

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

佳作

080210

「過」關斬將-不再為髒污「碳」息

學校名稱：金門縣金城鎮中正國民小學

作者： 小六 許原榕 小六 吳宸旻 小六 楊昕叡 小六 劉軒好	指導老師： 王毓鳳
---	------------------

關鍵詞：過碳酸鈉、去污、活氧

「過」關斬將

-不再為髒污「碳」息

摘 要

本研究探討過碳酸鈉在衣物污漬清潔中的應用，主要評估其對不同類型污漬和布料的去污效果。實驗結果顯示，過碳酸鈉對醬汁類污漬有顯著去污效果；但對油性污漬效果較差。本研究創新性地採用 RGB 色差分析量化去污率，發現不同布料材質對過碳酸鈉的反應亦有所不同，內裡布和排汗布的去污率較高。最適清潔條件為 40°C 溫水與使用 4g 過碳酸鈉，過高水溫將降低清潔效果。此外，加入過量過碳酸鈉未必提升去污率。研究顯示過碳酸鈉有良好的去污潛力，並適合於日常衣物清潔，但仍應關注如何解決油性污漬清潔與布料損傷問題。本研究為環保型氧系漂白劑的實際應用提供了量化依據，其無氯、低毒特性更具環境友好優勢。

壹、研究動機

在學校的日子裡，我們的衣服總是難逃各種污漬的「襲擊」—營養午餐的湯汁、書法課飛濺的墨汁、不小心劃到的簽字筆墨水……每次衣服弄髒，總得費力刷洗，但污漬常常頑強殘留，讓原本潔白的衣服漸漸泛黃或留下痕跡，讓人既困擾又無奈。

直到某天，我不小心把整碗咖哩打翻在衣服上，深色的污漬瞬間暈開，正當我苦惱該怎麼洗時，媽媽卻拿出一罐「神秘顆粒」，笑著說：「試試這個『清潔神器』！」她將這些顆粒溶在水中，輕輕搓揉幾下，沒想到咖哩漬竟然迅速瓦解，衣服恢復如新！更神奇的是，過年大掃除時，媽媽用同樣的顆粒清潔抽油煙機的油網，原本需要刷洗半天的黏膩厚重油污，竟然在半小時內就被瓦解，讓油網閃閃發亮！

這讓我們不禁好奇：這些看似普通的「顆粒」，為什麼能輕鬆對付各種頑固污漬？它和一般清潔劑有什麼不同？為了探索這個「清潔神器」的奧秘，我們決定深入研究它的成分與去污原理，並測試在不同溫度、濃度下的清潔效果，希望能找出最有效的使用方法。

貳、研究目的

- 一、調查市售常見衣物去污劑。
- 二、分析探討過碳酸鈉成分及去污原理。
- 三、比較各種常見污漬特性。
- 四、過碳酸鈉對不同污漬的去污力之影響。
- 五、過碳酸鈉對不同材質布料的去污力之影響。
- 六、不同濃度之過碳酸鈉對去污力之影響。
- 七、不同水溫對過碳酸鈉去污力之影響。

參、研究架構圖



圖 1 研究架構圖(圖片由第 1 作者使用 Napkin 製作)

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息
肆、研究設備及器材

一、污漬：

(一)醬汁類：醬油、番茄醬、香菇素蠔油、蒜蓉辣豆瓣醬、桑椹汁。

(二)油漬類：墨汁、奇異筆墨水、簽字筆墨水、廢黑機油、白板筆墨水。

				
醬油	番茄醬	香菇素蠔油	蒜蓉辣豆瓣醬	桑椹汁
				
墨汁	奇異筆墨水	簽字筆墨水	廢黑機油	白板筆墨水

圖 2 污漬類材料(第 1 作者拍攝)

二、去污效果測試裝置：

(一) 不同材質之布料(內裡布、棉布、牛仔布、聚酯纖維布、排汗布)

(二) 過碳酸鈉

(三) 燒杯、培養皿、滴管、水、計時器

(四) PP 板、檯燈、手機攝影腳架、黑色桌墊、白色圖畫紙。











				
內裡布	棉布	牛仔布	聚酯纖維布	排汗布
				
過碳酸鈉	燒杯	培養皿	滴管	計時器

圖 3 實驗設備及器材(第 2 作者拍攝)

布料取色拍攝方法：將 4 片黑色 PP 板黏貼製成口字型攝影棚，為控制光源穩定度，使用檯燈及手機腳架，拍攝布料時，需固定光源亮度、高度、角度，以及手機放置高度及角度，以減少取色之誤差，拍攝完後，使用《Color Base》軟體分析各布料之色碼表(R, G, B)。



圖 4 取色攝影裝置 (第 3 作者拍攝)

三、實驗器材：

- (一) 布料觀察：顯微鏡
- (二) 酸鹼值測定：酸鹼度計
- (三) 重量測定：電子天平
- (四) 溫度測定：紅外線測溫槍
- (五) 加熱設備：電磁爐、燒杯、隔熱手套



圖 5 實驗器材 (第 4 作者拍攝)

伍、研究過程

【研究一】調查市售常見衣物去污劑：



市面上的衣物去污劑種類很多，但是到底市售的衣物去污劑有含有哪些成分及特性？利用上網路搜尋相關資訊，得到以下結果。

結果：

以下是台灣市售五種常見的衣物去污漂白劑，包含其成分、價格、特性及適用範圍的分析：

表 1 市售常見衣物去污劑之功能介紹(由四位作者共同彙整)

名稱	照 片	成 分	特 性	適用範圍	價 格
去漬達人	 圖片取自 PChome	界面活性劑、活性氧去漬劑、高級香精。	<ul style="list-style-type: none"> ● 活氧酵素能有效分解污漬，去除衣物黃斑、水性污漬、茶漬、咖啡漬、果汁醬漬等。 ● 無重金屬離子、壬基酚等環境賀爾蒙，適用於白色及彩色衣物。 	適用於棉質或混紡材質的衣物，能有效清除各種頑固污漬。	149 元 500g
新奇漂白水	 圖片取自 PChome	次氯酸鈉（有效濃度 5.8%）	<ul style="list-style-type: none"> ● 高效殺菌：能消滅 99.9% 的細菌，如沙門氏菌、大腸桿菌、葡萄球菌等，維護居家環境的清潔衛生。 ● 強力漂白：能輕鬆去除白色衣物上的黃斑和頑固污漬，恢復衣物的潔白。除了衣物漂白，還可用於地板、瓷磚、浴室等居家環境的清潔和消毒。 	適用於白色衣物的漂白和去污，能有效去除黃斑和頑垢。亦可用於地板、瓷磚、浴室等環境的清潔和消毒，維護家庭衛生。	59 元 1000ml
藍寶增豔漂白水	 圖片取自家樂福線上購物	過氧化氫（氧系）、界面活性劑（聚氧化烯烷基醚）。	<ul style="list-style-type: none"> ● 去漬增豔：有效去除衣物上的污漬，同時增豔色彩，保持衣物亮麗。 ● 殺菌消臭：具備殺菌和除臭功能，去除異味，保持衣物清新。溫和配方：適用於花色和白色衣物，無需擔心褪色問題。 	各類衣物：適用於棉、麻、合成纖維等材質的花色和白色衣物。日常洗滌：可在日常洗衣時添加，增強洗滌效果，保持衣物潔淨亮麗。	145 元 3000ml

<p>Sodasan 衣物去污垢潔白鹽</p>	 <p>圖片取自 PChome</p>	<p>30% 過碳酸鈉、15-30% 碳酸鈉。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 德國製造，活氧配方，能有效溶解頑固污漬，潔白衣物。100%不添加防腐劑、螢光增白劑，符合多項環保認證。可重複使用。 	<p>針對難纏污垢和難洗的白色衣物提高洗滌效果，活性氧配方有效清除頑固汙垢，建議在洗衣粉或洗衣精中加入本品，可強效洗淨，避免白色衣物氾黃的現象，特別針對白色及不會褪色的衣物潔白使用，是洗淨衣物的助劑！</p>	<p>726 元 500g</p>
<p>加倍潔過碳酸鈉去污粉</p>	 <p>圖片取自 PChome</p>	<p>過碳酸鈉 (Sodium Percarbonate)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 強效去污：能有效去除衣物上的頑固污漬，如汗漬、血漬、茶漬等。 ● 環保無毒：不含氯、磷等有害化學物質，對環境友善，使用後可自然分解。 ● 低泡沫：適用於各類洗衣機，易於沖洗，不殘留。 ● 多用途：除了用於衣物清潔，還可用於廚房、浴室等處的清潔。 	<p>衣物清潔：適用於白色和彩色衣物，特別適合嬰兒衣物、內衣等貼身衣物的清潔。 家居清潔：可用於清潔廚房油污、浴室黴斑、地板等。</p>	<p>79 元 600g</p>

發現：經過上述調查結果，市售衣物去污劑成分大致可以分成以下 3 種類型：

- (一) 次氯酸鈉(液體)
- (二) 過氧化氫(液體)
- (三) 過碳酸鈉(顆粒粉末)

由於媽媽的清潔神器是屬於第三類顆粒粉末「過碳酸鈉」，不僅價格平易近人，又無次氯酸鈉有股刺鼻味，而且環保無毒，因此我們這次會以「過碳酸鈉」來進行後續的研究。

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息

【研究二】分析探討過碳酸鈉成分及去污原理：

經由【研究一】之結果，進一步上網蒐集歷屆科展是否有人對「過碳酸鈉」進行相關之研究，共找到了三件作品：

(一)第 43 屆-全國-國小-化學-「美白的秘密-不同成分漂白水特性之探究」

(二)第 55 屆-全國-高中-化學-「無毒萬靈丹-過碳酸鈉的過人之處」

(三)第 62 屆-臺東縣-國小-生科(二)「油物剋星-油污清潔大解密」

從上述作品及上網搜尋有關資訊，得到以下結果：

結果：

(一) 過碳酸鈉 (Sodium Percarbonate) 成分與化學式：

過碳酸鈉的化學式為： $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$

它是一種白色結晶粉末，由碳酸鈉 (Na_2CO_3) 與過氧化氫 (H_2O_2) 所組成的加成化合物。常用於洗衣粉、氧系漂白劑、環保清潔劑等產品中。

(二) 去污原理：

過碳酸鈉在水中會分解為碳酸鈉與過氧化氫：



之後過氧化氫再分解為水與活性氧 (O_2)：



這些產生的活性氧（自由氧氣分子）具有強氧化作用，能夠分解有機污漬，例如：油脂、茶漬、血漬等，透過氧化反應將色素或污物分解成無色無害的小分子。此外，碳酸鈉具有鹼性，有助於乳化油脂並提升清潔效果。兩者協同作用，使過碳酸鈉具備強大的去污與漂白能力，且比含氯漂白劑更為溫和與環保。

簡單來說：



當它遇水時，就會發生分解反應，產生兩種「清潔小幫手」：

1. 碳酸鈉 (Na_2CO_3)：提升水的鹼性，幫助乳化油脂，使污垢鬆脫。
2. 過氧化氫 (H_2O_2)：分解產生氧氣 (O_2)，氧氣泡泡會深入衣物纖維，把髒污「炸開」！

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息
【研究三】比較各種常見污漬特性：

我們小學生的衣服會髒，絕大多數的污漬來源是在吃飯的時候湯汁滴落，或是上課時使用文具用品所沾染到，甚至騎腳踏車不小心褲子也會被鏈條上的油污沾到，這當中有些污漬原料容易取得，但黑機油要如何取得？我們只好到機車行向老闆索取廢棄之「黑機油」。於是我們找了幾種較易沾染且顏色較深不易去除的污漬來進行研究，大致上分成二類：一類是「醬汁類」，一類是「油漬類」，進一步了解這些污漬的成分及特性。



圖 6 廢黑機油 (第 1 作者拍攝)

結果：

表 2 常見污漬之成分及用途(由四位作者共同彙整)

名稱	成分	用途
醬油	水、麥芽糖、蔗糖、釀造醬油(使用非基因改造大豆)、三溫糖(蔗糖、甜菜糖)、食鹽、粘稠劑(乙醯化己二酸二澱粉、玉米糖膠)、昆布萃取物、蔬果萃取液(冬瓜、西洋芹、食鹽、紅蘿蔔、蘋果、蕃茄糊、香菇)、釀造醋(米醋)、酵母抽出物、薑粉。	一般是以大豆做為原物料，加入水、食鹽經過發酵而成，素食者也能食用。醬油鹹度最高、香氣較足，用途也最廣，用來炒飯、炒麵、醃肉或炒青菜都很適合；另外，長時間的滷製料理原則上都是使用醬油，較能夠保持香氣且有添色的功能。
番茄醬	番茄、(提供主要風味和顏色)、糖(增強甜味，平衡酸味)、醋(提供酸味，增加保存性)、鹽(調味，提升風味)、香料與調味料(如洋蔥粉、大蒜粉、肉桂、丁香)、增稠劑(部分品牌添加)(如玉米澱粉、果膠，讓醬汁更濃稠)防腐劑(以延長保存期限)	搭配薯條、漢堡、炸物等。料理醬料：用於義大利麵醬、燉菜。醃料：作為燒烤醃醬的基底。
香菇素蠔油	水、蔗糖轉化液糖、非基因改造黃豆(高蛋白豆片)、小麥、食鹽、黏稠劑(玉米糖膠、乙醯化己二酸二澱粉)、酵母抽出物、苯甲酸鈉(防腐劑)、香菇粉	以醬油為原料，部分加入香菇及澱粉熬煮，製作出濃稠且帶有香菇香氣。口感自然香甜滑順，無論沾、煮、炒、醃皆可和食材搭配的天衣無縫。

蒜蓉辣豆瓣醬	豆瓣(非基因改造黃豆、水、鹽、大麥)、水、糖、辣椒醬(辣椒、鹽)、黃豆油、蒜頭、L-麩酸鈉、乙醯化己二酸二澱粉、芝麻油、甘草粉、辣椒紅(辣椒萃取物)、乳酸、DL-蘋果酸、檸檬酸、5'-次黃嘌呤核苷磷酸二鈉、5'-鳥嘌呤核苷磷酸二鈉、玉米糖膠、L-抗壞血酸鈉(抗氧化劑)。	紅燒、牛肉、羊肉、海產、雞肉、豆瓣魚、拌麵、炒米粉、炒菜等調味
桑椹汁	桑椹、冰糖。 桑椹含有十八種氨基酸，同時還含有多種維他命，如維他命 B1、B2、C、A、D 和胡蘿蔔素，葡萄糖，果糖，蘋果酸以及鈣質、鐵質等，營養成分十分豐富。桑椹所含的酸味是蘋果酸。	桑椹鮮食生津止渴，入胃能亢進胃液分泌，調節消化；入腸能刺激腸黏膜，使分泌增多，促進腸的蠕動，醫療上可作胃病、便秘、關節疼痛的治療。除外亦可製果汁、果醬，尤其釀酒醇美芬芳，飲後能活血、竄氣、舒筋美顏。
墨汁	煤煙、松煙、明膠	書法創作毛筆書法、篆刻書法、國畫創作水墨畫、中國畫繪畫、印章和篆刻篆刻印章、印章藝術、書籍、文獻和文具、書籍書寫文具用途、藝術設計插畫與繪畫、設計與標誌、書法與繪畫工具。
奇異筆墨水	染料樹脂、有機溶劑、染料	補充液的油性墨水具有高飽和度，快乾且耐水，適用於紙張、木材、布料、玻璃、陶瓷、塑膠、金屬等多種材質表面，適合一般書寫、標記、補線或細部上色。
簽字筆墨水	染料、多醇類和水	採用特殊水性墨水配方，確保書寫線條清晰，不易暈染，適合簽字、標記和繪畫等用途。
廢黑機油	機油主要是以基礎油和添加劑組合而成。由烴類（礦物油、氫化裂解、GTL）、聚- α -烯烴（PAO）或聚內烯烴（PIO）等成分所組成	廢機油對於潤滑油要求不高的部位依然能夠起到潤滑的效果。

<p>白板筆墨水</p>	<p>顏料、有機酮、酯類、溶劑</p>	<p>白板筆墨水通常為酒精性墨水，可快速揮發，適合在白板上書寫並易於擦除。適用於多種表面書寫（視品牌而定）白板、玻璃、塑膠、金屬表面。</p>
--------------	---------------------	---

發現：

1. 污漬成分可分為兩大類：醬汁類（水基）與油性類（溶劑基）。
2. 色素普遍存在於所有污漬中，影響去污難度，含天然或人工色素，例如：桑椹汁的花青素、墨汁的碳黑、白板筆墨水的酒精性染料。
3. 醬汁類污漬（如蒜蓉辣豆瓣醬、香菇素蠔油）添加玉米糖膠、乙醯化己二酸二澱粉等增稠劑，增加黏稠度與附著性；油性污漬（如奇異筆墨水、廢黑機油）含樹脂或礦物性油脂，形成防水膜或高黏度殘留，阻礙清潔劑滲透。
4. 奇異筆墨水（油性溶劑）和白板筆墨水（酒精性溶劑）雖同屬油性類，但溶劑極性不同：奇異筆墨水含非極性溶劑（如環己酮），附著力更強；白板筆墨水含極性醇類（如乙醇），較易揮發但仍會因染料殘留而難清除。

我們將以上述這 10 種來作為污漬，並進行後續之研究。

【研究四】過碳酸鈉對不同污漬的去污力之影響：

加入過碳酸鈉對我們研究三中生活裡常見之污漬的去除效果究竟如何呢？我們決定著手來實驗看看，首先必須要知道未加入過碳酸鈉對污漬的去除效果（對照組），再進行加入過碳酸鈉後（實驗組）的比較，我們參考市售去污劑的使用建議，40℃ 的水加入 4g 過碳酸鈉來進行實驗。

實驗步驟：

一、對照組（清水）：

- （一）為減少實驗誤差，必須控制的變因有：布料的材質、布料大小、污漬重量、污漬停留時間、清洗時溫度、水的容量、搓揉次數、沖洗時間、布料晾乾時間、拍攝時光源高度及角度。
- （二）將 10cm×10cm 之內裡布放置於培養皿上，使用電子天平，滴入 1g 之污漬，置放於陰涼處，經 24 小時自然風乾。
- （三）重覆步驟（二），分別滴上不同污漬（污漬編號：A 醬油、B 番茄醬、C 香菇素蠔油、D 蒜蓉辣豆瓣醬、E 桑椹汁、F 墨汁、G 奇異筆墨水、H 簽字筆墨水、I 廢黑機油、J 白板筆墨水）。
- （四）將留有污漬之內裡布置放於燒杯中，倒入 200mL 40℃ 溫清水，並以計時器計時 30 分鐘。

- (五) 30 分鐘後，以酸鹼度計量測 pH 值（重覆檢測 3 次），使用筷子夾取內裡布至培養皿中，並至洗手檯進行來回搓揉 30 回、時間 30 秒之清潔(此一動作需由同一人操作)。
- (六) 將內裡布擰乾，並以晾衣夾固定，置於於陰涼處晾乾 24 小時後進行去污力觀察。

				
裁剪 10cm×10cm 之內裡布	剪完之內裡布	將布放於培養皿上	將污漬滴到布上	滴上 1g 之污漬
				
不同污漬 A-E	不同污漬 F-J	將水加熱至 40℃	同時倒入 200mL 40℃ 溫清水	靜置 30 分鐘
				
以筷子夾取布至培養皿中	放置培養皿中準備清潔	來回搓揉 30 回	時間 30 秒	以衣夾固定經 24 小時晾乾

圖 7 過碳酸鈉對不同污漬的去污力影響對照組實驗過程圖 (第 2、4 作者拍攝)

二、實驗組：

- (一) 與對照組步驟(一)～ 步驟(三)相同。
- (二) 以電子秤取 4g 過碳酸鈉。
- (三) 將留有污漬之內裡布置放於燒杯中，倒入 4g 過碳酸鈉，200mL 40℃ 溫清水，並以計時器計時 30 分鐘。
- (四) 30 分鐘後，以酸鹼度計量測 pH 值，並以筷子夾取內裡布至培養皿中，並至洗手檯進行來回搓揉 30 回、時間 30 秒之清潔(此一動作需由同一人操作)。
- (五) 將內裡布擰乾，並以晾衣夾固定，置於於陰涼處晾乾 24 小時後進行去污力觀察。

*實驗安全防護：實驗時應保持通風良好，搓洗時需戴上手套。






				
秤取 4g 過碳酸鈉	倒入置放污漬布之燒杯中	倒入 200mL 40°C 溫水靜置 30 分鐘	將布夾起進行搓洗	以衣夾固定經 24 小時晾乾

圖 8 過碳酸鈉對不同污漬的去污力影響實驗組操作圖 (第 3 作者拍攝)

結果：











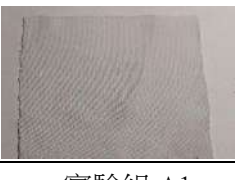



















				
A 醬油	B 番茄醬	C 香菇素蠔油	D 蒜蓉辣豆瓣醬	E 桑椹汁
				
對照組 A0	對照組 B0	對照組 C0	對照組 D0	對照組 E0
				
實驗組 A1	實驗組 B1	實驗組 C1	實驗組 D1	實驗組 E1
				
F 墨汁	G 奇異筆墨水	H 簽字筆墨水	I 廢黑機油	J 白板筆墨水
				
對照組 F0	對照組 G0	對照組 H0	對照組 I0	對照組 J0
				
實驗組 F1	實驗組 G1	實驗組 H1	實驗組 I1	實驗組 J1

圖 9 過碳酸鈉對不同污漬的去污前後比較圖(第 1 作者拍攝)

表 3 浸泡不同污漬的水溶液 pH 值比較表

編號 pH 值	X0	A0	B0	C0	D0	E0	F0	G0	H0	I0	J0
第一次	7.48	6.12	5.08	6.22	5.23	4.95	6.64	7.01	7.18	7.47	7.54
第二次	7.47	6.09	5.09	6.24	5.23	4.90	6.61	6.93	7.17	7.44	7.53
第三次	7.43	6.09	5.13	6.23	5.26	4.91	6.64	6.95	7.21	7.44	7.52
平均	7.46	6.1	5.1	6.23	5.24	4.92	6.63	6.96	7.19	7.45	7.53
編號 pH 值	X1	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
第一次	10.21	9.90	9.86	9.82	9.97	9.76	10.24	10.28	10.33	10.37	10.45
第二次	10.18	9.87	9.89	9.85	9.98	9.77	10.28	10.3	10.31	10.39	10.43
第三次	10.2	9.91	9.89	9.86	9.99	9.75	10.25	10.29	10.31	10.38	10.43
平均	10.2	9.89	9.88	9.84	9.98	9.76	10.26	10.29	10.32	10.38	10.44

(X0 表示未浸泡任何污漬之清水、A0 表示浸泡含有醬油污漬之水溶液)

(X1 表示加過碳酸鈉但未浸泡任何污漬之水溶液、A1 表示加過碳酸鈉浸泡含有醬油污漬之水溶液)

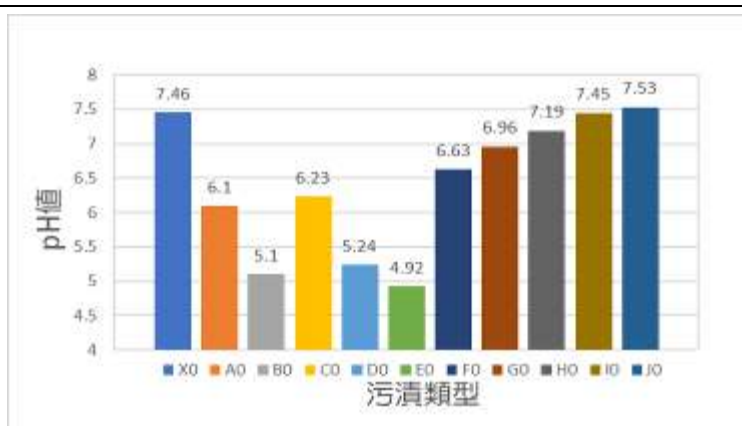


圖 10 浸泡不同污漬的水溶液 pH 值(第 1 作者繪製)

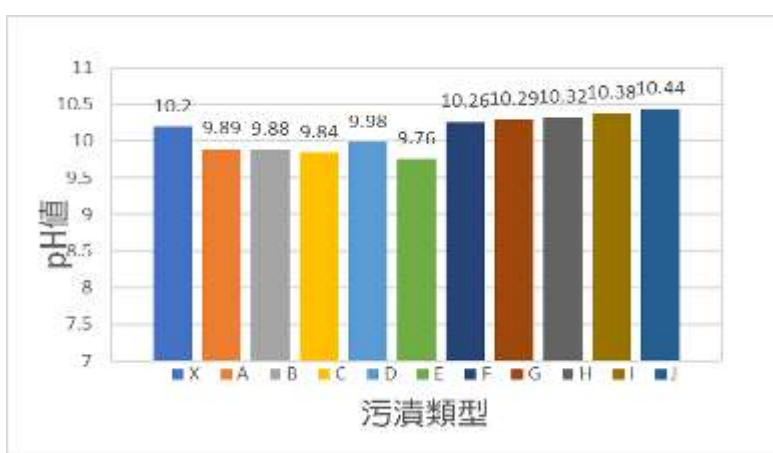


圖 11 加入過碳酸鈉浸泡不同污漬的水溶液 pH 值(第 1 作者繪製)

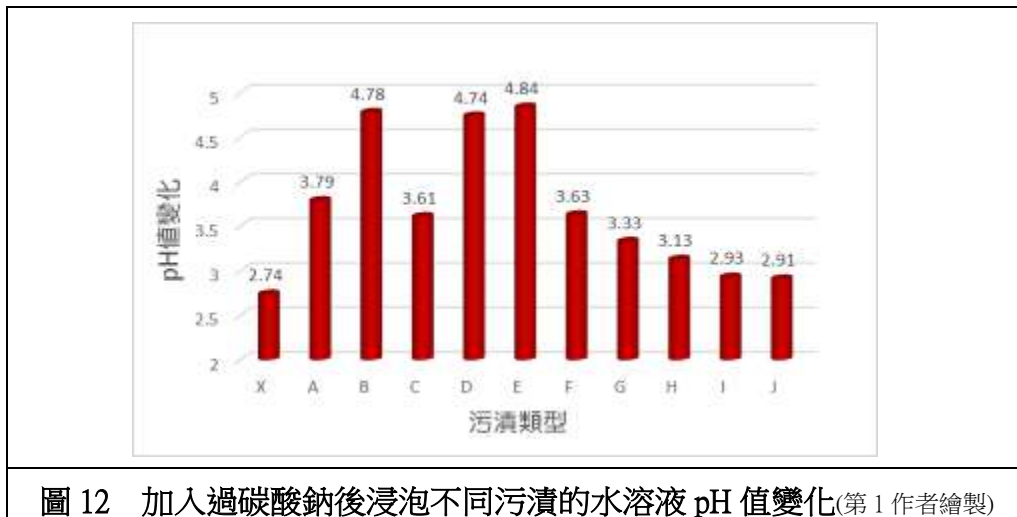


圖 12 加入過碳酸鈉後浸泡不同污漬的水溶液 pH 值變化(第 1 作者繪製)

發現：

1. 過碳酸鈉對醬油、番茄醬、素蠔油等醬汁類污漬的去污效果極佳（肉眼觀察無殘留），而對墨汁、奇異筆墨水、廢黑機油等油性污漬效果不彰。圖表中 X1 組（未沾污漬的過碳酸鈉溶液）pH=10.2，而加入醬汁類污漬後，溶液仍維持高鹼性（pH≈9.7-10.4），顯示其氧化作用能有效分解色素與有機物。
2. 數據顯示，對照組（清水）浸泡醬汁類污漬的 pH 值多呈酸性（如桑椹汁 pH=4.92），而加入過碳酸鈉後，溶液 pH 值均升至 9.7-10.4（實驗組 A1-J1）。鹼性環境（碳酸鈉）有助乳化油脂，與活性氧協同增強去污力。
3. 部分污漬在清水中即有輕微清潔效果，對照組實驗中，僅用 40℃ 清水處理的醬油、素蠔油、桑椹汁污漬仍留痕跡，但實驗組加入過碳酸鈉後完全去除。
4. 油性墨水與機油因成分特性難以分解，墨汁（碳黑）、奇異筆墨水（油性樹脂）、廢黑機油（非極性碳氫化合物）的去污效果差（實驗組 F1-I1 殘留明顯）。這些污漬的疏水性與附著性強，過碳酸鈉的氧化作用難以破壞其結構（如油性墨水含樹脂，需溶劑輔助）。
5. 桑椹汁酸性最強（pH=4.92），但加入過碳酸鈉後 pH 升至 9.76（E1），去污後無殘留。顯示過碳酸鈉即使在酸性污漬中，仍能通過分解產生的活性氧（O₂）有效氧化色素（如花青素），不受初始酸度限制。
6. 因加入過碳酸鈉後，溶液 pH 值升至 9.7-10.4，呈現鹼性，因此實驗結束後，我們將廢溶液先加入檸檬酸進行酸鹼中和後再進行之排放。

【研究五】過碳酸鈉對不同材質布料的去污力之影響。

在研究四中，所使用的布料是內裡布，其材質是棉籽絨銅氨纖維，在不同的污漬中，加入過碳酸鈉對番茄醬、簽字筆墨水等污漬有不錯的去污效果，但仍還有部分殘留，因為番茄醬較為濃稠，滴取較不方便，且簽字筆墨水去污前後差異較番茄醬大，於是我們後續將選用簽字筆墨水來當作污漬。

我們又思考著，一年四季會穿著不同的衣服，如果布料材質不同，過碳酸鈉去污的效果會不會有差異呢？於是我們決定拿不同材質衣服來進行研究，正巧家中有一些我們已經穿不下的舊衣服可以拿來使用，就不必再花錢購買。我們選用了 5 種不同的布料：內裡布、棉布、牛仔布、聚酯纖維布、排汗布。

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息
要比較衣服去污效果，除了用肉眼、顯微鏡觀察，還有沒有什麼比較客觀的測量工具或公式可以使用呢？經過我們與 ChatGPT 對談，發現可以透過計算 RGB 值的差異幫助我們量化去污前後顏色的變化。

首先需定義 RGB 值：假設未沾有污漬前的布料顏色為(R1,G1,B1)、去污後的布料顏色為(R2,G2,B2)，使用以下公式計算 RGB 差異：

$$\Delta E = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 + (B_2 - B_1)^2}$$

ΔE 是顏色差異的數值，數值越大表示顏色變化越明顯。通常， ΔE 的值可以用來評估去污效果，數值在 0 到 255 之間，而我們想要得到去污後的顏色與原本未沾污漬的顏色差異最小值。進行多次測試，記錄每次去污前後的 RGB 值，計算每次的 ΔE ，從而比較過碳酸鈉對不同布料的去污效果。若要得到去污百分率，可使用以下公式：

$$\text{去污率}\% = \left(1 - \frac{\Delta E}{\Delta E_{\max}}\right) \times 100\%$$

其中 ΔE_{\max} 是可能的最大顏色差異，以 255 來計算。

實驗步驟：

- (一) 將 10cmx10cm 之布料先用顯微鏡觀察，再放置於培養皿上，使用電子天平，滴入 1g 之污漬，置放於陰涼處，經 24 小時自然風乾。
- (二) 重覆步驟(一)，分別在不同布料上滴上污漬(布料編號：K 內裡布、L 純棉布、M 牛仔布、N 聚酯纖維布、O 排汗布)。
- (三) 以電子天平秤取 4g 過碳酸鈉。
- (四) 將留有污漬之布料置放於燒杯中，倒入 4g 過碳酸鈉，200mL 40°C 溫清水，並以計時器計時 30 分鐘。
- (五) 30 分鐘後，以筷子夾取內裡布至培養皿中，並至洗手檯進行來回搓揉 30 回、時間 30 秒之清潔(此一動作需由同一人操作)。
- (六) 將布擰乾，並以晾衣夾固定，置於於陰涼處晾乾 24 小時後進行去污力觀察。
- (七) 使用《Color Base》軟體選取不同布料之清潔前後之 RGB 值進行去污力比較。

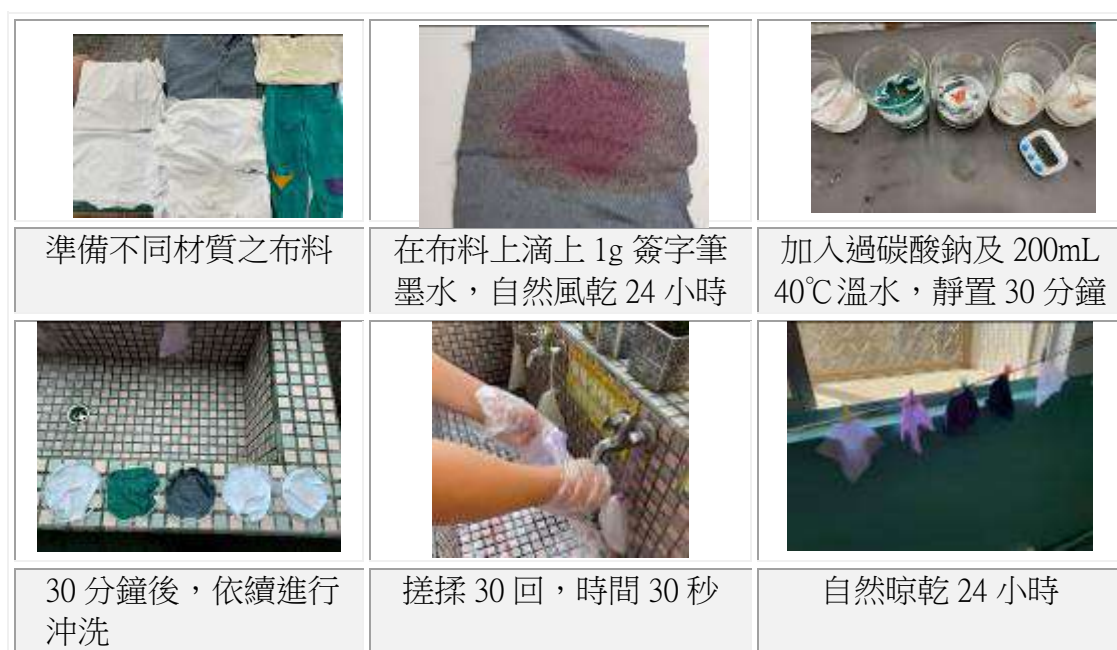


圖 13 過碳酸鈉對不同材質布料的去污力影響實驗過程圖 (第 2、4 作者拍攝)

結果：

名稱	K 內裡布	L 棉布	M 牛仔布	N 聚酯纖維布	O 排汗布
布料照片					
顯微鏡下照片					
名稱	K' 內裡布	L' 棉布	M' 牛仔布	N' 聚酯纖維布	O' 排汗布
沾簽字筆墨水布料照片					
顯微鏡下照片					
名稱	K1 內裡布	L1 棉布	M1 牛仔布	N1 聚酯纖維布	O1 排汗布
以過碳酸鈉清潔後布料照片					
顯微鏡下照片					

圖 14 不同材質布料在相機及顯微鏡下之照片比較(第 1、2 作者拍攝)

發現：

1. 在顯微鏡下，K 內裡布、N 聚酯纖維布、O 排汗布的組織較相似。
2. 滴入簽字筆墨水後，布料裡面之纖維明顯都吸入紅色墨水。
3. 加入過碳酸鈉清潔後，用顯微鏡觀察，K 內裡布、N 聚酯纖維布、O 排汗布明顯變乾淨了，去污的效果：K 內裡布> O 排汗布> N 聚酯纖維布 > M 牛仔布 > L 棉布。

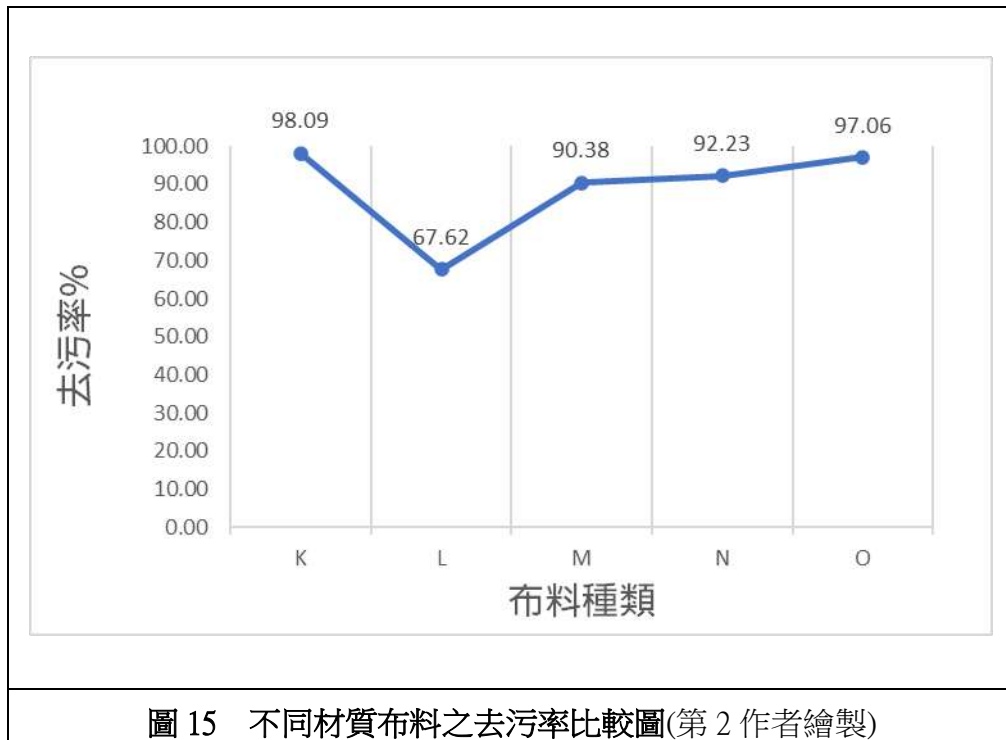
表 4 不同材質布料之色碼表

色碼 布料種類		R	G	B	色碼 布料	R	G	B	色碼 布料	R	G	B
K	第一次	168	163	156	K'	128	87	96	K1	173	166	158
	第二次	168	160	152		127	86	95		171	164	158
	第三次	172	165	157		122	86	93		172	165	159
	平均	169	163	155		126	86	95		172	165	158
L	第一次	2	122	121	L'	67	34	40	L1	71	78	136
	第二次	4	122	122		76	45	45		80	97	146
	第三次	3	125	125		67	37	35		74	87	143
	平均	3	123	123		70	39	40		75	87	142
M	第一次	147	147	150	M'	91	36	54	M1	143	114	143
	第二次	130	132	133		93	43	57		136	116	141
	第三次	127	135	147		95	44	61		139	112	140
	平均	135	138	143		93	41	57		139	114	141
N	第一次	174	166	156	N'	121	64	70	N1	179	146	162
	第二次	169	162	154		128	69	78		184	153	168
	第三次	175	166	159		125	65	72		173	141	156
	平均	173	165	156		125	66	73		179	147	162
O	第一次	176	172	161	O'	135	76	84	O1	180	166	165
	第二次	171	164	156		137	77	85		172	158	158
	第三次	175	168	160		138	79	87		175	160	163
	平均	174	168	159		137	77	85		176	161	162

(K 表示原布料、K' 表示滴上簽字筆墨水之布料、K1 表示使用過碳酸鈉清潔後之布料)

表 5 不同材質布料之去污力比較表

布料	K	L	M	N	O
ΔE	4.86	82.57	24.53	19.80	7.50
$\Delta E / \Delta E \max$	0.0191	0.3238	0.0962	0.0777	0.0294
$1 - \Delta E / \Delta E \max$	0.9809	0.6762	0.9038	0.9223	0.9706
去污率%	98.09	67.62	90.38	92.23	97.06



發現：

1. 數據顯示，內裡布的去污率達 98.09% ($\Delta E=4.86$ ，去污率公式計算結果)，為五種布料中最高。顯微鏡觀察也證實其纖維在清潔後最接近原始狀態，顯示其材質（棉籽紋銅氨纖維）可能更利於活性氧滲透與污漬分解。
2. 棉布的去污率僅 67.62% ($\Delta E=82.57$)，遠低於其他布料。實驗中觀察到清潔後溶液變綠，且顯微鏡下棉布纖維仍有明顯污漬殘留，推測其緻密結構不利於清潔劑作用。
3. 排汗布去污率為 97.06% ($\Delta E=7.50$)，僅次於內裡布；聚酯纖維布 (92.23%) 和牛仔布 (90.38%) 效果次之。圖表顯示三者 ΔE 值差異較小，但顯微鏡下聚酯纖維布清潔後出現淡粉色染色，可能因材質吸附性影響。
4. 根據 RGB 色差分析驗證去污效果差異，內裡布 ($\Delta E=4.86$) 與排汗布 ($\Delta E=7.50$) 的色差最小，棉布 ($\Delta E=82.57$) 最大，與肉眼觀察及去污率一致，顯示 RGB 量化方法的有效性。
5. 顯微鏡照片顯示，棉布因纖維吸附性強，墨水殘留最多；而合成纖維（排汗布、聚酯纖維布）因表面光滑，污漬更易被分解。牛仔布因粗糙質地，清潔後仍有微量污漬附著。
6. 經由去污率計算，K 內裡布 98.09% > O 排汗布 97.06% > N 聚酯纖維布 92.23% > M 牛仔布 90.38% > L 棉布 67.62%。

【研究六】不同濃度之過碳酸鈉對去污力之影響：

在研究五中，加入 4g 的過碳酸鈉已經有不錯的去污效果，不禁讓我們好奇，如果增加或減少過碳酸鈉的量，對去污力的影響力會是如何呢？

K 內裡布、O 排汗布、N 聚酯纖維布，在研究五中皆有 92% 以上的去污率，牛仔布去污率雖然有 90%，但我們仍希望能提升其去污效果，於是決定使用牛仔布來進行後續測試，看看不同濃度的過碳酸鈉對去污效果是否有影響？

若 4g 過碳酸鈉加入 200mL 的水中，其重量百分比濃度為 2%，我們將改變加入過碳酸鈉的量，讓過碳酸鈉水溶液的重量百分比濃度為 1%、1.5%、2%、2.5%、3%，比較其去污效果。

實驗步驟：

- (一) 將 10cm×10cm 之牛仔布放置於培養皿上，使用電子天平，滴入 1g 之簽字筆墨水污漬，置放於陰涼處，經 24 小時自然風乾。
- (二) 以電子天平秤取 2g、3g、4g、5g、6g 過碳酸鈉。
- (三) 將留有污漬之布料置放於燒杯中，將不同重量之過碳酸鈉加入燒杯中，倒入 200mL 40℃ 溫清水，並以計時器計時 30 分鐘。
- (四) 30 分鐘後，以筷子夾取內裡布至培養皿中，並至洗手檯進行來回搓揉 30 回、時間 30 秒之清潔(此一動作需由同一人操作)。
- (五) 將布擰乾，並以晾衣夾固定，置於於陰涼處晾乾 24 小時後進行去污力觀察。
- (六) 使用《Color Base》軟體選取不同布料之清潔前後之 RGB 值進行去污力比較。

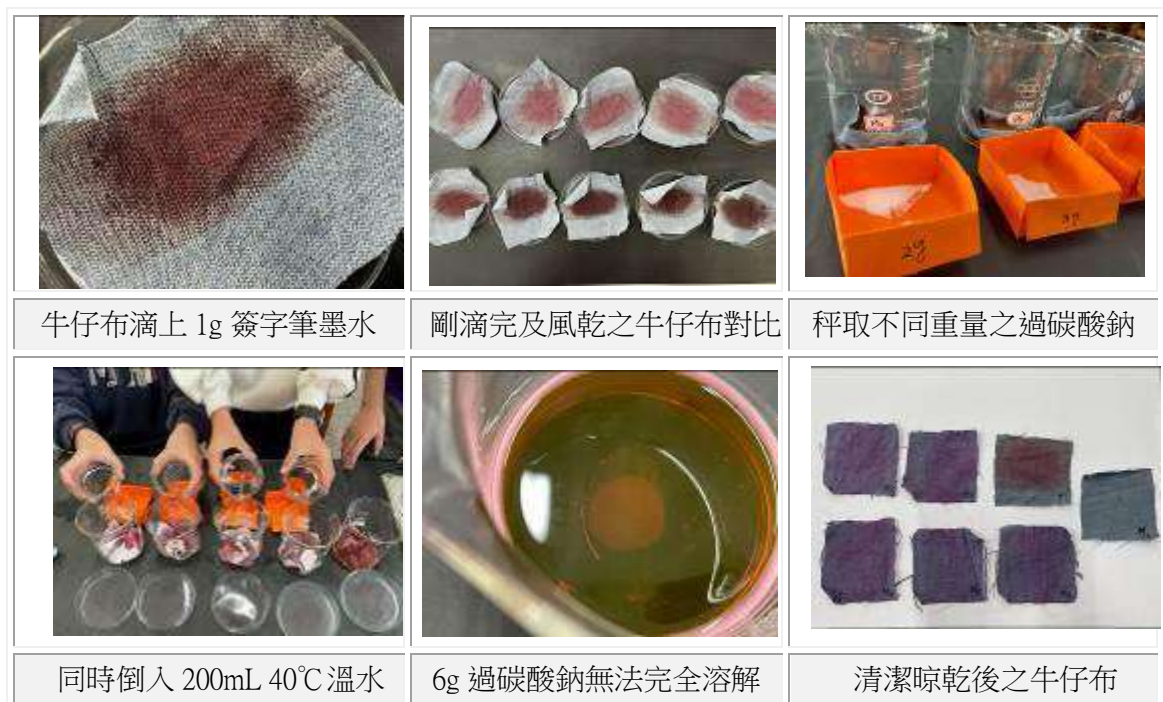


圖 16 不同濃度之過碳酸鈉對去污力之影響實驗過程圖 (第 3 作者拍攝)

結果：







名稱	M'	M2(1%)	M3(1.5%)
布料照片			
名稱	M4(2%)	M5(2.5%)	M6(3%)
布料照片			

圖 17 不同濃度之過碳酸鈉對牛仔布之去污效果比較(第 1 作者拍攝)

M' 表示沾 1g 污漬未清潔前、M2 表示加入 2g 過碳酸鈉清潔、M6 表示加入 6g 過碳酸鈉清潔

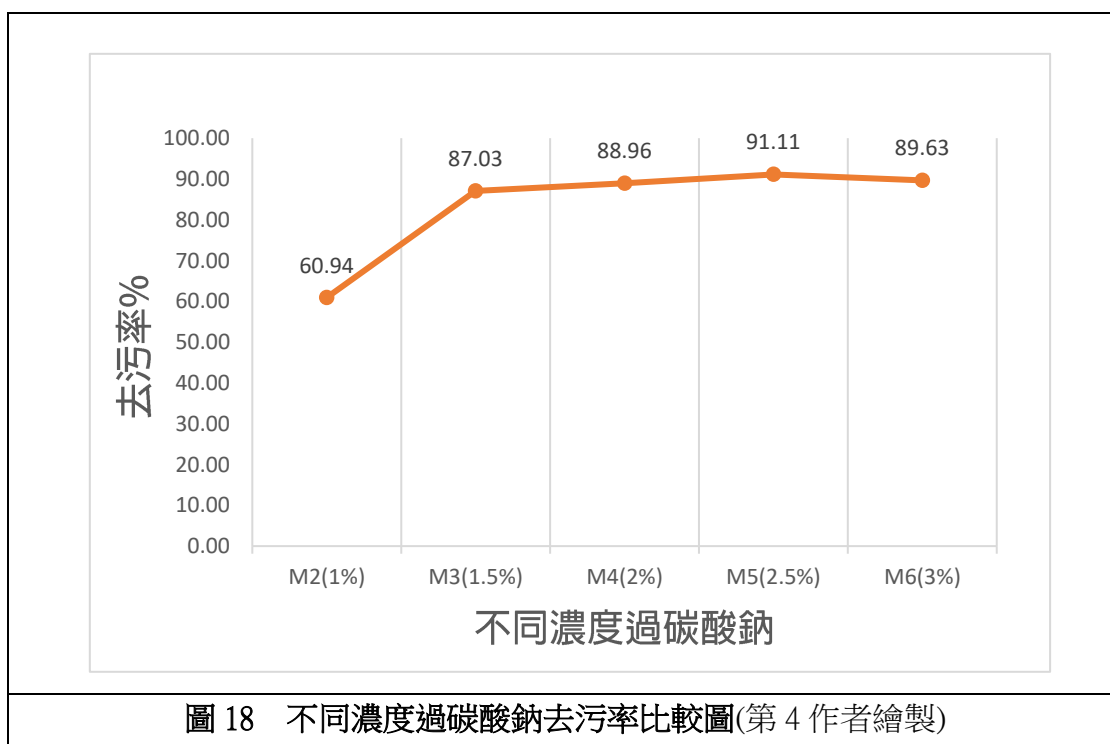
表 6 加入不同濃度過碳酸鈉清潔後布料之色碼表

色碼 布料種類		R	G	B
M	第一次	127	134	140
	第二次	115	119	128
	第三次	123	133	132
	平均	122	129	133
M'	第一次	133	78	97
	第二次	137	82	96
	第三次	132	87	90
	平均	134	82	94
M2	第一次	91	41	82
	第二次	95	46	95
	第三次	98	45	88
	平均	95	44	88
M3	第一次	124	102	134
	第二次	121	96	126
	第三次	123	90	125
	平均	123	96	128

M4	第一次	136	119	154
	第二次	141	111	147
	第三次	145	114	145
	平均	141	115	149
M5	第一次	136	119	154
	第二次	138	121	147
	第三次	135	117	142
	平均	136	119	148
M6	第一次	136	99	140
	第二次	148	120	141
	第三次	141	118	136
	平均	142	112	139

表 7 加入不同濃度過碳酸鈉清潔後之去污力比較表

編碼	M2(1%)	M3(1.5%)	M4(2%)	M5(2.5%)	M6(3%)
ΔE	99.61	33.06	28.14	22.67	26.44
$\Delta E / \Delta E_{\max}$	0.3906	0.1297	0.1104	0.0889	0.1037
$1 - \Delta E / \Delta E_{\max}$	0.6094	0.8703	0.8896	0.9111	0.8963
去污率%	60.94	87.03	88.96	91.11	89.63



中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息
發現：

1. 當濃度從 1%提升至 2%時，去污率從 60.94%大幅上升至 88.96%；濃度 2.5%時達最高 91.11%。顯示 2%~2.5%為最佳去污濃度範圍，超過此範圍（如 3%）效果反而略降。
2. 過量濃度（>3%）導致溶解不完全，效果不增反降，實驗觀察到 6g 過碳酸鈉（濃度 3%）無法完全溶解，溶液出現沉澱（見實驗照片），影響有效成分釋放。因此，濃度 3%的去污率僅 89.63%，低於 2.5%的 91.11%，顯示溶解度的限制削弱了高濃度優勢。經查詢過碳酸鈉在 10°C 時的飽和溶解度為 12.3 g/100 g 水，但我們加入過碳酸鈉的量並未超過其溶解度，猜測可能是因為浸泡時間不夠久所導致未能完全溶解。
3. 低濃度（1%）效果顯著不足，1%濃度（2g 過碳酸鈉）的去污率僅 60.94%，遠低於其他組別。RGB 色差分析顯示清潔後布料仍殘留明顯污漬，證實低濃度無法有效分解墨水。
4. 去污率與濃度非線性關係，從圖表趨勢可見，去污率隨濃度提升呈現先增後緩的曲線（60.94%→87.03%→88.96%→91.11%→89.63%），而非等比增長。推測因活性氧（O₂）生成速率與分解速率達到平衡，過量 H₂O₂快速分解導致利用率下降。

【研究七】不同水溫對過碳酸鈉去污力之影響：

經由研究六，我們發現增加過碳酸鈉的用量，對於去污效果沒有明顯的提升，甚至有些過碳酸鈉無法完全溶解。在自然課中，老師曾提到，提高溫度，可以加速溶質溶解，而且過碳酸鈉去污粉的使用說明也有提到需要使用溫水進行清潔，我們不禁好奇，如果使用不同的水溫，對去污力是否有影響呢？

實驗步驟：

一、對照組(清水)：

- (一) 將 10cm×10cm 之牛仔布放置於培養皿上，使用電子天平，滴入 1g 之簽字筆墨水污漬，置放於陰涼處，經 24 小時自然風乾。
- (二) 使用電磁爐加熱清水，並以紅外線溫測槍測量溫度。
- (三) 將留有污漬之布料置放於燒杯中，倒入 200mL 室溫之清水，並以計時器計時 30 分鐘。
- (四) 重覆步驟(三)，分別倒入 200mL 30°C、40°C、60°C、80°C、100°C 清水。
- (五) 30 分鐘後，以筷子夾取內裡布至培養皿中，並至洗手檯進行來回搓揉 30 回、時間 30 秒之清潔(此一動作需由同一人操作)。
- (六) 將布擰乾，並以晾衣夾固定，置於陰涼處晾乾 24 小時後進行去污力觀察。
- (七) 使用《Color Base》軟體選取不同布料之清潔前後之 RGB 值進行去污力比較。

二、實驗組：

- (一) 與對照組步驟(一)～步驟(二)相同。
- (二) 以電子秤取 4g 過碳酸鈉。
- (三) 將過碳酸鈉加入燒杯中，倒入 200mL 室溫之清水，並以計時器計時 30 分鐘。
- (四) 重覆步驟(三)，分別倒入 200mL 30℃、40℃、60℃、80℃、100℃ 清水。
- (五) 後續步驟與對照組步驟(五)～步驟(七)相同。

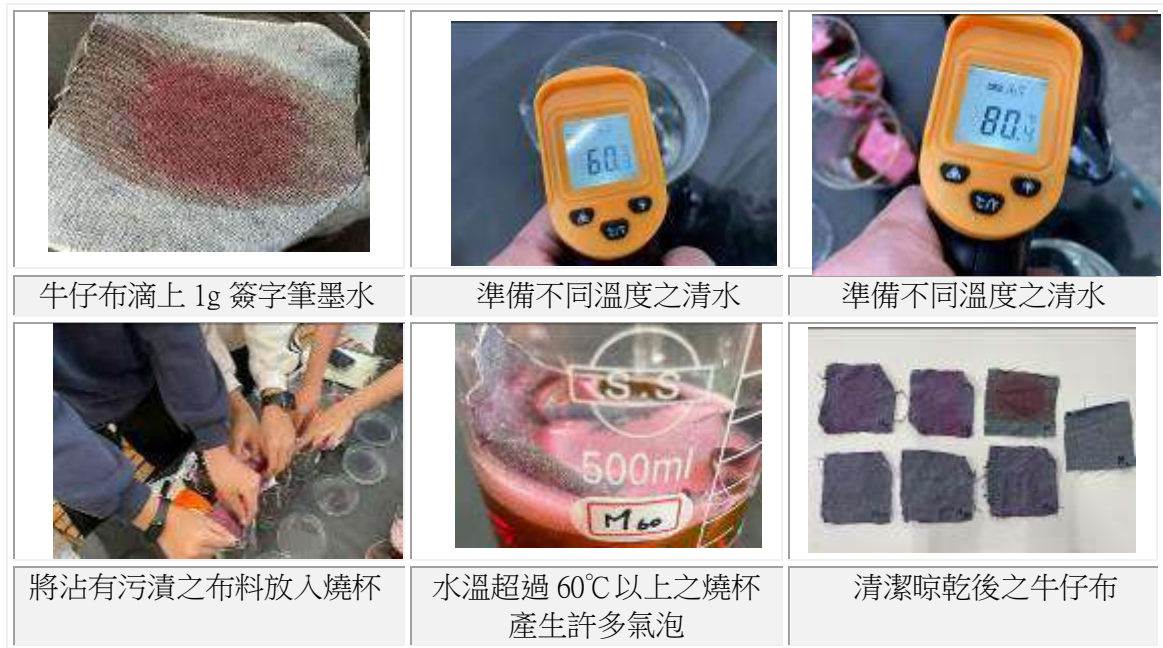


圖 19 不同水溫對過碳酸鈉去污力之影響實驗過程圖(第 4 作者拍攝)

結果：









名稱	M	M'	M 室	M30
布料照片				
名稱	M40	M60	M80	M100
布料照片				

圖 20 不同水溫對過碳酸鈉之去污效果照片比較表(第 1 作者拍攝)

M 表示原布料、M' 表示沾有污漬、M_室表示加入室溫(19℃)的清水、M₈₀表示加入 80℃的清水

表 8 不同水溫對是否加入過碳酸鈉清潔布料之色碼表

色碼 布料編碼		R	G	B	色碼 布料編碼		R	G	B
B	第一次	127	134	140	M	第一次	127	134	140
	第二次	115	119	128		第二次	115	119	128
	第三次	123	133	132		第三次	123	133	132
	平均	122	129	133		平均	122	129	133
B'	第一次	133	78	97	M'	第一次	133	78	97
	第二次	137	82	96		第二次	137	82	96
	第三次	132	87	90		第三次	132	87	90
	平均	134	82	94		平均	134	82	94
B 室	第一次	130	38	85	M 室	第一次	101	71	97
	第二次	135	39	87		第二次	97	65	95
	第三次	133	35	89		第三次	93	63	98
	平均	133	37	87		平均	97	66	97
B30	第一次	122	40	89	M30	第一次	112	105	102
	第二次	130	45	91		第二次	108	106	98
	第三次	125	42	92		第三次	103	107	101
	平均	126	42	91		平均	108	106	100
B40	第一次	150	59	95	M40	第一次	136	107	134
	第二次	155	67	97		第二次	141	111	147
	第三次	153	63	96		第三次	145	114	145
	平均	153	63	96		平均	141	111	142
B60	第一次	142	92	88	M60	第一次	133	125	126
	第二次	147	93	89		第二次	121	117	125
	第三次	145	94	87		第三次	132	123	127
	平均	145	93	88		平均	129	122	126
B80	第一次	140	112	92	M80	第一次	123	116	127
	第二次	142	110	95		第二次	120	116	124
	第三次	138	109	94		第三次	134	129	132
	平均	140	110	94		平均	126	120	128
B100	第一次	135	108	110	M100	第一次	126	119	136
	第二次	132	107	108		第二次	124	120	135
	第三次	134	109	112		第三次	134	125	136
	平均	134	108	110		平均	128	121	136

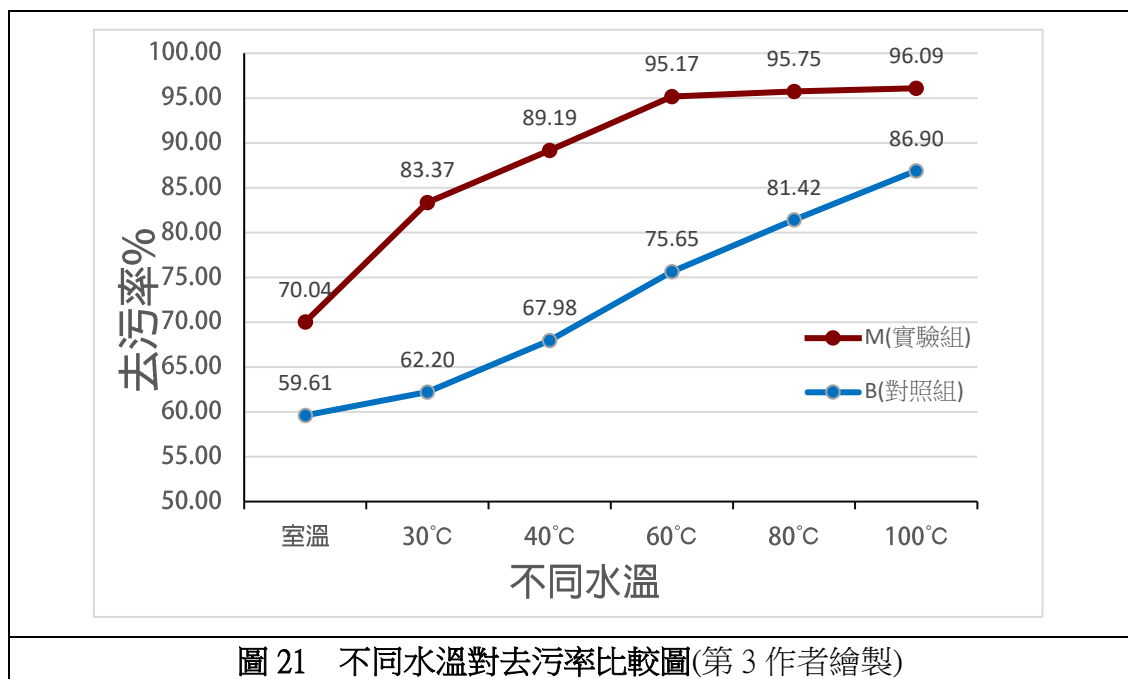
B 代表示原布料、B' 表示沾有污漬、B_室表示加入室溫(19℃)的清水、B₈₀表示加入 80℃的清水
(B 為對照組、M 為實驗組)

表 9 不同水溫對去污率比較表

編碼	B 室	B30	B40	B60	B80	B100
ΔE	103.00	96.38	81.65	62.10	47.39	33.40
$\Delta E/\Delta E \max$	0.4039	0.3780	0.3202	0.2435	0.1858	0.1310
$1-\Delta E/\Delta E \max$	0.5961	0.6220	0.6798	0.7565	0.8142	0.8690
去污率%	59.61	62.20	67.98	75.65	81.42	86.90

表 10 不同水溫對過碳酸鈉去污率比較表

編碼	M 室	M30	M40	M60	M80	M100
ΔE	76.41	42.41	27.57	12.32	10.84	9.97
$\Delta E/\Delta E \max$	0.2996	0.1663	0.1081	0.0483	0.0425	0.0391
$1-\Delta E/\Delta E \max$	0.7004	0.8337	0.8919	0.9517	0.9575	0.9609
去污率%	70.04	83.37	89.19	95.17	95.75	96.09



發現：

1. 清水未加過碳酸鈉仍然有去污效果，但水溫達 100°C 之去污率(86.9%)效果仍未及 40°C 加過碳酸鈉之去污率(89.19%)。
2. 水溫與去污率呈正相關，但高溫下效益趨緩，數據顯示，去污率隨水溫升高持續上升(室溫 70.04%→100°C 96.09%)，但超過 60°C 後增幅明顯趨緩(60°C→80°C 僅提升 0.58%，80°C→100°C 僅 0.34%)。推測因高溫加速過氧化氫分解，導致活性氧(O₂)短時間釋放後無法持續作用。
3. 60°C 為最佳平衡點，60°C 去污率達 95.17%，且 RGB 色差 ΔE 僅 12.32 (接近原布)，顯示此時活性氧利用率最高，既能有效分解污漬，又避免過度氧化損傷布料。溫度再提升(80°C、100°C)效果無顯著差異，反增加能源成本。

4. **高溫 (>80°C) 可能導致活性氧浪費**，過碳酸鈉在 100°C 時， H_2O_2 幾乎瞬間分解為 O_2 和 H_2O ，大部分活性氧未參與去污即逸散（實驗觀察到大量氣泡）。因此，儘管去污率達 96.09%，但實際效益與 80°C 相近，且可能因劇烈反應損傷纖維。
5. **低溫（室溫）去污效果顯著不足**，室溫（19°C）組去污率僅 70.04%，顯示低溫抑制過碳酸鈉分解，活性氧生成不足，無法有效清除墨水。
6. 實驗未直接測量纖維損傷，因此，實際使用需考量布料材質耐熱極限（如棉布耐 60-90°C，合成纖維可能變形）。

陸、 討論與建議

- 一、 實驗結果顯示，過碳酸鈉在清除醬汁類污漬上效果明顯，但對於油性污漬（如奇異筆墨水、白板筆墨水及廢黑機油）效果不佳，未來可探討加入其他輔助劑（例如界面活性劑）用以乳化油脂，進一步提升油性污漬的清潔效率。
- 二、 從 pH 值測量結果看，加入過碳酸鈉後水溶液呈中強鹼性（約 pH 10 至 10.4），有助於分解污漬，但此鹼性環境也可能對某些布料造成損傷，因此建議在實際應用時，可以根據布料種類選擇適當的清潔濃度。
- 三、 此次使用的棉布及牛仔布因已有原本之顏色，浸泡後發現水中有溶出染料，未來建議使用白色之棉布及牛仔布來進行實驗以減少誤差。
- 四、 實驗中發現，在 60°C 溫水下使用 4g 過碳酸鈉（相對於 200 mL 水）可達到最佳效果，過量或溫度過高（超過 60°C）反而會因過氧化氫分解過快而降低去污效率。建議未來可進一步探索最佳水溫與劑量平衡，以達到既高效又保護布料的目的。
- 五、 研究指出，不同布料材質對過碳酸鈉的清潔反應有所不同，例如內裡布與排汗布的去污率明顯優於純棉布，建議在實際應用中，可依據布料特性調整清潔方法或劑量。
- 六、 利用 RGB 色差分析來量化去污效果為本研究的一大創新，未來可進一步優化色差模型與數據統計方法，使結果更具客觀性與精確度，並延伸應用於其他清潔劑之評估。
- 七、 實驗結果顯示，加入過碳酸鈉在 40°C-60°C 水溫下已有不錯之去污效果，但提升水溫到 60°C 以上（較燙手）對去污率提升有限，且可能對部分布料產生熱損害。因此，建議未來研究可聚焦在 50~60°C 範圍內的比較，以兼顧清潔效能與布料保護。
- 八、 延長浸泡或清洗時間也是一個可考量的方向，因為某些頑固污漬可能需要較長時間才能完全分解，未來可進一步調整實驗參數，觀察時間因素對去污效果的影響。

- 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息
- 九、由於部分實驗中發現加入過量過碳酸鈉無法完全溶解，且可能造成資源浪費，建議在實際使用時應避免濃度過高，並考慮如何有效控制劑量或延長浸泡時間，以達到環保與成本效益兼顧。
- 十、本次搓洗布料雖然是由同一個人在洗手檯進行來回搓揉 30 回、時間 30 秒之清潔，但是力道有時會不均勻，未來可考慮使用電動打蛋器統一攪拌 30 秒，或是用積木設計搓揉機來取代人工搓洗，以減少人為誤差。
- 十一、最後，考慮到過碳酸鈉溶液為環保型氧系漂白劑，但高鹼性可能對水生生物產生短期影響，建議應做好使用後的酸鹼中和處理，確保排放水質符合環境保護要求。

柒、結論

- 一、市售衣物去污劑依成分大致可分為次氯酸鈉、過氧化氫與過碳酸鈉，其中過碳酸鈉因其環保、低毒且無刺鼻氣味而具備優勢。
- 二、過碳酸鈉（化學式 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ ）在水中分解生成碳酸鈉與過氧化氫，後者進一步分解產生活性氧（ O_2 ），這些氧氣泡在分解有機污漬時扮演重要角色。
- 三、實驗中使用對照組（僅用清水）與實驗組（加入過碳酸鈉）進行比較，結果顯示對於醬汁類污漬（例如醬油、果汁等），過碳酸鈉能使污漬去除效果佳。相對地，對於油性污漬（如奇異筆墨水、白板筆墨水及機油），過碳酸鈉的去污效果較不理想，這可能與油脂的非極性性質及其與水不易混溶有關。
- 四、利用 RGB 色差分析（ ΔE 值）可客觀量化去污前後布料的色彩變化，進而計算出去污率，從而驗證各種材質間清潔效果的差異。
- 五、實驗結果發現，不同布料材質對過碳酸鈉的去污效果存在明顯差異，其中內裡布與排汗布的去污率分別高達 98.09% 與 97.06%，而純棉布去污率較低約 67.62%。
- 六、在實驗條件中，以 60°C 溫水配合 4g 過碳酸鈉（重量百分比濃度 2%）達到最佳清潔效果；過高的水溫（如超過 60°C ）雖可加速反應，但同時導致過氧化氫分解過快，反而降低活性氧的持續作用。
- 七、pH 值測量顯示，加入過碳酸鈉後溶液呈現中強鹼性（約 pH 10 至 10.4），這有助於乳化油脂並促進污漬分解。
- 八、當過碳酸鈉濃度超過最佳值 2.5% 時，清潔效果並未明顯提升，反而可能因過量未完全溶解而降低效率，顯示適量使用及延長浸泡時間的重要性。
- 九、綜合各項實驗數據與觀察，適當條件下（ 40°C 溫水與 4g 過碳酸鈉）的氧系漂白劑具有高效去污且環保的特性，非常適合日常衣物清潔應用。

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「破」息 捌、心得

甲：參與這次研究後，我才發現「實驗設計」比想像中複雜！為了比較不同布料的去污率，我們得反覆裁剪布料、滴污漬、晾乾，還要確保每次搓揉力道一致。最難忘的是用《Color Base》軟體分析 RGB 色碼，雖然計算公式很燒腦，但看到色差轉化成具體去污率時超有成就感！我也學到團隊合作的重要性，例如有人負責測溫、有人記錄數據，缺一不可。過程中曾因濃度過高導致過碳酸鈉無法溶解，才明白「過猶不及」的道理。這次經驗讓我更細心，也愛上動手驗證想法的過程！

乙：這次研究讓我深刻體會到科學與生活的緊密連結。一開始，我對「過碳酸鈉」一無所知，但透過查資料和實驗，發現它遇水分解的原理竟能有效去污！最有趣的是操作酸鹼度計和電子顯微鏡，雖然一開始手忙腳亂，但慢慢學會如何精準測量 pH 值，並觀察布料纖維的變化。我也學到控制變因的重要性，例如水溫和濃度必須嚴格一致，否則數據會不準確。過程中最大的挑戰是處理油性污漬，即使調整劑量仍效果有限，這讓我明白每種清潔劑都有其適用範圍。這次研究不僅讓我愛上化學，更學會用科學方法解決日常問題！

丙：原本以為去污只是「搓一搓就乾淨」，沒想到背後藏著這麼多科學知識！例如過碳酸鈉分解產生的活性氧能「炸開」污漬，而碳酸鈉的鹼性還能乳化油脂，這些原理讓我大開眼界。技術操作上，使用紅外線測溫槍和電子天平時，必須非常小心，連 1 克的誤差都會影響結果。最驚喜的是發現內裡布去污率最高，原來布料材質影響這麼大！雖然實驗常重複好幾次，但看到污漬真的被清除時，所有辛苦都值得了。我現在洗衣服都會提醒媽媽用溫水溶解過碳酸鈉呢！

丁：這次研究讓我學會「從失敗中找答案」。例如測試高溫去污時，發現 100℃ 效果反而不如 40℃，原來過氧化氫分解太快！為了找出最佳條件，我們反覆調整水溫和濃度，甚至自製攝影棚減少色差誤差。操作顯微鏡觀察纖維時，第一次看到布料吸滿墨水的樣子超震撼！過程中我也體會到環保的重要性，過碳酸鈉無毒且分解後只剩水和氧氣，比含氯清潔劑更友善環境。雖然實驗常弄髒手，但能親手驗證科學理論，並解決生活中的困擾，真的超有成就感！

玖、參考資料

- 一、康軒文教事業股份有限公司（2024）。*自然科學六年級上學期課本（第二單元：水溶液）*。康軒出版社。
- 二、中華民國第 43 屆中小學科學展覽會（2003）。*美白的秘密：不同成分漂白水特性之探究*（國小化學科）。全國中小學科學展覽會。

- 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會作品說明書-「過」關斬將-不再為髒污「碳」息
- 三、 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會（2015）。*無毒萬靈丹：過碳酸鈉的過人之處*（高中化學科）。全國中小學科學展覽會。
- 四、 臺東縣第 62 屆中小學科學展覽會（2022）。*油物剋星：油污清潔大解密*（國小化學科）。臺東縣中小學科學展覽會。
- 五、 行政院環境保護署（n.d.）。*環保型清潔劑資訊*。取自 <https://www.epa.gov.tw/>
- 六、 國立臺灣科技大學化學系（n.d.）。*過碳酸鈉與氧化清潔劑介紹*。取自 <https://www.ntust.edu.tw/chemistry/>
- 七、 National Center for Biotechnology Information. (n.d.). *Sodium percarbonate*. PubChem. Retrieved May 28, 2025, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-percarbonate>

【評語】 080210

1. 該作品在測定去汙效果評估上懂得使用 ChatGPT 查詢可行技術，該團隊在幾個選項中最後選擇最適合寫小學生可駕馭的 RGB 軟體，取得可量化的方法。
2. 該作品在各項實驗都能夠執行重複測量，獲得具代表性的結果，值得讚賞。

作品海報

「過」關斬將

- 不再為髒污

「碳」息

摘要

本研究探討過碳酸鈉在衣物去污上的應用，發現其對醬汁類污漬清潔效果佳，但對油性污漬較弱。研究以**RGB色差分析**量化去污率，顯示不同布料材質影響清潔成效，其中內裡布與排汗布表現較佳。建議清潔條件為**40°C溫水**加**4g過碳酸鈉**，過高水溫或過量使用反而降低效果。研究指出過碳酸鈉具良好去污潛力，適合日常使用，且其**無氯**、**無毒**的**環保**特性亦具應用前景，但仍需克服對油性污漬及布料損傷問題。

壹、研究動機

在學校常遇到衣服沾染湯汁、墨水等頑固污漬，刷洗費力又難以清除。某天打翻咖哩後，媽媽拿出一罐「神秘顆粒」，竟迅速清除污漬，效果驚人！連油網都能清潔得閃亮如新。我們開始對這個「清潔神器」產生興趣，決定探究其成分與原理，並測試不同條件下的去污效果，找出最佳使用方式。

貳、研究目的

- 一、調查**市售**常見**衣物去污劑**。
- 二、分析探討**過碳酸鈉****成分**及**去污原理**。
- 三、比較各種常見**污漬特性**。
- 四、過碳酸鈉對不同**污漬**的去污力之影響。
- 五、過碳酸鈉對不同**材質布料**的去污力之影響。
- 六、不同**濃度**之過碳酸鈉對去污力之影響。
- 七、不同**水溫**對過碳酸鈉去污力之影響。

參、研究架構及方法



圖1 研究架構圖(圖片由第1 作者使用Napkin 製作)

肆、研究設備及器材



圖2 布料取色攝影裝置 (第3 作者拍攝)

一、污漬、布料、實驗器材(略)

二、布料取色攝影裝置

攝影棚設置

將4片黑色PP板黏貼製成口字型攝影棚。

光源控制

固定檯燈亮度、高度、角度及手機放置高度及角度。

色碼分析

使用《**Color Base**》分析各布料之色碼表(R,G,B)。

伍、研究過程及討論

研究一 調查市售常見衣物去污劑

次氯酸鈉(液體)

如新奇漂白水，高效殺菌，**強力漂白**，但有**刺鼻氣味**。

過氧化氫(液體)

如藍寶增豔漂白水，去漬增豔，殺菌消臭，**配方溫和**。

過碳酸鈉(顆粒粉末)

如加倍潔去污粉，強效去污，**環保無毒**，**價格平易近人**。

研究二 分析探討過碳酸鈉成分及去污原理

從歷屆科展作品及上網搜尋有關資訊，得到以下結果：

一、化學成分 過碳酸鈉的化學式為:2Na₂CO₃ · 3H₂O₂

它是一種白色結晶粉末,由碳酸鈉(Na₂CO₃)與過氧化氫(H₂O₂)所組成的加成化合物。常用於洗衣粉、氧系漂白劑、環保清潔劑等產品中。

二、去污原理 2Na₂CO₃ · 3H₂O₂(過碳酸鈉) + 水 → Na₂CO₃ + H₂O₂ → H₂O + O₂ ↑ (氧氣泡泡)

- 碳酸鈉 (Na₂CO₃)：提升水的鹼性，幫助乳化油脂，使污垢鬆脫。
- 過氧化氫 (H₂O₂)：分解產生氧氣 (O₂)，氧氣泡泡會深入衣物纖維，把髒污「炸開」！

研究三 比較各種常見污漬特性

小學生易沾染之污漬，大致上分成二類：「醬汁類」與「油漬類」，進一步了解這些污漬的成分及特性。

醬汁類	醬油	番茄醬	香菇素蠔油	蒜蓉辣豆瓣醬	桑椹汁
油漬類	墨汁	奇異筆墨水	簽字筆墨水	廢黑機油	白板筆墨水

醬汁類污漬特性

- 水基成分,含有色素
- 添加增稠劑增加黏稠度與附著性
- 如醬油、番茄醬、香菇素蠔油等

油漬類污漬特性

- 溶劑基成分,含有色素
- 含樹脂或礦物性油脂
- 形成防水膜或高黏度殘留
- 如奇異筆墨水、廢黑機油等



圖3 污漬類材料圖(第1作者拍攝)

研究四 過碳酸鈉對不同污漬的去污力之影響

準備實驗材料

10cm×10cm之內裡布、各種污漬、過碳酸鈉、40℃溫水

製作污漬樣本

滴入1g之污漬,置放於陰涼處,經24小時自然風乾

浸泡處理

對照組:200mL 40℃溫清水;
實驗組:加入4g過碳酸鈉,靜置30分鐘

清洗與觀察

來回搓揉30回、時間30秒,晾乾24小時後進行去污力觀察

討論

- 醬汁類污漬去除效果佳
過碳酸鈉對醬油、番茄醬、素蠔油等醬汁類污漬的去污效果極佳(肉眼觀察無殘留)
- 油性污漬效果有限
對墨汁、奇異筆墨水、廢黑機油等油性污漬效果不彰,這些污漬的疏水性與附著性強
- 鹼性環境促進去污



圖4 過碳酸鈉對不同污漬的去污前後比較圖(第1作者拍攝)

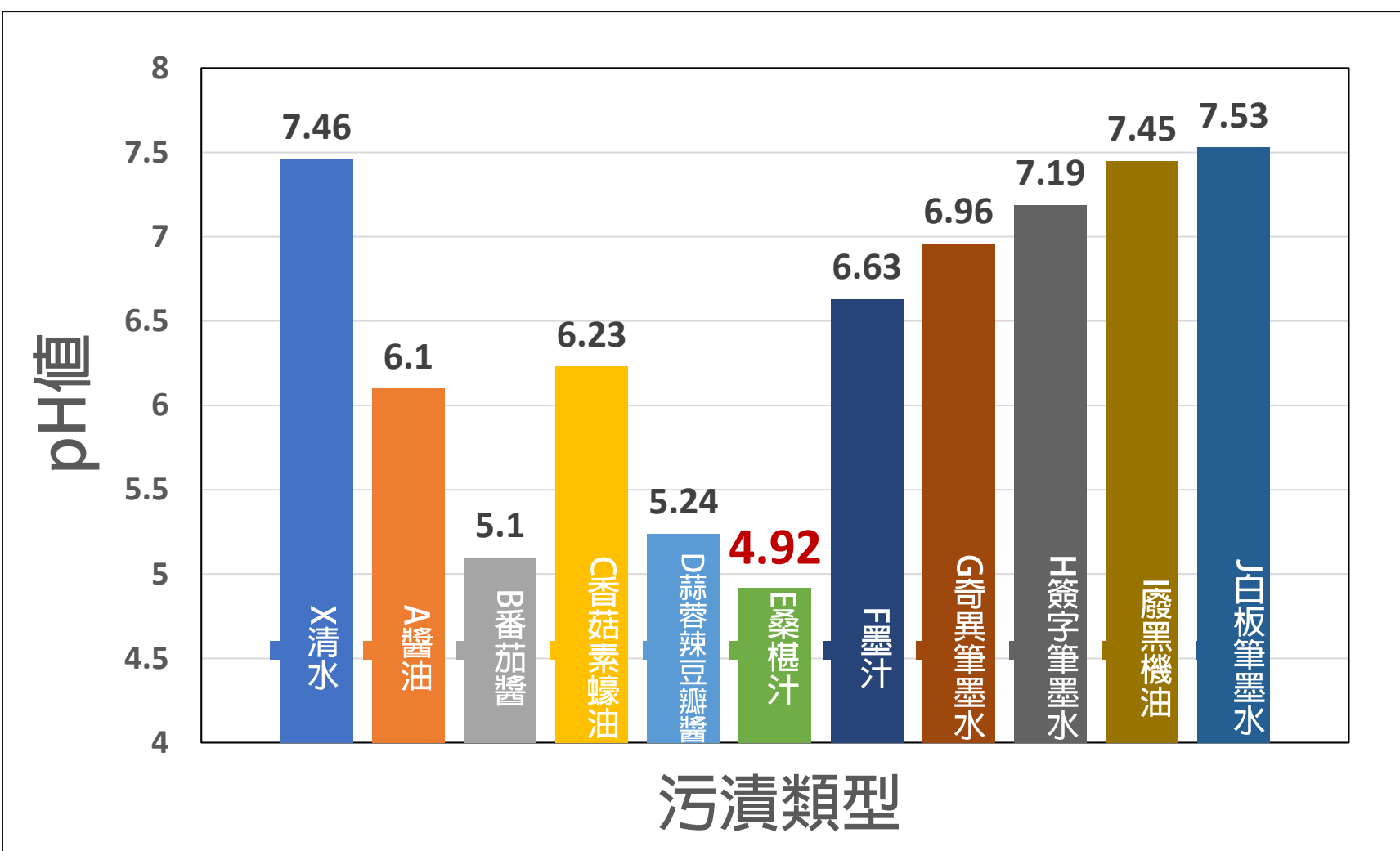


圖5 浸泡不同污漬的水溶液pH值(第1作者繪製)

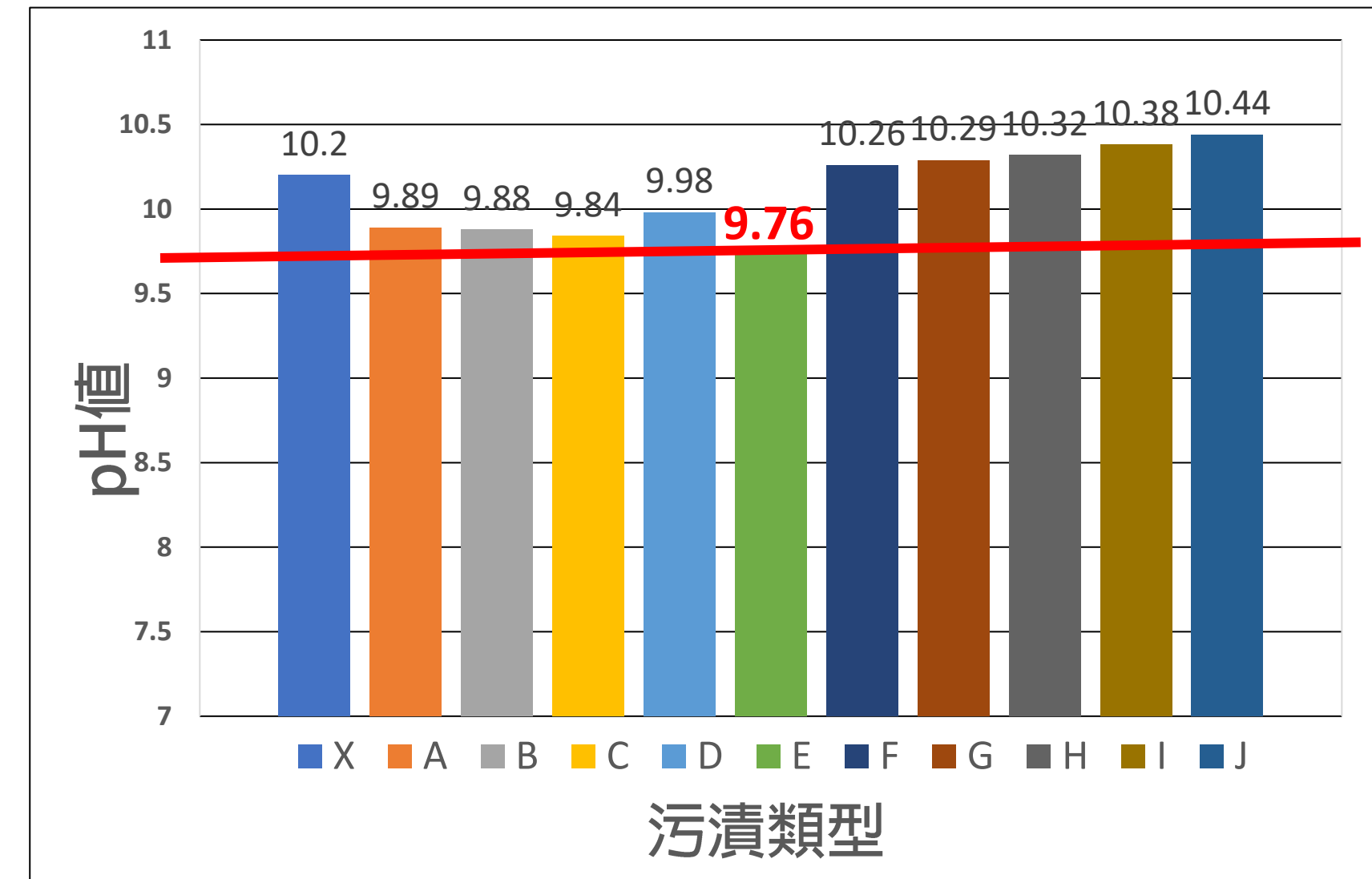


圖6 加入過碳酸鈉浸泡不同污漬的水溶液pH值(第1作者繪製)

研究五 過碳酸鈉對不同材質布料的去污力之影響

污漬：簽字筆墨水

顯微鏡放大100倍 (目鏡x10 物鏡x10)

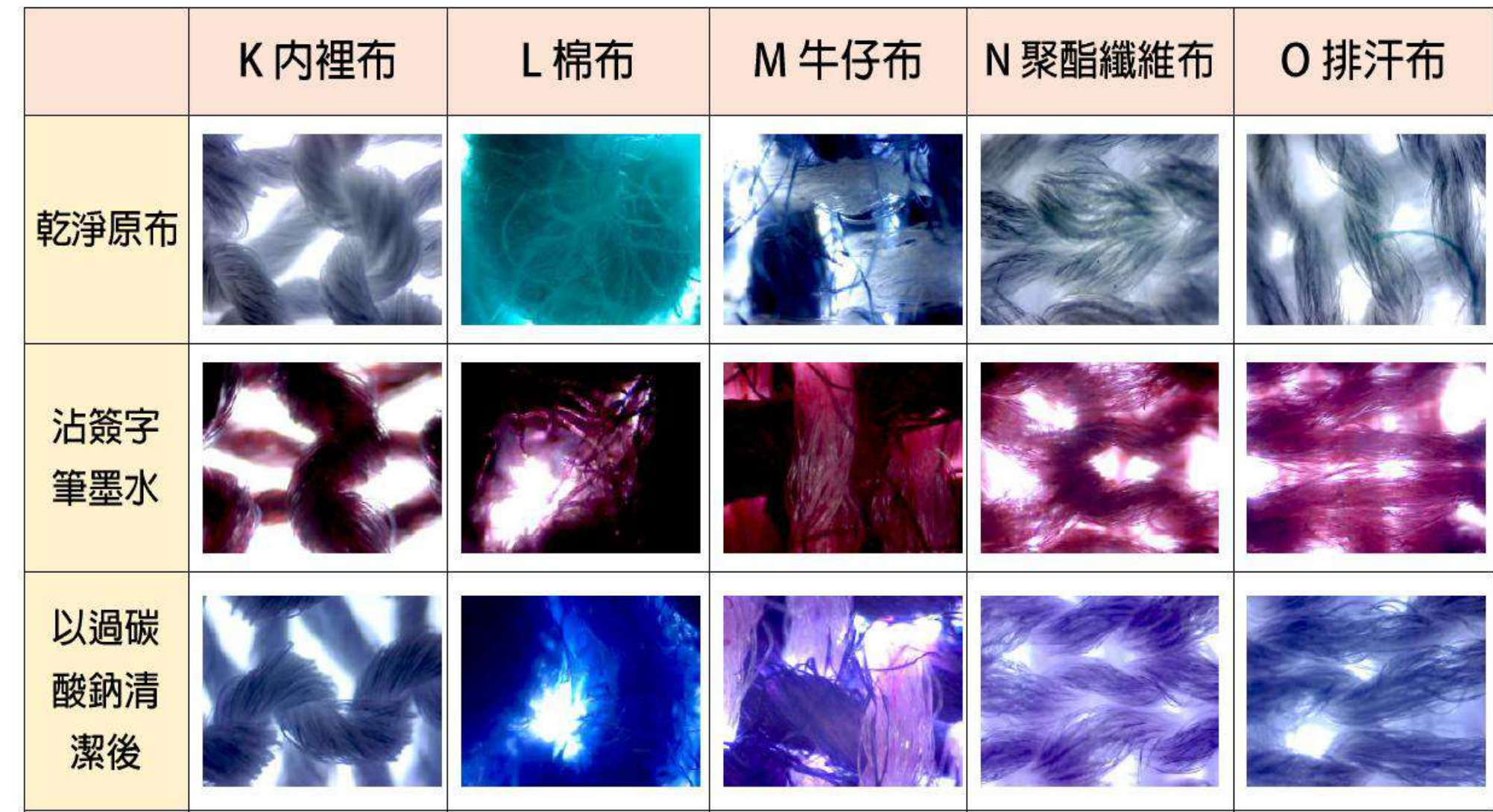


圖7 不同材質布料在顯微鏡下之照片比較(第1、2作者拍攝)

討論 肉眼觀察去污效果：

K內裡布> O排汗布> N聚酯纖維布> M牛仔布> L棉布

經與 ChatGPT 對談，可透過計算 RGB 值的差異客觀量化去污前後顏色的變化。

內裡布材質可能更利於活性氧滲透與污漬分解。棉布實驗中，推測其緻密結構不利於清潔劑作用。

假設未沾有污漬前的布料顏色為 (R1,G1,B1)、去污後的布料顏色為 (R2,G2,B2)，使用以下公式計算 RGB 差異：

$$\Delta E = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 + (B_2 - B_1)^2}$$

$$\text{去污率}\% = \left(1 - \frac{\Delta E}{\Delta E_{\max}}\right) \times 100\%$$
 其中 ΔE_{\max} 以255來計算

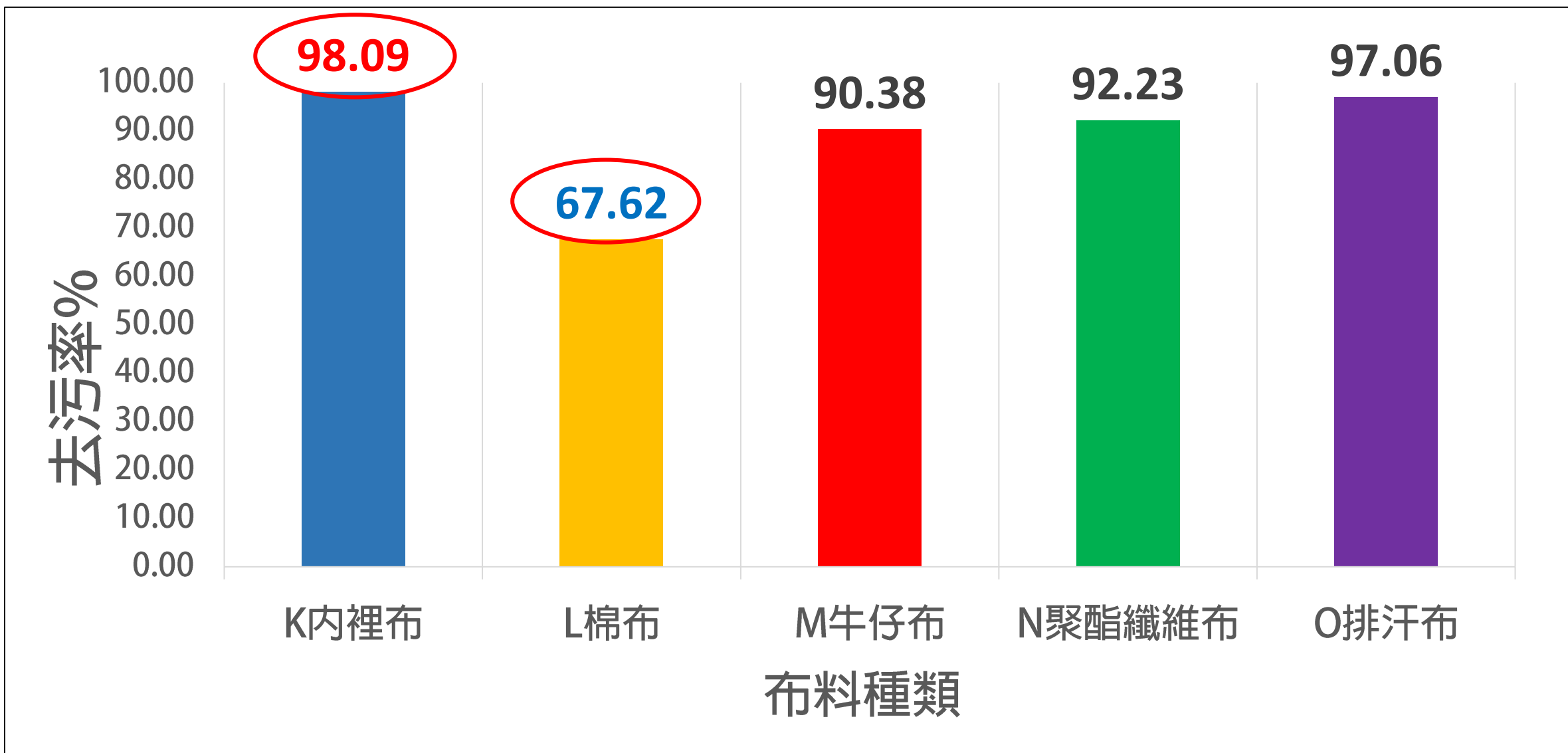


圖8 不同材質布料之去污率比較圖(第2作者繪製)

研究六 不同濃度過碳酸鈉對去污力之影響

配製濃度為1%、1.5%、2%、2.5%、3%之過碳酸鈉水溶液，比較其去污效果。

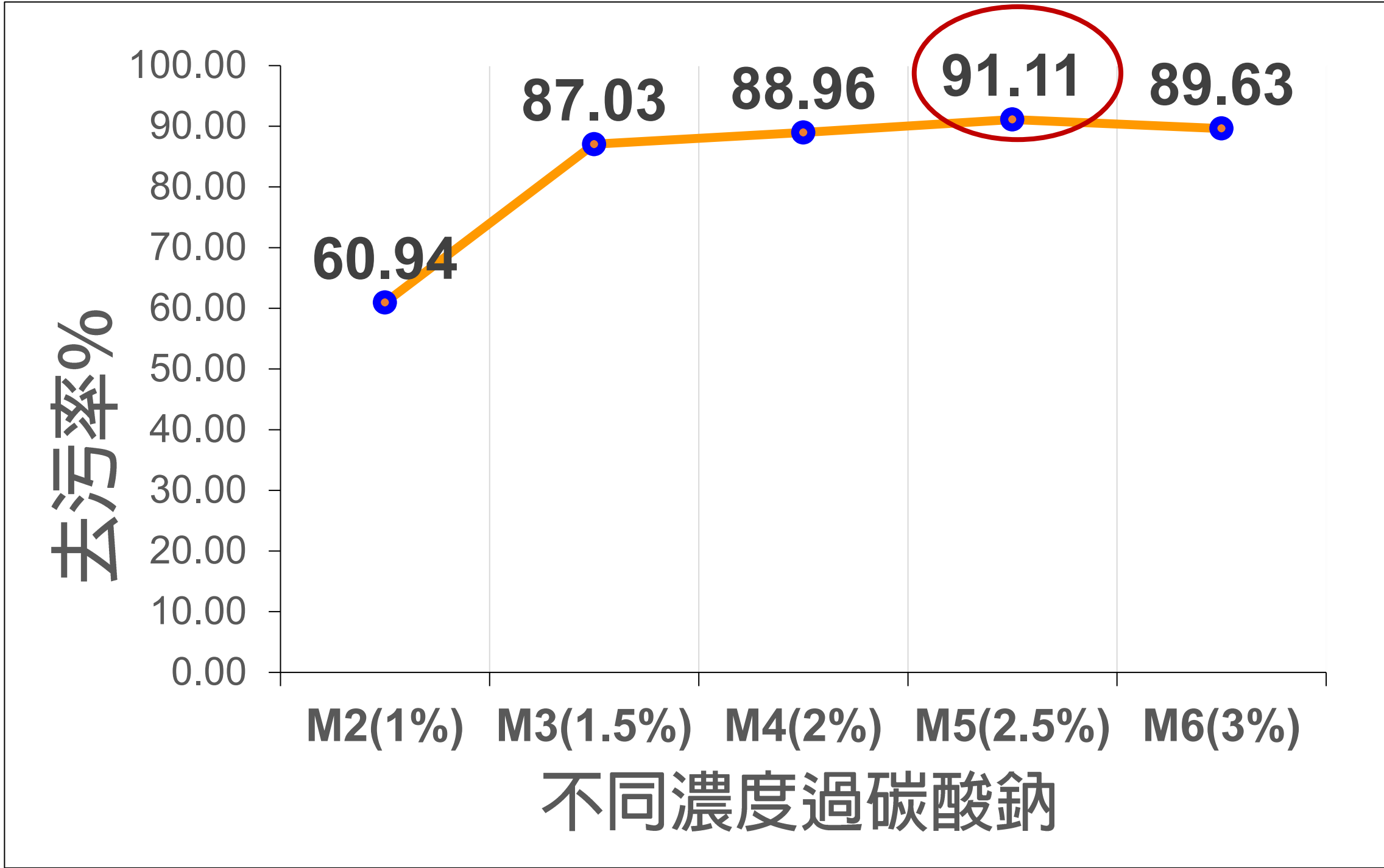


圖9 不同濃度過碳酸鈉去污率比較圖(第4作者繪製)

討論

- 當濃度從1%提升至2%時，去污率大幅提升；在濃度2.5%時達最高91.11%。
- 過量濃度(>3%)導致溶解不完全，效果不增反降。
- 去污率與濃度非線性關係，去污率隨濃度提升呈現先增後緩的曲線，而非等比增長。推測因活性氧(O₂)生成速率與分解速率達到平衡，過量H₂O₂快速分解導致利用率下降。

研究七 不同水溫對過碳酸鈉去污力之影響

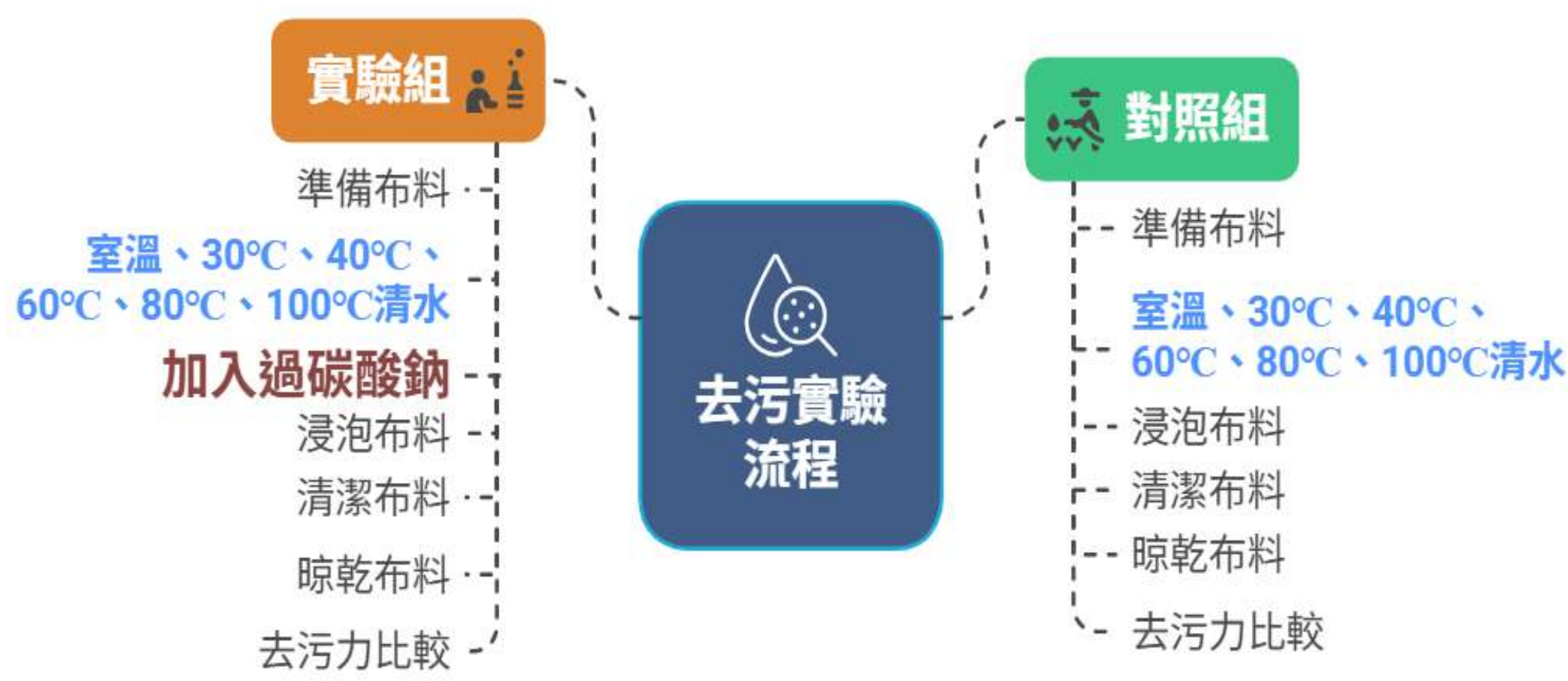


圖10 水溫對去污效果實驗流程圖(第1作者使用Napkin繪製)

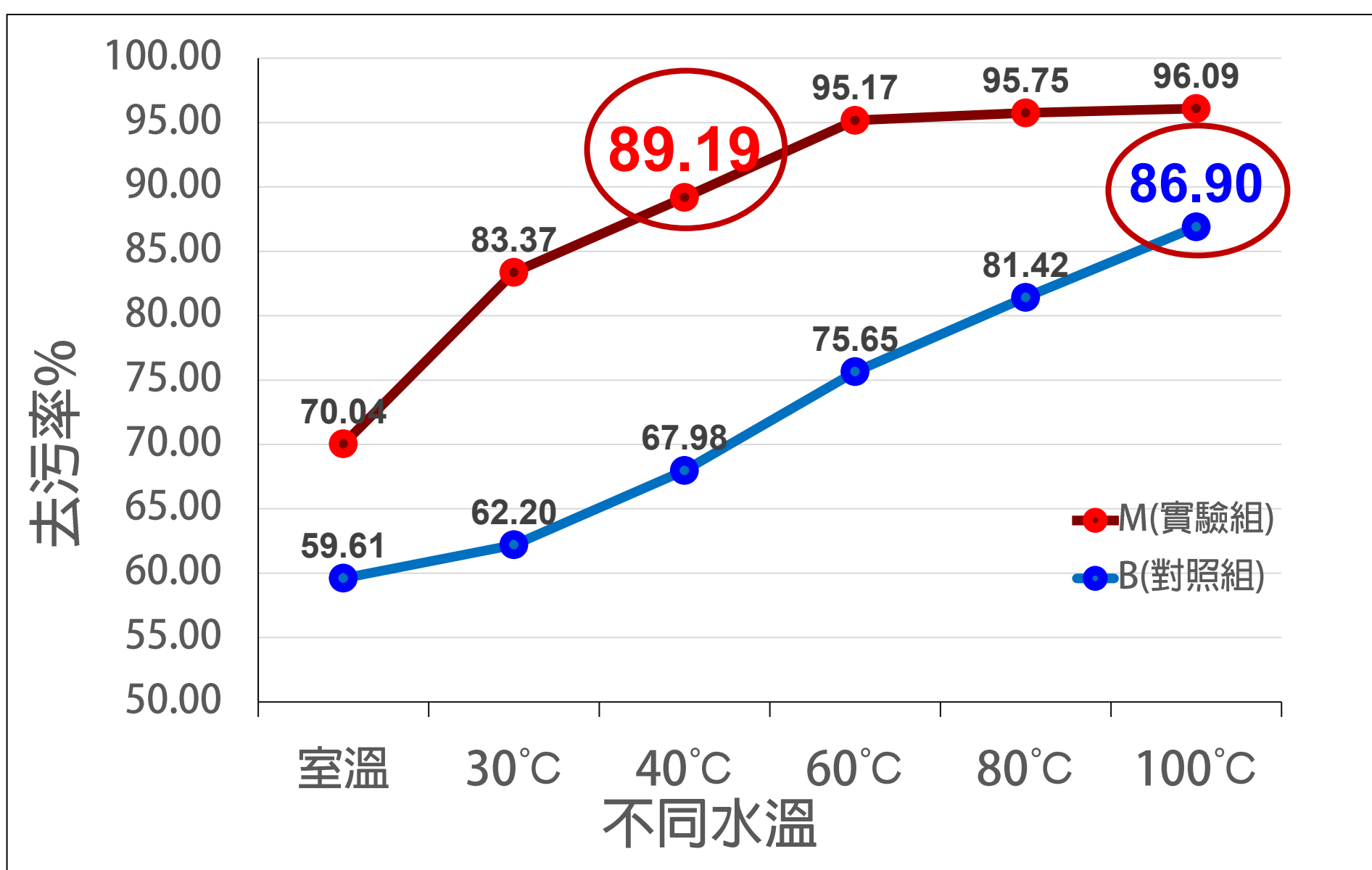


圖11 不同水溫對去污率比較圖(第3作者繪製)

討論

- 清水亦有清潔能力，但添加過碳酸鈉，40°C就能達到89.19%去污率，已超過100°C清水的86.9%，證明化學助劑遠勝單純加熱。
- 水溫與去污率呈正相關，但超過60°C後效益趨緩，推測因高溫加速過氧化氫分解，導致活性氧(O₂)短時間釋放後無法持續作用，造成能源浪費及纖維損傷風險；低溫(19°C)則分解不足、去污力弱。
- 60°C時去污率達95.17%，兼顧效率與布料保護，為最佳平衡點。

陸、結論

- 過碳酸鈉為氧系漂白劑，因環保、無毒且無刺激性氣味，能在水中分解出H₂O₂和活性氧，透過微細氣泡分解有機污漬。
- 它對水溶性污漬效果卓越，但對非極性油污去污能力有限，需搭配其他助劑。
- 內裡布與排汗布去污率接近98%，純棉布僅約68%；實際應依布料耐熱/耐鹼特性，控制溫度與濃度，以兼顧清潔效能與纖維保護。
- 以40-60°C溫水、濃度2%的過碳酸鈉為理想的使用條件，此時溶液呈中強鹼性(pH 10-10.4)，既能加速污漬分解，又能避免過快分解導致活性氧流失。

柒、未來展望

- 改善油性污漬清潔：加入界面活性劑用以乳化油脂，進一步提升油性污漬的清潔效率。
- 布料適應性研究：根據布料種類選擇適當的清潔濃度，避免鹼性環境對布料造成損傷。
- 優化溫度與劑量：聚焦在50~60°C範圍內的比較，以兼顧清潔效能與布料保護。
- 延長浸泡時間：調整實驗參數，觀察時間因素對頑固污漬去除效果的影響。
- 機械化搓洗：減少人為誤差，提高實驗精確度。

捌、創新亮點

嚴格控制變因

實驗設計中嚴格控制水溫、濃度、搓揉力道等變因，確保數據的準確性與可重複性，為研究結果提供了堅實的科學基礎。

顯微鏡觀察

使用顯微鏡觀察纖維變化，能夠直觀地看到布料吸附污漬及清潔後的微觀變化，提供了更深入的科學證據。

RGB色差分析

利用RGB色差分析量化去污效果為本研究的一大創新，未來可進一步優化模型與數據統計方法，使結果更具客觀性與精確度，並延伸應用於其他清潔劑之評估。

玖、參考資料

- 康軒文教事業股份有限公司 (2024)。自然科學六年級上學期課本 (第二單元：水溶液)。康軒出版社。
- 中華民國第43屆中小學科學展覽會 (2003)。美白的秘密：不同成分漂白水特性之探究 (國小化學科)。全國中小學科學展覽會。
- 中華民國第55屆中小學科學展覽會 (2015)。無毒萬靈丹：過碳酸鈉的過人之處 (高中化學科)。全國中小學科學展覽會。
- 臺東縣第62屆中小學科學展覽會 (2022)。油物剋星：油污清潔大解密 (國小化學科)。臺東縣中小學科學展覽會。
- 行政院環境保護署 (n.d.)。環保型清潔劑資訊。取自 <https://www.epa.gov.tw/>
- 國立臺灣科技大學化學系 (n.d.)。過碳酸鈉與氧化清潔劑介紹。取自 <https://www.ntust.edu.tw/chemistry/>
- National Center for Biotechnology Information. (n.d.). Sodium percarbonate. PubChem. Retrieved May 28, 2025, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-percarbonate>