

作品說明書

科 別：自然科技

組 別：國中 A 組

作品名稱：不同酸鹼度清潔劑對各類污漬的影響：以家庭常見材料為例的實驗研究

關 鍵 詞：

酸鹼度、去污機制、像溶原理、染料化學、家庭清潔、
環境素養

摘要

本研究探討四種常見清潔劑（小蘇打粉、檸檬酸、牙膏、酒精）對四類家庭污漬（醬油、奶油〈油污〉、油性墨水、水性墨水）的去污效能，聚焦於**酸鹼度與溶解機制**之關聯。以棉質白布為受污基材，於受控條件下製造污漬，施以等量清潔劑與標準化刷洗程序，並以**顏色接近原布的程度**作為清潔效果的操作化指標。結果顯示：（1）醬油汙以**鹼性**小蘇打最佳，酸性檸檬酸最差；（2）奶油油污以**酒精**（有機溶劑）最佳；（3）油性墨水以**酒精**最佳；（4）水性墨水以**鹼性**小蘇打最佳。討論以**染料溶解/色層分離、像溶原理、清潔作業序**與並提出以 CIE L*a*b* 的 ΔE^* 量化與低頻氣泡清洗等延伸方案。研究建議以「**污漬性質 × 清潔機制**」的匹配為核心原則，並採用低風險且環境友善之替代方案（如小蘇打、檸檬酸與酒精之正確使用），兼顧清潔效能與環境素養。

緒論

家庭情境中，清潔成效時常取決於污漬的化學性質與清潔劑的作用機制是否匹配。網路文化流行的「清潔小撇步」雖提供實用經驗，但缺乏系統性比較與理論連結。基於此，本研究以酸鹼中和與溶解選擇性為軸，設計可重現的居家等級實驗，比較四種清潔劑（小蘇打粉〈鹼性〉、檸檬酸〈酸性〉、牙膏〈中性且具研磨〉、酒精〈有機溶劑〉）對四類污漬（醬油、奶油、油性墨水、水性墨水）的效能。為提升研究動機之說服力與社會意義，本文將結果置於三個真實情境脈絡下：1) 家庭清潔作業序與工具的正確化（如由上而下、由乾到濕、先輕污後重污），可提升效率並避免重工；2) 文化資產修護實務對染料溶解性與分離行為的洞察，提供理解墨跡清除與殘色管理的證據；3) 環境素養的培育與低毒性清潔的倡議，支持以小蘇打/檸檬酸等替代高風險藥劑，並鼓勵朝向低頻氣泡清洗等減藥技術。

壹、前言

一、研究動機

日常生活中常見的清潔「偏方」提供了許多經驗法則，然而其背後機制與適用邊界往往未被系統驗證。基於此動機，我們以酸鹼度與溶解選擇性為主軸，檢驗四種清潔劑對四類污漬的去污差異；假設不同污漬成分需搭配相對應機制之清潔劑，方能達到最佳效果。

二、研究目的

- (一) 比較不同酸鹼度/機制清潔劑對四類常見污漬之效能差異。
- (二) 以酸鹼中和、像溶原理、染料溶解與擴散等理論解釋觀察結果。
- (三) 提出兼顧效能與環境風險的情境化清潔指引。

三、文獻探討

(一) 家庭清潔作業序與程序控制

家務與清潔實務強調「由上而下、由內到外、由乾到濕、先輕污後重污」的作業序，有助降低交叉污染與重工，提高程序一致性與效率（高，2015）。本研究據此原則規範刷洗順序與器具清潔，以提高內部效度。

(二) 染料與墨水去除的科學基礎

文物修護研究證實，市售筆墨中的水溶性色料與非水溶性成分在水/酒精中呈現不同的溶解與分離行為；紙層析與溶劑測試亦顯示，水性染料可在水相擴散轉移，油性/樹脂相則需有機溶劑處理（Chew, 2013）。此觀點可解釋水性與油性墨水在本研究條件下的差異。

(三) 低風險清潔策略與環境素養

小蘇打與檸檬酸因毒性低、取得容易而常被倡議為家用清潔材；其機理分別為弱鹼中和酸性污與弱酸去垢/溶鹽（高，2015）。教育研究指出，將環境議題融入課程可提升學生環境素養與行動力（黃，2024），與「以低風險化學品替代」之清潔策略一致。

(四) 低頻氣泡清洗技術之啟示

低頻聲波 × 氣泡可促進氣泡於纖維孔隙間的進出與碰撞，即使減量或不使用界面活性劑仍能提升去污效果，且有望降低用水與化學品用量（白等，n.d.）。此技術提供以「工學方法」減少化學負荷的方向。

貳、研究過程或方法

一、研究流程

(一) 方法流程圖

圖 1 研究流程 (方法流程圖)

1. 污漬製備 → 2. 清潔劑配製 (等量) → 3. 標準化刷洗 (時間/力度) → 4. 沖洗與晾乾 → 5. 顏色比對/量化 (建議 ΔE^*) → 6. 統整分析 → 7. 安全與廢液處理紀錄。

二、材料與設備

(一) 受污基材：棉質白布。

(二) 污漬：醬油 (含胺基酸/糖類複合色素)、奶油 (脂肪/乳化脂)、油性墨水 (含有機溶劑與非水溶性色料)、水性墨水 (含水溶性色料/染料)。

(三) 清潔劑 (等量使用)：小蘇打粉 (弱鹼)、檸檬酸 (弱酸)、牙膏 (近中性、含研磨劑/發泡劑，提供機械摩擦)、酒精 (有機溶劑，主要為乙醇)。(含有機溶劑與非水溶性色料)、水性墨水 (含水溶性色料/染料)

(四) 設備：相機 (固定光源設定)、取色器 (或影像取樣軟體)。

三、操作程序

(一) 在棉布上製備四類污漬並靜置

(二) 施以等量清潔劑與恆定加水量

(三) 以標準化牙刷、固定力度與時間刷洗(60 秒、約 120 次/分)

(四) 自然晾乾

(五) 以顏色接近原布之程度作為清潔指標，取三次重複的平均色值作比較

四、數據處理

(一) 以「顏色越接近原布＝清潔越佳」比較條件差異。

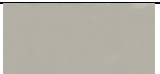
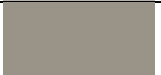
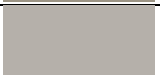
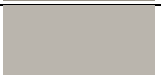
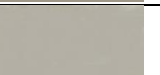
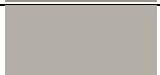
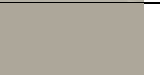
升級量化建議：改以 CIE $L^*a^*b^*$ 計算 ΔE^* (處理前後區域平均的色差)，並配合單/雙因子 ANOVA (清潔劑 $\times$ 污漬類型) 與 Tukey 事後比較，以提升可比性與再現性。

參、研究結果

本章節主要是呈現實驗的結果，透過四組實驗呈現預測的實驗變因有沒有跟不同酸鹼度清潔劑對各類污漬的影響有關，在以下實驗中皆以平板取色器作為實驗參考，提取照片顏色並找出平均，清潔劑的量是 10 克；污漬的量是 2 克，並測量其清潔過後的顏色來比較清潔程度的多寡，換而言之，在 10 克的清潔劑中，顏色越貼近原來布料的顏色則清潔越乾淨，可能是污漬合適的清潔劑。

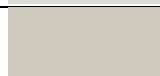
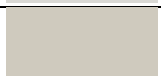
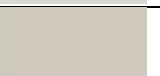
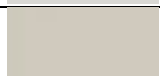
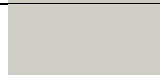
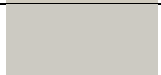
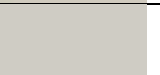
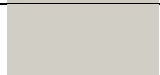
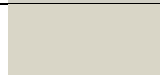
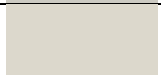
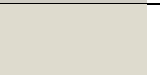
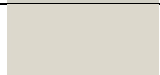
一、實驗 1：對清潔醬油最有影響的清潔劑

測試結果參考下面表格，表格橫向是測試所提取出的顏色及三次顏色的平均，縱向依序是小蘇打粉, 檸檬酸, 牙膏, 酒精的測試結果。

測試次數 清潔劑	1	2	3	平均顏色
小蘇打粉				
檸檬酸				
牙膏				
酒精				

二、實驗 2：對清潔油漬最有影響的清潔劑

測試結果參考下面表格，表格橫向是測試所提取出的顏色及三次顏色的平均，縱向依序是小蘇打粉, 檸檬酸, 牙膏, 酒精的測試結果。

測試次數 清潔劑	1	2	3	平均顏色
小蘇打粉				
檸檬酸				
牙膏				
酒精				

三、實驗 3：對清潔油性墨水最有影響的清潔劑

測試結果參考下面表格，表格橫向是測試所提取出的顏色及三次顏色的平均，縱向依序是小蘇打粉, 檸檬酸, 牙膏, 酒精的測試結果。

測試次數 清潔劑	1	2	3	平均顏色
小蘇打粉				
檸檬酸				
牙膏				
酒精				

四、實驗 4：對清潔水性墨水最有影響的清潔劑

測試結果參考下面表格，表格橫向是測試所提取出的顏色及三次顏色的平均，縱向依序是小蘇打粉, 檸檬酸, 牙膏, 酒精的測試結果。

測試次數 清潔劑	1	2	3	平均顏色
小蘇打粉				
檸檬酸				
牙膏				
酒精				

五、文字統整

(一) 醬油（偏酸/含色素複合）：小蘇打（鹼性）最佳；檸檬酸最差。

(二) 奶油（脂類/油污）：酒精（有機溶劑）最佳；酸、鹼型清潔劑表現有限，牙膏因摩擦略有效。

(三) 油性墨水：酒精最佳；酸、鹼與單純摩擦較難徹底去除。

(四) 水性墨水：小蘇打（鹼性）最佳；檸檬酸最差，牙膏次之，酒精有限。

肆、討論

一、酸鹼中和與像溶原理的驗證

(一) 醬油含酸性與多酚性發色團，與小蘇打的弱鹼中和可提升去色/去污；弱酸（檸檬酸）不但缺乏中和優勢，且可能穩定部分色團，故表現最差。

(二) 牙膏含有泡沫劑及摩擦成分，可以提供有效的物理清潔。奶油油污以像溶原理解釋最為直接：酒精可溶解脂類與有機性膜層，配合刷洗可有效移除；牙膏的機械研磨可幫助去除表面殘留，但受限於溶解機制。

(三) 墨水行為與染料化學一致：

1. 水性墨水含水溶性色料；鹼性環境可改變染料電荷狀態、破壞色團或提升在水相中的移動性，故小蘇打表現佳；酸性環境反效果。

2. 油性墨水含有機溶劑與樹脂相；酒精可做為有效的溶解相，促進色料脫附與轉移。

(四) 清潔劑匹配建議矩陣（效能由高至低）

表 1 污漬—清潔劑匹配建議矩陣（效能由高至低）

污漬類型	主要機制關鍵	建議首選	次選	不建議
醬油（偏酸/多酚）	鹼性中和、去色	小蘇打	牙膏（機械）	檸檬酸
奶油（油脂）	像溶（有機溶劑）	酒精	牙膏（機械）	強酸/強鹼
油性墨水	溶劑脫附	酒精	牙膏（機械，有限）	酸/鹼（效果有限）
水性墨水	電荷/溶解度調節	小蘇打（pH 8-10）	清水沖洗 + 牙膏	檸檬酸

二、染料化學與墨跡處理

(一) 水性墨水在鹼性條件下，色團電荷狀態與溶解度改變，可提升在水相中的移動性；酸性環境則不利

(二) 油性墨水含有機溶劑與樹脂相，適合由酒精等有機相處理，與修護科學「水相先行、再以有機相補處」一致

三、程序控制與誤差來源

(一) 遵循「乾→濕、輕污→重污」的程序可減少污漬擴散與反覆勞動，亦支持本研究對刷洗次數/時間作標準化控制的必要性。

四、環境素養與低風險化學品的優先序

(一) 研究結果支持以小蘇打/檸檬酸/酒精等低風險、易取得的材料作為第一線清潔策略，並藉此作為環境素養教育的切入。在不降低清潔效能的前提下，減量使用與避免不相容混用（如酸與含氯漂白）是實踐環境素養的關鍵。

五、技術延伸：低頻氣泡清洗的潛力

(一) 低頻聲波×氣泡能在較少清潔劑下增進孔隙內部的去污，對於紡織品的深層清潔具潛力。

(二) 後續若將該機制與鹼性/酒精搭配，有機會在保持環境友善的同時，提升對油性殘留或墨跡的去污效率。

伍、結論

一、污漬—清潔劑匹配原則成立：

(一) 醬油：小蘇打（鹼性）〉牙膏〉酒精〉檸檬酸（最差）。

(二) 奶油油污：酒精（有機溶劑）最佳；牙膏次之；酸、鹼較差。

(三) 油性墨水：酒精最佳；酸、鹼與單純摩擦有限。

(四) 水性墨水：小蘇打（鹼性）最佳；檸檬酸最差。

這些結果與酸鹼中和、像溶原理、染料溶解/色層分離之理論一致，並支持以低毒性材料優先的環境素養策略。

二、具體後續研究方向

(一) 量化改版：以相機定光源拍攝，使用色卡校正，計算 CIE ΔE^* 作為主要因變項；必要時輔以重量殘留/ TOC。

(二) 機制驗證：

1. 水性墨水：比較 pH 梯度 (pH 8 - 10) 對去色速率。

2. 油性墨水/油污：比較乙醇濃度梯度 (50 - 95%) 與接觸時間。

(三) 處理劑擴充：納入溫和表面活性劑與酵素清潔劑 (蛋白/澱粉/脂肪酶)，對應不同污漬基質。

(四) 工學輔助：測試低頻氣泡條件 (頻率、功率、時間) 與清潔劑劑量之交互作用。

(五) 安全與環境：建立不相容混用表與用量/廢液指引，將環境素養操作化。

陸、參考文獻資料

Chew, J. (2013). The removal of blue stains on ink painting "Man at a Pine Creek". Journal of National Taiwan Museum, 66(1), 75-88. [https://doi.org/10.6532/JNTM.2013.66\(1\).04](https://doi.org/10.6532/JNTM.2013.66(1).04)

高毓霄 (2015 年 2 月)。年終大掃除：家事達人教妳輕鬆打掃。轉載專題/生活家 (內文引用作業序、DIY 清潔 配方與注¹意事項；原文提供者：廣毅文化《乾淨溜溜：170 分鐘清潔收納一次打死》)。〔原始檔：年終大掃除家事達人教妳輕鬆打掃.pdf〕

白貿元、陳建興、劉睿凱 (n.d.)。發展一個低頻驅動氣泡為基礎清洗設備 (高教深耕計畫研發報告)。〔原始檔：發展一個低頻驅動氣泡為基礎清洗設備.pdf〕

黃靖雯 (2024)。環境教育議題融入課程對於高職特教學生環境素養提升之省思與探究 (碩士論文，國立高雄 師範大學)。〔民國 113 年 7 月；原始檔：環境教育議題融入課程對於高職特教學生環境素養提升之省思與探究.pdf〕

註：第二、三筆屬非傳統期刊來源 (專題/報告 PDF)，依 APA 原則還原作者、年份、標題與來源；若後續取得更完整出版資訊 (如期刊名、出版社、出版地與 DOI/URL)，可再補齊。

柒、附錄

一、附錄 A：標準操作流程 (SOP)

(一) 材料與設備：棉質白布、量匙與量筒、標準牙刷、定時器、滴管、酒精（建議 95% 再以純水稀釋至目標濃度）、小蘇打粉、檸檬酸粉、牙膏、純水。

(二) 配製：

- 小蘇打溶液：10 g 於 100 mL 純水 (pH 約 8-9)。
- 檸檬酸溶液：10 g 於 100 mL 純水 (pH 約 2、3)。
- 酒精：建議 70% 與 95% 兩組 (比較濃度效應)。
- 牙膏：以固定質量 (例如 1.0 g) 直接塗抹。

(三) 3 程序 (每片布樣重複三次)：

1. 滴加 100 μ L 污漬液於布面 (均勻塗布直徑約 10 mm)，靜置 10 分鐘。
2. 以 1.0 mL 清潔劑覆蓋污漬；起始計時 60 s，刷洗頻率 120 次/分。
3. 以 10 mL 純水沖洗 10 s；輕壓吸去多餘水分，自然晾乾 30 分鐘。
4. 紀錄影像與觀察

(四) 交叉污染控制：每次處理後徹底清洗牙刷與容器；作業區保持由乾到濕、先輕污再重污之順序。

二、附錄 B：影像量化與 ΔE^* 計算步驟

(一) 固定光源 (色溫 5500 K、CRI $\geq$ 95)，相機手動模式 (ISO/快門/光圈固定)

(二) 每次拍攝含 24 色卡一角以供校正。

(三) 以軟體做白平衡與色卡校正；擷取污漬區域與對照區域各 5x5 像素平均 $L^*a^*b^*$ 值。

(四) $\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$ ；以處理前/後差值為主要指標。

(五) 統計分析：單因子或雙因子 ANOVA (清潔劑 $\times$ 污漬類型)，事後比較 (Tukey HSD)。

三、附錄 C：安全、不相容混用與風險管控

- (一) 嚴禁：酸（檸檬酸）與含氯漂白劑混用（可能產生氯氣）。
- (二) 酒精使用時保持通風，遠離火源。
- (三) 皮膚敏感者配戴手套；避免長時間皮膚接觸高濃度酸鹼或溶劑。
- (四) 以最小有效量原則配置；標示清楚濃度與日期。

四、附錄 D：廢液與廢材處理指引

- (一) 小蘇打/檸檬酸稀溶液可先以中和至 pH 6 - 8 後排放（依學校/地方規範）。
- (二) 含酒精廢液集中收集，密閉容器，依可燃溶劑規範交由學校或合格業者處理。
- (三) 布樣晾乾後作為一般廢棄物處理；含高濃度顏料殘留者依規範分類。

五、附錄 E：原始數據紀錄表（範本）

編號	污漬類型	清潔劑	濃度/用量	刷洗時間/次數	影像檔名	L* 前	a* 前	b* 前	L* 後	a* 後	b* 後	ΔE^*
001	醬油	小蘇打	10 g/ 100 mL	60 s/ 120 次	IMG_001							