

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學科（三）

組 別：國小組

作品名稱：從此不再「白」洗！——市售防染色洗衣紙的防移染效能定量分析

關 鍵 詞：防染色洗衣紙、定量分析

編號：A8014

從此不再「白」洗！——市售防染色洗衣紙的防移染效能定量分析

摘要

本研究量化評估三款市售防染色洗衣紙在紅、藍、黑染劑下的防移染效能。我們建立一套數位雙軌評估模型：利用 ImageJ 軟體分析織物表面灰階亮度（Mean），並透過 App 監測水溶液 B 值回升率（RR%）。

研究發現：

- 一、樂品 (Lepin) 在紅色與藍色實驗中表現最優，水質回升率達 56.82%，織物亮度保護顯著領先高單價品牌。
- 二、黑色極端測試下，各品牌效能趨近飽和，由貝克曼博士略微領先。
- 三、綜合數據顯示，低單價品牌在多色系測試中展現極高性價比。

本研究證實防染色片能有效攔截游離染劑，成功將肉眼觀察轉化為精確數位數據，為消費者提供具科學實證的選購指南。

壹、前言

一、研究動機：

在一次幫忙做家事時，不小心將一件紅色的新衣和棉質白衣一起丟進洗衣機，結果白衣變成了粉紅色，全家人都感到非常懊惱。為避免悲劇再發生，我們在賣場發現宣稱能吸附游離染料的「防染色洗衣紙」。

然而，市面上這類產品琳琅滿目，價格與材質各異，有些標榜強效吸色，有些則強調天然環保。不禁產生疑問：這些洗衣紙真的能如廣告所述，把水中的染料吸得一乾二淨嗎？洗劑多寡或布料材質是否影響它的吸色效果？

因此，本組針對三款市售常見防染色洗衣紙展開實驗，透過控制變因，比較它們在不同環境下的吸色效能。希望透過科學化定量分析，找出最有效率的使用方式，讓

洗衣不再是一場令人擔驚受怕的「染色大冒險」，提供消費者具備科學依據的選擇建議。

二、研究目的:

(一) 定量評比不同品牌防染色洗衣紙之即時吸色效能

本研究旨在固定水量與染料濃度之標準化環境下，透過數位工具量化受測白布的亮度差異。利用 HSB (B 值, Brightness, 亮度) 確切數據，證實「樂品 (Lepin)」、「達麗 (Dalli)」及「貝克曼博士 (Dr. Beckmann)」三款品牌在防止游離染料移染至織物上的效能優劣。

(二) 探究洗衣紙在連續吸附過程中的效能變化

透過連續兩次（或多輪）的吸附實驗，觀察洗衣紙在面對後續游離染料時的效能持續性。藉由比較首輪與次輪實驗後水溶液的透光度變化，分析不同品牌洗衣紙在面對高濃度染料或長時間洗滌時，其捕捉染料的能力是否會產生顯著遞減。

(三) 綜合評估各品牌之防移染經濟效益

結合各品牌之實驗量化數據與市場零售單價，建立效能與成本之綜合評估模型。旨在分析何種產品能以最優的單位成本，提供最穩定的防移染保護，作為消費者選購相關產品時的科學參考依據。

三、文獻探討:

(一) 防染色洗衣紙之運作原理

根據研究資料顯示，防染色洗衣紙的核心組成為具備高吸附能力的不織布纖維。其科學原理在於纖維表面經過特殊處理後帶有正電荷（陽離子）。

由於衣物脫落的染料分子在水中通常帶有負電荷（陰離子），兩者間會產生強大的靜電吸引力（Electrostatic Attraction）。此機制能於染料沾染至其他淺色衣物前，將其有效截獲並鎖定於洗衣紙的纖維結構中，達成防移染之效果。

(二) 影響移染與吸附之環境變因

參考相關化工文獻，衣物褪色與防染效率受多種物理變因影響：

1. 熱運動效應：當水溫升高時，分子的熱運動加劇，染料與纖維間的結合
力可能因動能增加而減弱，導致更多染料游離至水中，本研究為維持單
一變因，實驗全程採用常溫水進行。
2. 物理摩擦與濃度：洗滌劑的離子強度以及攪拌時產生的物理摩擦力，亦
是影響衣物染料脫落程度的重要變因。因此，本研究於實驗過程中需嚴
格控制攪拌頻率與時間，以維持實驗穩定性。

（三）數位化顏色定量評估法

在科學實驗中，顏色的深淺與演變需透過客觀數據定義。本研究採用
HSB 色彩模型進行量化：

1. 亮度（Brightness, B 值）：作為評估防染效能的核心指標。當防染效果
愈佳時，受測棉布或水溶液之 B 值應愈高（趨近於原始基準）。
2. 量化工具應用：研究中擬採用數位顯微鏡觀測纖維微觀吸附情形，並利
用色彩分析軟體（如 Color Name、ImageJ）將吸色結果轉化為可分析之
數據，以確保實驗結果之客觀性與科學信度。

貳、研究設備及器材

量杯	防染色片	防染色片	防染色片	染劑
				
布	剪刀	尺	平板	定時器
				

參、研究過程或方法

一、實驗材料:

- (一)、防染色片：三種品牌（樂品、Dalli、Dr.Beckmann），並統一裁成 7x7cm
- (二)、棉質白布，並統一裁成 7x7cm
- (三)、棉質染布（紅、藍、黑）
- (四)、食用水性染料（紅、藍、黑）
- (五)、剪刀和尺
- (六)、量杯
- (七)、定時器
- (八)、手機相機（應用程式：Color Name，用於測量 B 值）
- (九)、比色軟體 ImageJ

二、步驟:

(一) 前置準備階段

1. 材料標準化處理：為避免織物原有的漿料影響染料吸附，所有實驗用之白胚布於剪裁前，均統一進行洗滌並徹底晾乾。
2. 染液濃度校準：採大桶預先配製方式調製標準染色液，再分別分裝至各實驗燒杯中（每杯 200 mL），以排除逐杯滴加染劑可能產生之濃度誤差。
3. 環境控制設定：
 - (1)水溫控制：全數實驗均使用常溫水，確保化學吸附環境一致。
 - (2)光源恆定：觀測數據時，固定光源之入射角度與距離，以維持數位偵測之穩定性。

(二) 正式實驗步驟

1. 同步化操作：將三組實驗品牌（樂品、Dalli、Dr. Beckmann）與空白對照組同時投入染液，並於相同時間結束反應，以消除時間與水溫隨環境波動之變因。
2. 樣本置入：於各燒杯中同時放入相同面積之基準白布與待測防染色片。



圖 1：學生將樣本置入

3. 模擬洗滌程序：使用玻璃棒進行標準化攪拌。設定每 2 分鐘浸泡攪拌 1 分鐘，力度保持恆定；總浸泡加上攪拌時間固定為 15 分鐘（或依實驗需求調整），模擬洗衣機運轉之機械動力。



圖 2：學生模擬洗滌程序

4. 重複驗證：各品牌均進行 3 次重複實驗，並計算其平均值，以降低隨機誤差並提升結論之信度。

（三）數據處理與量化階段

1. 樣本乾燥：實驗結束後，將受測之白色棉布取出，於陰涼處統一晾乾，避免陽光直射造成褪色干擾。
2. 數位量化分析：

(1)偵測工具：於固定光源環境下，使用 Color Name App 對準受測棉布進行偵測。

(2)指標擷取：記錄棉布之 HSB 數值，並以 B 值（Brightness，亮度）作為核心指標，量化分析防染色片防止移染之效能。

(3)影像二次校對：將受測後之樣本照片匯入 ImageJ 軟體，進行像素灰階分析，與 App 偵測結果進行相互驗證。

變因類別	變因項目	具體控制方法
操縱變因(唯一改變的條件)	防染色洗衣紙品牌	分別測試 樂品、Dalli、Dr. Beckmann 三種不同品牌的產品。
應變變因(測量記錄的結果)	吸色效能指標	1. 受測白布與水溶液之 HSB (B 值/亮度)。2. ImageJ 影像像素之 Mean Gray Value。
控制變因(保持不變的條件)	染料濃度與體積	統一使用相同比例配製之特定顏色染液，每組體積固定為 200 mL。
	樣本接觸面積	所有防染色片與基準白布均精確裁切為 7×7cm。
	反應時間	統一設定浸泡反應時間為 15 分鐘。
	物理擾動頻率	使用玻璃棒進行標準化攪拌，每 2 分鐘攪拌一次，每次持續 10 秒。
	環境光源	所有數據偵測與照片拍攝均在固定白光光源、相同拍攝角度下進行。
	水質與水溫	統一使用相同來源之常溫水（約 25℃），以排除溫度對化學吸附之影響。

表 1：實驗變因控制與標準化流程表

肆、研究結果與展示

一、在本研究中，我們透過「織物表面亮度」與「水溶液回升亮度」雙重指標，對三款市售防染色洗衣紙進行量化評估。

品牌名稱	市售包裝規格	平均建議售價 (NT\$)	單片成本 (NT\$)	原產地
樂品	24 片/盒	\$69	\$2.88	中國
德國達麗 (Dalli)	12 片/盒	\$119	\$9.92	德國
貝克曼博士 (Dr. Beckmann)	12 片/盒	\$169	\$14.08	德國

表 2：本實驗三品牌於實體通路販售價格與單片成本表

二、 織物表面之影像量化分析

透過 ImageJ 軟體分析實驗後棉布之灰階亮度（Mean Gray Value），數值越高代表布料越接近原色，防染效果越佳。

（一）樂品（Lepin）：

1.紅布：



圖 3：樂品防染色片在紅色棉布中防染效果

2.藍布：



圖 4：樂品防染色片在藍色棉布中防染效果

3.黑布：



圖 5：樂品防染色片在黑色棉布中防染效果

（二）達麗（Dalli）：

1.紅布：



圖 6：達麗 (Dalli)防染色片在紅色棉布中防染效果

2.藍布：



圖 7：達麗 (Dalli)防染色片在藍色棉布中防染效果

3.黑布：



圖 8：達麗 (Dalli)防染色片在黑色棉布中防染效果

(三) 貝克曼博士 (Dr.Beckmann)：

1.紅布：



圖 9：貝克曼博士 (Dr. Beckmann)防染色片在紅色棉布中防染效果

2.藍布：



圖 10：貝克曼博士 (Dr. Beckmann)防染色片在藍色棉布中防染效果

3.黑布：



圖 11：貝克曼博士 (Dr. Beckmann)防染色片在黑色棉布中防染效果

三、與紅布同洗之白布在透過軟體 imagej 所測出三品牌之 Mean 值：

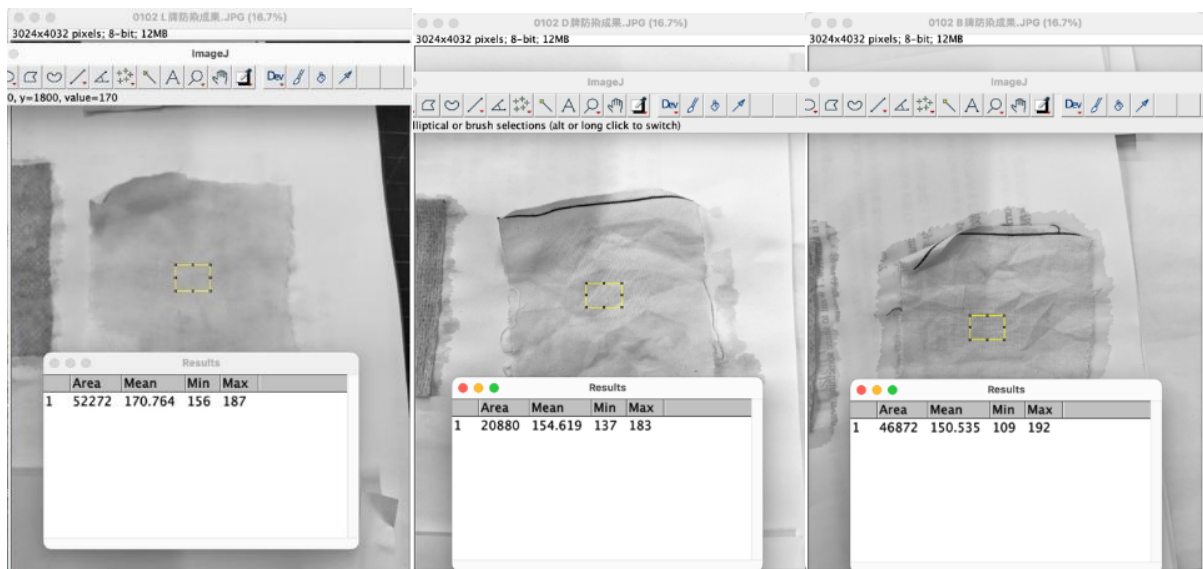


圖 12：透過 imagej 軟體測得三品牌白布之灰階亮度值（樂品、Dalli、Dr.beckmann）

四、與藍布同洗之白布在透過軟體 imagej 所測出三品牌之 Mean 值：

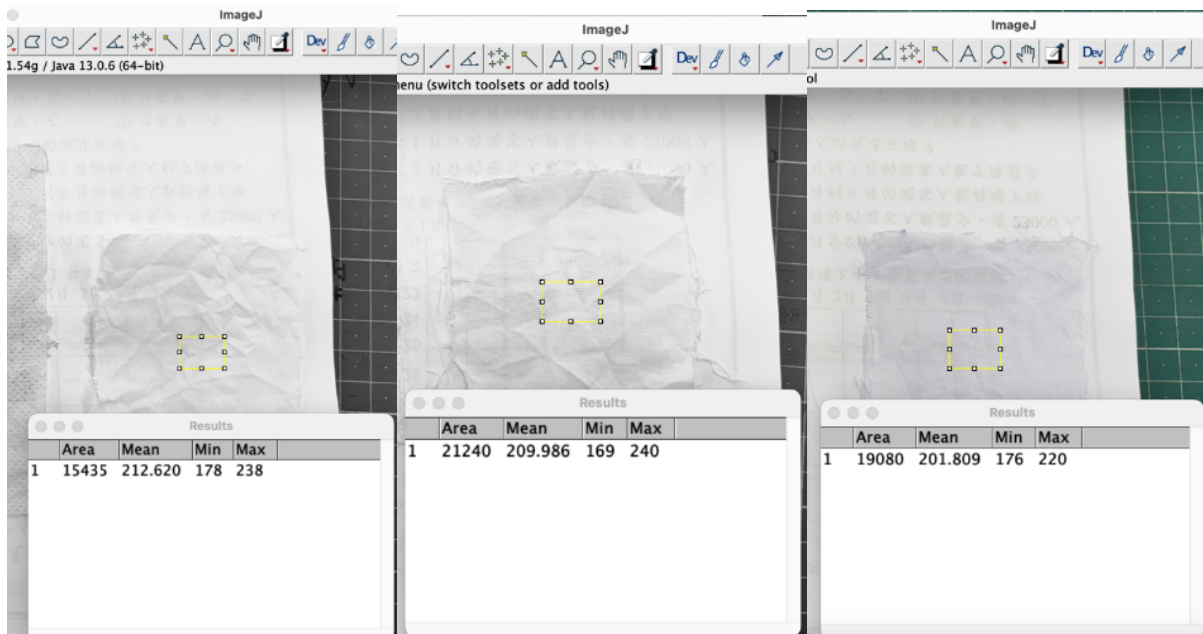


圖 13：透過 imagej 軟體測得三品牌白布之灰階亮度值（樂品、Dalli、Dr.beckmann）

五、與黑布同洗之白布在透過軟體 imagej 所測出三品牌之 Mean 值：

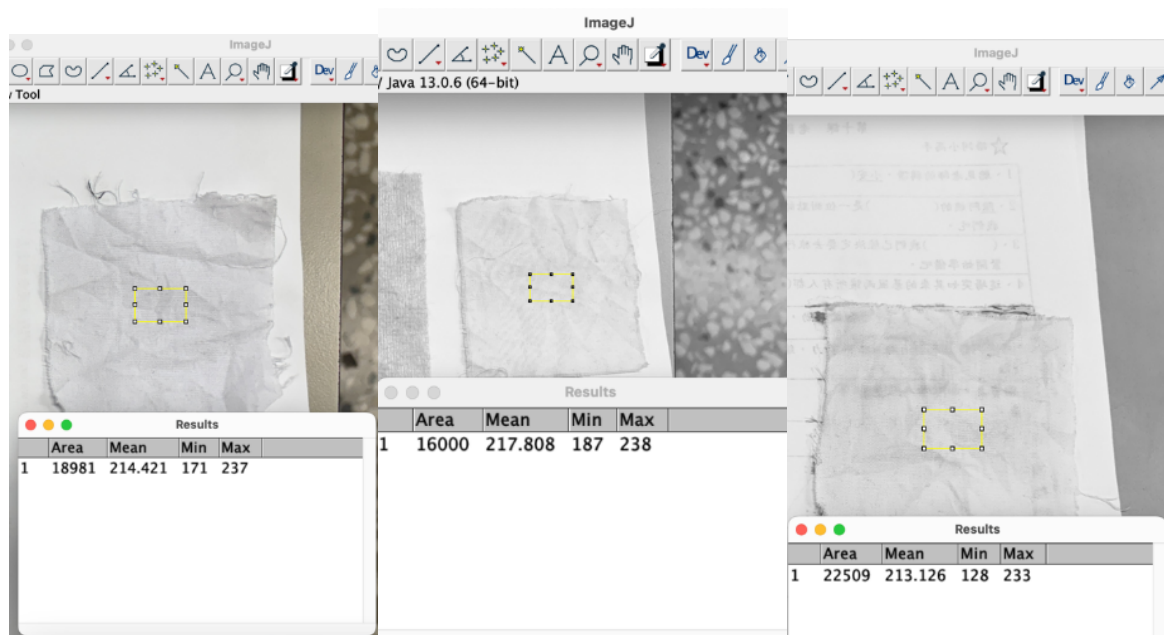


圖 14：透過 imagej 軟體測得三品牌白布之灰階亮度值（樂品、Dalli、Dr.beckmann）

顏色指標	樂品 (Lepin)	達麗 (Dalli)	貝克曼博士	表現最優品牌
紅色組	170.76	154.62	150.54	樂品
藍色組	212.62	209.99	201.81	樂品
黑色組	214.42	217.81	213.13	達麗

表 3：各品牌在色布中防染色片之布料亮度 (Mean Gray Value) 數據表

為了精確比較各品牌防染色片對織物潔白度的保護能力，本研究將實驗後的棉布影像導入 ImageJ 軟體進行灰階像素分析。分析指標為平均亮度值 (Mean Gray Value)，其數值範圍介於 0（純黑）至 255（純白）之間。所測得數值若是越高，代表布料受染色影響越小，防染效果越佳。

而本研究採用「領先幅度百分比」來量化品牌間的效能差距，計算公式如下：

$$\text{領先幅度(\%)} = \frac{(\text{品牌A Mean} - \text{品牌B Mean})}{\text{品牌B Mean}} \times 100\%$$

根據數位影像分析結果，我們發現到各品牌在不同色系中的亮度表現如下：

紅色組：亮度排序為樂品 (170.76) > 達麗(154.62) > 貝克曼博士 (150.54)。在此組中，樂品展現出壓倒性的防染優勢。

藍色組：亮度排序為樂品 (212.62) > 達麗(209.99) > 貝克曼博士 (201.81)。樂品依然維持最高亮度，保護效果最穩定。

黑色組：亮度排序變動為達麗(217.81) > 樂品(214.42) > 貝克曼博士(213.13)。在此極端測試中，各品牌表現趨於接近，且達麗表現略微突出。

數據綜合分析與發現透過跨色系的數據對比，本研究獲得以下關鍵發現：一致性的效能領先：在「紅色」與「藍色」兩組實驗中，樂品均獲得最高的 Mean 值，證實其防染色片在捕捉中高亮度染劑分子時，具有最優異的物理吸附效能。品牌表現之多樣性：實驗數據顯示，雖然樂品在多數情況下表現最優，但在「黑色」組中，達麗展現了極佳的攔截能力。這說明不同品牌之纖維結構可能對特定波長或分子量之染劑具有不同的親和力。數位量化之必要性：透過 ImageJ 分析可見，即便肉眼觀察白布皆呈淡色，數位數據仍能精確指出 5%到 13%的效能差距。相較於其他高單價品牌，樂品在多色系測試中均能維持前段表現，不僅在視覺上優異，更在全色系數位數據上證實了其顯著的防染實力。

六、水溶液亮度回升分析：

除了織物表面的受染程度，本研究進一步利用數位色彩偵測 App（Color Name）監控水溶液在反應前後的 B 值 (Brightness，亮度) 變化。

此指標能精確量化防染色片由液體中「攔截」並「固定」染料的總體效能。本研究嚴格控制各色系初始染液之濃度，其中紅色組 B 值為 56，藍色組為 65，黑色組為 36，以此作為計算亮度回升率之基準。

為了標準化各品牌對水質的淨化程度，本研究定義「亮度回升率 (Recovery Rate, RR)」，量化防染色片將染液由初始狀態向純水狀態（B=100）提升的能力。

$$RR(\%) = \frac{(B_{\text{實驗後}} - B_{\text{初始}})}{(100 - B_{\text{初始}})} \times 100\%$$

測試顏色	品牌名稱	初始 B 值	實驗後 B 值	提升點數 (ΔB)	亮度回升率 (RR%)
------	------	--------	---------	--------------	----------------

紅色組	樂品	56	81	+25	56.82%
	貝克曼博士	56	78	+22	50.00%
	達麗(Dalli)	56	73	+17	38.64%
藍色組	樂品	65	81	+16	45.71%
	達力 (Dalli)	65	74	+9	25.71%
	貝克曼博士	65	69	+4	11.43%
黑色組	貝克曼博士	36	57	+21	32.81%
	樂品	36	54	+18	28.13%
	達力 (Dalli)	36	54	+18	28.13%

表 4:多色系水溶液亮度 (B 值) 與回升率統計對比表

根據表 4 之數據紀錄與運算結果，本研究針對各品牌防染色片在不同色系染液中的水質淨化效能，總結出以下三點發現：

1. 領先品牌的色彩通用性在紅色與藍色兩組實驗中，樂品 (Lepin) 展現出顯著的效能領先，其亮度回升率分別達到 56.82%與 45.71%。特別是在藍色組中，樂品的回升幅度幾乎是貝克曼博士的 4 倍之多，這證實了該品牌對於中高明度染劑具有極佳的普適吸附力。
2. 極端濃度下的效能收斂在初始亮度最低、染料濃度最高的黑色組中，三品牌的亮度回升率較紅色與藍色組明顯下降，且彼此間的差距大幅縮小。此現象說明當水中游離染料濃度過高時，各品牌防染色片皆會趨向吸附飽和點，導致效能表現趨於接近。
3. 品牌特性與特定顏色的關聯數據顯示，貝克曼博士雖然在藍色組回升率表現較弱，但在最極端的黑色組測試中，其回升率反而躍升為三品牌之首。這項數據變動暗示了不同品牌的纖維載體或添加之化學捕捉劑，可能對特定分子量或特定化學結構的染劑（如黑色染料）具有不同的親和性，這也是未來值得進一步深究的方向。

伍、討論

一、染料特性與防染色片吸附能力的關聯

本研究透過紅、藍、黑三種色系實驗發現，防染色片在不同顏色下的表現存在差異，這與染料的濃度與特性密切相關：吸附空間的飽和現象：在紅色與藍色實驗中，樂品展現極高回升率。但在黑色實驗中，即便初始亮度較低（代表染料較濃），各品牌的回升率皆顯著下降。這說明防染色片纖維上的吸附空間是有上限的。

當水中游離染料過多時，捕捉位點被迅速填滿，導致各品牌的防染效能趨於一致，進入了飽和狀態。品牌對不同顏色的捕捉特性：數據顯示貝克曼博士在黑色組的水質回升率反超，但在藍色組表現最弱。這顯示不同品牌的纖維構造或其添加的特殊吸附成分，對特定顏色的染料分子具有不同的親和力，並非單一品牌就能在所有顏色測試中完全領先。

二、數位影像量化技術（ImageJ）的優勢與準確性

傳統評估防染色片多依賴肉眼判斷，本研究引入 ImageJ 灰階分析 與 B 值亮度回升率，成功將視覺感受數據化：捕捉肉眼看不見的差異。

在藍色組實驗中，三款品牌的實驗白布看起來都非常潔白，但透過 ImageJ 數據分析，樂品（212.62）與貝克曼博士（201.81）其實存在約 5% 的亮度差距。這證實了數位量化能排除主觀誤判，提供更精確的科學證據。

水質與織物數據的同步性：實驗發現，當水溶液的 B 值回升率越高，對應的白布亮度也越高。這說明水質淨化力是保護衣物不被染色的關鍵指標。

三、經濟效益與選購建議

結合成本分析，本研究發現產品價格與實際效能之間存在有趣的現象。性價比的發現，市場單價最高的貝克曼博士（單片約 14.08 元）在多項測試中效能並未大幅領先，反而是單價最低的樂品（單片約 2.88 元）在紅、藍兩色奪冠。這顯示在一般的洗滌情境下，平價品牌也能提供極佳的防護效果。

實務應用建議：根據數據，消費者在面對日常紅、藍色系衣物混洗時，選擇高性價比的品牌即可。但若遇到黑色等重色衣物，建議可增加防染色片的使用量，以避免吸附空間達到飽和。

四、實驗限制與未來方向

（一）溫度變因的擴展：本研究為維持穩定，全程採用常溫水。但實際洗滌時水溫可能變動，未來若能加入不同水溫測試，將能更全面地觀察防染色片在各種環境下的穩定性。

（二）織物材質的測試：本實驗主要使用純棉布，未來可嘗試測試人造纖維（如聚酯纖維）的防染效果，探討防染色片對不同材質衣物的保護廣度。

陸、結論

一、研究結論

（一）數位量化評估模型之建立：

本研究結合 ImageJ 影像分析與 B 值偵測技術，將傳統模糊的肉眼觀察轉化為精確的數位數據。實驗證實「水溶液亮度回升率」與「織物灰階亮度」呈現高度正相關，是一套具備高信度且可重複驗證的防染效能評估模型。

（二）跨色系防染效能表現：

1. 在紅色與藍色實驗中，樂品表現最為優異，其水質亮度回升率最高達 56.82%，織物保護力亦領先其他品牌。

2. 在黑色高濃度測試下，各品牌效能趨於飽和，顯示防染色片存在吸附空間上限。
此時各品牌表現接近，由貝克曼博士略微領先。

（三）打破品牌價位的迷思：

數據顯示，價格最高昂的品牌（貝克曼博士，單片約 14.08 元）在多項指標中並非最強，反而是單價最低的品牌（樂品，單片約 2.88 元）在多色系測試中展現了最高的性價比。

二、建議與應用

（一）消費者選購建議：

日常洗滌一般彩色衣物時，建議選擇平價且吸附效能佳的防染色片即可達到優異保護。

若清洗深黑色或高染料風險衣物時，與其追求高價品牌，不如增加平價防染色片的使用片數，以提供更多吸附空間防止移染。

（二）未來研究方向：

1. 洗劑干擾實驗：未來可加入洗衣精或柔軟精，觀察洗劑中的界面活性劑是否會影響防染色片的吸附效能。
2. 長期重複洗滌：測試在連續多次洗滌的情境下，防染色片對衣物亮度的累積保護效果。

柒、參考文獻資料

一、網路報導與新聞

（一）風傳媒（2023）。全聯 1 款洗衣神物有效防衣服染色！他驚呼「深淺衣服再也不用分開洗」。取自 <https://www.storm.mg/lifestyle/4885025>

（二）Yahoo 奇摩新聞（2011）。主婦幫手—神奇洗衣紙 防止衣物染色。取自相關新聞網頁

二、產品資訊與實測評論

（一）Spunfsic（2023）。不希望衣服染色又懶得分開洗？懶人福音：放進幾片這個萬事都能解【外銷日本洗衣吸色片】！！。取自 <https://spunfsic.com>

（二）達麗 Dalli【模擬實驗】一張紙就能防染色！？德國達麗洗衣吸色紙好神奇！。取自相關實測網頁

三、科學原理與技術工具

（一）ImageJ 官方網站。ImageJ: Image Processing and Analysis in Java。取自 <https://imagej.nih.gov/ij/>

（二）維基百科。HSB 色彩空間。取自色彩模型相關定義頁面