

【實驗步驟】

- 1.蒟蒻椰果色素溶液準備：將蒟蒻椰果，倒入燒杯。
- 2.展開液準備：取 95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為 1 公分。
- 3.混色實驗：將蒟蒻椰果，兩兩混色，觀察顏色變化。
- 4.將步驟 3.混色後的水溶液，用滴管滴在廚房吸水紙 5 公分處，放入已裝了 95%酒精展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器。
- 5.加鹼加酸試驗：將步驟 1.蒟蒻椰果分別加入醋、小蘇打水，觀察顏色變化。
- 6.與【研究 2-1】步驟 6.相同。




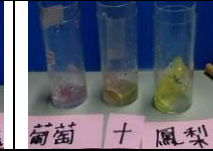


【研究發現】

- 1.混色實驗結果：發現蒟蒻椰果兩兩混色，在草莓(紅色)+鳳梨(淡綠)時出現紫色。
- 2.鹼酸試驗結果：蒟蒻椰果加酸加鹼後，顏色並未改變。
- 3.結果如表 47。

【實驗結果與討論】：

由【研究 7-1】實驗發現混色實驗結果草莓(紅色)+鳳梨(淡綠)時出現紫色，產生新的顏色，符合伊登十二色相環混色原理。而加酸加鹼後，顏色並未改變。因此，可以確定蒟蒻椰果內含有的色素為「人工色素」，而非天然色素。

表 47：蒟蒻椰果天然色素與人工色素分辨

混色實驗						
	蒟蒻椰果 混色前	葡萄 + 青蘋果 紫色	葡萄 + 草莓 紫色	葡萄 + 鳳梨 淡紫	青蘋果 + 鳳梨 淡綠色	草莓 + 鳳梨 紫

研究 7-2：色素應用~人工色素畫

【研究構想】 我們根據前面研究，將人工色素混色的效果，應用到彩繪各種顏色的布，而變成染布。

【實驗步驟】

- 1.將布對摺、再對摺，捲成筒狀。再用四色水滴在布捲筒角落上。
- 2.將步驟 1 放入已倒一公分高度的酒精的塑膠試管，
- 3.取出已染四色水的布，自然晾乾，觀察並紀錄顏色。
- 4.與【研究 2-1】步驟 6.相同。

【研究發現】

- 1.四色水色素：紅+黃= 橘；黃+藍= 綠；紅+藍= 紫。
- 2.CMYK 數值分析：四色水色素紅+黃、黃+藍、紅+藍混色，經 CMYK 數值分析，分別以紫紅、黃色顏料、黃色、青顏料、青、紫紅色顏料成分佔最多，都符合伊登十二色環混色

的原理。

3.結果如表 48-49、圖 35。

【實驗結果與討論】：

四色水除了當人工色素在食品，也可以應用在做混色的效果，跟水彩混色的效果一樣。符合伊登十二色相環混色原理（紅+藍= 紫、紅+黃= 橘、黃+藍= 綠）相同。

表48：人工色素畫

分析	第1幅	第2幅	第3幅	第4幅	第5幅
人工色素畫					
混色1	紅+黃= 橘	紅+黃= 橘	紅+藍= 紫	紅+黃= 橘	紅+藍= 紫
混色2	紅+藍= 紫	黃+藍= 綠	紅+黃= 橙	紅+藍= 紫	黃+藍= 綠

表 49：四色水人工色素畫作品 RGB 色碼轉換為 CMYK

四色水繪畫分析		Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色 (M)	黃色 (Y)	黑色 (K)
第 1 幅	橘色-1	216.03	130.82	30.27	0%	39%	86%	15%
	紫色-1	59.98	70.87	97.08	38%	27%	0%	62%
第 2 幅	橘色-2	229.81	196.64	25.72	0%	14%	89%	10%
	綠色-2	7.19	148.57	50.69	95%	0%	66%	42%
第 3 幅	紫色-3	90.16	81.73	133.16	32%	39%	0%	48%
	橘色-3	185.77	62.70	9.63	0%	66%	95%	27%
第 4 幅	橘色-4	220.07	60.12	32.36	0%	73%	85%	14%
	紫色-4	60.82	32.44	65.60	7%	51%	0%	74%
第 5 幅	紫色-5	52.059	47.607	71.33	27%	33%	0%	72%
	綠色-5	36.89	182.00	5.11	80%	0%	97%	29%

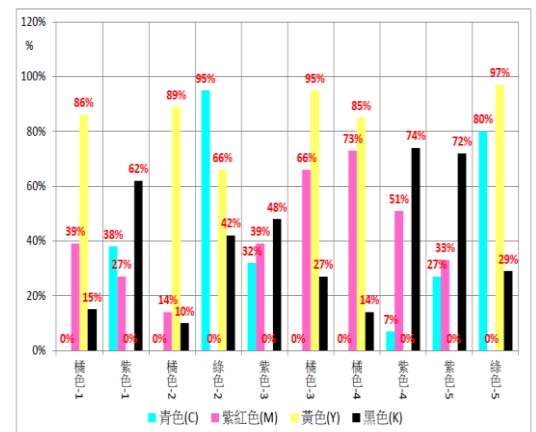


圖 35：四色水人工色素畫作品 CMYK 數值分析

柒、討論

一、色層分析效果大解碼

由【研究 1-1】發現廚房吸水紙用在色層分析能讓色素水，顏色分出很多層，且上升高度也很高(表 1、2)。因此本研究將以效果較好的「廚房紙巾」進行後續的實驗。在【研究 1-2】發現實驗結果發現(表 3、4)，95% 酒精色層分析效果較好。以下實驗將以 95% 酒精作為展開液。

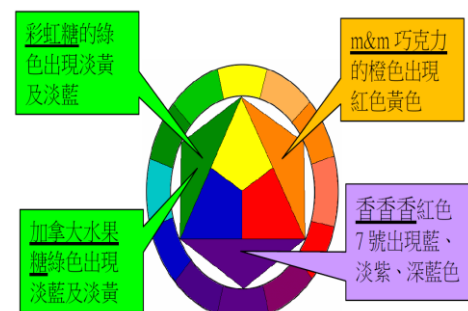
二、天然色素的研究

由【研究 3-1】取生活中具有明顯顏色的紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、李子，經過色層分析發現沒有其他顏色的色素出現。再經過 C M Y K 數值分析，發現其中紫色高麗菜、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、李子汁液，出現其他不同顏色顏料，但是不符合伊登十二色環混色原理。而愛文芒果、胡蘿蔔經 C M Y K 數值分析，都是以紫紅色(M)、黃色(Y)佔最多，符合伊登十二色環混色原理。推測胡蘿蔔的成分並非花青素，有待進一步查證。而在【研究 3-2】取市售采鴻及 Life 天然色素粉的研究發現，梔子綠、菠菜粉、梔子紫、紫薯粉、黃梔子、南瓜粉，經 C M Y K 數值分析產生的顏色，符合伊登十二色環混色原理。有待後續混色實驗繼續研究。

從【研究 3-1】、【研究 3-2】發現天然色素（粉）的顏色，經過 C M Y K 數值分析，有些符合伊登十二色環混色原理，有些並不符合。有待後續酸鹼測試實驗更進一步研究。

三、食品色素大解碼

人工色素有很多，先從生活中接觸的糖果開始研究。由【研究 2-1】不同食品色素實驗，發現水果糖的色素，在利用色層分析後，除了有些顏色變淡，還出現了原本沒有的其他顏色。例如：彩虹糖的綠色出現淡黃及淡藍；ma&m 巧克力的橙色出現



紅色黃色；橙色出現淡黃及淡紅；加拿大水果糖綠色出現淡藍及淡黃。經過CMYK數值分析，符合伊登十二色環，顏料混色的原理。

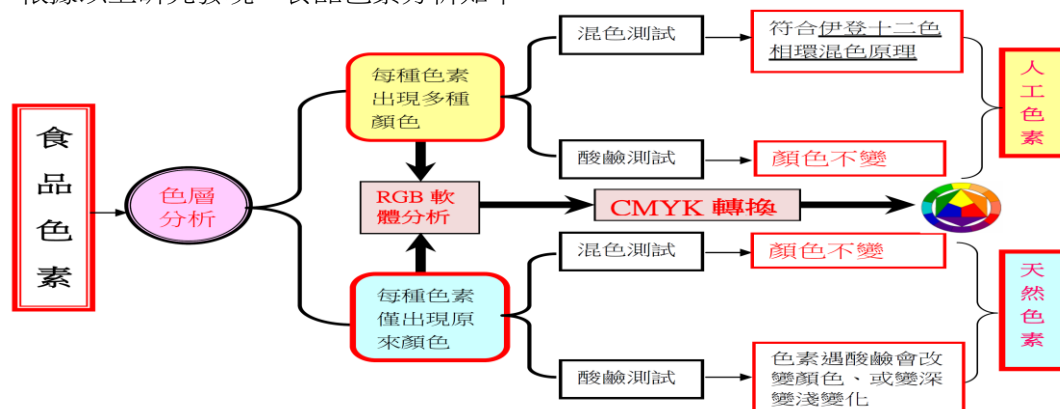
接著，更進一步從生活中接觸到吃紅蛋時的色素（紅色6號、紅色7號）、四色水、色膏人工色素進行色層分析。由【研究 2-2】發現市售的人工色素~四色水、色膏、香香香人工色素，都出現了原來顏色沒有的顏色。四色水人工色素，綠色色素水出現綠色、淡藍色、淡黃色；色膏人工色素，橙色出現黃色、紅色及淡黃，紫色出現淡藍及深紅；香香香人工色素，紅色7號出現淡藍、淡紫、深藍色。經過CMYK數值分析，同樣符合伊登十二色環，顏料混色的原理。

在後續【研究 6-1】、【研究 6-2】人工色素混合發現，人工色素~色膏、四色水混合後，會產生新的顏色。例如四色水混色，紅+黃變成橘，紅+藍變成紫，黃+藍變成綠。符合伊登十二色相環混色原理。因此，這類人工色素，其實色素混合後的結果，與顏料混合是一樣。

而在【研究 6-2】食品色素混合方面，找了糖果中色素進行混色實驗。結果發現彩虹糖、加拿大水果糖、加拿大水果糖、m&m 巧克力，糖果中色素混合後，會產生新的顏色。例如：紅+藍變成紫色。經過CMYK數值分析，結果符合伊登十二色相環混色原理（紅+藍變成紫色）相同。表示這類糖果，其色素混合後的結果，與顏料混合是一樣。

在【研究 6-3】天然色素(采鴻天然色素)，兩兩混色後，並未出現其他新的顏色，看到的顏色，也不符合伊登十二色相環混色原理。

根據以上研究發現，食品色素分析如下：

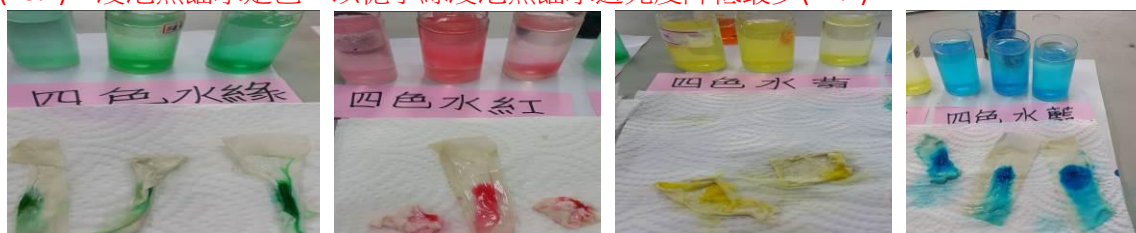


四、酸鹼水溶液對色素影響

酸鹼水溶液，對色素色層分析有何影響？由【研究 4-1】發現人工色素色膏（紅黃紫色）、四色水（四種色）人工色素，遇到酸鹼不同水溶液，並不會變色。經CMYK數值分析，符合伊登十二色環混色原理，這可以用來分辨是否是天然、人工合成色素的方法。而在【研究 4-2】發現采鴻天然色素碰到酸鹼顏色不會改變；Life 天然色素紫薯粉、蝶豆花粉及甜菜根，遇到酸鹼顏色會變（表 29-34）。而人工的色素不會變色，這可以用來分辨色素是天然與否的方式。

五、色素定色

由本地客家藍染，想到色素應用在食品染色時的效果。由【研究 5-1、5-2】發現天然、人工色素 life 色素、四色水，以泡醋 20 分鐘透光度較大。而純天然自己榨取汁液的胡蘿蔔、紫色高麗菜，反而在遇到酸鹼水溶液時，透光度變小，顯示自己榨取的天然色素的胡蘿蔔、紫色高麗菜，遇到酸鹼時有更多色素溶解在水中，以致於透光度變小。在【研究 5-2】以餛飩皮模擬食品染色、定色發現，不同天然、人工色素定色效果不同。發現四色水、天然色素粉色效果，以蒸餾水較好，紫薯粉泡醋酸，梔子紫浸泡小蘇打，梔子綠浸泡蒸餾水效果較好，顯示不同色素，定色效果不同。因本實驗僅用「餛飩皮」模擬食品進行實驗，若永其他食品例如麵條、包子、水餃皮效果，有待未來進行實驗。浸泡酸水溶液定色，以紫薯粉浸泡醋酸透光度降低最少(42%)；浸泡鹼水溶液定色，以梔子紫浸泡小蘇打透光度降低最少(40%)；浸泡蒸餾水定色，以梔子綠浸泡蒸餾水透光度降低最少(42%)。



六、色素應用

【研究 7-1、7-2】應用研究「混色」及「酸鹼變化」分辨天然與人工色素？結果發現混色實驗結果草莓(紅色)+鳳梨(淡綠)時出現紫色，產生新的顏色，符合伊登十二色相環混色原理。而加酸加鹼後，顏色並未改變。因此，可以確定蒟蒻椰果內含有的色素為「人工色素」，而非天然色素。而知道如何分辨「人工色素」、「天然色素」色素，可以利用人工色素特性進行「人工色素畫」。在【研究 7-2】結果顯示混色效果很好，更符合伊登十二色相環混色原理。

捌、結論

- 一、色層分析效果：以用廚房吸水紙，95% 酒精進行色層分析效果好。
- 二、糖果中的色素為人工色素，經 C M Y K 數值分析，符合伊登十二色環混色原理。
- 三、天然色素與人工色素比較：
 - (一)色層分析差異：天然色素，未出現新的顏色；人工色素出現新的顏色。
 - (二)加入酸鹼變化差異：天然色加酸鹼水溶液色素的顏色會改變，人工色素不變。
 - (三)色素混色變化差異：天然色素不符合伊登十二色環混色原理；人工色素符合伊登十二色環混色原理。
- 四、色素染色、定色效果：不同色素，浸泡酸鹼中性液體，定色效果不同。
- 五、利用人工色素具混色效果，可以製作「人工色素畫」。

玖、未來研究及建議

本研究從食安出發，企圖找出色素種類及特性，未來可進一步探討：

- 一、創意性：本研究利用 Coolors 色票擷取工具分析變色程度，更精準判斷食品色素的顏色。為了量化色素中顏色種類，先利用 ImageJ 軟體將看到的顏色轉換成 RGB，再用 CMYK 軟體轉會成顏料，讓我們知道色素所含顏料，確認色素是否符合伊登十二色相環混色原理。
- 二、應用性：人工色素應該盡量少用，但天然色素顏色較淺，如何開發更多元天然色素，又具有多元顏色，是未來努力目標。
- 三、未來建議：本研究僅探討糖果的色素，其實還有很多食品具有色素，未來可繼續研究。

拾、研究心得

- OO：我們每週三、週六都要來進行研究，一開始感覺非常累，很不習慣。但是漸漸地慢慢適應。研究過程要用到廚房紙巾，需要剪成長條狀，既要細心又要切割很多；做完實驗後，又要清洗很多器材，過程當中實在是很辛苦，幸虧小組一起努力，堅持下去，終於完成了。
- OO：雖然因為比賽不能來，但第一次去集訓完回到家的時候，我表示好累喔！進度落後，實驗一大堆。這對我們說不是什麼大問題，我們拼命的努力，終於在送件之前完成了！凡事走過必留下痕跡，我們相信努力一定會收穫！期望有優異成績，登上全國科展舞台，能與全國選手交流！
- OO：我們從開學做科展到現在，真的很辛苦，不但要做的實驗很多，做的時間也很少，但我們還是利用假日、清明節、兒童節等時間來做實驗。我在這些時間裡學到很多東西，其中最好玩得還是 7 之 2 的人工色素畫，不但做法很簡單，做出來的成品也很漂亮。
- OO：在知道入選參加全國展後，我們積極修改原先缺點。經過不斷嘗試，最後，利用 ImageJ 分析顏色，比眼睛看到的更客觀，再利用 CMYK 軟體，將 RGB 轉成顏料，更符合研究素色混色分析，是一大突破！

參考文獻

1. iQC 商品安全資料庫 <https://iqc.tw/550>
2. 食品添加物使用範圍及限量。2020.3.7 取自 <https://reurl.cc/d0V3y2>
3. 食用色素來源及管理規範。2020.3.14 取自 <https://www.superlab.com.tw/pigments/>
4. 伊登十二色相環 2020.3.14 取自 <https://ananedu.com/a/7/6/color-circle-all.htm>
5. 奶油獅的祕密---濾紙色層分析法在毛細現象課程的應用，國小組，化學科。2020.2.21 取自 <https://reurl.cc/WdEZb9>?(嘉義市第 26 屆中小學科學展覽會)
6. 還以顏色~添加在糖果中的人工色素分析，國小組，化學科。2020.2.21 取自 <https://reurl.cc/nzNrlI> (嘉義市第 29 屆中小學科學展覽會)
7. 顏色跑跑跑，第 46 屆全國科展，國小組，自然科。2020.2.21 取自 <https://reurl.cc/oL9oXj> (科展群傑聽)
8. 食紫大動尋找食在安心的魔法色素，第 54 屆全國科展，國小組，化學科。2020.2.21 取自 <https://reurl.cc/4Ryz33> (科展群傑聽)
9. 倪行健 (2015)。透過變因探討「紙」色層分析，臺灣化學教育，2020.3.14 取自 <https://reurl.cc/R46VqG>

【評語】 080204

本作品利用色層分析探討「食品色素」，並以酸鹼、溫度、混色等變因比較人工色素與天然色素的差異，研究主題非常生活化，對於過往相關科展題目有詳細分析，也討論本作品的差異，值得鼓勵。但是，本實驗以拍照記錄顏色的環境應進一步控制，以避免不同的光線會影響實驗結果，另應說明為何使用「一登十二色相環」來研究。有些結論過於武斷，建議在下某些結論前可以有更多的思考，例如：酸鹼對於變色的影響，並不能直接作為人工色素與天然物的區分，可能只是顏料分子對於酸鹼的反應差異而已。

摘要

本研究源自生活中，便利商店的糖果含有色素，因此，進行了一場食品色素大解碼研究之旅。**研究結果發現：**

- 一、色層分析效果：以用廚房吸水紙，95% 酒精進行色層分析效果好。
- 二、糖果中的色素為人工色素，經 C M Y K 數值分析，符合伊登十二色環混色原理。
- 三、天然色素與人工色素比較：
 - (一)色層分析：天然色素，未出現新的顏色；人工色素出現新的顏色。

- (二)加入酸鹼變化：天然色素加酸鹼色素的顏色會改變，人工色素不變。
- (三)色素混色變化：天然色素不符合伊登十二色環混色原理；人工色素符合伊登十二色環混色原理。
- 四、色素染色、定色效果：不同色素，浸泡酸鹼中性液體，定色效果不同。
- 五、利用人工色素具混色效果，可以製作「人工色素畫」。

壹 研究動機

在我們生活中，有許多的便利商店，裡面賣了小朋友喜歡吃的形形色色的糖果。有一次吃完糖果時，發現舌頭上沾了許多糖果的顏色。我們上網查了資料發現糖果中含有「色素」的成分。這些糖果色素和顏料的色素一樣？色素混合後，它變色是怎樣？這些色素和天然色素有什麼不同？基於我們的好奇心，進行了一場「色素大解碼」專題研究之旅。研究方向思考圖，如下：



貳 研究目的及問題

我們針對「色素」，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

- 目的之一、測試紙張及展開液對色層分析效果
 - 研究1-1：測試不同材質紙張對色層分析效果？
 - 研究1-2：測試不同展開液對色層分析效果？
- 目的二、人工食品色素的研究
 - 研究2-1：不同食品色素，色層分析有何不同？
 - 研究2-2：不同人工色素，色層分析有何不同？
- 目的三、天然色素的研究
 - 研究3-1：不同蔬果色素，色層分析有何不同？
 - 研究3-2：不同天然色素粉，色層分析有何不同？
- 目的四、不同酸鹼水溶液對色素影響
 - 研究4-1：不同酸鹼水溶液，對人工色素色層分析有何影響？
 - 研究4-2：不同酸鹼水溶液，對天然色素色層分析有何影響？
- 目的五、人工色素與天然色素染色大解碼
 - 研究5-1：不同酸鹼水溶液，對人工色素與天然色素定色有何影響？
 - 研究5-2：不同酸鹼水溶液，對食品色素的定色有何影響？
- 目的六、色素混合對色素顏色影響
 - 研究6-1：人工色素混合，對色素顏色有何影響？
 - 研究6-2：食品色素混合，對色素顏色有何影響？
 - 研究6-3：天然色素混合，對色素顏色有何影響？
- 目的七、色素應用
 - 研究7-1：色素應用~天然色素與人工色素分辨大解碼。
 - 研究7-2：色素應用~人工色素畫。

陸 研究過程與研究結果

目的之一、測試哪一種紙張及展開液對色層分析效果較好

研究1-1：不同材質色層分析紙，哪一種效果較佳？

【研究構想】：我們想知道哪一種材質的紙，較能有效讓色素顯現出來，我們準備了濾紙、圖畫紙、廚房吸水紙進行實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備不同材質的紙：濾紙、廚房吸水紙、圖畫紙，將其裁成長寬為2公分X10公分，並在一端五公分處，利用鉛筆畫一條直線。
- 2.準備不同展開液：取95%酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為1公分。
- 3.將測試之人工色素~四色水，用滴管滴在各種材質紙五公分處。
- 4.將滴了色素之紙，放入已裝了展開液之小塑膠管，放置於色層分析檢測器。
- 5.利用碼錶計時1小時。
- 6.利用Colors色票擷取軟體工具、ImageJ分析顏色種類。

【研究發現】：

- 1.濾紙雖然可以看出顏色變化，但上升高度不明顯。
- 2.廚房吸水紙是裡面效果最好的，不但顏色色層很多，上升高度也很高。
- 3.圖畫紙不但色層少，上升高度也很低。
- 4.結果如表2、圖3。

表2：不同材質紙色層分析上升高度

紙/上升高度	紅	黃	藍	綠
濾紙	2.5	2.5	2	2.5
廚房吸水紙	2.9	4	3.3	3.8
圖畫紙	0.3	0	0.7	0.4

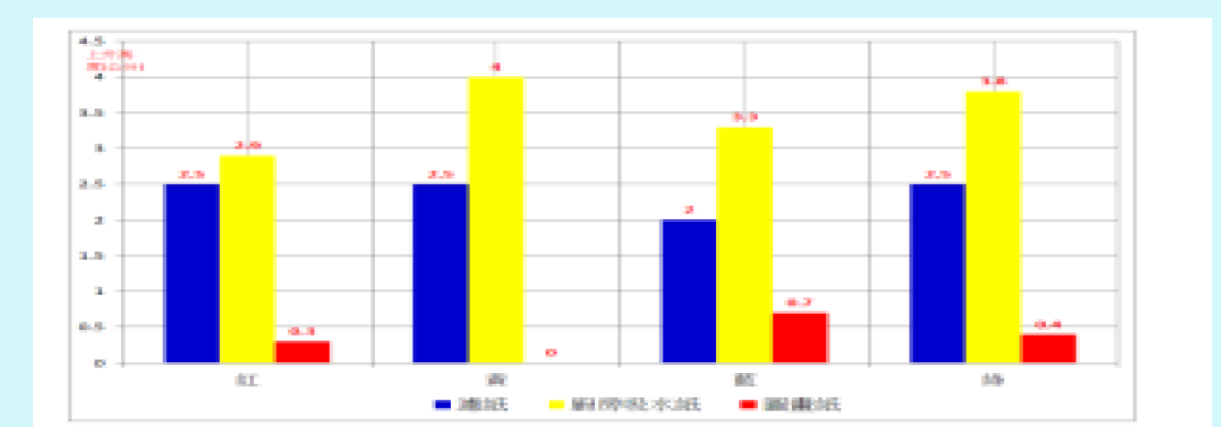


圖3：不同材質紙上升高度比較

【實驗結果與討論】：根據研究【研究1-1】實驗，發現色素在廚房紙巾中的上升高度、顏色分層效果很好，以下實驗將以效果較好的「廚房紙巾」進行後續的實驗。

表1：不同材質紙色層分析比較表

紙	項目	紅	黃	藍	綠
濾紙	色層分析				
	色票分析				
廚房吸水紙	色層分析				
	色票分析				
圖畫紙	色層分析				
	色票分析				



研究1-2：不同展開液，哪一種效果較佳？

【研究構想】：我們想知道哪一種展開液，較能有效讓色素顯現出來，我們準備了95%酒精、75%酒精、工業酒精進行實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

- 1.根據測1-1最佳效果材質~廚房吸水紙，將其裁成長寬為2公分x10公分，並在一端五公分處，利用鉛筆畫一條直線。
- 2.準備不同展開液：各取95%酒精、工業酒精，倒入小塑膠管，讓各種展開液高度為1公分。
- 3.將測試之人工色素~四色水，用滴管滴在各種材質紙五公分處。
- 4.與【研究1-1】步驟4.~6.相同。

【研究發現】：

- 1.兩種酒精都可以看出顏色變化。
- 2.95% 酒精上升高度較高，95% 酒精的綠色有5種顏色；工業酒精的綠色只有3種。
- 3.結果如表3-4、圖4。

表3：不同展開液色層分析比較表

液體	項目	紅	黃	藍	綠
95% 酒精	色層分析				
	色票分析				
工業酒精	色層分析				
	色票分析				

表4：不同展開液色層分析上升高度

紙/上升高度	紅	黃	藍	綠
95%酒精(cm)	2.7	4	3.3	3.8
工業酒精(cm)	5	5	5.5	5

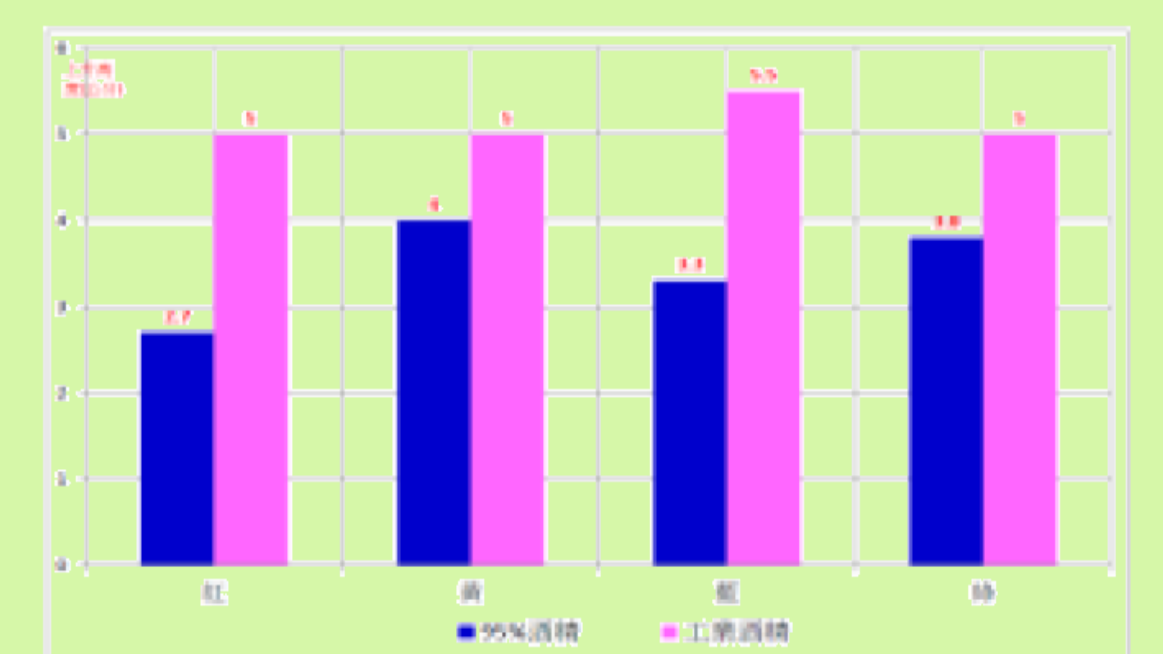


圖4：不同展開液上升高度比較

【實驗結果與討論】：

由【研究1-2】實驗結果發現，95% 酒精色層分析效果較好。以下實驗將以95% 酒精作為展開液。



參 研究架構

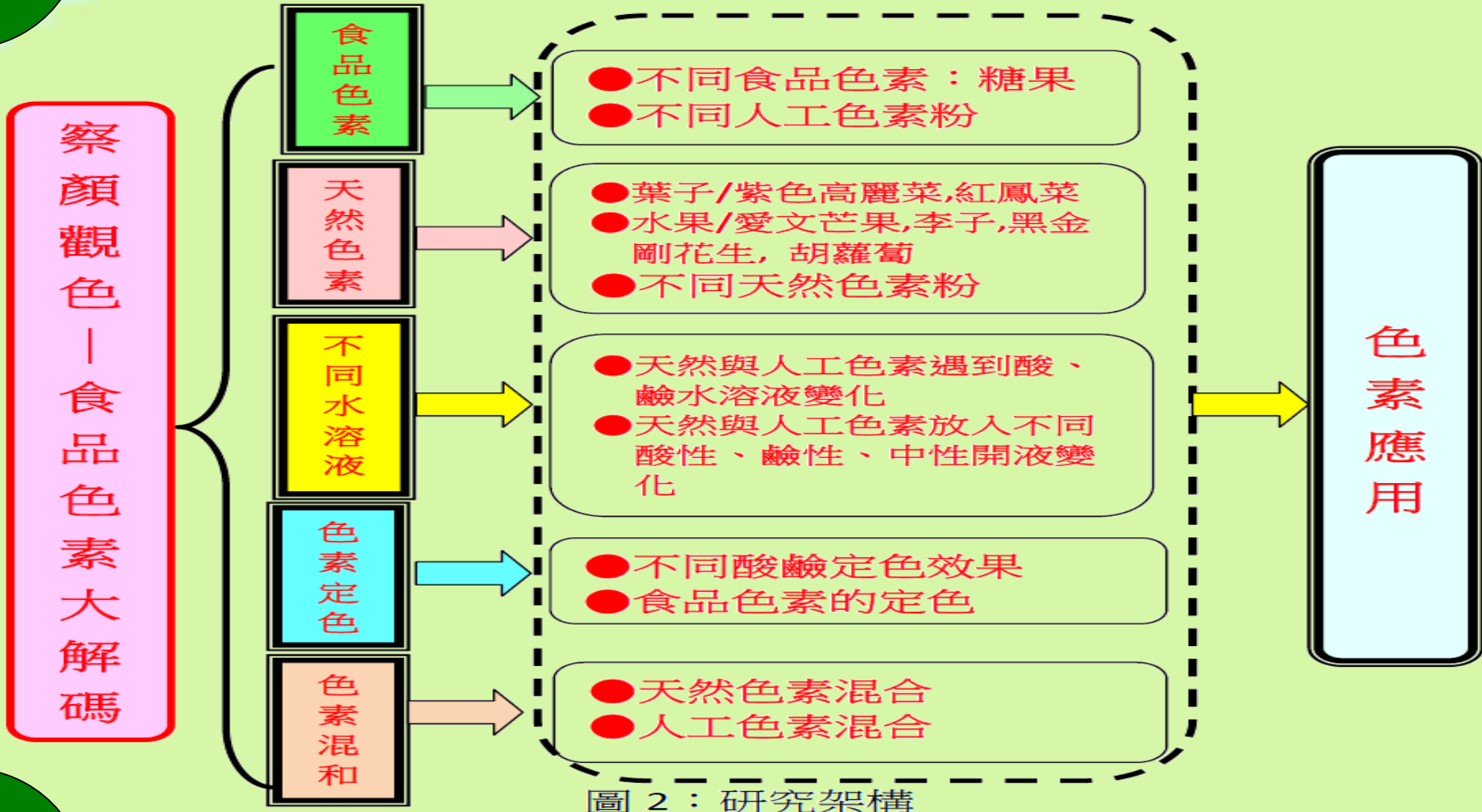


圖2：研究架構

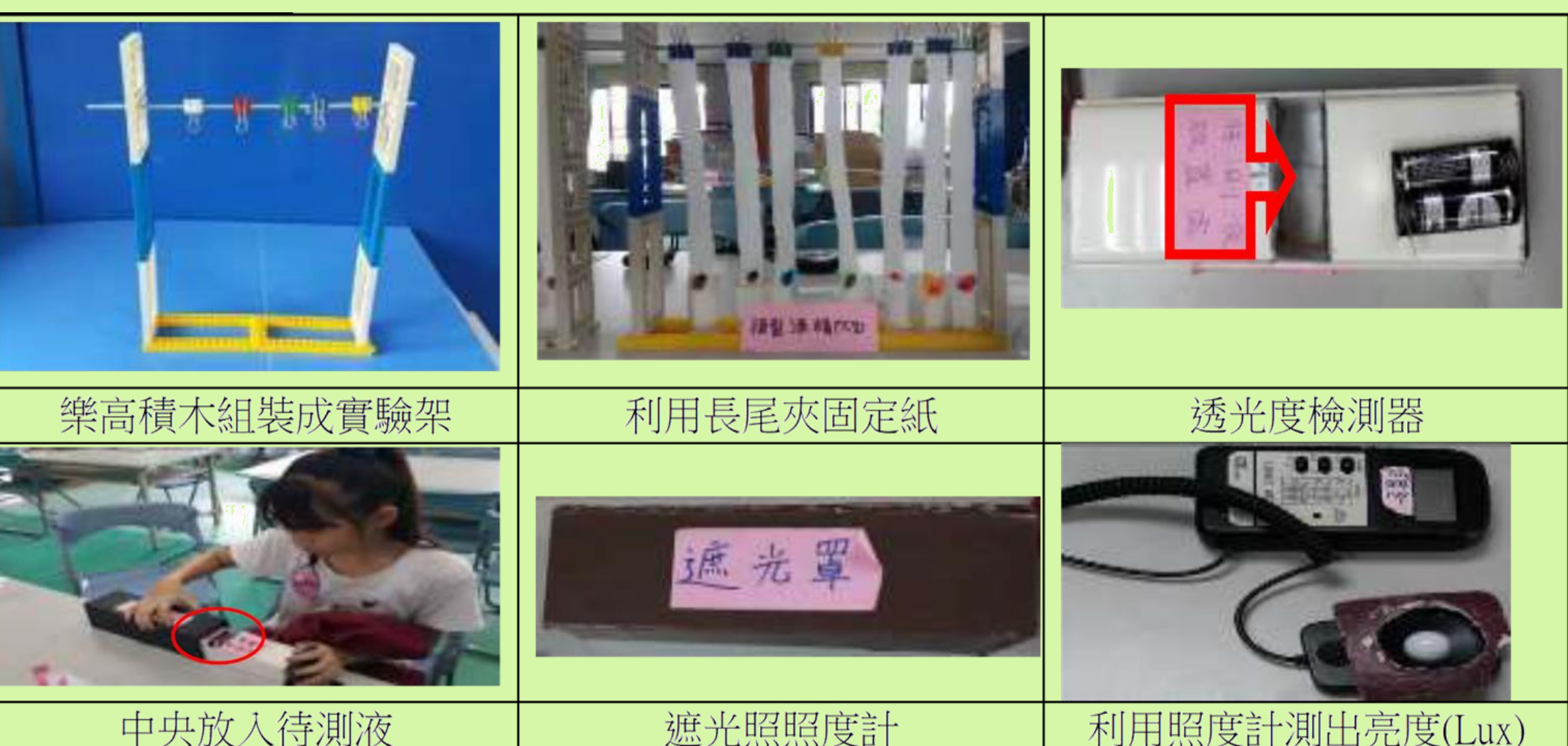
肆 文獻探討(詳見說明書)

伍 研究設備及器材

一、實驗器材：詳見說明書

二、自製實驗裝置

- 1.自製色層分析實驗裝置：利用樂高積木、長尾夾、鐵棒，組裝成色層分析實驗架。
- 2.自製透光度檢測器：利用LED燈、電池、塑膠盒、照度計組裝成透光度檢測器。



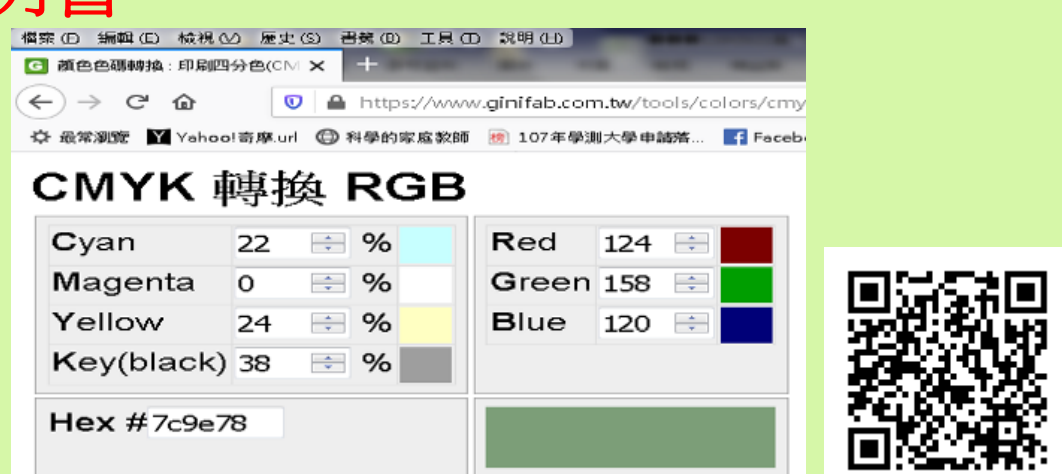
三、顏色分析軟體使用步驟：詳見說明書

(一)ImageJ使用步驟

(二)RGB分析操作

(三)RGB轉換 C M Y K 操作

四、Colors色票擷取工具使用說明



目的二、食品色素的研究

研究2-1：不同食品色素種類有何不同？

【研究構想】：我們想知道日常生活中，常吃的糖果、巧克力含有哪些色素，因此就進行了以下實驗。

【實驗步驟】：

●準備各種糖果色素水

●滴在廚房紙巾5cm處

色層分析

●RGB分析色素

●CMYK轉換成顏料

表6：彩虹糖色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

彩虹糖分析	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
紅色糖果	178.15	101.36	75.05	0%	43%	58%	30%
橙色糖果	172.53	153.29	146.11	0%	11%	15%	33%
黃色糖果	159.16	159.21	101.74	0%	0%	36%	38%
綠色糖果	136.93	152.37	81.54	41%	0%	47%	40%
紫色糖果	150.83	146.88	147.45	0%	20%	8%	36%

表10：m&m 巧克力色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

m&m 巧克力分析	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
紅色 m&m	141.76	115.12	125.76	0%	19%	11%	44%
橙色 m&m	147.37	142.27	160.13	8%	13%	0%	37%
黃色 m&m	167.09	172.49	150.79	3%	0%	13%	32%
綠色 m&m	116.02	134.85	122.60	14%	0%	9%	47%
藍色 m&m	152.69	136.31	174.33	12%	22%	0%	32%
咖啡 m&m	143.49	124.82	123.59	0%	13%	14%	44%

表11：加拿大水果糖色素 RGB 色碼轉換為 CMYK

加拿大水果糖分析	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
藍色	82.43	134.04	138.39	40%	3%	0%	46%
綠色	145.43	124.55	108.46	0%	3%	25%	43%
黃色	141.74	137.65	124.96	0%	3%	12%	44%
紅色	177.57	122.11	117.31	0%	31%	34%	30%
紫色	107.33	132.72	117.26	43%	0%	12%	48%

表5：彩虹糖色素色層分析

原來顏色	紅色	橙色	黃色	綠色	紫色
色層分析	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3
色票分析					

【實驗結果與討論】：由研究【研究2-1】發現這些水果糖的色素，在利用色層分析後，彩虹糖的綠色出現淡黃及淡藍；m&m巧克力的橙色出現紅色及黃色；橙色出現淡黃及淡紅；加拿大水果糖綠色出現淡藍及淡黃，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色、紫紅色和淡黃顏料混色產生橙色的原理。推測這些糖果色素是由顏料混色產生，有待後續進行色素混色實驗更進一步確認。

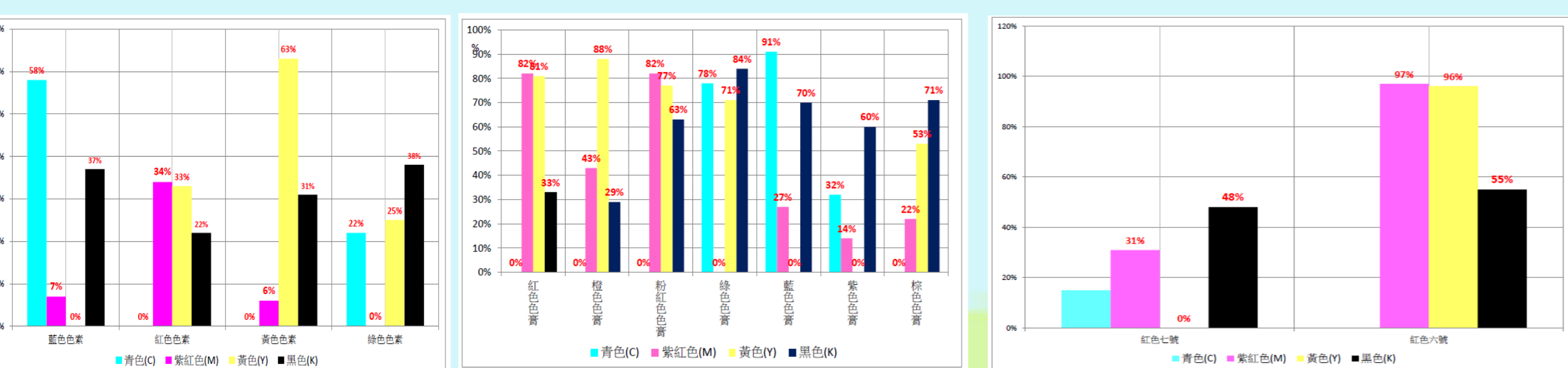
研究2-2：不同人工色素，色層分析何不同？

【研究構想】：我們在2-1的實驗了解了糖果含有的色素，這讓我們想了解不同人工色素裡面的色素是否一樣。

【實驗步驟】：準備人工色素水→色層分析→RGB分析→CMYK轉換

【研究發現】：

- 四色水人工色素經色層分析，綠色色素水出現淡藍色、淡黃色。
- 色膏人工色素經色層分析，橙色出現黃色、紅色，綠色出現淡黃及淡綠，紫色出現淡藍及深紅。
- 香香人工色素經色層分析，紅色7號出現淡藍、淡紫、深藍色。



【實驗結果與討論】：由【研究2-2】發現市售的人工色素~四色水、色膏、香香人工色素，都出現了原來顏色沒有的顏色。四色水人工色素，綠色色素水出現綠色、淡藍色、淡黃色；色膏人工色素，橙色出現黃色、紅色及淡黃，紫色出現淡藍及深紅；香香人工色素，紅色7號出現淡藍、淡紫、深藍色。推測四色水、色膏等人工色素跟顏料一樣，是由原先兩種顏色混合而成，有待後續進行色素混色實驗更進一步確認。

目的三、天然色素的研究

研究3-1：不同蔬果色素，色層分析有何不同？

【研究構想】：我們想知道三餐吃的蔬果等天然的色素有哪些顏色，這些顏色是不是像糖果、人工色素一樣，含有不同顏色呢？因此，我們找了生活中，具有明顯顏色的紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、紅肉李，進行了以下實驗。

【實驗步驟】：準備蔬果色素水→色層分析→RGB分析→CMYK轉換

【研究發現】：

- 紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、紅肉李，經色層分析沒有其他顏色出現。
- 天然的蔬菜色素顏色很淺，不是很明顯。
- CMYK數值分析
- (1)紅肉李汁、葡萄汁，經CMYK數值分析，都是以紅色(M)、黃色(Y)佔最多，不符合伊登十二色環混色原理。
- (2)黑金剛花生汁、柳橙汁，經CMYK數值分析，都是以青色(C)、黃色(Y)佔最多，不符合伊登十二色環混色原理。
- (3)紫高麗菜汁、黑豆汁，經CMYK數值分析，紫高麗菜汁是以紫紅色(M)、黑豆汁以黃色(Y)佔最多，都不符合伊登十二色環混色原理。
- (4)愛文芒果汁、胡蘿蔔汁，經CMYK數值分析，都是以紫紅色(M)、黃色(Y)佔最多，符合伊登十二色環混色原理。

表19：天然蔬果色素色層分析

項目	紫色高麗菜	胡蘿蔔	黑豆	黑金剛花生	100%葡萄汁	100%柳橙汁	愛文芒果	李子
原汁								
色層分析								
顏色	淡紫、淡藍	橘色	淡紫、淡咖啡	深紫	紫色	淡橘	深橘	紫紅色

【實驗結果與討論】：由【研究3-1】生活中具有明顯顏色的紫色高麗菜、胡蘿蔔、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、愛文芒果、李子，經過色層分析發現沒有其他顏色的色素出現。經過CMYK數值分析，其中紫色高麗菜、黑豆、黑金剛花生、市售純果汁(100%葡萄汁、100%柳橙汁)、李子汁液，出現其他不同顏色顏料，但是不符合伊登十二色環混色原理。愛文芒果、胡蘿蔔經CMYK數值分析，都是以紫紅色(M)、黃色(Y)佔最多，符合伊登十二色環混色原理。推測胡蘿蔔的成分並非花青素，有待進一步查證。

研究3-2：不同天然色素粉，色層分析有何不同？

【研究構想】：天然色素，除了由植物直接打碎，取得原汁外，目前也有市售天然色素。我們很好奇這種磨成粉袋裝的天然色素真得是天然嗎？與一般人工色素有什麼不同？因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：準備天然色素粉水→色層分析→RGB分析→CMYK轉換

【研究發現】：

- 采鴻色素中，梔子綠出現淡咖啡，蘿蔔紅出現深桃紅，黃梔子出現淡綠色，紫甘薯出現深紫色，紅麴出現淡黃色，梔子藍出現深灰，梔子紫出現淡紫色。
- 藍色內含有淡藍、紫色、黃色、咖啡色
- 結果如表9。

【實驗結果與討論】：采鴻色素中，出現原本顏色中沒有的顏色。是不是跟顏料一樣，這些顏色由原先兩種顏色混合而成。有待後續混色實驗繼續研究。

目的四、不同酸鹼水溶液對色素影響

研究4-1：不同酸鹼水溶液，對人工色素色層分析有何影響？

【研究構想】：我們想知道酸鹼水溶液，對色素色層分析有何影響？我們將醋酸、小蘇打水、蒸餾水加入不同人工色素，觀察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 色膏加蒸餾水、醋酸及小蘇打水色層分析結果：紅色產生淡紅色；綠色產生黃、綠色；紫色產生藍色及淡紅色，產生的顏色相同。
- 四色水加蒸餾水、醋酸及小蘇打水色層分析結果：紅色產生淡紅色；黃色還是黃色；綠色產生淡黃、綠、藍色；藍色產生藍色，產生的顏色相同。
- CMYK數值分析
- (1)加蒸餾水、小蘇打水及醋酸的綠色色膏，都出現黃、綠、藍色，經CMYK數值分析都是以青、淡黃顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。
- (2)加蒸餾水、小蘇打水及醋酸的紫色色膏，都出現藍色、淡紅色，經CMYK數值分析都是以青色、紫紅色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和紫紅色顏料混色產生紫色的原理。
- (3)加蒸餾水、小蘇打水及醋酸的綠色四色水，都出現黃、綠、藍色，經CMYK數值分析都是以青色、淡黃顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色產生綠色的原理。

研究4-2：不同酸鹼水溶液，對天然色素色層分析有何影響？

【研究構想】：我們想知道酸鹼水溶液，對天然色素色層分析有何影響？我們將醋酸、小蘇打水、蒸餾水加入天然色素，觀察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【研究發現】：CMYK數值分析

- 采鴻天然色素粉加小蘇打水、醋酸
- 梔子綠，出現黃色、藍色，經CMYK數值分析都是以紫紅色、淡黃顏料成分佔最多，不符合伊登十二色環混色，紫紅色、淡黃顏料混色產生綠色的原理。（梔子綠加蒸餾水出現綠色，符合伊登十二色環，青色和黃顏料混色）
- 紫甘薯，出現淺藍、紫、綠，經CMYK數值分析都是以紫紅色、淡黃顏料成分佔最多，不符合伊登十二色環，混色產生紫色的原理。（紫甘薯加蒸餾水出現深紫色，符合伊登十二色環，青色和紅色顏料混色）
- 梔子紫，出現淺紫，經CMYK數值分析都是以紫紅色、青色顏料成分佔最多，符合伊登十二色環，混色產生紫色的原理。（與梔子綠加蒸餾水結果相同）
- (2)Life天然色素粉加小蘇打水及醋酸：紫薯粉、蝶豆花粉加酸後出現紅色系列顏色，加鹼後出現藍色系列顏色。但不符合伊登十二色環混色原理。而胡蘿蔔粉、菠菜粉、南瓜粉、竹炭粉、甜菜根粉加小蘇打水及醋酸後，顏色幾乎不變，同樣不符合伊登十二色環混色原理。
- (3)天然色素加小蘇打水及醋酸：紅肉李、黑金剛花生、紫高麗菜汁、黑豆汁，加酸後出現紅色系列顏色，加鹼後出現藍色系列顏色。經CMYK數值分析都出現不同顏料成分，但不符合伊登十二色環混色原理。而胡蘿蔔、愛文芒果加小蘇打水及醋酸後，顏色幾乎不變，同樣不符合伊登十二色環混色原理。

表20：采鴻天然色素粉加蒸餾水、小蘇打水、醋酸色層分析

原色	粉	粉	粉	粉	粉	粉	粉
梔子綠							
紫甘薯							
胡蘿蔔							
蝶豆粉							
紫薯粉							
南瓜粉							
竹炭粉							
甜菜根粉							

表21：Life天然色素粉加蒸餾水、小蘇打水、醋酸色層分析

原色	粉	粉	粉	粉	粉	粉	粉
梔子綠							
紫甘薯							
胡蘿蔔							
蝶豆粉							
紫薯粉							
南瓜粉							
竹炭粉							
甜菜根粉							

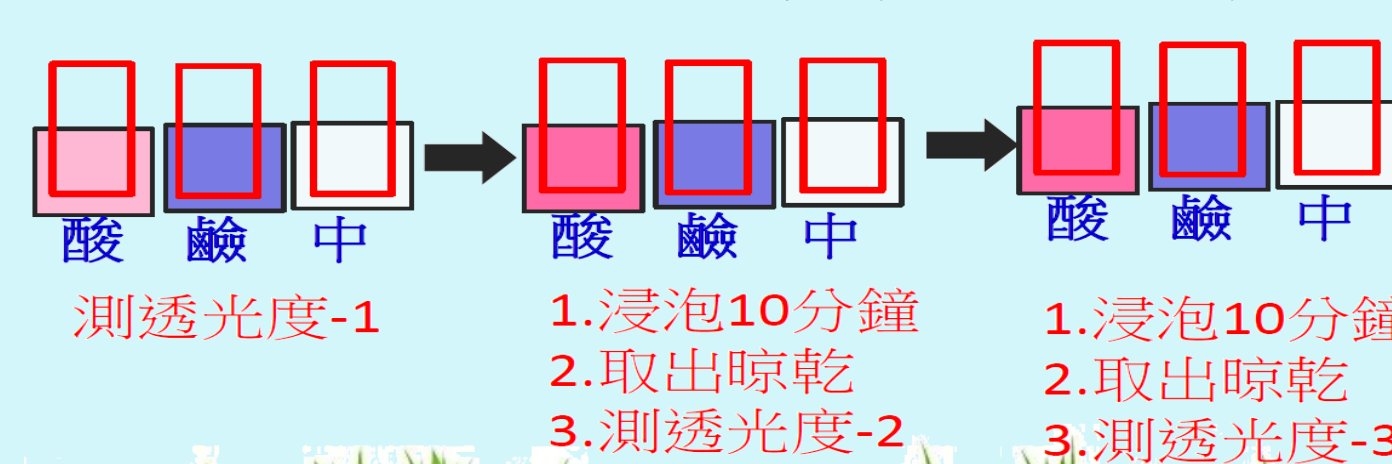
【實驗結果與討論】：Life天然色素粉、采鴻天然色素粉加酸鹼，顏色幾乎相同。梔子綠、紫甘薯不符合伊登十二色環混色，加蒸餾水符合混色原理；梔子紫加酸鹼中都符合混色原理。推測酸鹼可能影響色素性質。天然色素加酸鹼，顏色會改變。

目的五、目的五、人工色素與天然色素染色大解碼

研究5-1：浸泡不同酸鹼水溶液，對人工色素與天然色素定色有何影響？

【實驗步驟】：

- 染色：準備人工色素與天然色素水，放入濾紙泡1小時、取出晾乾。
- 定色：測原先酸鹼中性水溶液透光度



【實驗結果與討論】：
由【研究5-1】天然、人工色素遇到酸鹼時，對定色的影響，發現life色素、四色水，以泡醋20分鐘透光度較大。而純天然自己榨取汁液的胡蘿蔔、紫色高麗菜，反而在遇到酸鹼水溶液時，透光度變小，顯示自己榨取的天然色素的胡蘿蔔、紫色高麗菜，遇到酸鹼時有更色素溶解在水中，以致於透光度變小。

研究5-2：不同酸鹼，對食品色素的定色有何影響

【研究構想】：我們想知道天然色素與人工色素對食品染色效果影響。因此，利用餛飩皮模擬要染色的食品，進行以下實驗。

【實驗步驟】：改用餛飩皮其餘與研究5-1相同

【實驗結果與討論】：

從利用餛飩皮模擬食品染色、定色實驗，發現四色水、天然色素粉色效果，以蒸餾水較好，顯示色素被附著在餛飩皮中較多。從定色效果發現，紫薯粉泡醋酸，梔子紫浸泡小蘇打，梔子綠浸泡蒸餾水，顯示不同色素，定色效果不同。因本實驗僅用「餛飩皮」模擬食品進行實驗，若永其他食品例如麵條、包子、水餃皮效果，有待未來進行實驗。

表37：餛飩皮定色效果比較

色素類別	人工色素-四色水	天然色素粉-life色素、采鴻色素	自製天然色素
定色液效果%	紅色 黃色 藍色 綠色	紫薯粉 苜蓿粉 梔子綠 梔子紫 梔子綠 黃梔子	紫薯粉 苜蓿粉
泡蒸餾水%	-55.56 -63.64 -55.56 -60.00	-45.45 -33.33 -50.00 -66.67	-25.00 -55.56
泡醋酸%	-62.50 -50.00 -62.50 -70.00	-42.86 -60.00 -71.43 -55.56	-63.64 -50.00
泡小蘇打%	-57.14 -44.44 -70.00 -60.00	-55.56 -44.44 -60.00 -50.00	-45.45 -55.56

表35：酸鹼對人工色素與天然色素定色影響

定色透光度	天然色素粉-life色素	人工色素-四色水	天然色素
泡蒸餾水透光度(Ln)	紫薯粉 苜蓿粉 梔子綠 梔子紫	紅色 黃色 藍色 綠色 梔子綠 梔子紫	紫薯粉 苜蓿粉
泡醋酸20分鐘(Ln)	9 10 8 3	8 2 3 5 3	3
泡小蘇打20分鐘(Ln)	4 7 7 2	5 1 2 4 4	4
泡蒸餾水20分鐘(Ln)	7 5 4 3	6 2 3 10 8	8

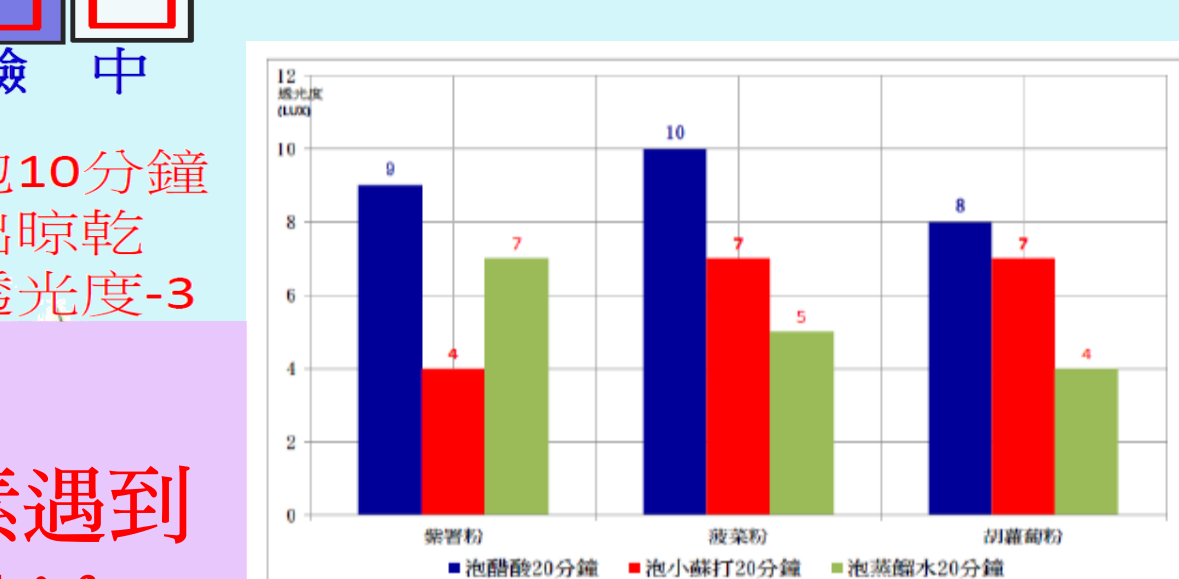


圖23：酸鹼對life天然色素定色影響

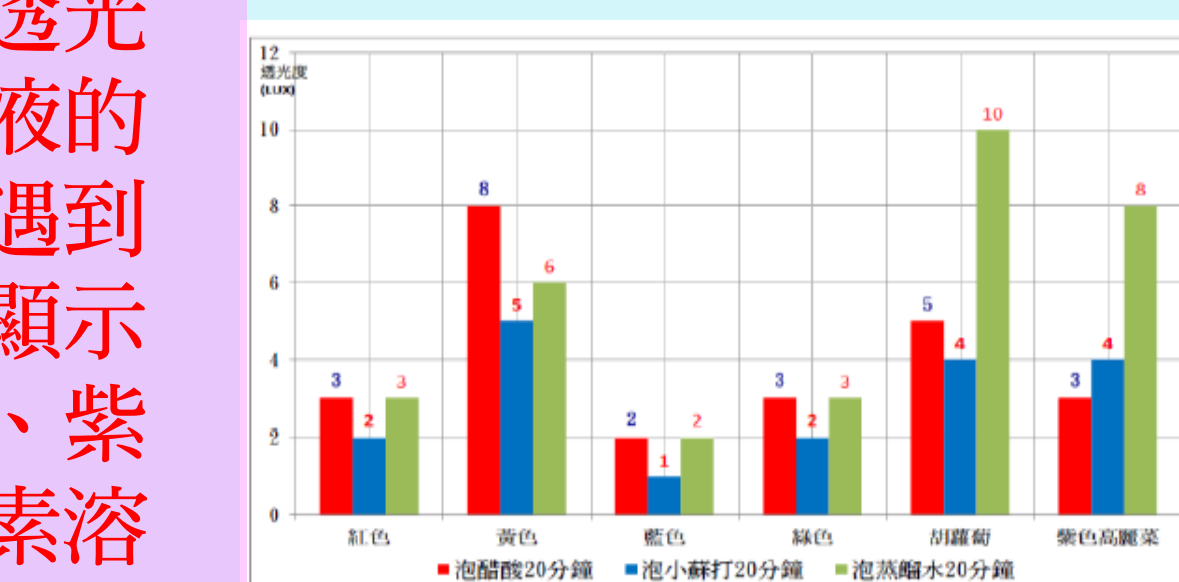


圖24：酸鹼對人工及天然色素定色影響

目的六、色素混合對色素顏色影響

研究6-1：人工色素混合，對色素顏色有何影響？

【研究構想】：我們想知道糖果中不同色素，混合後顏色是怎樣的？混色結果跟顏料混色原理一樣嗎？因此，我們找了糖果進行混色實驗，察顏色變化，並進行色層分析實驗。

【實驗步驟】：人工色素兩兩混色→色層分析→RGB分析→CMYK轉換

【實驗結果與討論】：

由【研究6-1】人工色素~色膏、四色水混合後，會產生新的顏色。例如四色水混色，紅+黃變成橘，紅+藍變成紫，黃+藍變成綠，都符合伊登十二色相環混色原理。因此，這些人工色素~色膏、四色水像顏料樣，具混色效果。



表39：色膏混色RGB色碼轉換為CMYK

色膏顏色混合	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
紅+藍	50.28	53.38	73.29	31%	27%	0%	71%
紅+橘	208.81	71.32	61.74	0%	66%	70%	18%
藍+橘	35.91	89.43	77.94	60%	0%	13%	65%



表41：四色水混色RGB色碼轉換為CMYK

四色水顏色混合	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
紅加綠	81.20	52.40	41.56	0%	33%	49%	68%
紅加黃	217.70	25.90	1.84	0%	88%	99%	15%
紅加藍	37.23	81.12	127.68	71%	36%	0%	50%
綠加黃	17.07	141.81	6.83	88%	0%	95%	44%
綠加藍	21.69	134.67	98.77	84%	0%	27%	47%
黃加藍	11.70	116.05	1.44	90%	0%	99%	54%

研究6-2：食品色素混合，對色素顏色有何影響？

【研究發現】：

由【研究6-2】食品色素混合後，會產生新的顏色。例如加拿大水果糖，紅+藍變成紫色。結果符合伊登十二色相環混色原理（紅+藍變成紫色）相同。

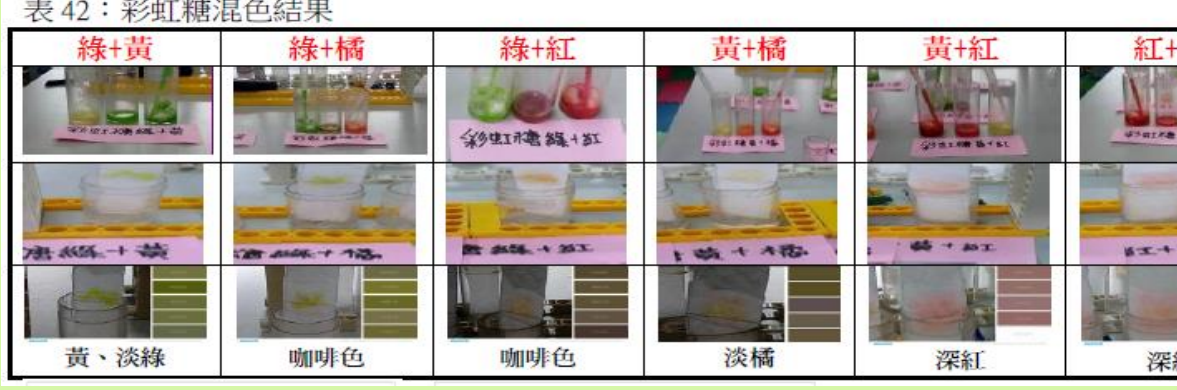


表43：彩虹糖混色RGB色碼轉換為CMYK

彩虹糖顏色混合	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
綠加黃	98.99	102.99	43.22	100%	0%	5%	6%
綠加橘	98.93	98.93	98.93	4%	0%	100%	6%
綠加藍	90.28	77.63	58.19	0%	14%	36%	65%
黃加橘	21.69	134.67	98.77	84%	0%	27%	47%
黃加藍	146.51	122.68	97.83	0%	16%	33%	43%
紅加橘	142.14	108.55	103.96	0%	24%	27%	44%
紅加藍	134.99	127.27	129.13	0%	6%	4%	67%
紅加黃	157.76	126.87	114.60	0%	20%	27%	38%
藍加黃	124.35	130.75	118.66	5%	0%	9%	49%
藍加藍	123.80	136.43	115.76	9%	0%	15%	46%
藍加黃	152.41	127.76	106.14	0%	16%	30%	40%
藍加紅	128.83	119.90	115.90	0%	7%	10%	49%



表45：采鴻天然色素混色RGB色碼轉換為CMYK

采鴻天然色素混色	Red	Green	Blue	青色(C)	紫紅色(M)	黃色(Y)	黑色(K)
藍+紫	71.32	70.58	94.15	24%	25%	0%	63%
藍+黃	113.72	119.73	54.04	5%	0%	55%	53%
紫+黃	120.37	91.14	31.22	0%	24%	74%	53%
綠+黃	139.84	121.85	22.16	0%	13%	84%	45%
綠+紫	98.42	84.71	66.14	0%	14%	33%	61%
綠+藍	88.20	107.75	78.94	18%	0%	27%	58%

研究6-3：天然色素混合，對色素顏色有何影響？

【研究發現】：

由【研究6-3】混色實驗，發現采鴻天然色素兩兩混色後，並未出現其他新的顏色，看到的顏色，也不符合伊登十二色相環混色原理。

目的七、色素應用

研究7-1：色素應用~天然色素與人工色素分辨大解碼。

【研究構想】：取市售蒟蒻椰果，進行色素分辨實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.混色實驗結果：發現蒟蒻椰果兩兩混色，在草莓(紅色)+鳳梨(淡綠)時出現紫色。
- 2.鹼酸試驗結果：蒟蒻椰果加酸加鹼後，顏色並未改變。

【實驗結果與討論】：

由【研究7-1】實驗發現混色實驗結果草莓(紅色)+鳳梨(淡綠)時出現紫色，產生新的顏色，符合伊登十二色相環混色原理。而加酸加鹼後，顏色並未改變。因此，可以確定蒟蒻椰果內含有的色素為「人工色素」，而非天然色素。

研究7-2：色素應用~人工色素畫。

【研究構想】：我們根據前面研究，將人工色素混色的效果，應用到彩繪各種顏色的布，而變成染布。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.四色水色素：紅+黃= 橘；黃+藍= 綠；紅+藍= 紫。
- 2.CMYK數值分析：四色水色素紅+黃、黃+藍、紅+藍混色，經CMYK數值分析，分別以紫紅、黃色顏料、黃色、青顏料、青、紫紅色顏料成分佔最多，都符合伊登十二色環混色的原理。

【實驗結果與討論】：

四色水除了當人工色素在食品，也可以應用在做混色的效果，跟水彩混色的效果一樣。符合伊登十二色相環混色原理（紅+藍= 紫、紅+黃= 橘、黃+藍= 綠）相同。

表48：人工色素畫

分析	第1幅	第2幅	第3幅	第4幅	第5幅
人工色素畫					
混色1	紅+黃= 橘	紅+黃= 橘	紅+藍= 紫	紅+黃= 橘	紅+藍= 紫
混色2	紅+藍= 紫	黃+藍= 綠	紅+黃= 橙	紅+藍= 紫	黃+藍= 綠

柒 討論

一、食品色素大解碼

人工色素有很多，先從生活中接觸的糖果開始研究。由【研究2-1】不同食品色素種類方面，先以常吃的糖果、巧克力含有哪些色素實驗。結果發現水果糖的色素，在利用色層分析後，除了有些顏色變淡，還出現了原本沒有的其他顏色。例如：彩虹糖的綠色出現淡黃及淡藍；ma&m巧克力的橙色出現紅色黃色；橙色出現淡黃及淡紅；加拿大水果糖綠色出現淡藍及淡黃。

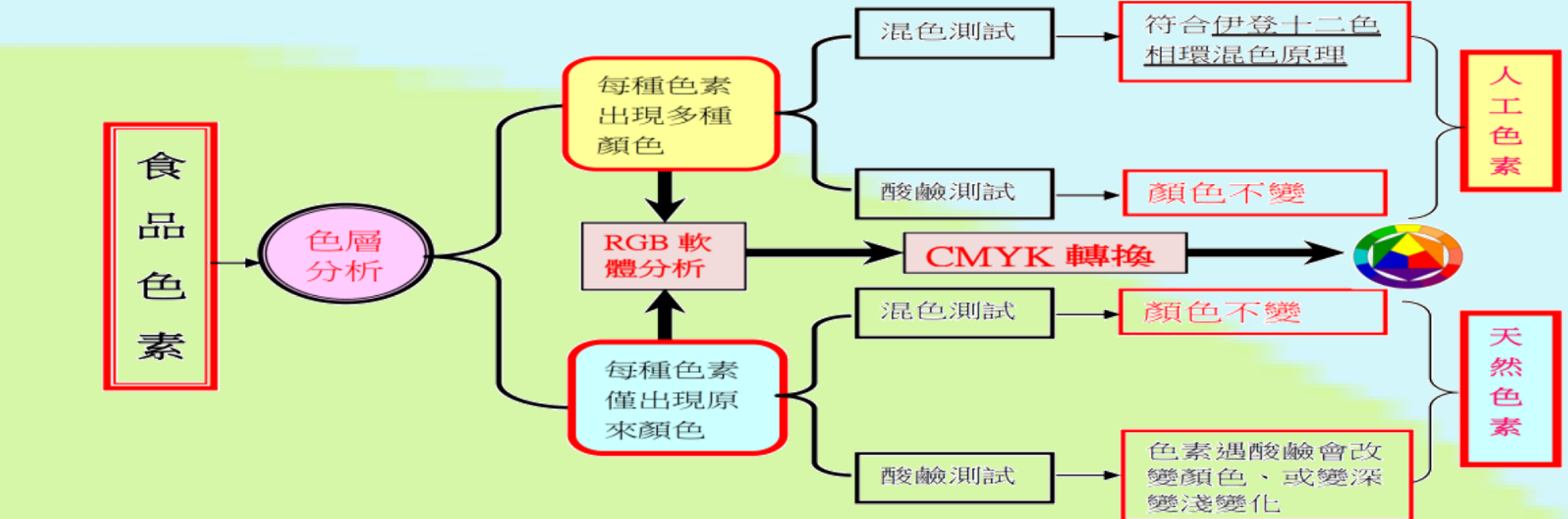
接著，更進一步從生活中接觸到吃紅蛋時的色素（紅色6號、紅色7號）、四色水、色膏人工色素進行色層分析。由【研究2-2】發現市售的人工色素~四色水、色膏、香香香人工色素，都出現了原來顏色沒有的顏色。四色水人工色素，綠色色素水出現綠色、淡藍色、淡黃色；色膏人工色素，橙色出現黃色、紅色及淡黃，紫色出現淡藍及深紅；香香香人工色素，紅色7號出現淡藍、淡紫、深藍色。

在後續【研究6-1】、【研究6-2】人工色素混合發現，人工色素~色膏、四色水混合後，會產生新的顏色。例如四色水混色，紅+黃變成橘，紅+藍變成紫，黃+藍變成綠。符合伊登十二色相環混色原理。因此，這類人工色素，其實色素混合後的結果，與顏料混合是一樣。

而在【研究6-2】食品色素混合方面，找了糖果中色素進行混色實驗。結果發現彩虹糖、加拿大水果糖、加拿大水果糖、m&m巧克力，糖果中色素混合後，會產生新的顏色。例如：紅+藍變成紫色。結果符合伊登十二色相環混色原理（紅+藍變成紫色）相同。表示這類糖果，其色素混合後的結果，與顏料混合是一樣。

而在【研究6-3】天然色素(采鴻天然色素)，兩兩混色後，並未出現其他新的顏色，看到的顏色，也不符合伊登十二色相環混色原理。

根據以上研究發現，食品色素分析如下：



- 二、天然色素的研究（詳見說明書）
- 三、色素定色的研究（詳見說明書）

捌 結論

- 一、色層分析效果：以用廚房吸水紙，95% 酒精進行色層分析效果好。
- 二、糖果中的色素為人工色素，經CMYK數值分析，符合伊登十二色環混色原理。
- 三、天然色素與人工色素比較：
 - (一)色層分析：天然色素，未出現新的顏色；人工色素出現新的顏色。
 - (二)加入酸鹼變化：天然色素加酸鹼色素的顏色會改變，人工色素不變。
 - (三)色素混色變化：天然色素不符合伊登十二色環混色原理；人工色素符合伊登十二色環混色原理。
- 四、色素染色、定色效果：不同色素，浸泡酸鹼中性液體，定色效果不同。
- 五、利用人工色素具混色效果，可以製作人工色素畫。

玖 未來展望與建議

本研究從食安出發，企圖找出色素種類及特性，未來可進一步探討：

- 一、創意性：本研究利用Colors色票擷取工具分析變色程度，更精準判斷食品色素的顏色。為了量化色素中顏色種類，先利用ImageJ軟體將看到的顏色轉換成RGB，再用CMYK軟體轉會成顏料，讓我們知道色素所含顏料，確認色素是否符合伊登十二色相環混色原理。
- 二、應用性：人工色素應該盡量少用，但天然色素顏色較淺，如何開發更多元天然色素，又具多元顏色，是未來努力目標。
- 三、未來建議：本研究僅探討糖果的色素，其實還有很多食品具有色素，未來可繼續研究。

拾 參考文獻(詳見說明書)