

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080205

藍晒圖不只是「藍」晒圖

學校名稱：苗栗縣頭份市后庄國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳莞晴	蔡鳳娥
小五 黎耘錠	

關鍵詞：「藍」晒圖

藍晒圖不只是「藍」晒圖

摘要

傳統藍晒圖是利用檸檬酸鐵銨加赤血鹽的光反應，在紙上形成普魯士藍沉澱，再用水洗去未感光部分，留下藍色圖案。我們探究顯色差異創造多重色彩，突破傳統藍晒圖僅有藍色的限制。研究「定影劑」對顯色的影響，發現氫氧化鈉可使日晒區域呈米黃色；並嘗試使用蝶豆花汁、紫色高麗菜汁作顯影劑，搭配不同定影劑創造多色顯影。透過系統性實驗，探討「定影劑、紙張材質、光照射度與曝光時間、乾燥方式」對藍晒效果的影響；並研究「顯影劑與定影劑」交互作用的色彩變化。研究中以「色相、輪廓清晰度、色彩對比值」量化結果，並由結果反推實驗變因，讓藍晒圖不只是「藍晒圖」；而是能透過改變製程及配方組合，創造出專屬的客製化作品。

壹、研究動機

上自然課的時候，老師帶我們一起做藍晒圖，我們把葉子放在感光紙上，並放在陽光下曝曬一段時間後再洗掉，看到那些白色的紙上出現了美麗的藍色圖案，感覺真是美呆了！但也疑惑為什麼有些同學作出來的圖顏色可以這麼鮮艷美麗，有些確暗淡無光？我們開始對藍晒圖產生了興趣，想要更深入地研究，了解不同的光線、時間和材料會怎麼影響藍晒圖的效果，還有是否可以創造出更多顏色的藍晒圖。

希望我們的研究能帶來更有創意的藍晒圖呈現方式！並將成果分享給老師同學們，幫助大家都可以創作出美麗的藍晒圖作品。

貳、研究目的

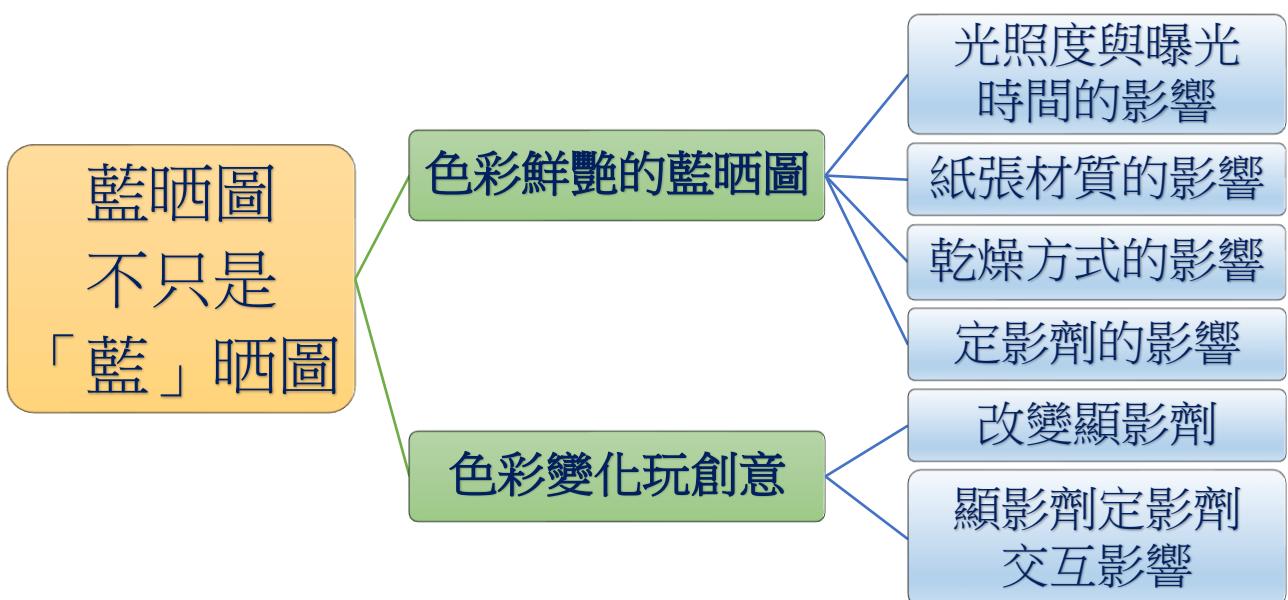


圖 1：研究架構圖(本圖由作者製作)

一、做出色彩鮮艷的藍晒圖—影響藍晒圖效果的因素

- (一) 研究「光照度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響。
- (二) 研究「紙張材質」對藍晒圖效果的影響。
- (三) 研究「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響。
- (四) 研究「定影劑」對藍晒圖效果的影響。

二、色彩變化玩創意—製作多色藍晒圖的方法

- (一) 不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響。
- (二) 「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響。

參、文獻回顧

一、中華民國 61 屆中小學科學展覽會/國小組化學科/藍色狂想曲-藍晒變色探究

研究深入探討了多種因素對藍晒反應的影響，包括還原劑的種類及其與氯化鐵的比例、反應物的混合順序、是否加熱以及使用的光源種類，為發展更簡便且安全的藍晒實驗提供了重要的科學依據。

(一) 新的藍晒方法：

1. 使用日光燈和 LED 燈來驅動藍晒反應，取代了傳統所需的紫外線，使得實驗更加安全、便宜且不受天氣限制。
2. 由於日光燈的亮度較高 (2900 lux)，通常可以獲得較好的顯色效果、更快的反應速率以及更高的吸收度。

(二) 還原劑的影響：

1. 檸檬酸鈉：當檸檬酸鈉與氯化鐵的比例為 1:1 時，以 BC+A (氯化鐵+赤血鹽+檸檬酸鈉) 的順序混合溶液，並在刷完濾紙後用熱風吹乾再照光，可以得到對比最明顯的藍晒圖形。
2. 蘋果酸鈉：相較於檸檬酸鈉，使用蘋果酸鈉作為還原劑時，無論是 1:1 還是 1:2 的比例，整體反應的吸收度都較低，這可能表示蘋果酸鈉的還原能力較弱，導致反應速率較慢。
3. 酒石酸鉀鈉：還原能力較強，通常產生的藍色會比較深。在 1:1 的比例下，不加熱的條件下，使用日光燈或 LED 燈照射，藍晒圖的字體顯色效果較好。。

(三) 混合順序的重要性：

1. 還原劑、氯化鐵和赤血鹽這三種反應物加入的順序，對於藍晒圖的最終效果、化學反應的速率以及光吸收的程度都有顯著的影響。
2. 加熱的影響：在藍晒過程中是否進行加熱也會產生不同的結果。對於使用檸檬酸鈉作為還原劑的情況，將刷上感光液的濾紙用熱風吹乾後再進行日光燈照射，通常可以得到更好的藍晒圖效果和更快的反應速率

(四) 試劑比例的影響：

1. 改變還原劑與氯化鐵之間的比例會直接影響藍晒圖的顏色深淺以及反應進行的速度。

二、中華民國 57 屆中小學科學展覽會/國小組化學科/ "藍"住陽光, "晒"出幸福 - 藍晒關鍵揭迷

透過多項實驗，深入探討了藍晒過程中感光液比例、紙張選擇、光源影響、沖洗液效果以及調色方法等多個關鍵因素，並驗證了藍晒法在檢測抗 UV 產品和製作藝術品方面的實用性。

(一) 關鍵因素

1. 感光液比例與呈色：在陽光曝晒下，感光液中檸檬酸鐵銨比例較高時，變色速度較快。而在紙張上進行藍晒時，檸檬酸鐵銨與鐵氰化鉀的混合溶液比例為 60:40 時，會呈現最均勻且最深的深藍色。
2. 最佳紙張選擇：實驗發現，紙張的吸水性、紋路和磅數會影響藍晒感光紙曝光後的顏色。由於日本水彩紙 300 磅具有紋路均勻、吸水性佳的特性，且呈現的深藍色最均勻，因此被評選為製作藍晒圖的最佳紙張。
3. 最佳光源與主要色光：太陽光是藍晒的最佳光源，其次是紫外線燈箱，其他替代光源效果不佳。研究進一步發現，在可見光中，藍光是影響藍晒感光的主要色光，其次依序為綠光、黃光、紅光。此外，藍晒的感光時間可以作為檢測紫外線指數的依據。
4. 最佳沖洗液：適合藍晒圖的沖洗液是鹼性溶液和中性溶液，因為它們能呈現較深的深藍色。中性的 1% 雙氧水溶液是最佳的沖洗液，可以使藍晒感光紙的顏色更深且鮮豔，增加作品的層次感。
5. 藍晒調色：許多物質可以用於藍晒調色。紅茶、綠茶、烏龍茶和咖啡等含有鞣酸的溶液可以用來將藍晒圖調成不同深淺的褐色，浸泡濃度越高、時間越長，顏色越深，其中烏龍茶和綠茶的調色效果佳，呈現深褐色。單寧酸的調色效果最佳，可使藍晒圖呈現深褐色。硼砂、碳酸鈉和漂白水可以淡化藍晒圖的顏色。檸檬酸和雙氧水可以加深藍晒圖的顏色。

(二) 生活應用：

1. 藍晒法可以用於檢測市售抗 UV 產品（如抗 UV 眼鏡、雨傘、帽子、防晒乳和防嗮噴霧）的功效，實驗證明這些產品確實具有抗 UV 的效果
2. 藍晒法也可用於製作藍晒書籤和相片等藝術品。

三、文獻探討及本研究內容名詞定義說明

(一) 藍晒圖：

藍晒圖是一種化學顯影技術，傳統上利用檸檬酸鐵銨與赤血鹽，經陽光產生普魯士藍沉澱於紙上，再用水洗去未感光部分的藥劑，顯現出藍色圖案。本實驗進一步研究使用不同的顯影劑與定影劑，觀察呈現的效果。

(二) 顯影劑：

傳統藍晒圖中，是使用檸檬酸鐵銨和赤血鹽做為顯影劑，光照促使化學反應形成藍色。本實驗研究改變「顯影劑」的重類，以創造多色效果。

(三) 定影劑：

在藍晒圖顯影後，會使用不同的溶液作為定影劑浸泡圖紙，顯影劑和定影劑的化學反應也會影響最終成圖的顏色及色彩對比值，

(四) 色彩對比值

Contrast Ratio，中文稱「對比值」是畫面中的兩個相鄰顏色之間的亮度差異值。對比值範圍由 1 到 21 組成(包含小數點後兩位，通常會以 1:1 到 21:1 表示) **比例越大對比越高**，越容易以人眼辨識。

(五) HEX 色彩模型

HEX 色碼是以十六進位值來代表不同色彩模式中的顏色的一種方式。十六進位色碼的格式為#RRGGBB，其中 RR 是紅色，GG 是綠色，而 BB 則是藍色。這些十六進位整數可以落在 00 到 FF 的範圍內以指定顏色的強度。

(六) RGB 色碼

HEX 16 進位色碼還原成 10 進位色碼，就成為 RGB 色碼。色光三原色指的是**紅 (Red)、綠 (Green)、藍 (Blue)**三種色光，色光使用「加法混合」進行顏色混合，加入的色彩越多，則混合後的顏色會越亮，透過不同比例和強度的色光混合，能呈現出各種需要的色彩，通常在電腦螢幕裡，能夠使用紅、綠、藍 (RGB) 各 256 階，組合出 1677 萬 ($256 \times 256 \times 256 = 16777216$) 種顏色。

(七) HSB 色彩模型

HSB 色彩模型使用色相 (H)、彩度(S) 和亮度 (B) 三種元素來定義色彩。HSB 也稱為 HSV (使用色相、彩度和亮度值三種元素)。色相描述色彩的色素，以標準色輪上位置的角度表示。例如，紅色是 0 度，黃色是 60 度，綠色是 120 度、青色是 180 度，**藍色是 240 度**，而洋紅色是 300 度。

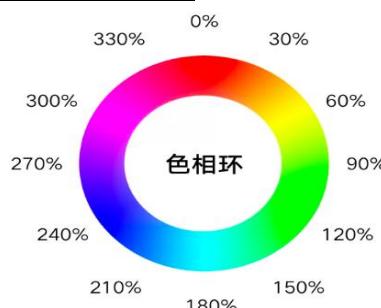


圖 2：色相環 (本圖片引自品牌行銷點點讚網站)

(八) 紫色高麗菜汁 pH 值顏色變化



圖 3：紫色高麗菜 pH 值顏色變化(本圖片引自東海大學 普通化學實驗室網站)

(九) 蝶豆花汁 pH 值顏色變化

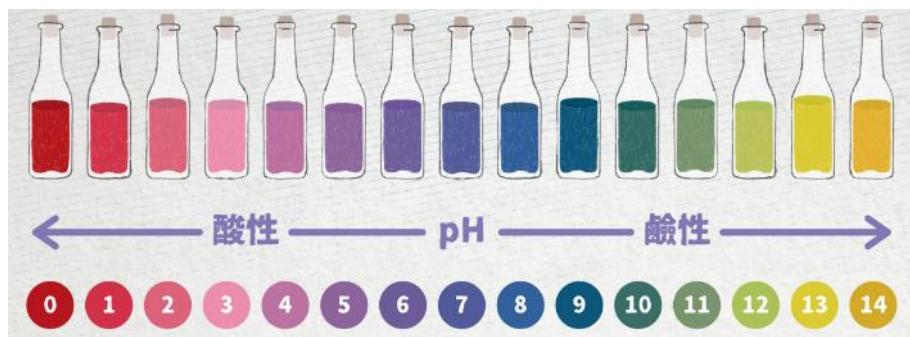


圖 4：蝶豆花汁 pH 值顏色變化(本圖片引自勤美學 CMP Village 網站)

(十) 廣用試紙 pH 值顏色變化

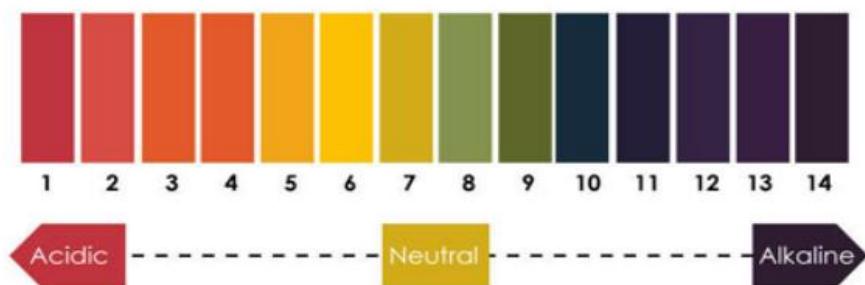


圖 5：廣用試紙 pH 值顏色變化(本圖片引自勤美學網站)

肆、研究設備及器材

- (一) 設備：燒杯、量筒、筷子。
- (二) 紙張：1.Double A80 影印紙、2.素描紙、3.日本水彩紙、4.書面紙、5.銅板紙、6.圖畫紙。
- (三) 實驗材料：檸檬酸鐵銨、赤血鹽、水、雙氧水、醋、小蘇打水、石灰水、氫氧化納、鹽酸、食鹽、洗碗精、蝶豆花、紫色高麗菜、廣用試紙、投影片。
- (四) 微元科技-色彩對比值檢測網站
- (五) 手機 APP
 - 1. Light Meter：檢測環境亮度(單位：流明)。
 - 2. Pixeur：檢測 HEX 色碼。

伍、研究過程或方法

一、製作「藍晒圖」

(一) 流程一：調配「藍晒感光顯影劑」

1. 取檸檬酸鐵銨 10 克溶解於 40cc 純水。
2. 取鐵氰化鉀(赤血鹽)5 克溶解於 50cc 純水。
3. 混合以上兩種液體，成為「藍晒感光顯影劑」。
4. 將「藍晒感光顯影劑」保存於不透光的瓶子。

(二) 流程二：製作「藍晒感光紙」

1. 將紙張裁成適合的大小。
2. 將「藍晒感光顯影劑」倒入盤中，用刷子均勻塗紙上。
3. 放陰涼處待乾(注意避免放強光下)。

(三) 流程三：製作「遮光圖卡」

1. 利用電腦繪圖，將圖案印在透明投影片上。
2. 亦可用油性筆，在透明投影片上繪圖。

(四) 流程四：「藍晒圖顯影」

1. 準備木片底版，依序擺上「藍晒感光紙」、遮光「遮光圖卡」，最後蓋上透明壓克力版，用長尾夾在固定(注意長尾夾不要遮到藍晒感光紙)。
2. 放到陽光下曝曬一段時間。

(五) 流程五：「藍晒圖定影」

1. 收回感光後的圖紙，用定影劑浸泡一段時間。
2. 再放入清水沖洗後，晾乾或晒乾，即成「藍晒圖」。

二、研究量化指標

(一) 取樣方法：每組實驗做出三組樣本，偵測三組樣本數據的平均值及標準差。

(二) 環境亮度：以 Light Meter APP 測環境亮度。

(三) 色相(H)：

1. 以色相(H) ± 2 個標準差代表 95% 信賴區間。
2. 將處理後的藍晒圖實驗樣本掃描後，以 Pixeur APP 匯入掃描圖檔，分別偵測「日晒部份」和「遮避部份」的 HEX 色碼值及 HSB(色相 H、彩度 S、亮度 B)。
3. 在 Pixeur APP 匯入國際標準色卡，得知 Pixeur APP 偵測具準確度。

(四) 色彩對比值：將「日晒部份」和「遮避部份」的兩個 HEX 色碼值輸入微原科技-色彩對比值檢測網站，系統將計算出顏色對比值。

(五) 輪廓清晰度：本實驗用雙層星形，共有 10 個鈍角及 10 個銳角，計算 20 個角中清晰角的數量比例，作為輪廓清晰度。



圖 6：藍晒圖顯影
(本圖由作者拍攝)

三、實驗一：「光亮度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

- (一) 在校園尋找不同亮度的區域，使用手機 APP-Light Meter 檢測環境亮度(單位：流明)。
- (二) 測量並記錄光強度。
- (三) 用素描紙製作「藍晒感光紙」(流程二)。
- (四) 進行不同時間的「藍晒圖顯影」(流程四)。
- (五) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以水做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。
- (六) 觀察並記錄藍晒圖效果。



圖 7：曝光時間對藍晒圖效果的影響

(本圖由指導教師拍攝)



圖 8：強光下的藍晒圖效果實驗

(本圖由指導教師拍攝)

四、實驗二：「紙張材質」對藍晒圖效果的影響

- (一) 製作不同材質的「藍晒感光紙」(流程二)。
- (二) 進行「藍晒圖顯影」(流程四)。
- (三) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以水做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。
- (四) 觀察並記錄藍晒圖效果。

五、實驗三：「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響

- (一) 用素描紙製作「藍晒感光紙」(流程二)。
- (二) 進行「藍晒圖顯影」(流程四)。
- (三) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以水做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。
- (四) 觀察並記錄藍晒圖效果。

六、實驗四：「定影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 用素描紙製作「藍晒感光紙」(流程二)。
- (二) 進行「藍晒圖顯影」(流程四)。
- (三) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以不同的溶液做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。
- (四) 檢測並計算並記錄藍晒圖效果。
 1. 日晒區域呈現色彩。
 2. 日晒區域與缺乏日晒區域交介處的圖案輪廓清晰度。

3. 色彩對比值：利用手機 APP-Pixeure 檢測日晒區域與缺乏日晒區域的 HEX 色碼，將 HEX 色碼輸入色彩對比值檢測網站，以得知色彩對比值。
4. 比較定影後水洗及定影後水洗的效果差異。

七、實驗五：不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 紫色高麗菜汁「感光顯影劑」：將紫色高麗菜切成小塊，放入少許熱水熬汁，取紫色高麗菜汁做「紫色高麗菜汁感光顯影劑」。
- (二) 用素描紙製作「紫色高麗菜汁感光紙」(流程二)。
- (三) 進行「紫色高麗菜汁感光顯影」(流程四)。
- (四) 取「蝶豆花」浸泡熱水，依上述(二)~(四)的步驟進行「蝶豆花汁感光顯影」。
- (五) 觀察並記錄「紫色高麗菜汁感光顯影」及「蝶豆花汁感光顯影」效果。

八、實驗六：不同的「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果影響

- (一) 進行「紫色高麗菜汁定影」(流程五)，以不同的溶液做定影劑，浸泡 10 秒沖水晾乾。
- (二) 觀察並記錄紫色高麗菜汁感光顯影效果。
- (三) 分別使用不同的溶液做定影劑，進行「紫色高麗菜汁定影」、「蝶豆花汁定影」。
- (四) 觀察並記錄蝶豆花汁顯影效果及顏色呈現。

陸、研究結果

一、實驗一：「光度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

(一) 75,000 流明光度下，「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

(控制變因：紙張材質-素描紙、乾燥方式-戶外晒乾、定影劑-水)

1. 實驗結果

曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
1 分鐘			
5 分鐘			
10 分鐘			
15 分鐘			
20 分鐘			

曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
30 分鐘			
60 分鐘			
120 分鐘			
180 分鐘			

圖 9：75,000 流明光度下，曝光時間對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

2. 結果分析

表 1：75,000 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響

對比值 時間	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	平均值+2 個標準差	平均值-2 個標準差	對比值 效果排名
1 分鐘	2.29	2.42	2.27	2.33	0.08	2.49	2.16	3
5 分鐘	2.82	2.24	3.40	2.82	0.58	3.98	1.66	1 ★
10 分鐘	2.84	2.59	2.26	2.57	0.29	3.15	1.99	2
15 分鐘	2.03	2.44	2.49	2.32	0.25	2.82	1.82	4
20 分鐘	1.89	2.19	2.04	2.04	0.15	2.33	1.74	5
30 分鐘	1.48	2.25	1.49	1.74	0.44	2.62	0.86	6
60 分鐘	1.39	1.41	2.17	1.66	0.44	2.54	0.77	7
120 分鐘	1.54	1.62	1.72	1.63	0.09	1.80	1.46	8
180 分鐘	1.38	1.42	1.38	1.39	0.02	1.43	1.35	9

※記錄說明：色彩對比值是畫面中的兩個相鄰顏色之間的亮度差異值。對比值範圍由 1 到 21 組成，比值越大對比越高，代表圖型感光與遮光部份對比愈大，成圖效果愈好；取±2 個標準差代表 95% 信賴區間。

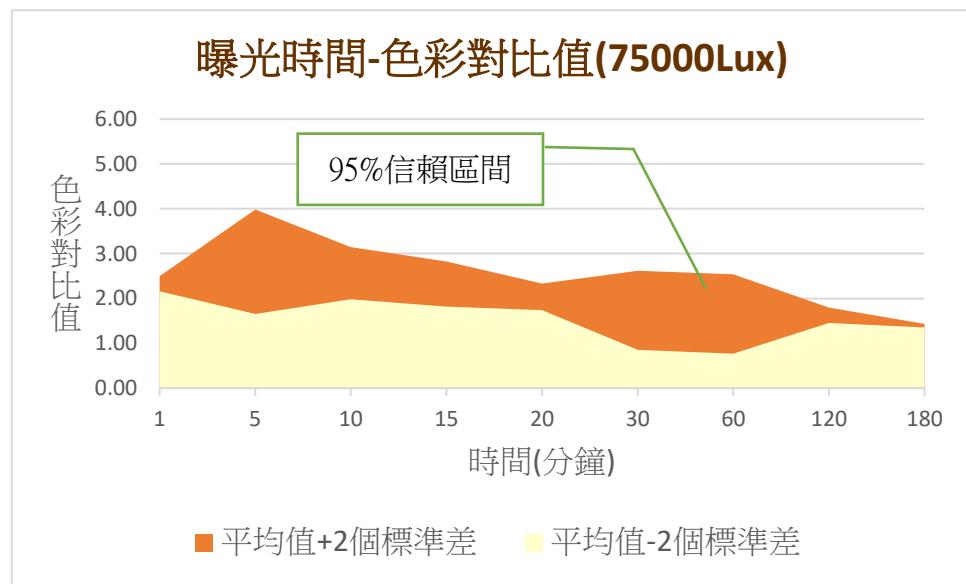


圖 10：75,000 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響(本圖由作者製作)

(二) 55,000 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

(控制變因：紙張材質-素描紙、乾燥方式-戶外晒乾、定影劑-水)

1. 實驗結果

曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
1 分鐘				30 分鐘			
5 分鐘				60 分鐘			
10 分鐘				120 分鐘			
15 分鐘				180 分鐘			
20 分鐘							

圖 11：55,000 流明光度下，曝光時間對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

2. 結果分析

表 2：55,000 流明光度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響

對比值 時間	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	平均值+2 個標準差	平均值-2 個標準差	對比值 效果排名
1 分鐘	1.80	2.13	2.35	2.09	0.28	2.65	1.54	3
5 分鐘	2.07	2.48	1.91	2.15	0.29	2.73	1.57	2
10 分鐘	1.99	1.98	2.64	2.20	0.38	2.96	1.44	1 ★
15 分鐘	1.97	1.88	2.41	2.09	0.28	2.65	1.52	4
20 分鐘	1.78	1.88	2.23	1.96	0.24	2.44	1.49	6
30 分鐘	2.10	2.02	2.07	2.06	0.04	2.14	1.99	5
60 分鐘	1.13	1.45	1.34	1.30	0.16	1.63	0.98	7
120 分鐘	1.25	1.29	1.33	1.29	0.04	1.37	1.21	8
180 分鐘	1.37	1.17	1.32	1.29	0.10	1.49	1.08	9

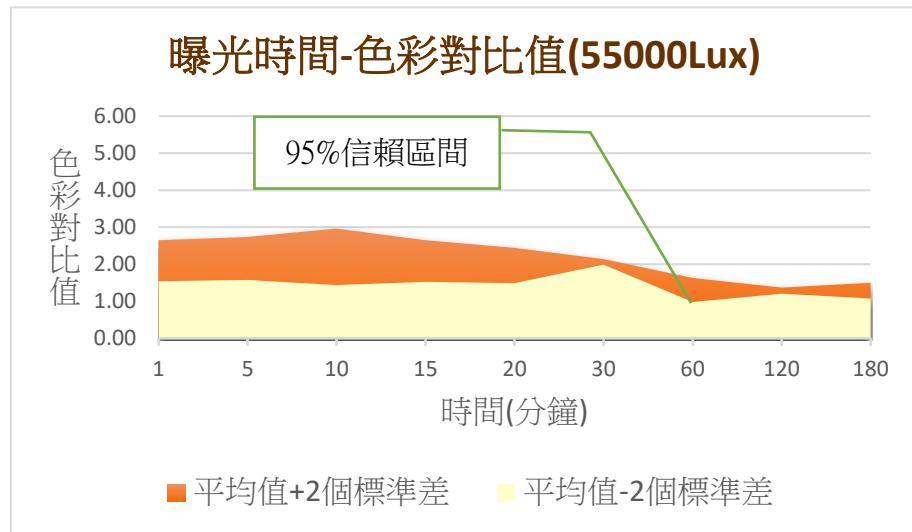


圖 12：55,000 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響
(本圖由作者製作)

(三) 36,600 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

(控制變因：紙張材質-素描紙、乾燥方式-戶外晒乾、定影劑-水)

1. 實驗結果

曝光時間	第一次實驗			第二次實驗			第三次實驗		
	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
1 分鐘									
5 分鐘									
10 分鐘									
15 分鐘									
20 分鐘									

圖 13：36,600 流明光照度下，曝光時間對藍晒圖效果的影響(本圖由作者親自製作及掃描)

2. 結果分析

表 3：36,600 流明光度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響

對比值 時間 \ 實驗	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	平均值+2 個標準差	平均值-2 個標準差	對比值 效果排名
1 分鐘	2.39	2.35	2.36	2.36	0.02	2.40	2.32	6
5 分鐘	2.68	2.47	2.41	2.52	0.14	2.80	2.24	4
10 分鐘	2.43	2.37	2.42	2.41	0.03	2.47	2.34	5
15 分鐘	2.48	2.09	3.02	2.53	0.47	3.47	1.59	3
20 分鐘	2.55	2.56	2.52	2.54	0.02	2.58	2.50	2
30 分鐘	3.30	2.79	2.35	2.81	0.48	3.77	1.86	1 ★
60 分鐘	1.62	2.02	1.80	1.82	0.20	2.22	1.41	9
120 分鐘	2.19	1.84	2.00	2.01	0.18	2.36	1.65	7
180 分鐘	1.83	1.71	1.97	1.84	0.13	2.10	1.58	8

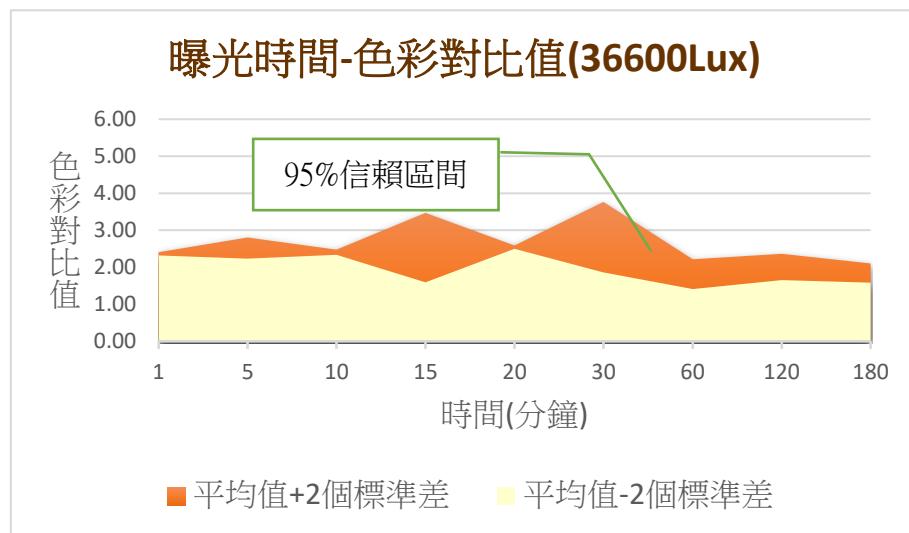


圖 14：36,600 流明光度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響
(本圖由作者製作)

(四) **10,600 流明光度下，「曝光時間」對藍晒圖效果的影響**
(控制變因：紙張材質-素描紙、乾燥方式-戶外晒乾、定影劑-水乾)

1. 實驗結果

曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
1 分鐘				30 分鐘			
5 分鐘				60 分鐘			
10 分鐘				120 分鐘			
15 分鐘				180 120 分鐘			
20 分鐘							

圖 15：10,600 流明光度下，曝光時間對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

2. 結果分析

表 4：10,600 流明光度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響

對比值 時間	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	平均值+2 個標準差	平均值-2 個標準差	對比值 效果排名
1 分鐘	1.11	1.14	1.31	1.19	0.10	1.40	0.98	9
5 分鐘	1.33	1.46	1.32	1.37	0.08	1.52	1.22	8
10 分鐘	1.64	1.70	1.73	1.69	0.04	1.78	1.60	7
15 分鐘	1.62	2.07	2.04	1.91	0.25	2.40	1.41	6
20 分鐘	2.06	2.17	2.33	2.19	0.14	2.46	1.92	5
30 分鐘	3.10	2.62	2.82	2.85	0.24	3.32	2.37	3
60 分鐘	2.53	2.83	2.47	2.61	0.19	3.00	2.22	4
120 分鐘	2.76	4.30	3.01	3.36	0.83	5.01	1.70	2
180 分鐘	3.58	2.94	4.07	3.53	0.57	4.66	2.39	1 ★

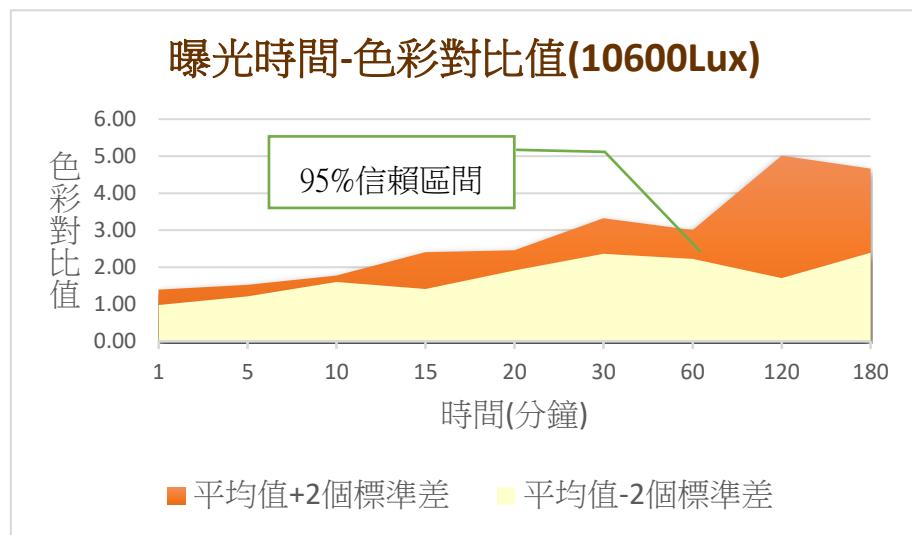


圖 16：10,600 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響
(本圖由作者製作)

(五) 460 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

(控制變因：紙張材質-素描紙、乾燥方式-戶外晒乾、定影劑-水)

1. 實驗結果

曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
1 分鐘			
5 分鐘			
10 分鐘			
15 分鐘			
20 分鐘			

曝光時間	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
30 分鐘			
60 分鐘			
120 分鐘			
180 分鐘			

圖 17：460 流明光照度下，曝光時間對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

2. 結果分析

表 5：460 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響

對比值 時間 \ 實驗	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	平均值+2 個標準差	平均值-2 個標準差	對比值 效果排名
1 分鐘	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	9
5 分鐘	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	9
10 分鐘	1.04	1.02	1.04	1.03	0.02	1.06	1.00	7
15 分鐘	1.05	1.07	1.01	1.05	0.03	1.10	0.99	6
20 分鐘	1.01	1.07	1.08	1.05	0.04	1.13	0.98	5
30 分鐘	1.06	1.10	1.03	1.06	0.04	1.14	0.99	4
60 分鐘	1.17	1.30	1.19	1.22	0.07	1.35	1.08	3
120 分鐘	1.47	1.37	1.25	1.36	0.11	1.59	1.14	2
180 分鐘	1.40	1.58	1.40	1.46	0.11	1.67	1.25	1 ★

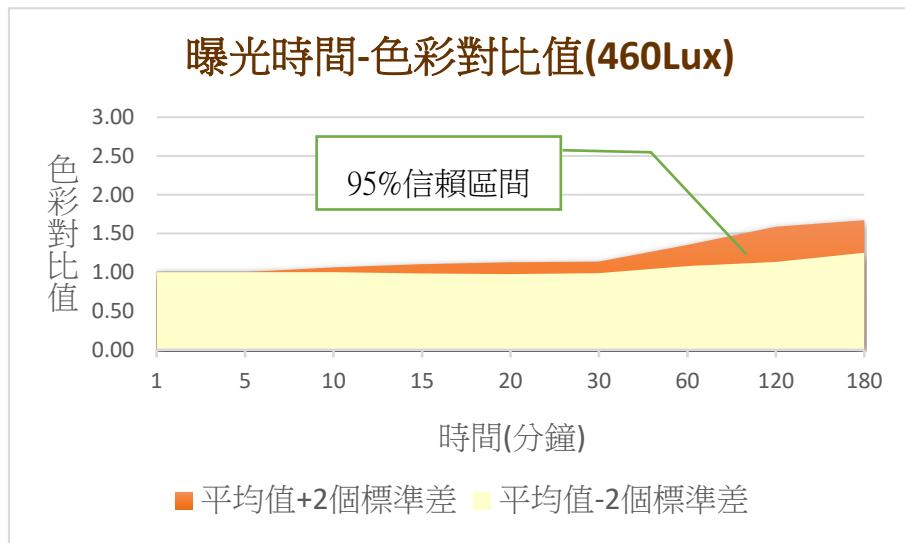


圖 18：460 流明光照度下，「曝光時間」對藍晒圖色彩對比值效果的影響
(本圖由作者製作)

二、實驗二：「紙張材質」對藍晒圖效果的影響

(一) 實驗結果

(控制變因：日晒亮度-75,000 流明、日晒時間-5 分鐘、乾燥方式-戶外晒乾、定影劑-水。)

紙張材質	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
1. 影印紙			
2. 素描紙			
3. 日本水彩紙			
4. 書面紙			
5. 銅板紙			
6. 圖畫紙			

圖 19：「紙張材質」對藍晒圖效果的影響((本圖由作者製作及掃描)

(二) 結果分析

表 6：「紙張材質」對藍晒圖效果的影響

紙張材質	色相(H)	輪廓清晰度	色彩對比值
1.影印紙	215	100%	3.83
2.素描紙	207	100%	4.11
3.日本水彩紙	211	100%	4.51
4.書面紙	212	100%	4.07
5.銅板紙	202	47%	1.44
6.圖畫紙	210	100%	2.90

※記錄說明

1. 色相(H)：以 HSB 色彩模型色相 (H) 描述色彩的色素，以標準色輪上位置的角度表示。例如，紅色是 0 度，黃色是 60 度，綠色是 120 度、青色是 180 度，藍色是 240 度，洋紅色是 300 度。
2. 輪廓清晰度：實驗採用透明投影片印黑色雙層五角星，有 10 個銳角、10 個鈍角，合計 20 個角，計算輪廓清晰的角數量百分比，輪廓清晰度數值愈大，代表成圖效果愈好。
3. 色彩對比值：指畫面中的兩個相鄰顏色之間的亮度差異值。對比值範圍由 1 到 21 組成，比值越大對比越高，代表圖型感光與遮光部份對比愈大，成圖效果愈好

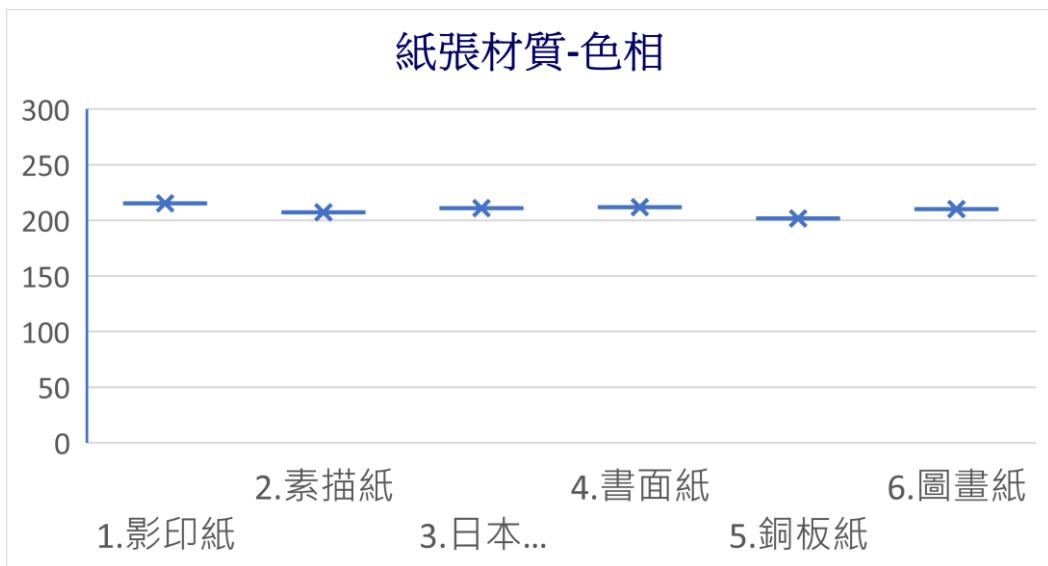


圖 20：「紙張材質」對藍晒圖「色相」的影響(本圖由作者製作)

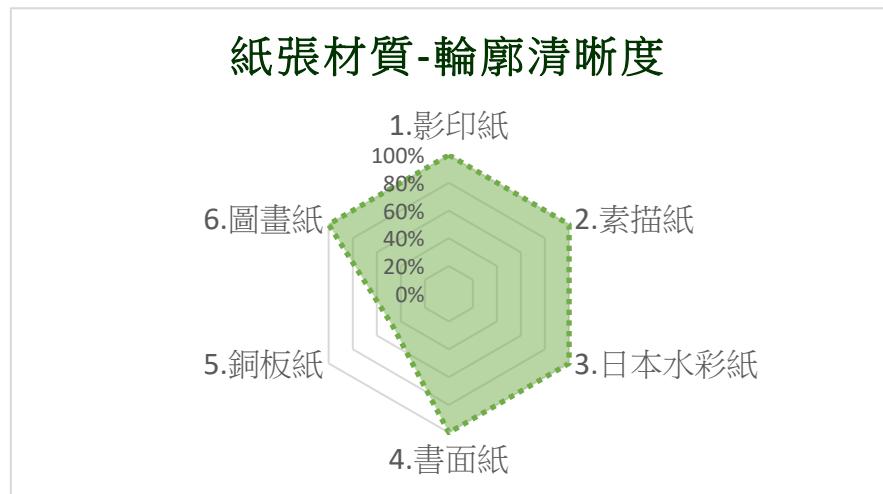


圖 21：「紙張材質」對藍晒圖「輪廓清晰度」的影響(本圖由作者製作)

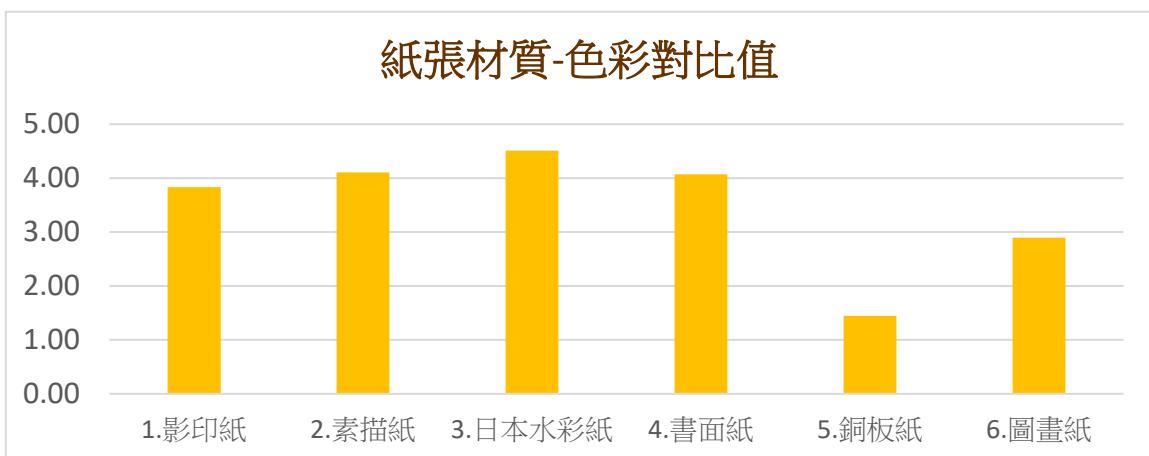


圖 22：「紙張材質」對藍晒圖「色彩對比值」的影響(本圖由作者製作)

三、實驗三：「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響

(一) 實驗結果

(控制變因：日晒亮度-75,000 流明、日晒時間-5 分鐘、紙張材質-素描紙、定影劑-水。)

乾燥方式	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
日曬			
室內陰乾			

圖 23：「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

(二) 結果分析

表 7：「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響

乾燥方式	色相(H)	輪廓清晰度	色彩對比值
戶外晒乾	209.43	100%	2.75
室內陰乾	210.04	100%	2.91

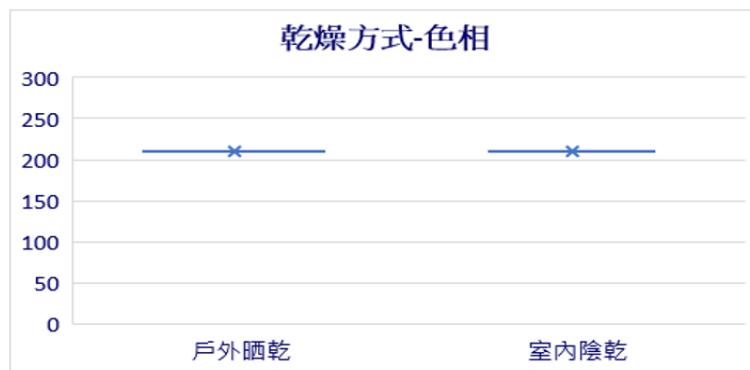


圖 24：「乾燥方式」對藍晒圖「色相」的影響(本圖由作者製作)

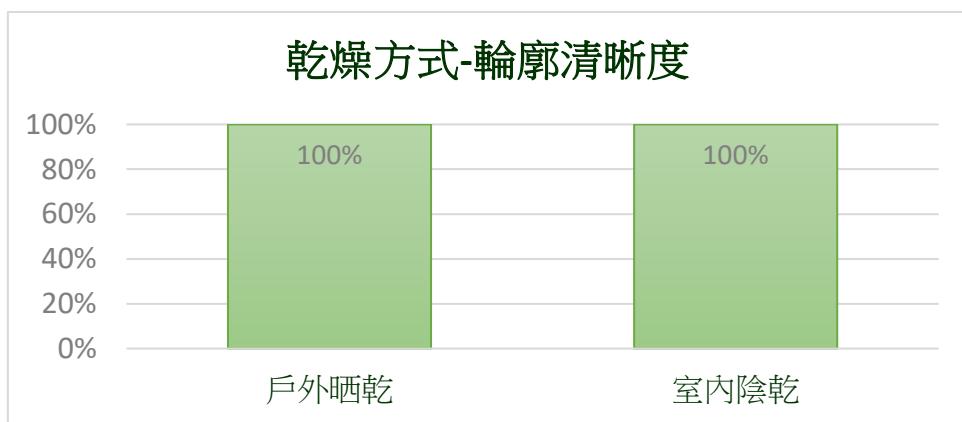


圖 25：「乾燥方式」對藍晒圖「輪廓清晰度」的影響(本圖由作者製作)

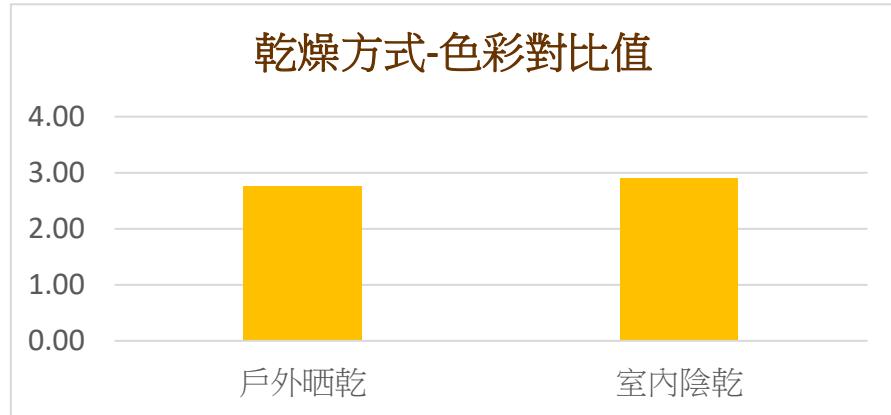


圖 26：「乾燥方式」對藍晒圖「色彩對比值」的影響(本圖由作者製作)

四、實驗四：「定影劑酸鹼值」對藍晒圖效果的影響

(一) 實驗結果

(控制變因：日晒亮度：75,000 流明、日晒時間：5 分鐘、紙張材質：素描紙、乾燥方式-戶外晒乾。)

定影後水洗				定影後不水洗			
定影劑/ 酸鹼值	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	定影劑/ 酸鹼值	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
NaOH 濃 pH12				NaOH 濃 pH12			
NaOH 稀				NaOH 稀			
定影劑/ 酸鹼值	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	定影劑/ 酸鹼值	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
H ₂ O ₂ 35% pH2.3				H ₂ O ₂ 35% pH2.3			
H ₂ O ₂ 1% pH3.7				H ₂ O ₂ 1% pH3.7			
小蘇打 pH8.3				小蘇打 pH8.3			
NaCl pH				NaCl			
定影劑/ 酸鹼值	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗				
水 pH6.0							

圖 27：「定影劑」對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

(二) 結果分析

表 8：「定影劑」對藍晒圖效果的影響-定影後水洗 VS-定影後不水洗

定影劑	水洗			不水洗		
	水洗-色相(H)	水洗-輪廓清晰度	水洗-色彩對比值	不水洗-色相(H)	不水洗-輪廓清晰度	不水洗-色彩對比值
NaOH (高濃度)	30.21	0%	1.00	28.23	0%	1.00
NaOH (低濃度)	60.00	75%	1.10	49.47	100%	1.15
雙氧水 35%	213.46	95%	2.61	214.19	100%	3.01
雙氧水 1%	213.52	100%	3.43	214.76	100%	3.51
小蘇打水	208.39	100%	3.01	200.00	40%	1.91
食鹽水	210.26	100%	4.72	215.35	100%	2.57
水	213.53	100%	2.98			

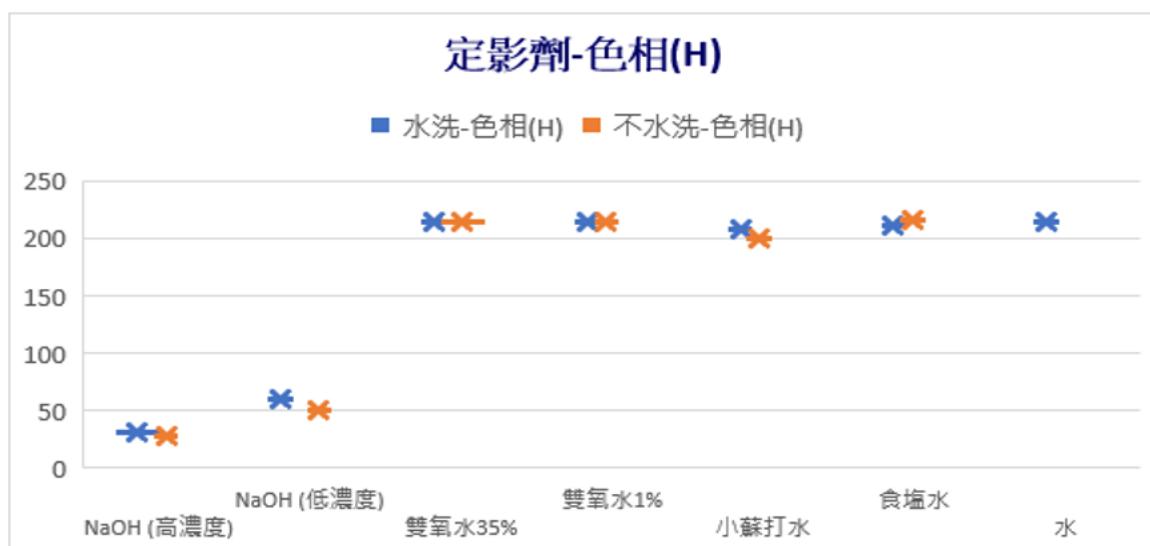


圖 28：「定影劑」對「藍晒圖色相」的影響(本圖由作者製作)

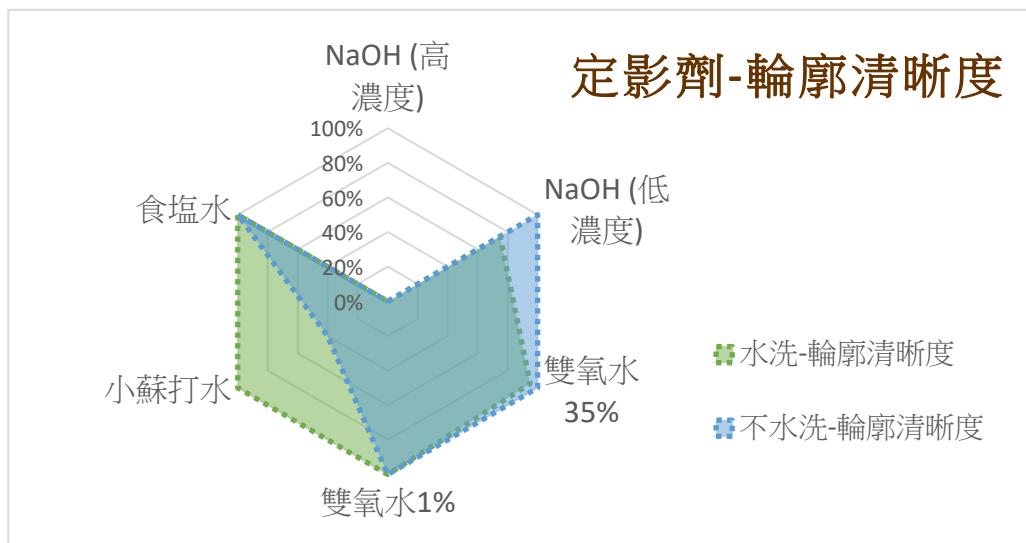


圖 29：「定影劑」對藍晒圖「輪廓清晰度」的影響(本圖由作者製作)

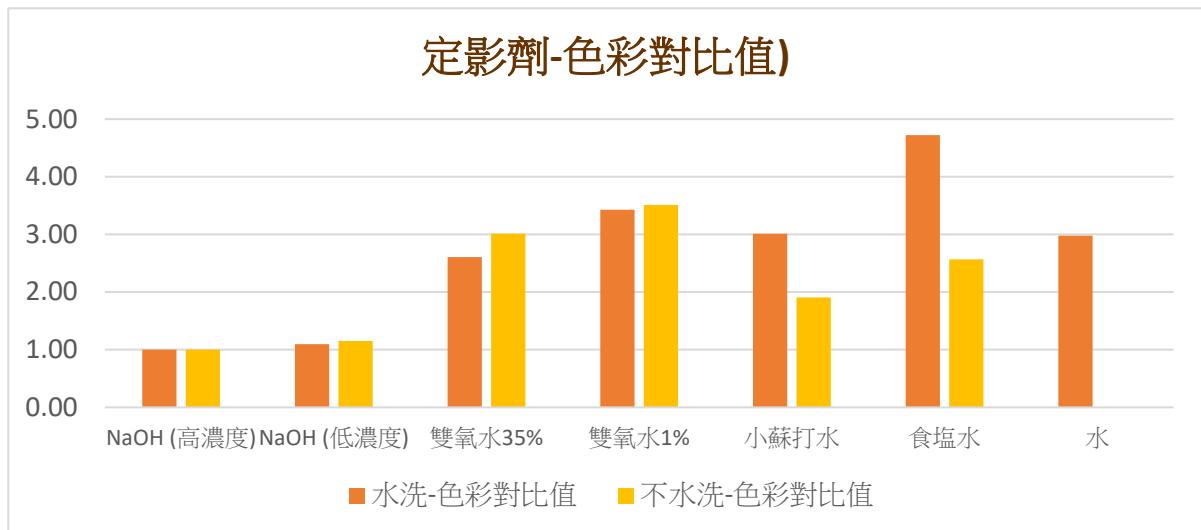


圖 30：「定影劑」對藍晒圖「色彩對比值」的影響(本圖由作者製作)

五、實驗五：不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響。

(一) 實驗結果

(控制變因：日晒亮度：75,000 流明、日晒時間：3 小時、紙張材質：素描紙、乾燥方式-室內陰乾。)

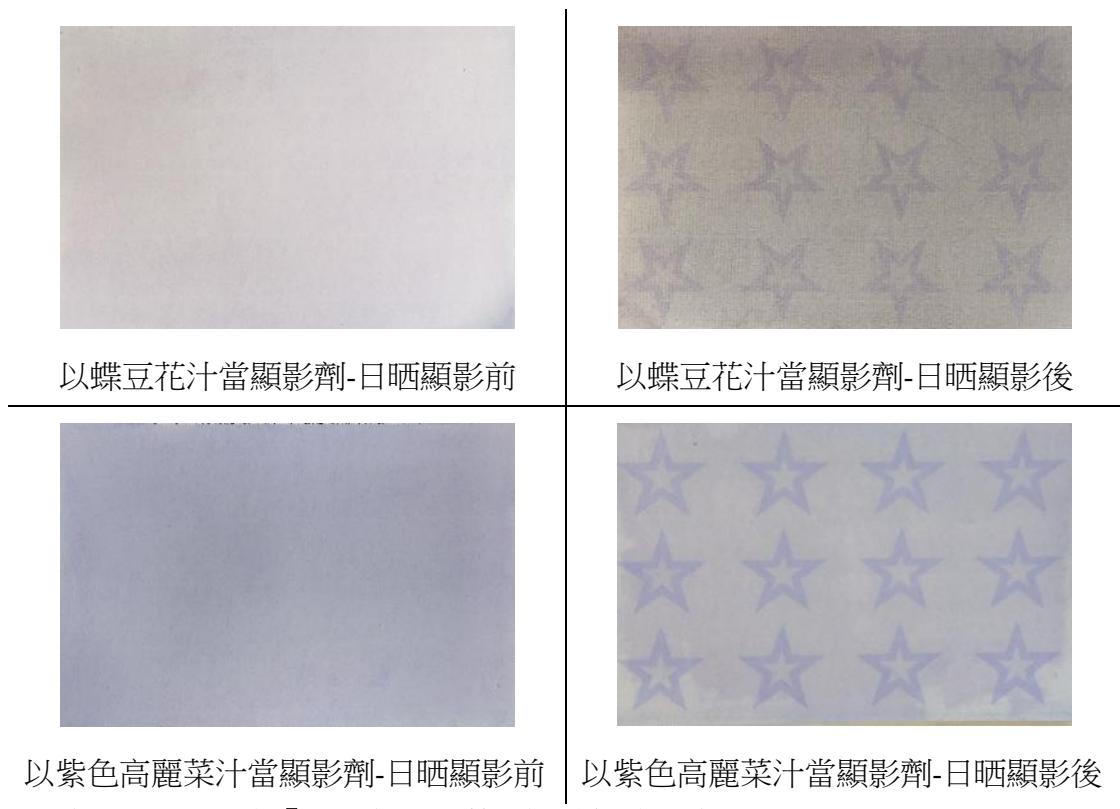


圖 31：不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

(二) 結果分析

表 9：不同的「顯影劑」對藍晒圖效果

顯影劑	蝶豆花			紫色高麗菜汁		
	色相(H)	輪廓清晰度	色彩對比值	色相(H)	輪廓清晰度	色彩對比值
顯影後 日晒區域-遮光區域	229.09	100%	1.15	222.09	100%	1.17

六、實驗六：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響

(一) 實驗結果

1.蝶豆花汁加入不同 pH 值溶液顏色變化



pH=1----- pH =7----- pH =14

圖 32：蝶豆花汁加入不同 pH 值溶液顏色變化(本圖由作者親自製作及拍攝)

2.紫色高麗菜汁加入不同 pH 值溶液顏色變化



pH =1----- pH =7----- pH =14

圖 33：紫色高麗菜汁加入不同 pH 值溶液顏色變化(本圖由作者親自製作及拍攝)

3.「定影劑」與「顯影劑」交互作用定影後結果

(控制變因：日晒亮度：75,000 流明、日晒時間：3 小時、紙張材質：素描紙、乾燥方式-室內陰乾。)

蝶豆花汁顯影劑+不同 pH 值定影劑

紫色高麗菜汁顯影劑+不同 pH 值定影劑

蝶豆花	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
pH=1			
pH=2			
pH=3			
pH=4			
pH=5			

紫色 高麗菜	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
pH=1			
pH=2			
pH=3			
pH=4			
pH=5			

蝶豆花	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
pH=6			
pH=7			
pH=8			
pH=9			
pH=10			

紫色 高麗菜	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
pH=6			
pH=7			
pH=8			
pH=9			
pH=10			

蝶豆花汁顯影劑+不同 pH 值定影劑				紫色高麗菜汁顯影劑+不同 pH 值定影劑			
蝶豆花	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	紫色高麗菜	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗
pH=11							
pH=12							
pH=13							
pH=14							

圖 34：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響(本圖由作者製作及掃描)

(二) 結果分析

表 10：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響

定影劑	「蝶豆花汁」顯影劑			「紫色高麗菜汁」顯影劑		
	色相(H)	輪廓清晰度	色彩對比值	色相(H)	輪廓清晰度	色彩對比值
pH=1 鹽酸	356.76	10%	1.08	281.78	23%	1.07
pH=2 鹽酸(稀釋)	11.67	63%	1.04	255.01	90%	1.15
pH=3 醋	180.00	37%	1.06	244.89	90%	1.11
pH=4 醋(稀釋)	182.86	57%	1.09	227.95	92%	1.12
pH=5 醋(稀釋)	185.83	7%	1.10	243.21	98%	1.14
pH=6 自來水	185.00	17%	1.04	223.75	92%	1.14
pH=7 純水	229.09	0%	1.00	222.09	88%	1.16
pH=8 洗碗精	182.50	2%	1.06	213.72	93%	1.11
pH=9 石灰水(稀釋)	211.75	0%	1.03	219.38	90%	1.12
pH=10 石灰水(稀釋)	221.31	0%	1.02	209.52	95%	1.10
pH=11 石灰水(稀釋)	203.08	0%	1.04	209.55	85%	1.11
pH=12 石灰水	51.21	0%	1.02	51.52	0%	1.00
pH=13 NaOH(低濃度)	55.80	35%	1.05	45.02	12%	1.03
pH=14 NaOH(高濃度)	48.92	13%	1.03	52.92	0%	1.01

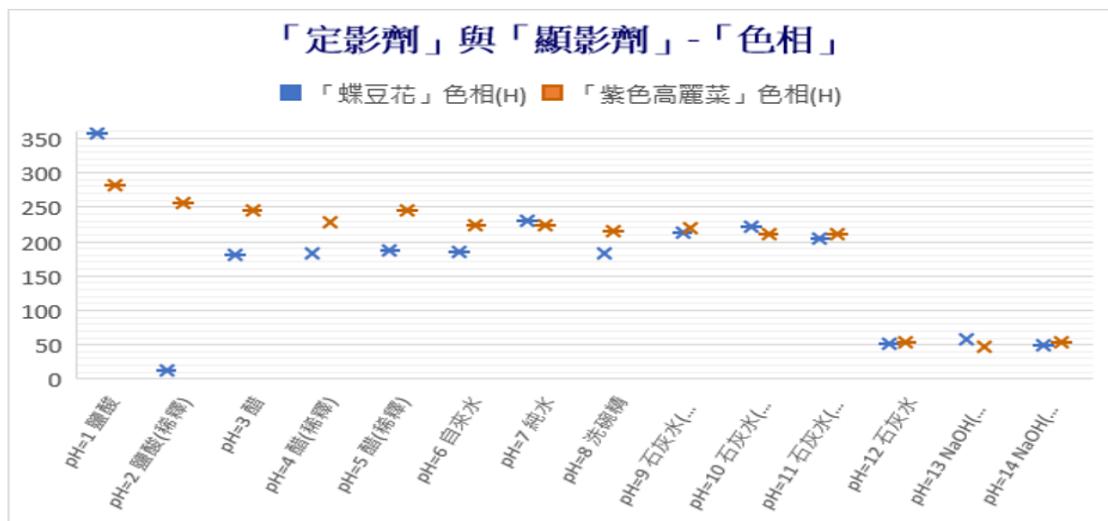


圖 35：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖「色相」的影響(本圖由作者製作)

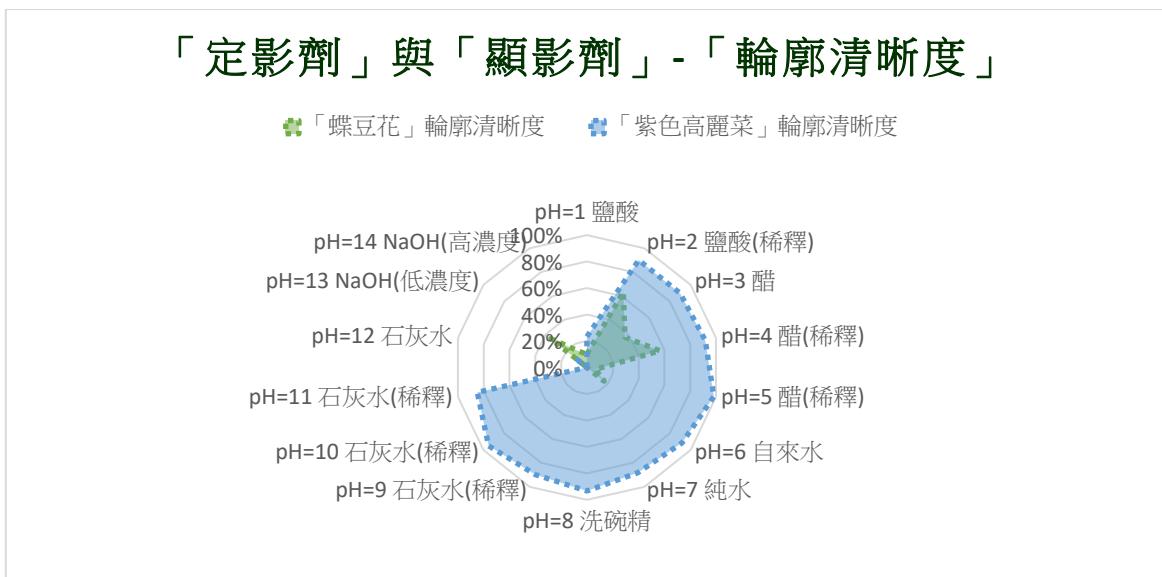


圖 36：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖「輪廓清晰度」的影響(本圖由作者製作)

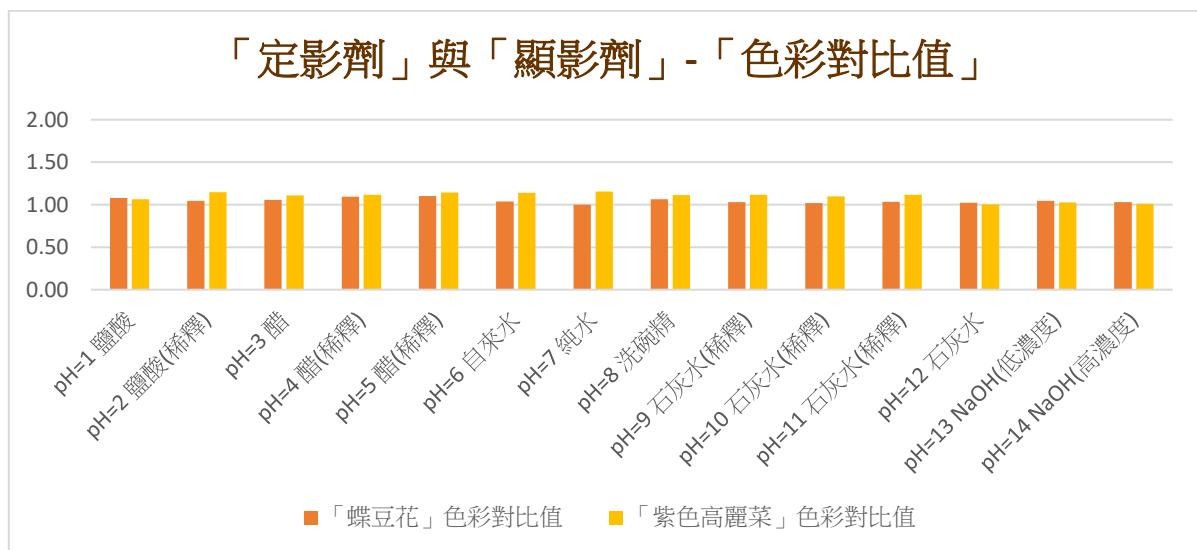


圖 37：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖「色彩對比值」的影響(本圖由作者製作)

柒、討論

一、「光度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

- (一) 無論「光度」強弱與「曝光時間」長短，做出來的藍晒圖成品都是偏藍色。
- (二) 我們製作藍晒圖的環境是在室內光源 460Lux 的光度中，根據實驗結果，在此光度環境下，曝光時間低於 30 分鐘時，作出來的藍晒圖色彩對比值極低，表示我們在製作過程的室內光度，對藍照圖曝光影響不太，無需特地在暗室的環境製圖。
- (三) 「光度」與「曝光時間」最佳組合：製作藍晒圖所需的「曝光時間」與「光度」有關，「光度」強時，「曝光時間」要縮短，以免「曝光過度」，導致降低光度區域和遮光區域的色彩對比值及影響輪廓清晰度。在不同的「光度」下，製作藍晒圖所需「曝光時間」如下表，建議實作時參考以獲得較佳對比度的作品。

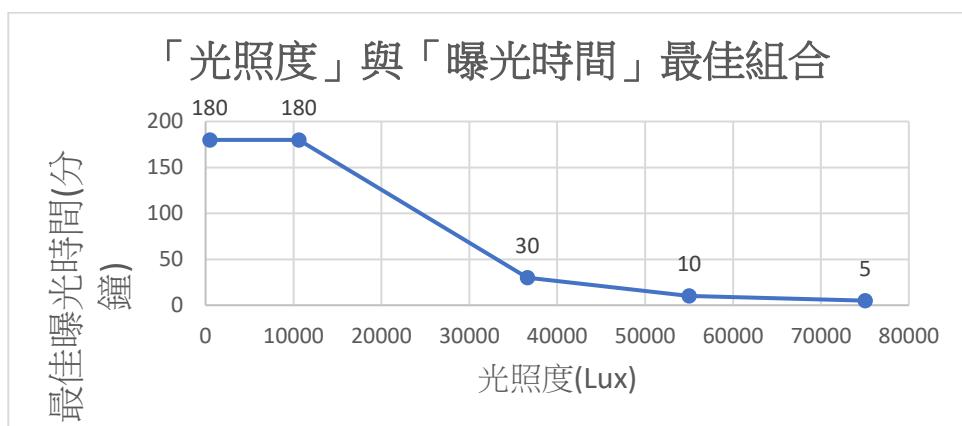


圖 38：「光度」與「曝光時間」最佳組合(本圖由作者製作)

二、「紙張材質」對藍晒圖效果的影響

- (一) 實驗中所用的 6 種不同紙質，做出來的藍晒圖成品都是偏藍色，色相質(H)介於 202~215 之間。
- (二) 以「日本水彩紙」、「素描紙」、「畫面紙」做為藍晒圖底紙，都能得到圖案輪廓清晰度 100% 且色彩對比值高於 4 的藍晒圖成品。
- (三) 銅板紙不適合做藍晒圖底紙，得到的藍晒圖成品圖案輪廓清晰度與色彩對比值，不如其它紙質。

三、「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響

- (一) 藍晒圖定影後，使用戶外晒乾或室內陰乾，做出來的藍晒圖成品都是偏藍色，且色相質(H)相近，大約都在 210 左右。
- (二) 定影後使用戶外晒乾或室內陰乾，都能得到輪廓清晰度 100% 的藍晒圖成品。
- (三) 定影後用不同的乾燥方式對藍晒圖的色彩對比值效果有影響，室內陰乾效果稍佳，但差別不明顯。

四、「定影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 大部份的溶液做為定影劑，藍晒圖成品日晒的部份呈現藍色，遮光部份呈現淡藍色或無色；但使用「氫氧化納」做為定影劑，藍晒圖成品會呈現米黃色或橘色。
- (二) 使用高濃度的「氫氧化納」水溶液，定影後圖案的輪廓清晰度及色彩對比值效果不佳，若適當的稀釋「氫氧化納」，能明顯優化成圖的「輪廓清晰度」及「色彩對比值」，且在色彩呈現上能有突破，創造出「黃色」的圖像，讓藍晒圖不只是「藍」晒圖。
- (三) 定影劑對藍晒圖成品效果的色彩對比值有很大的影響，用「食鹽水」做定影劑，水洗後做出來的藍晒圖成品色彩對比值最高，「1%雙氧水」次之。
- (四) 以「小蘇打水」做定影劑，再經水洗後，能得到清晰的藍晒圖成品，若定影後未水洗，則藍晒圖成品會逐漸變黃，且圖案輪廓會變模糊；。

五、不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 以「蝶豆花汁」當顯影劑，做出來的顯影試紙日晒的區域顏色會變淺，使得日晒區域與遮光區域之間有清晰的輪廓。
- (二) 以「紫色高麗菜汁」當顯影劑，做出來的顯影試紙日晒的區域顏色會變淺，使得日晒區域與遮光區域之間有清晰的輪廓。

六、「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響

- (一) 以「蝶豆花汁」或「紫色高麗菜汁」當顯影劑，搭配不同酸鹼性的溶液做定影，成圖會呈現不同顏色，如粉紅、橘紅、黃色、綠色、藍色、紫紅，色相值(H)範圍介於 11~356 之間。
- (二) 以「紫色高麗菜汁」和「蝶豆花汁」當顯影劑比較，除了使用 NaOH 做定影劑時，「蝶豆花汁」顯影效果較佳，其它都是以「紫色高麗菜汁」當顯影劑的「輪廓清晰度」效果佳。
- (三) 定影「蝶豆花汁」或，搭配雙氧水做定影，成圖會呈現淺褐色；搭配氫氧化納水溶液做定影，成圖會呈現無色；搭配雙氧水、石灰水及自來水或做定影，成圖會呈現藍色。搭配醋或做定影，成圖會呈現粉紅色或淺橘色。

捌、結論

- 一、本研究特色：1.找出製作傳統藍晒圖的最佳條件組合；2.利用定影劑改變傳統藍晒圖顏色；3.結合酸鹼指示劑變色原理，玩出新的藍晒圖色彩創意變化。
- 二、以「紫色高麗菜汁」和「蝶豆花汁」當顯影劑，優點在色彩呈現上能有突破，創造出來的作品色彩豐富，讓藍晒圖不只是「藍」晒圖；以「檸檬酸鐵銨加赤血鹽」當顯影劑的傳統藍晒圖，只要選對紙質、定影劑、配合適合的光照度與曝光時間，就能創作出「輪廓清晰度」和「色彩對比值」均優的藍晒圖。

三、製作傳統藍晒圖的條件組合：

光照度(Lux)	最佳曝光時間	紙張材質	定影劑
75,000 以上	5 分鐘以下	1. 日本水彩紙 2. 素描紙	1. 食鹽水+水洗(效果最佳)
55,000-75,000	5-10 分鐘		2. 雙氧水 1%(效果佳)
36,600-55,000	10-30 分鐘		3. 水(效果佳、取得容易)
10,600-36,600	30-180 分鐘		4. 稀釋 NaOH (呈現黃色)
10,600 以下	180 分鐘以上		

四、客製化我的專屬色彩

色彩	顯影劑	定影劑
粉紅	蝶豆花汁	鹽酸
橙黃	蝶豆花汁	稀鹽酸
黃	蝶豆花汁	醋
綠	蝶豆花汁	水
藍	紫色高麗菜汁	水
紫紅	紫色高麗菜汁	鹽酸

玖、參考文獻資料

- 一、康軒文教事業（2024）。國民小學自然和生活科技-六上第二單元/活動二：水溶液。台北：康軒文教事業股份有限公司。
- 二、雲林縣斗六市石榴國民小學，黃薈恩、張采甯、李昕怡、張鈺泓。“藍”住陽光，“晒”出幸福-藍晒關鍵揭迷。中華民國第 57 屆科展 國小組化學科。
- 三、桃園市蘆竹區光明國民小學，蔡涵芸、李沄蓁、蔡宇翔、鍾茲涵。藍色狂想曲-藍晒變色探究。中華民國第 61 屆科展 國小組化學科。
- 四、“色相環” 品牌行銷點點讚，取用日期 2025 年 2 月 27 日，網址：
<https://www.dascoin168.com/archives/12648.html>
- 五、“紫色高麗菜汁(天然指示劑)一自製 pH 試紙” 東海大學 普通化學實驗室，取用日期 2025 年 2 月 27 日，網址：<http://gclab.thu.edu.tw/Chem-Eng%20A/10.pdf>
- 六、“蝶豆花在不同酸鹼值下的變色效果” 勤美學，取用日期 2025 年 2 月 27 日，網址：
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=3215955638628595&id=2187777131446456&set=a.2188480784709424>
- 七、“pH 酸鹼試紙 1-14” 帝一化工，取用日期 2025 年 2 月 27 日，網址：
https://shop.dechemical.com.tw/product/20130509019?category_sn=689

【評語】080205

1. 主題明確聚焦於藍晒圖的多色化創新，具有良好的教育價值和實用性。研究突破傳統藍晒圖僅有藍色的限制，藉由改變顯影劑與定影劑創造多色效果，具創新性。與自然科學教材中的酸鹼指示劑單元高度相關，教學應用價值佳。
2. 運用天然顯影劑，結合酸鹼變色原理創造多色藍晒圖與建立客製化色彩配方表，具實用價值。對藝術教育和科學教育結合有積極影響，但對學術貢獻相對有限。
3. 實驗設計系統完整，採用「色相、輪廓清晰度、色彩對比值」量化評估方法具科學性。控制變因清楚，由光照度、紙張材質到定影劑系統性探討。

作品海報

藍晒圖原理是「藍」

藍晒圖

摘要

傳統藍晒圖是利用檸檬酸鐵銨加赤血鹽的光反應，在紙上形成普魯士藍沉澱，再用水洗去未感光部分，留下藍色圖案。我們探究顯色差異創造多重色彩，突破傳統藍晒圖僅有藍色的限制。研究「定影劑」對顯色的影響，發現氫氧化鈉可使日晒區域呈米黃色；並嘗試使用蝶豆花汁、紫色高麗菜汁作顯影劑，搭配不同定影劑創造多色顯影。透過系統性實驗，探討「定影劑、紙張材質、光照度與曝光時間、乾燥方式」對藍晒效果的影響；並研究「顯影劑與定影劑」交互作用的色彩變化。研究中以「色相、輪廓清晰度、色彩對比值」量化結果，並由結果反推實驗變因，讓藍晒圖不只是「藍晒圖」；而是能透過改變製程及配方組合，創造出專屬的客製化作品。

關鍵詞：藍晒圖

壹、研究動機

上自然課的時候，老師帶我們一起做藍晒圖，我們把葉子放在感光紙上，並放在陽光下曝曬一段時間後再洗掉，看到那些白色的紙上出現了美麗的藍色圖案，感覺真是美呆了！但也疑惑為什麼有些同學作出來的圖顏色可以這麼鮮艷美麗，有些卻暗淡無光？我們開始對藍晒圖產生了興趣，想要更深入地研究，了解不同的光線、時間和材料會怎麼影響藍晒圖的效果，還有是否可以創造出更多顏色的藍晒圖。

希望我們的研究能帶來更有創意的藍晒圖呈現方式！並將成果分享給老師同學們，幫助大家創作出美麗的藍晒圖作品。

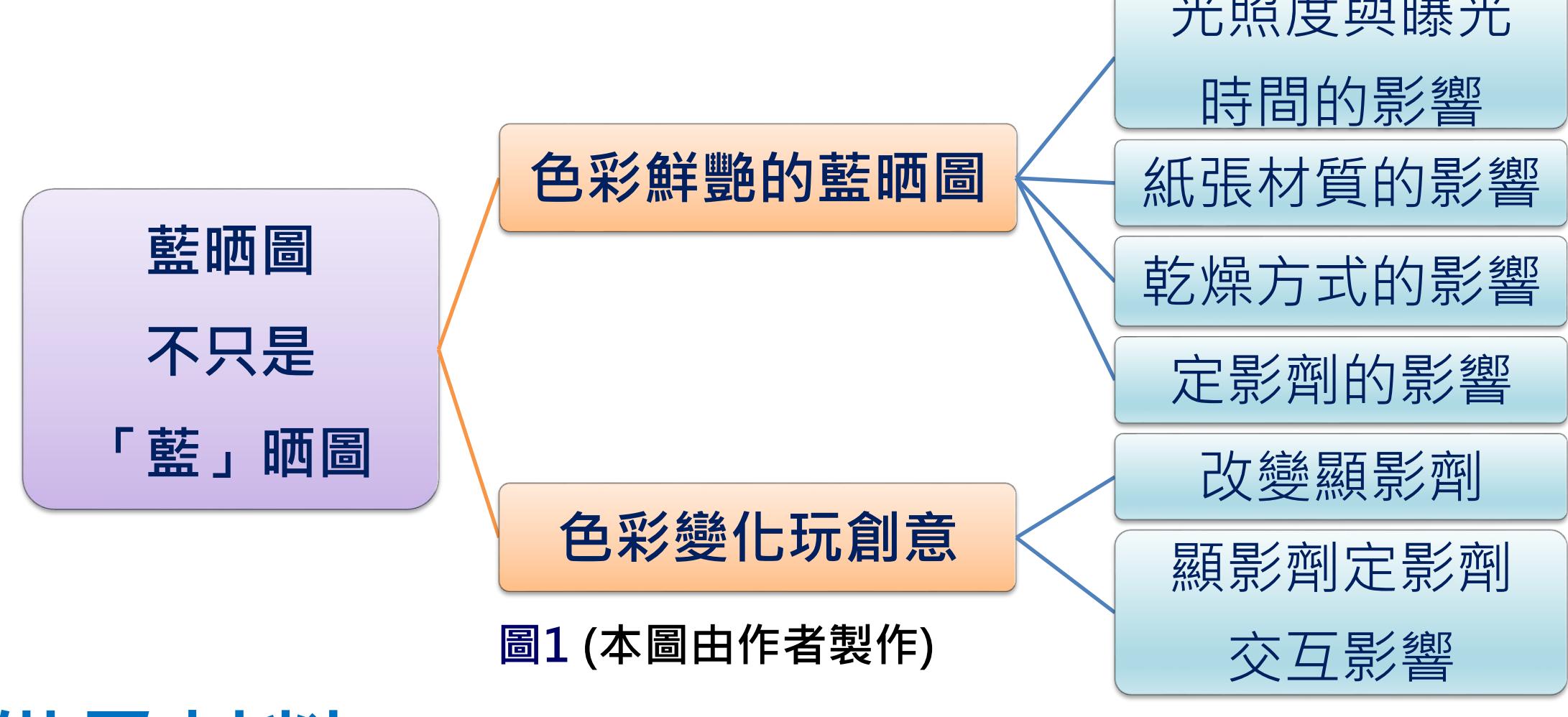
貳、研究目的

一、做出色彩鮮艷的藍晒圖—影響藍晒圖效果的因素

- (一) 研究「光照度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響。
- (二) 研究「紙張材質」對藍晒圖效果的影響。
- (三) 研究「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響。
- (四) 研究「定影劑」對藍晒圖效果的影響。

二、色彩變化玩創意—製作多色藍晒圖的方法

- (一) 不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響。
- (二) 「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響。



參、研究設備及材料

- 一、紙張：1.Double A80影印紙、2.素描紙、3.日本水彩紙、4.書面紙、5.銅板紙、6.圖畫紙。
- 二、實驗材料：檸檬酸鐵銨、赤血鹽、水、雙氧水、醋、小蘇打水、石灰水、氫氧化鈉、鹽酸、食鹽、洗碗精、蝶豆花、紫色高麗菜、廣用試紙、投影片。

三、設備：燒杯、量筒、攝子。

四、微元科技-色彩對比值檢測網站

五、手機APP

1. Light Meter：檢測環境亮度(單位：流明)。

2. Pixeur：檢測HEX色碼。

肆、研究過程或方法

一、製作「藍晒圖」

(一) 流程一：調配「藍晒感光顯影劑」

1. 取檸檬酸鐵銨10克溶解於40cc純水。
2. 取鐵氰化鉀(赤血鹽)5克溶解於50cc純水。
3. 混合以上兩種液體，成為「藍晒感光顯影劑」。
4. 將「藍晒感光顯影劑」保存於不透光的瓶子。

(二) 流程二：製作「藍晒感光紙」

1. 將紙張裁成適合的大小。
2. 將「藍晒感光顯影劑」倒入盤中，用刷子均勻的塗在紙上。
3. 放陰涼處待乾(注意避免放強光下)。

(三) 流程三：製作「遮光圖卡」

1. 利用電腦繪圖，將圖案印在透明投影片上。
2. 亦可用油性筆，在透明投影片上繪圖。

(四) 流程四：「藍晒圖顯影」

1. 準備木片底版，依序擺上「藍晒感光紙」、遮光「遮光圖卡」，最後蓋上透明壓克力版，用長尾夾固定(注意長尾夾不要遮到藍晒感光紙)。
2. 放到陽光下曝曬一段時間。



圖6 (本圖由作者拍攝)

- (五) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以1%雙氧水做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。
- (六) 觀察並記錄藍晒圖效果。

四、實驗二：「紙張材質」對藍晒圖效果的影響

- (一) 製作不同材質的「藍晒感光紙」(流程二)。

- (二) 進行「藍晒圖顯影」(流程四)。

- (三) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以1%雙氧水做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。

- (四) 觀察並記錄藍晒圖效果。

五、實驗三：「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響

- (一) 用素描紙製作「藍晒感光紙」(流程二)。

- (二) 進行「藍晒圖顯影」(流程四)。

- (三) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以水做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。

- (四) 觀察並記錄藍晒圖效果。

六、實驗四：「定影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 用素描紙製作「藍晒感光紙」(流程二)。

- (二) 進行「藍晒圖顯影」(流程四)。

- (三) 進行「藍晒圖定影」(流程五)，以不同的溶液做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。

- (四) 觀察並記錄藍晒圖效果。



圖7 (本圖由指導教師拍攝)

1. 日晒區域呈現色彩。

2. 日晒區域與缺乏日晒區域交介處的圖案輪廓清晰度。

3. 色彩對比值：利用手機APP-Pixeure檢測日晒區域與缺乏日晒區域的HEX色碼，將HEX色碼輸入色彩對比值檢測網站。

七、不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 紫色高麗菜汁「感光顯影劑」：將紫色高麗菜切成小塊，放入少許熱水熬汁，取紫色高麗菜汁做「紫色高麗菜汁感光顯影劑」。

- (二) 用素描紙製作「紫色高麗菜汁感光紙」(流程二)。

- (三) 進行「紫色高麗菜汁感光顯影」(流程四)。

- (四) 取「蝶豆花」浸泡熱水，依上述(二)~(四)的步驟進行「蝶豆花汁感光顯影」。

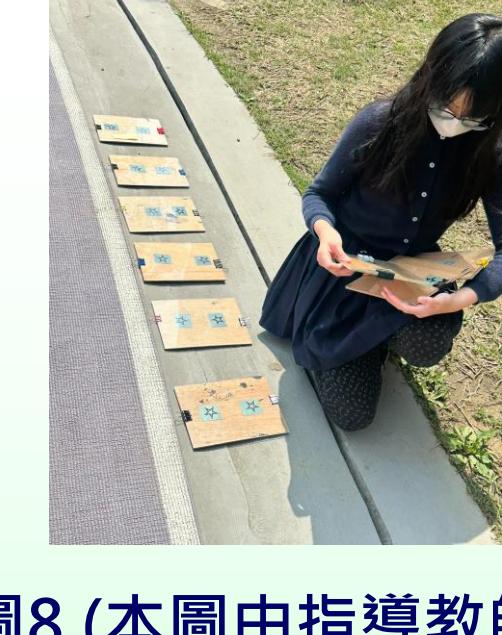


圖8 (本圖由指導教師拍攝)

- (五) 觀察並記錄「紫色高麗菜汁感光顯影」及「蝶豆花感光顯影」效果。

八、實驗六：不同的「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果影響

- (一) 進行「紫色高麗菜汁定影」(流程五)，以不同的溶液做定影劑，浸泡一分鐘後沖水晾乾。

- (二) 觀察並記錄紫色高麗菜汁感光顯影效果。

- (三) 分別使用不同的溶液做定影劑，進行「紫菜汁定影」、「蝶豆花汁定影」。

- (四) 觀察並記錄蝶豆花汁顯影效果及顏色呈現。

三、實驗一：「光照度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

- (一) 在校園尋找不同亮度的區域，使用手機APP-Light Meter檢測環境亮度(單位：流明)。
- (二) 測量並記錄光強度。
- (三) 用素描紙製作「藍晒感光紙」(流程二)。
- (四) 進行不同時間的「藍晒圖顯影」(流程四)。

伍、研究過程或方法

一、實驗一：「光亮度」與「曝光時間」對藍晒圖效果影響



圖9

圖11

圖13

圖15

圖17

圖10

圖12

圖14

圖16

圖18

分析圖表

表1

對比值時間	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	對比值 排名
1分鐘	2.29	2.42	2.27	2.33	0.08	2.49
5分鐘	2.82	2.24	3.40	2.82	0.58	3.98
10分鐘	2.84	2.59	2.26	2.57	0.29	3.15
15分鐘	2.03	2.44	2.49	2.32	0.25	2.82
20分鐘	1.89	2.19	2.04	2.04	0.15	2.33
30分鐘	1.48	2.25	1.49	1.74	0.44	2.62
60分鐘	1.39	1.41	2.17	1.66	0.44	2.54
120分鐘	1.54	1.62	1.72	1.63	0.09	1.80
180分鐘	1.38	1.42	1.38	1.39	0.02	1.43

對比值時間	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	對比值 排名
1分鐘	1.80	2.13	2.35	2.09	0.28	2.65
5分鐘	2.07	2.48	1.91	2.15	0.29	2.73
10分鐘	1.99	1.98	2.64	2.20	0.38	2.96
15分鐘	2.48	2.37	2.41	2.37	0.24	2.54
20分鐘	2.55	2.56	2.52	2.54	0.02	2.58
30分鐘	3.30	2.79	2.35	2.81	0.48	3.77
60分鐘	1.62	2.02	1.80	1.82	0.20	2.22
120分鐘	2.19	1.84	2.00	2.01	0.18	2.36
180分鐘	1.83	1.71	1.97	1.84	0.13	2.10

對比值時間	第一次 實驗	第二次 實驗	第三次 實驗	平均值	標準差	對比值 排名
1分鐘	2.39	2.35	2.36	2.36	0.02	2.40
5分鐘	2.68	2.47	2.41	2.52	0.14	2.80
10分鐘	2.43	2.37	2.42	2.41	0.03	2.47
15分鐘	2.48	2.09	3.02	2.53	0.47	3.47
20分鐘	2.55	2.56	2.52	2.54	0.02	2.58
30分鐘	3.10	2.62	2.82	2.85	0.24	3.32
60分鐘	1.62	2.02	2.41	2.04	0.25	2.40
120分鐘	2.06	2.17	2.33	2.19	0.14	2.46
180分鐘	3.10					

六、實驗六：「定影劑」與「顯影劑」交互作用對

藍晒圖效果的影響

(一) 實驗結果

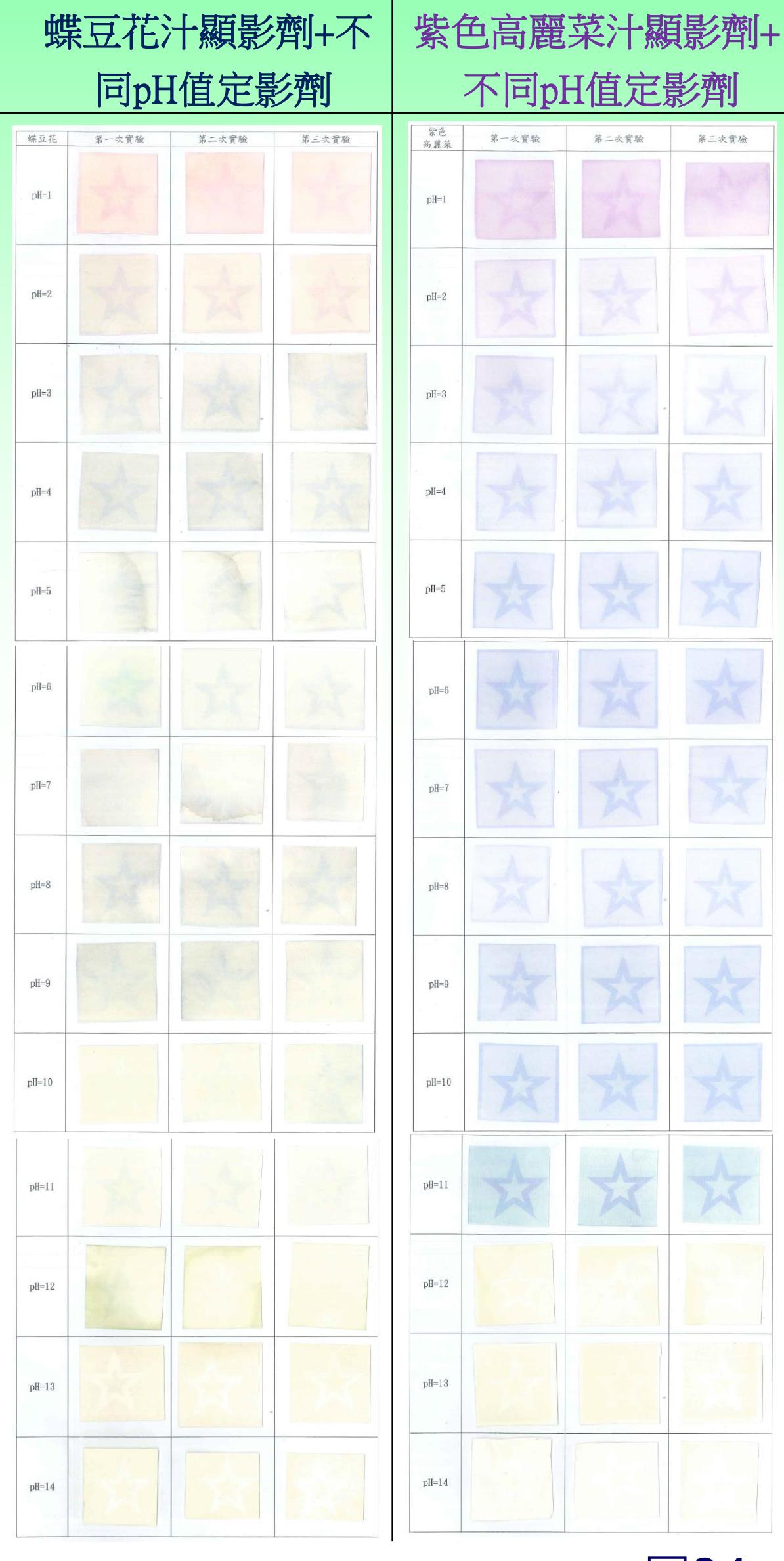


圖34

(二) 結果分析

表10

定影劑	「蝶豆花汁」顯影劑 色相(H)	「蝶豆花汁」顯影劑 輪廓清晰度	「紫色高麗菜汁」顯影劑 色相(H)	「紫色高麗菜汁」顯影劑 輪廓清晰度	色彩對比值
pH=1 鹽酸	356.76	10%	1.08	281.78	23%
pH=2 鹽酸(稀釋)	11.67	63%	1.04	255.01	90%
pH=3 醋	180.00	37%	1.06	244.89	90%
pH=4 醋(稀釋)	182.86	57%	1.09	227.95	92%
pH=5 醋(稀釋)	185.83	7%	1.10	243.21	98%
pH=6 自來水	185.00	17%	1.04	223.75	92%
pH=7 純水	229.09	0%	1.00	222.09	88%
pH=8 洗碗精	182.50	2%	1.06	213.72	93%
pH=9 石灰水(稀釋)	211.75	0%	1.03	219.38	90%
pH=10 石灰水(稀釋)	221.31	0%	1.02	209.52	95%
pH=11 石灰水(稀釋)	203.08	0%	1.04	209.55	85%
pH=12 石灰水	51.21	0%	1.02	51.52	0%
pH=13 NaOH(低濃度)	55.80	35%	1.05	45.02	12%
pH=14 NaOH(高濃度)	48.92	13%	1.03	52.92	0%

「定影劑」與「顯影劑」-「色相」

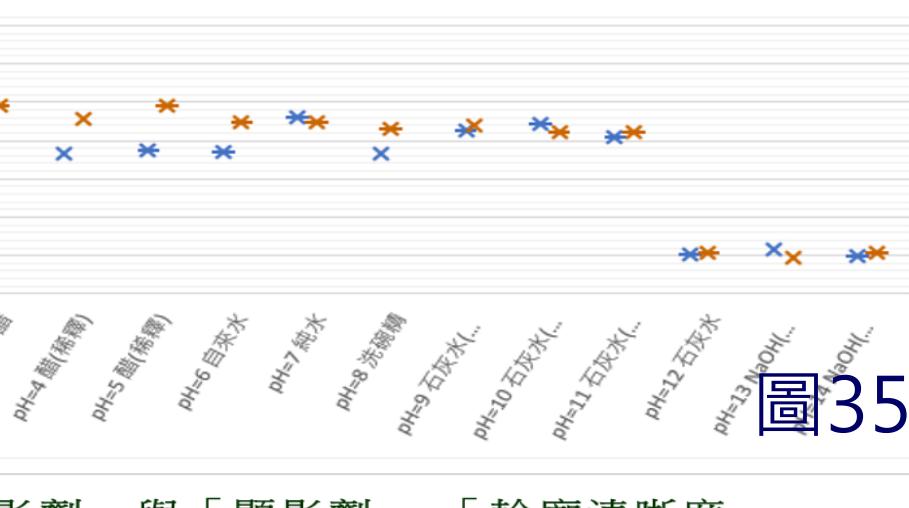


圖35

「定影劑」與「顯影劑」-「輪廓清晰度」



圖36

「定影劑」與「顯影劑」-「色彩對比值」

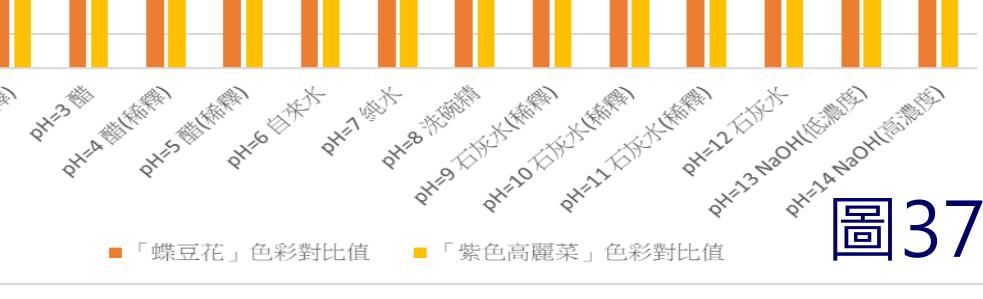


圖37

陸、討論

一、「光度」與「曝光時間」對藍晒圖效果的影響

(一) 無論「光度」強弱與「曝光時間」長短，做出來的藍晒圖成品都是偏藍色。

(二) 我們製作藍晒圖的環境是在室內光源460Lux的光度中，根據實驗結果，在此光度環境下，曝光時間低於30分鐘時，作出來的藍晒圖色彩對比值極低，表示我們在製作過程的室內光度，對藍照圖曝光影響不太，無需特地在暗室的環境製圖。

(三) 「光度」與「曝光時間」最佳組合：製作藍晒圖所需的「曝光時間」與「光度」有關，「光度」強時，「曝光時間」要縮短，以免「曝光過度」，導致降低光度區域和遮光區域的色彩對比值及影響輪廓清晰度。在不同的「光度」下，製作藍晒圖所需「曝光時間」如下表，建議實做時參考以獲得較佳對比度的作品。

「光度」與「曝光時間」最佳組合

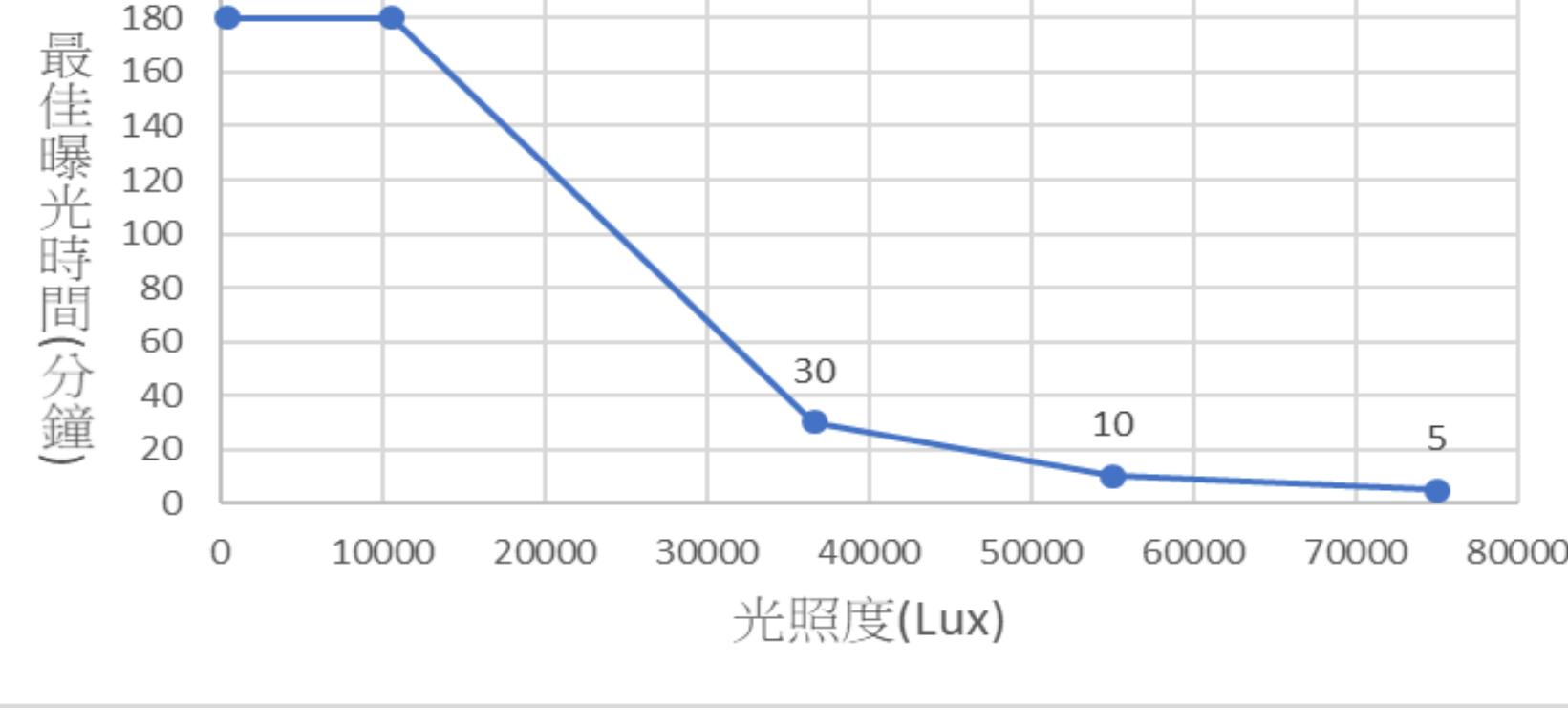


圖38

二、「紙張材質」對藍晒圖效果的影響

- (一) 實驗中所用的6種不同紙質，做出來的藍晒圖成品都是偏藍色，色相值(H)介於202~215之間。
- (二) 以「日本水彩紙」、「素描紙」、「書面紙」做為藍晒圖底紙，都能得到圖案輪廓清晰度100%且色彩對比值高於4的藍晒圖成品。
- (三) 銅板紙不適合做藍晒圖底紙，得到的藍晒圖成品圖案輪廓清晰度與色彩對比值，不如其它紙質。

三、「乾燥方式」對藍晒圖效果的影響

- (一) 藍晒圖定影後，使用戶外晒乾或室內陰乾，做出來的藍晒圖成品都是偏藍色，且色相值(H)相近，大約都在210左右。
- (二) 定影後使用戶外晒乾或室內陰乾，都能得到輪廓清晰度100%的藍晒圖成品。
- (三) 定影後用不同的乾燥方式對藍晒圖的色彩對比值效果有影響，室內陰乾效果稍佳，但差別不明顯。

四、「定影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 大部分的溶液做為定影劑，藍晒圖成品日晒的部分呈現藍色，遮光部分呈現淡藍色或無色；但使用「氫氧化鈉」做為定影劑，藍晒圖成品會呈現米黃色或橘色。
- (二) 使用高濃度的「氫氧化鈉」水溶液，定影後圖案的輪廓清晰度及色彩對比值效果不佳，若適當的稀釋「氫氧化鈉」，能明顯優化成圖的「輪廓清晰度」及「色彩對比值」，且在色彩呈現上能有突破，創造出「黃色」的圖像，讓藍晒圖不只是「藍」晒圖。
- (三) 定影劑對藍晒圖成品效果的色彩對比值有很大的影響，用「食鹽水」做定影劑，水洗後做出來的藍晒圖成品色彩對比值最高，「1%雙氧水」次之。

(四) 「小蘇打水」做定影劑，再經水洗後，能得到清晰的藍晒圖成品，若定影後未水洗，藍晒圖成品會逐漸變黃，且圖案輪廓會變模糊。

五、不同的「顯影劑」對藍晒圖效果的影響

- (一) 以「蝶豆花汁」當顯影劑，做出來的顯影試紙日晒的區域顏色會變淺，使得日晒區域與遮光區域之間有清晰的輪廓。
- (二) 以「紫色高麗菜汁」當顯影劑，做出來的顯影試紙日晒的區域顏色會變淺，使得日晒區域與遮光區域之間有清晰的輪廓。

六、「定影劑」與「顯影劑」交互作用對藍晒圖效果的影響

- (一) 以「蝶豆花汁」或「紫色高麗菜汁」當顯影劑，搭配不同酸鹼性的溶液做定影，成圖會呈現不同顏色，如粉紅、橘紅、黃色、綠色、藍色、紫紅，色相值(H)範圍介於11~356之間。
- (二) 以「紫色高麗菜汁」和「蝶豆花汁」當顯影劑比較，除了使用氫氧化鈉做定影劑時，「蝶豆花汁」顯影效果較佳，其它都是以「紫色高麗菜汁」當顯影劑的「輪廓清晰度」效果佳。

柒、結論

- 一、本研究特色：1.找出製作傳統藍晒圖的最佳條件組合；2.利用定影劑改變傳統藍晒圖顏色；3.結合酸鹼指示劑變色原理，玩出新的藍晒圖色彩創意變化。
- 二、以「紫色高麗菜汁」和「蝶豆花汁」當顯影劑，優點在色彩呈現上能有突破，創造出來的作品色彩豐富，讓藍晒圖不只是「藍」晒圖；以「檸檬酸鐵錳加赤血鹽」當顯影劑的傳統藍晒圖，只要選對紙質、定影劑、配合適合的光度與曝光時間，就能創作出「輪廓清晰度」和「色彩對比值」均優的藍晒圖。

三、製作傳統藍晒圖的條件組合：

表11

光度Lux)	最佳曝光時間	紙張材質	定影劑
75,000以上	5分鐘以下	1.日本水彩紙	1.食鹽水+水洗 (效果最佳)
55,000-75,000	5-10分鐘	2.素描紙	2.雙氧水1%(效果佳)
36,600-55,000	10-30分鐘		3.水(效果佳、取得容易)
10,600-36,600	30-180分鐘		4.稀釋NaOH (呈現黃色)
10,600 以下	180分鐘以上		

四、客製化我的專屬色彩：

表12

色彩	顯影劑	定影劑
粉紅	蝶豆花汁	鹽酸
橙黃	蝶豆花汁	稀鹽酸
黃	蝶豆花汁	醋
綠	蝶豆花汁	水
藍	紫色高麗菜汁	水
紫紅	紫色高麗菜汁	鹽酸

捌、參考文獻資料

- 一、康軒文教事業 (2024)。國民小學自然和生活科技-六上第二單元/活動二：水溶液。台北：康軒文教事業股份有限公司。
- 二、雲林縣斗六市石榴國民小學，黃薈恩、張采甯、李昕怡、張錚泓。“藍”住陽光,“晒”出幸福-藍晒關鍵揭迷。中華民國第57屆科展 國小組化學科。
- 三、桃園市蘆竹區光明國民小學，蔡涵芸、李沄蓁、蔡宇翔、鍾茲涵。藍色狂想曲-藍晒變色探究。中華民國第61屆科展 國小組化學科。
- 四、色相環，品牌行銷點點讚，取用日期2025年2月27日，網址：<https://www.dascoin168.com/archives/12648.html>
- 五、紫色高麗菜汁(天然指示劑)——自製 pH 試紙，東海大學普通化學實驗室，取用日期2025年2月27日，網址：<http://gclab.thu.edu.tw/Chem-Eng%20A/10.pdf>
- 六、蝶豆花在不同酸鹼值下的變色效果，勤美學，取用日期2025年2月27日，網址：<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=3215955638628595&id=2187777131446456&set=a.2188480784709424>
- 七、pH 酸鹼試紙 1-14，帝一化工，取用日期2025年2月27日，網址：https://shop.dechemical.com.tw/product/20130509019?category_sn=689

(本頁圖34-圖38 均由作者製作及掃描)