

新北市土城區土城國民小學 114 學年度獨立研究

「黴」在怕-探討不同水溶液配方對自製黴菌 清潔劑去除黴菌之成效



指導老師：徐意婷 老師

研究學生：楊智堯、吳晨安 撰

中華民國一百一十五年四月

摘要

本研究探討不同水溶液配方對黴菌清除成效的影響，並嘗試製作有效的自製除黴清潔劑。實驗以培養皿中培養之黴菌為研究對象，比較不同清潔原理之水溶液種類、濃度、停留時間及是否覆蓋廚房紙巾等變因，對黴菌清除效果的影響。

為提升數據的客觀性，本研究先進行前導實驗，比較多種 AI 影像辨識程式後，選用辨識結果較穩定之程式計算黴菌附著率，作為實驗分析依據。

研究結果顯示，在各項變因中，以氧化破壞原理之次氯酸鈉清潔效果最為顯著，在水與次氯酸鈉比例為 5：1、停留 10 分鐘且未覆蓋廚房紙巾的條件下，黴菌減少率最高。

綜合結果可知，影響除黴成效的關鍵在於清潔原理，其次才為濃度與操作方式。

關鍵詞：黴菌、清潔劑

目錄

摘要.....	1
壹、前言.....	3
一、研究動機.....	3
二、研究目的.....	3
三、文獻探討.....	4
貳、研究設備及材料.....	8
參、研究過程與方法.....	9
一、研究架構圖.....	9
二、前導實驗.....	9
三、正式實驗.....	10
四、測定方法.....	11
肆、研究結果.....	12
一、前導實驗.....	12
二、實驗一：使用氧化破壞黴菌細胞壁原理清除黴菌（次氯酸鈉、雙氧水）.....	14
三、實驗二：使用細胞脫水原理清除黴菌（糖水、鹽水）.....	18
四、實驗三：使用調整酸鹼環境清除黴菌（白醋、黑醋、小蘇打水）.....	22
五、實驗四：比較自製黴菌清潔劑的效果.....	26
伍、討論.....	29
一、為什麼氧化破壞黴菌細胞壁、細胞脫水與酸鹼環境調整三種原理對黴菌的清除效果不同？.....	29
二、不同酸鹼值的水溶液，在各種清除原理下，對黴菌清除效果是否有差異？.....	29
三、為什麼覆蓋會改變清潔效果？溶液蒸發、滲透和黴菌表面接觸的原理嗎？.....	30
四、透過 AI 影像分析得到的黴菌附著率結果，是否能取代人工觀察容易忽略的細微差異？這樣的差異對研究結論有何影響？.....	30
五、實驗結果對於「日常環境中清除黴菌方式的選擇」，在原理與條件上可提供哪些限制或提醒？..	31
陸、結論.....	32
一、實驗結論.....	32
二、未來研究方向.....	32
柒、參考文獻資料.....	34

壹、前言

一、研究動機

暑假大掃除時，我和爸爸一起刷浴缸。清潔的過程中，爸爸發現市面上的清潔劑效果並不理想，玻璃上的黴菌仍然殘留在玻璃上面無法完全清除。爸爸因此提出一個想法：「是否能自己製作清潔劑，讓除黴效果變得更好？」。

為了幫助爸爸解決這個問題，我們上網查詢與黴菌去除相關的資料與研究，發現黴菌需要使用鹼性物質來去除。但是有些市售清潔劑並不完全是鹼性的，於是我們因此產生了一個疑問：「清潔劑的酸鹼性會不會影響去除黴菌的效果？」、「哪一種類型的效果比較好？」。

為了探討這個問題，我們選擇了幾種常見的清潔溶液，如漂白水、雙氧水…等，進行比較實驗。同時，我們也嘗試改變溶液的比例與停留時間等變因，希望找出在不同情況下最適合使用的清潔方式，進一步解答我們的疑惑。

而本研究所選用之清潔溶液，分別代表氧化破壞、細胞脫水與改變酸鹼環境三種不同的化學清潔原理，藉此比較不同化學作用機制對黴菌清除成效之影響。

二、研究目的

(一)了解不同成分製成的黴菌清潔劑對清除黴菌的影響

1. 探討黴菌生成的因素。
2. 清除黴菌相關文獻探討。

(二)運用黴菌形成原理製作黴菌

1. 製造黴菌附著於培養皿。
2. 運用 AI 影像辨識技術，判斷並量化黴菌的附著率。

(三)探討自製黴菌清潔劑對清除黴菌的影響

1. 使用氧化破壞黴菌細胞壁原理清除黴菌 - 次氯酸鈉、雙氧水

- (1)比較不同種類(次氯酸鈉、雙氧水)清除黴菌的效果。
- (2)比較不同濃度的(次氯酸鈉、雙氧水)清除黴菌的效果。
- (3)比較(次氯酸鈉、雙氧水)不同的停留時間清除黴菌的效果。
- (4)比較(次氯酸鈉、雙氧水)清除過程有無覆蓋廚房紙巾對清除黴菌的影響。

2. 使用細胞脫水原理清除黴菌 - 糖水、鹽水

- (1)比較不同種類(糖水、鹽水)清除黴菌的效果。
- (2)比較不同濃度(糖水、鹽水)清除黴菌的效果。

(3)比較(糖水、鹽水)不同的停留時間清除黴菌的效果。

(4)比較(糖水、鹽水)清除過程有無覆蓋廚房紙巾對清除黴菌的影響。

3. 使用調整酸鹼環境清除黴菌 - 白醋、黑醋、小蘇打水

(1)比較不同種類(白醋、黑醋、小蘇打水)清除黴菌的效果。

(2)比較不同濃度的(白醋、黑醋、小蘇打水)清除黴菌的效果。

(3)比較(白醋、黑醋、小蘇打水)不同的停留時間清除黴菌的效果。

(4)比較(白醋、黑醋、小蘇打水)清除過程有無覆蓋廚房紙巾對清除黴菌的影響。

(四)研發自製黴菌清潔劑

1. 比較不同清除黴菌作用原理(氧化破壞黴菌細胞壁、使細胞脫水、調整酸鹼環境)對黴菌清除效果的影響。

2. 比較在相同作用原理下,不同溶液比例對黴菌清除效果的影響。

3. 比較在相同作用原理與比例下,不同停留時間對黴菌清除效果的影響。

4. 比較在相同作用條件下,以廚房紙巾覆蓋對黴菌清除效果的影響。

三、文獻探討

(一)黴菌生成的原因

黴菌的生成主要與「濕度」、「溫度」及「營養來源」有關。當環境濕度超過 60%時,較容易提供黴菌生長的條件。在適合的條件下,黴菌大約 2 ~3 天就可能形成肉眼可見的菌落。溫度也會影響黴菌的繁殖速度,不同種類的黴菌適合的溫度並不相同,但大多數黴菌較適合在攝氏 20~30°C 的環境中繁殖。而且黴菌常生長在含有醣類或澱粉等營養的地方,因此在日常生活中容易出現在浴室或廚房等潮濕環境。

(二)歷屆科展作品

表 1-1 與黴菌相關的歷屆科展作品

作品來源	作品名稱	研究大綱	研究結論
第 51 屆 全國科展	打「黴」 「樂」,打了 沒—不同中藥 對黴菌抑制效 果	蛇床子對根黴屬麵包黴黴菌抑制率 達 71%,對枝孢屬空氣及廁所黴 菌的抑制效果近乎 100%。	一、蛇床子>金銀花 >雞冠花>苦參根>貝 母。二、蛇床子 = 金銀花>苦參根≡貝 >雞冠花。
第 61 屆 全國科展	UV 照射對黴菌 生長及幾丁聚 醣含量之影響 探討	黴菌在不同時間 UV 照射下生長差 異黴菌在不同時間 UV 照射下蛋白 質含量差異 UV 照射對黴菌幾丁質 含量差異 UV 照射對黴菌幾丁聚醣 含量差異。	黴菌經 UVB 照射 30 秒後可促進生長及增加 養分的累積

註:研究者自行整理

根據表 1-1,我們發現可利用影像辨識的方法來分析黴菌的附著情形。本研究將同一影

像分別交由多種具備影像處理能力的 AI 進行分析，比較各種辨識結果後取其平均值，作為黴菌附著率的判定依據。

(三)清除黴菌的原理

1. 使用氧化破壞黴菌細胞壁原理清除黴菌

表 1-2 比較氧化破壞黴菌細胞壁原理

方式	化學式	pH 值	原理說明	主要用途	安全性
次氯酸鈉	NaClO	鹼性 (9-12)	會破壞黴菌細胞壁和蛋白質，讓黴菌死亡	殺滅細菌、真菌和病毒，去除衣物及環境中污漬和黴菌	刺激性
過氧化氫 (雙氧水)	H ₂ O ₂	弱酸性 (4-6)	會產生自由基攻擊黴菌細胞膜和蛋白質，也會破壞 DNA，使黴菌死亡	醫療消毒、工業漂白和去味、以及在食品加工中的殺菌和漂白作用	具腐蝕性 接觸皮膚可能導致嚴重灼傷

註:研究者自行整理

從表 1-2 可以發現，次氯酸鈉和過氧化氫都是用來殺死黴菌的清潔劑，但它們的酸鹼性不一樣。次氯酸鈉是鹼性的，可以破壞黴菌的細胞壁和蛋白質讓黴菌死亡；過氧化氫是酸性的，會產生自由基攻擊黴菌的細胞膜和 DNA，也能殺死黴菌。酸鹼性也可能會影響清潔劑的除黴效果，所以我們選這兩種來比較，不只是看它們除黴菌的效果，也想了解酸鹼會性是否會影響。

2. 使用細胞脫水原理清除黴菌

表 1-3 細胞脫水原理

方式	pH 值	原理說明	主要用途	安全性
糖水	中性 (7)	利用高濃度糖液造成高滲透壓，使微生物脫水，抑制生長	食品保存 (例：果醬)	濃度太高不可直接大量飲用
鹽水	中性 (7)	利用高濃度鹽水造成高滲透壓，抽出微生物水分	醃漬食物 (例：鹹魚)	濃度太高不可直接大量飲用

註:研究者自行整理

根據表 1-3，糖水和鹽水都是高濃度溶液，能讓黴菌脫水，水分從細胞流出後黴菌無法生長或死亡。我們透過實驗比較了糖水和鹽水的效果，並與其他清除原理做對照，了解哪種方法最有效。雖然糖水和鹽水不太適合環境清潔，但實驗仍幫助我們理解不同方法對黴菌的作用，讓研究更完整。

3. 使用調整酸鹼環境清除黴菌

表 1-4 調整酸鹼環境

方式	主要成分	pH 值	原理說明	主要用途	安全性
白醋	乙酸	強酸 (2~3)	改變黴菌生長環境，破壞細胞膜或蛋白質	去污、調味、除臭和保養	酸性強，可能腐蝕金屬或家電零件
黑醋	醋酸+胺基酸	強酸 (2~3)	抑制黴菌生長	烹飪和調味	不宜空腹大量食用
小蘇打	碳酸氫鈉	強鹼 (11)	破壞黴菌細胞膜使黴菌不易生長	清潔	無毒

註:研究者自行整理

根據表 1-4 可以發現，白醋、黑醋和小蘇打的酸鹼性都很強，所以可以快速改變黴菌周圍的環境，而因為酸性或鹼性會破壞黴菌的細胞膜或抑制生長，因此能清除黴菌。設計實驗的目的是想比較不同酸鹼溶液對去除黴菌的效果，了解哪種方法清除黴菌最有效。

(四)市面除黴清潔劑

表 1-5 除黴清潔劑

品牌	名稱	成分	最佳除黴時間
日本 Mitsuei	浴室除黴噴霧	次氯酸鹽、氫氧化鈉、界面活性劑	10 分
魔術靈	浴室除黴漂潔清潔劑	次氯酸鈉、氫氧化鈉、界面活性劑	15~30 分
妙管家	黴菌殺手	次氯酸鈉、氫氧化鈉、界面活性劑	15 分
寶媽咪	除黴慕斯	純水、氫氧化鈉、次氯酸鈉、界面活性劑	4~6 時
第一石鹼	浴室除黴噴霧	次氯酸鹽、氫氧化鈉、界面活性劑	1~2 時
淨毒五郎	深層除黴凝膠	純水、氫氧化鉀、次氯酸鈉、增稠劑	30 分
威猛先生	強力去黴劑噴槍瓶	次氯酸鈉、界面活性劑	5 分
日本 Asahipen	強效除黴劑	Shiaben 食品添加物、乙醇	5~10 分
台隆手創館	除黴噴劑	次氯酸鹽、氫氧化鈉、界面活性劑	10~30 分
立邦	水性防黴劑	抗菌劑、防黴劑、水溶性溶劑、水、推進劑	10 分
英國潔	瞬效除黴去污清潔劑	水、次氯酸鈉、氫氧化鈉、月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽、月桂基胺氧化物	5 分
優品	強效浴室深層除黴清潔劑	水，次氯酸鈉，氫氧化鈉，特殊界面活性劑，抗菌防黴劑	10 分
日本獅子化工	衛浴免刷洗鹼性除黴濃密泡沫噴霧清潔劑	次氯酸鹽、氫氧化鈉(0.8%)、界面活性劑(烷基胺氧化物)	10 分

註:研究者自行整理

根據表 1-5 可以發現，多數清潔劑都含有「界面活性劑」與「鹼性物質」，其中鹼性成分多以「次氯酸鈉」和「氫氧化鈉」為主。基於這個原因，本研究在自製除黴清潔劑時，也會加入了「界面活性劑」與「鹼性水溶液」。我們推測，界面活性劑與鹼性水溶液的協同作用可以更有效地去除黴菌。雖然市售產品中有些清潔劑的除黴速度比魔術靈更快，但因為家中已有使用經驗，我們選擇魔術靈作為對照，與自製清潔劑進行比較。

(五)提升清除黴菌效果的物理方式

在使用化學劑清潔過程中，除了清潔劑的成分外，操作方式也是影響成效的關鍵，因此本研究將針對「停留時間」與「覆蓋廚房紙巾」兩種方式進行探討，其科學原理如下：

1. 停留時間

(1)蛋白質分解時間：黴菌主要是由蛋白質所構成，像強鹼溶液（例如次氯酸鈉）與黴菌

接觸後，需要足夠的時間才能完全破壞黴菌的細胞壁與蛋白質結構，使其死亡並產生效果。

(2) **滲透根部**：黴菌通常具有深入基質的根部，根據查找文獻後我們發現到，除黴清潔劑若噴灑後立即刷洗，會使清潔劑無法深入黴菌根部，導致黴菌容易死灰復燃。因此，**大多數產品都建議至少停留 10 分鐘以上**，才能比較達成除黴菌的效果。

2. 覆蓋廚房紙巾

(1) **減少溶液蒸發**：清潔劑必須在液態下才能發揮更好的化學反應，所以覆蓋廚房紙巾最主要的原理是阻止空氣流通，當空氣不流通時，溶液蒸發的速度會變慢，就可以讓有效成分有更多的時間與黴菌發生作用。

(2) **增加接觸穩定性**：因為在日常環境（例如浴室牆壁），噴灑清潔劑容易因重力關係而流不太住，所以網路上大多數的清潔專家都會建議運用廚房紙巾覆蓋，類似像敷面膜一樣，將清潔劑固定在特定位置，可以讓清潔劑與黴菌表面持續接觸時間比較多。

(六) 界面活性劑的作用

我們在研究市面上常見的各種除黴清潔劑時，我們從產品背後的成分表發現了一個共同點就是幾乎所有的品牌(例如魔術靈、威猛先生、妙管家等)除了含有殺菌的鹼性物質外，都一定會加入界面活性劑。因此讓我們產生好奇除黴菌要加入界面活性劑的原因，經過查詢資料和討論，我們整理出以下原因：

「**增加滲透力**」：黴菌通常會長在縫隙或是矽利康的深處，一般的自製溶液(例如鹽水或醋)有時候因為表面張力太大，只會停留在表面，沒辦法到進細縫裡，而**界面活性劑可以降低水的表面張力，讓清潔劑更容易滲透進去**。

因此，本研究在設計自製配方時，也會將界面活性劑列為重要的控制變因之一，希望能製造出像市售產品一樣效果好又更環保的除黴配方。

(七) 使用 AI 辨識黴菌數量

在實驗中我們希望能更精確地量化黴菌的數量，而傳統的人工觀察可能會因為判斷誤差而不夠準確，因此我們將使用 AI 影像辨識技術來辨識載玻片上的黴菌，並計算其附著率。

表 1-6 AI 資訊比較

名稱	開發公司	優勢
Chatgpt	Open AI	對話、問題回答、寫作輔助
Gemini	Google	布局企業端應用、開發者生態系、智慧手機生態系
Sider	Sider	程式碼輔助或開發輔助
Monica	Manus	日常生活問題
Claude	Anthropic	增強工作效率、文本理解、對話輔助
Grok	xAI	能模擬人類思維過程、對話和社群互動能力

註:研究者自行整理

貳、研究設備及材料

表 2-1 研究設備與材料整理表

設備	噴霧器(讓清潔劑分散到各處)、培養皿(放置產生黴菌處)、棉花棒(移植黴菌)、量杯、自製測定設備
材料	次氯酸鈉、雙氧水、吐司、糖、鹽、白醋、黑醋、小蘇打粉、界面活性劑、發黴農作物

參、研究過程與方法

本實驗的操作型定義：

1. **黴菌附著率**：利用 AI 影像辨識技術分析玻璃片照片中黴菌所佔的面積比例，並以百分比(%)表示，數值越高代表黴菌附著越多。
2. **清除效果**：是指清潔前後黴菌附著率的變化情形，越多代表效果越好。
3. **濃度**：是指清潔溶液中主要成分與水的比例，並依實驗設計配置成不同濃度的水溶液。
4. **停留時間**：是指清潔溶液噴灑在玻璃片後，至沖洗前所經過的時間。
5. **覆蓋方式**：是指清潔溶液噴灑在玻璃片後，是否以廚房紙巾覆蓋在玻璃片表面。

一、研究架構圖

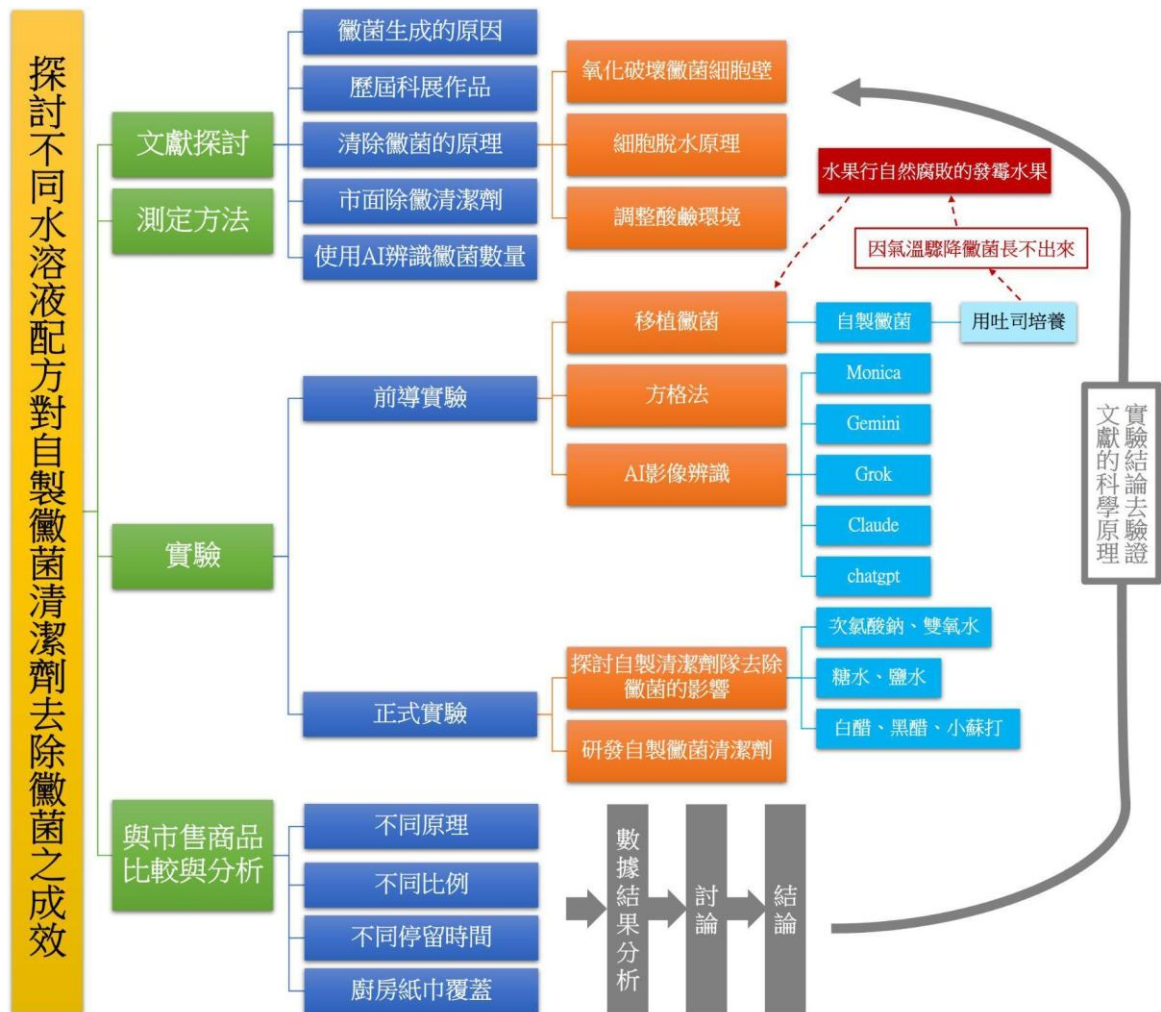


圖 3-1 研究架構圖

二、前導實驗

(一)運用吐司生成黴菌再移植到培養皿

1. 實驗材料：吐司、棉花棒、培養皿、夾鏈袋、噴霧器、水。
2. 實驗目的：製作黴菌樣本，並將黴菌移植至培養皿中，作為後續實驗使用。

3. 實驗步驟：

- (1)將吐司放入夾鏈袋中，噴灑適量清水，製造潮濕環境，靜置等待黴菌生長。
- (2)吐司表面出現明顯黴菌後，使用乾淨的棉花棒輕輕沾取黴菌，並移植到培養皿中。
- (3)培養皿放置數日觀察，若黴菌能持續生長並增加，即可作為後續實驗材料。

(二)運用 AI 影像辨識

1. 實驗材料：發黴的吐司。
2. 實驗目的：判斷黴菌的附著率。
3. 實驗步驟：
 - (1)取出已培養完成、表面長有黴菌的培養皿。
 - (2)將培養皿放置於黴菌觀測箱中，以避免外在光線與角度影響。
 - (3)將手機固定於觀測箱上方，從相同高度與角度拍攝培養皿照片。
 - (4)將拍攝完成的照片分別上傳至不同的 AI 平台設計出的程式。
 - (5)由程式分析圖片中黴菌所佔的面積，計算黴菌附著率(%)。
 - (6)比較五個程式的分析，篩選數值穩定且辨識結果符合實際觀察，為後續實驗分析工具。

三、正式實驗

(一)探討水溶液對清除黴菌的影響

我們進行水溶液清除黴菌的效果時，採用「逐步比較」的實驗方式進行，每一大類實驗皆依照「**比較不同種類** → **比較不同濃度** → **比較不同停留時間** → **比較是否覆蓋**」的順序進行，並在每一階段中，**選擇清除效果最佳的條件，作為下一個實驗的控制變因**。

在實驗進行過程中，除了操作變因外，其餘條件皆會保持一致，例如：噴灑次數(3次)、作用時間、與測量方法，以確保實驗結果的公平性與可比較性。

實驗前會先對所有培養皿進行拍照記錄。每次實驗時，我們使用噴霧器在每個培養皿表面均勻噴灑三次清潔液，隨後立即開始計時。靜置時間到達後(10分鐘)，使用定量清水(50ml)緩慢倒入培養皿中進行沖洗，沖洗時間為10秒，期間可輕輕搖晃培養皿以確保清洗均勻。沖洗完畢後，將廢液倒出，再次對培養皿進行拍照記錄，以比較清潔前後的效果差異。

以下是各個實驗的變因：

表 3-1 各實驗的控制變因、操作變因

原理	實驗編號	控制變因	操作變因
氧化破壞黴菌細胞壁	1-1	停留時間、水：溶液：介面活性劑	次氯酸鈉、雙氧水
	1-2	次氯酸鈉、停留時間	水：溶液：介面活性劑
	1-3	水：溶液：介面活性劑	停留時間
	1-4	水：溶液：介面活性劑、停留時間	廚房紙巾
細胞脫水	2-1	水：溶液：介面活性劑、停留時間	糖水、鹽水
	2-2	鹽水、停留時間	水：溶液：介面活性劑
	2-3	水：溶液：介面活性劑	停留時間

	2-4	水：溶液：介面活性劑、停留時間	廚房紙巾
調整酸鹼環境	3-1	停留時間、水：溶液：介面活性劑	白醋、黑醋、小蘇打水
	3-2	停留時間、小蘇打水	水：溶液：介面活性劑
	3-3	水：溶液：介面活性劑	停留時間
	3-4	停留時間、水：溶液：介面活性劑	廚房紙巾
自製黴菌清潔劑	4-1	水：溶液：介面活性劑、停留時間	次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水、市售清潔劑
	4-2	次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水、市售清潔劑、停留時間	水：溶液：介面活性劑
	4-3	水：溶液：介面活性劑	停留時間
	4-4	水：溶液：介面活性劑、停留時間	廚房紙巾

為確保實驗結果的公平性與可比較性，本研究控制下列條件一致：

黴菌培養方式與時間、實驗環境溫濕度、拍攝距離、角度光源條件、影像分析方式與計算標準

(二)選擇市售商品「浴室魔術靈除黴漂潔噴槍瓶」

選擇市售除黴清潔劑「浴室魔術靈除黴漂潔噴槍瓶」作為比較對象的原因如下：

1. 2025 年最暢銷的除黴清潔劑，廣受消費者信賴。
2. 使用方便，不需刷子即可輕鬆清潔。
3. 適用於各種場域，能強力去除不同類型的黴垢。

四、測定方法

(一)影像辨識

1. 每一次實驗，我們都使用三個含有黴菌的培養皿進行測試。
2. 實驗前，先將培養皿放入「自製攝影箱」中進行拍照。
3. 將拍攝完成的照片檔案上傳至同一個 AI 系統進行影像分析。
4. 由 AI 計算並得到每個培養皿的黴菌附著率。
5. 為了減少單一數據造成的誤差，會去除最高值與最低值。
6. 將剩下的數據取平均，作為該次除黴菌劑的實驗結果。
7. 噴灑後的培養皿也會依照此方式進行。

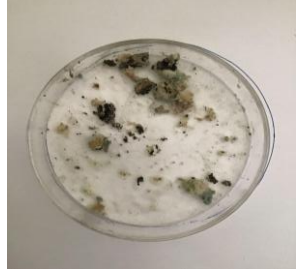
(二)測定設備

1. 以自製攝影箱作為影像蒐集設備。
2. 攝影箱以塑膠盒製作，底面積為 1131cm^2 ，高度 6 cm。
3. 箱內中間放置培養黴菌之培養皿。
4. 培養皿下方鋪設白紙作為背景，以提高黴菌影像之對比度與辨識度。
5. 避免外界光源干擾，攝影箱四周以黑紙完整包覆，形成封閉且光線穩定的拍攝環境。
6. 在攝影箱上放置一個手機開啟手電筒功能作為固定光源。
7. 攝影機固定架設於培養皿正上方，以垂直俯視方式進行拍攝。
8. 每次影像取得之拍攝角度與距離一致，提升影像分析的準確性。

肆、研究結果

一、前導實驗

表 4-1 移植黴菌過程

吐司發霉	棉花棒沾取黴菌	移植到培養皿上	觀察生長情況
			

在研究初期，我們使用吐司來培養黴菌，黴菌的生成與移植都進行得相當順利。但是進入冬天，做實驗的期間又遇到寒流級的氣溫，吐司上的黴菌變得不容易生長，培養過程開始遇到困難。為了解決這個問題，我們改從水果行取得已經自然腐敗的水果，作為新的黴菌來源。透過這個方法，我們成功取得生長狀況較穩定的黴菌，並在其他實驗條件不變的情況下，完成後續的實驗。



圖 4-1 水果行自然腐敗水果

(二)方格法計算黴菌覆蓋率

研究開始，我們原本打算用「方格法」來計算黴菌的覆蓋率，也實際把培養皿照片加上方格來進行模擬（如圖 4-2），一格一格的判斷有沒有黴菌。但在實際操作時，我們發現黴菌的形狀很不規則，有些是一小點，有些是一整塊，常常一個方格裡同時有黴菌和沒有黴菌的地方，讓我們很難判斷這一格到底算不算。另外，有些黴菌顏色很淡，用肉眼不容易分辨，不同人計算時結果也可能不一樣。

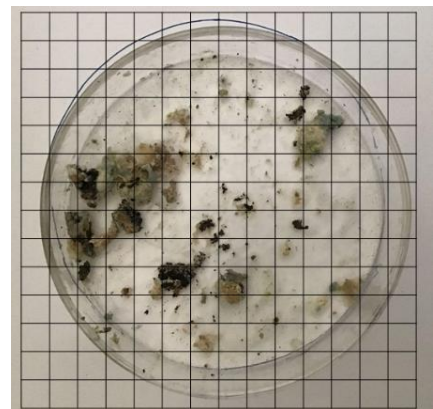


圖 4-2 方格法計算測試圖

經過討論後，我們認為如果繼續使用方格法，計算結果容易受到個人判斷影響，可能會影響實驗的準確性。因此，最後改用 AI 影像辨識來分析黴菌的附著率，讓電腦以影像方式進行判斷，減少人為誤差，也讓不同處理方式之間的比較更公平。

(三)運用 AI 影像辨識

1. 寫給 AI 的指令

我們希望利用 AI 的能力，幫助我們分析黴菌的照片，計算黴菌的附著率。為了達到這個目的，我們設計了一個程式指令，讓 AI 能依照我們的需求自動處理影像資料。透過這個方法，我們可以減少人工判讀的誤差，也能更客觀、準確地比較不同清潔劑對黴菌的清除效

果，以下是我們提供各家 AI 的指令的最終版本：

幫我寫一個程式，用 html 寫的程式，然後我會上傳 2 張影像，分別是黴菌清除前和清除後，你要去辨識這兩個影像當中培養品中間，黴菌佔了百分比，然後他可以去分析那個，用方格的方式，方格值的方式，大概是 0.1 毫米*0.1 毫米的方格，然後你要算出這個培養品的面積，以及黴菌佔的總面積，還要標示黴菌的分布圖，而且我按一次他要生成一億次數據 再取平均值，最後提供的資料要包含：培養皿總面積、黴菌總面積、黴菌覆蓋率、方格大小、總方格數，黴菌方格數，採樣次數。

2. 五種 AI 人工智慧設計出的程式比較

表 4-2 前導實驗一：測試的照片



表 4-3 前導實驗一：AI 呈現結果

AI	Monica	Gemini	Grok	Claude	chatgpt
程式截圖	培養品總面積 (像素): 7,988,481 黴菌總面積 (像素): 1,665,512 黴菌佔總面積百分比: 20.85%	分析數據: • 培養品估計總面積: 7,990,272 px² • 黴菌估計總面積: 2,393,594 px² • 黴菌佔比: 29.9564 % • 模擬計算次數: 100,000,000 次 (Monte Carlo)	培養基面積: 6361.73 平方毫米 模具面積: 1976.62 平方毫米 黴菌含量: 31.07%	分析結果 培養皿總面積: 79902.72 mm² 黴菌總面積: 50471.44 mm² 黴菌覆蓋率: 63.17 % 方格大小: 0.1 mm × 0.1 mm = 0.01 mm² 總方格數: 7,990,272 黴菌方格數: 5,047,144 採樣次數: 100,000,000 次 (平均值)	培養品黴菌面積分析 選擇檔案 image (1).jpeg 開始分析 培養品取樣格數: 100000 黴菌格數: 29967 黴菌佔比: 約 29.97 %
黴菌附著率(%)	20.85%	29.96%	31.07%	63.17%	29.97%

由表 4-3 可發現，不同 AI 設計出的影像辨識程式在黴菌附著率的分析結果差異明顯，其中 Monica、Gemini、Grok 與 ChatGPT 的分析結果落在 20~30%之間，而 Claude 的數值明顯偏高。經由我們肉眼比對實際照片後發現，Claude 在辨識過程中，比較容易將培養皿中的水分或反光區誤判為黴菌，因此分析結果與實際觀察情形較不相符。

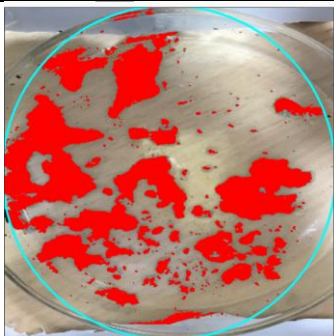
透過前導實驗一，我們發現即使使用相同的影像，不同 AI 設計出的影像辨識對黴菌的判讀還是可能有差異，顯示 AI 影像辨識的結果並非完全一致，因此需要進一步驗證，所以本研究將再進行前導實驗二，透過更多次的分析，進一步去了解 AI 影像辨識上的表現，作為後續正式研究選用 AI 的重要依據。

在前導實驗二中，我們請不同 AI 設計影像辨識程式，先將培養皿中判斷為黴菌的區域以紅色標示出來，再由我們用肉眼比對實際照片，確認 AI 是否能正確辨識黴菌位置。原本計畫使用五種不同 AI 設計的影像辨識程式，比較其計算出的黴菌附著率數值。然而在前導實驗中發現，其中有四種 AI 容易將培養皿中的水分或反光誤判為黴菌，導致辨識結果出現明顯偏差，且此情形在多次測試中反覆出現。

相較之下，僅有 Gemini 所設計的程式能較準確以紅色標示出黴菌實際生長的位置，即使黴菌面積較小，也能被清楚辨識。因此，為提升實驗數據的準確性與一致性，本研究在正式實驗中僅採用 Gemini 所設計之影像辨識程式，作為黴菌附著率計算的主要依據。

此外，本研究發現 AI 辨識結果仍可能受到拍攝光線與背景顏色影響，因此在所有實驗中皆固定拍攝距離、光源方向與背景，以降低影像誤差對辨識結果的影響。

表 4-4 前導實驗二：Gemini 呈現結果

程式截圖		黴菌附著率(%)	
		項目	清除前 (Before)
		1. 培養皿總面積	6361.73 mm ²
		2. 黴菌總面積	1850.55 mm ²
		3. 黴菌覆蓋率 (%)	29.089%
		4. 方格大小	
		5. 總方格數	636,173
		6. 黴菌方格數	185,055

二、實驗一：使用氧化破壞黴菌細胞壁原理清除黴菌（次氯酸鈉、雙氧水）

（一）實驗 1-1：比較不同水溶液（次氯酸鈉、雙氧水）

表 4- 5 次氯酸鈉黴菌減少率

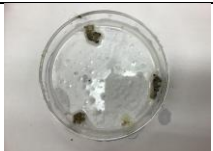
編號		次氯酸鈉 A		次氯酸鈉 B		次氯酸鈉 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	14.732		11.379		7.431	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	6.092		8.574		1.139	
黴菌減少率(%)		8.640		2.800		6.290	

表 4-6 雙氧水黴菌減少率

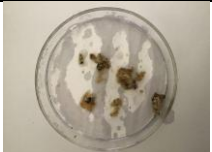
編號		雙氧水 A		雙氧水 B		雙氧水 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	10.013		9.362		13.384	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	8.276		1.024		12.219	
黴菌減少率(%)		1.737		8.338		1.165	

表 4-7 次氯酸鈉與雙氧水黴菌平均減少率比較

操作變因	次氯酸鈉	雙氧水
黴菌平均減少率(%)	5.910	3.746

(二)實驗 1-2：比較次氯酸鈉不同濃度

表 4-8 1:1 次氯酸鈉黴菌減少率

編號		1:1 A	1:1 B	1:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	14.732	11.379	7.431
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	6.092	8.574	1.139
黴菌減少率(%)		8.640	2.800	6.290

表 4-9 5:1 次氯酸鈉黴菌減少率

編號		5:1 A	5:1 B	5:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	73.835	66.658	9.598
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.209	1.791	0.015
黴菌減少率(%)		73.626	64.867	9.583

表 4-10 10:1 次氯酸鈉黴菌減少率

編號		10:1 A	10:1 B	10:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	10.068	6.426	17.4
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.035	0.537	0.041
黴菌減少率(%)		10.033	5.889	17.359

表 4-11 不同濃度次氯酸鈉黴菌平均減少率比較

操作變因	1:1	5:1	10:1
黴菌平均減少率(%)	5.910	49.358	11.093

(三)實驗 1-3：比較次氯酸鈉不同停留時間

表 4-12 次氯酸鈉 10 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		10 分鐘 A	10 分鐘 B	10 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	73.835	66.658	9.598
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.209	1.791	0.015
黴菌減少率(%)		73.626	64.867	9.583

表 4-13 次氯酸鈉 20 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		20 分鐘 A	20 分鐘 B	20 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	8.168	3.823	6.881
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	1.058	1.008	0.38
黴菌減少率(%)		7.110	2.815	6.501

表 4-14 次氯酸鈉 30 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		30 分鐘 A	30 分鐘 B	30 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	6.894	11.320	9.245
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.088	0.623	0.025
黴菌減少率(%)		6.806	10.688	9.220

表 4-15 不同停留時間次氯酸鈉黴菌平均減少率比較

操作變因	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
黴菌平均減少率(%)	49.358	5.475	8.904

(四)實驗 1-4：比較有無覆蓋廚房紙巾

表 4-16 次氯酸鈉有覆蓋廚房紙巾黴菌減少率

編號		有覆蓋 A		有覆蓋 B		有覆蓋 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	12.289		7.308		5.002	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	0.695		0.41		0.276	
黴菌減少率(%)		11.594		6.898		4.726	

表 4-17 次氯酸鈉無覆蓋廚房紙巾黴菌減少率

編號		無覆蓋 A		無覆蓋 B		無覆蓋 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	73.835		66.658		9.598	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	0.209		1.791		0.015	
黴菌減少率(%)		73.626		64.867		9.583	

表 4-18 有無覆蓋廚房紙巾黴菌平均減少率比較

操作變因	有覆蓋	無覆蓋
黴菌平均減少率(%)	7.739	49.358

(五)實驗結論

1. 實驗 1-1：強鹼性的次氯酸鈉除黴減少率 (5.910%) 顯著優於弱酸性的雙氧水 (3.746%)，猜測可能是強鹼能更徹底使黴菌蛋白質變性並瓦解細胞壁。
2. 實驗 1-2：濃度與效果呈非線性關係，次氯酸鈉在 5:1 比例下除黴率達到最高 (49.358%)，遠遠超過 1:1 (5.910%) 與 10:1 (11.093%)，證明並非濃度越高越好，而是存在特定的「最佳反應配方比例」。
3. 實驗 1-3：停留 10 分鐘成效最顯著 (49.358%)，延長至 20 或 30 分鐘後減少率反而下降或趨緩，推測可是因為有效果的成分在時間內已經反應完，所以延長靜置時間並無法再增加效果。
4. 實驗 1-4：無覆蓋組 (49.358%) 成效遠高於有覆蓋組 (7.739%)。推測可能是因為本研究的培養皿為平放的方式，廚房紙巾的覆蓋反而成為阻礙溶液與黴菌直接反應，推翻了傳統濕敷法能提升效果的假設。

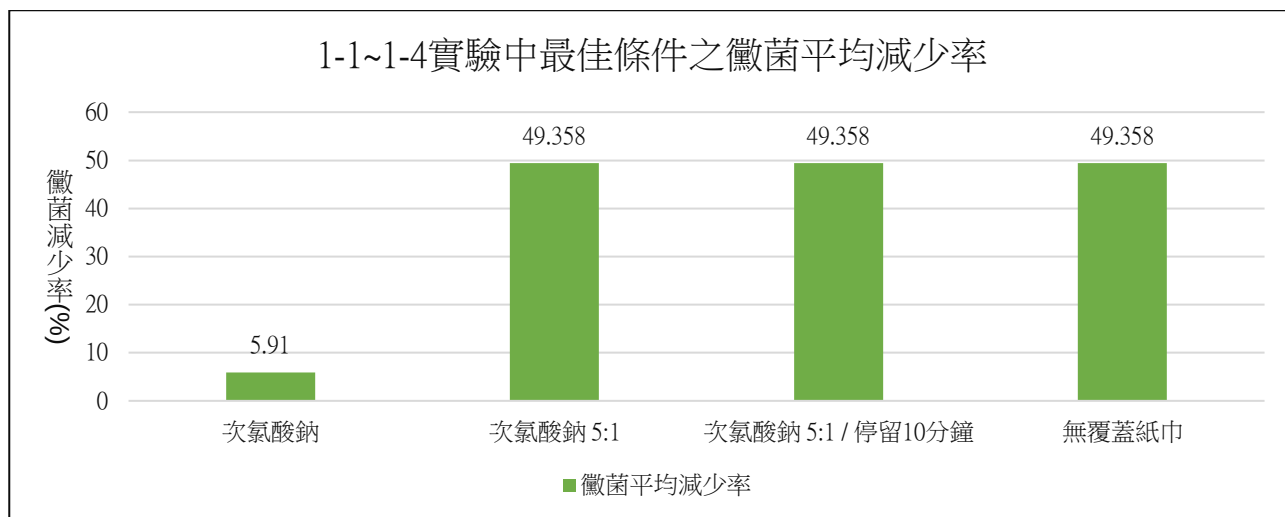


圖 4-3 1-1~1-4 實驗中最佳條件之黴菌平均減少率比較

從實驗 1-1 到 1-4 的結果可以看到，影響黴菌清除效果的關鍵，不只是水溶液的種類，還有「濃度、停留時間和操作方式」一起作用。選對水溶液種類和濃度，比延長時間或改變覆蓋方式，更能提高清除黴菌的效果。

三、實驗二：使用細胞脫水原理清除黴菌（糖水、鹽水）

(一)實驗 2-1：比較不同水溶液(糖水、鹽水)

表 4-19 糖水黴菌減少率

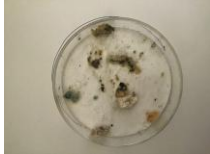
編號		糖水 A	糖水 B	糖水 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	15.029	11.454	12.357
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	14.897	10.441	11.047
黴菌減少率(%)		0.132	1.013	1.310

表 4-20 鹽水黴菌減少率

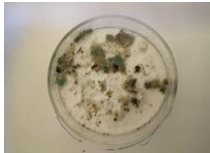
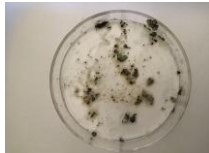
編號		鹽水 A	鹽水 B	鹽水 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	21.78	11.236	8.267
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	2.123	0.473	0.209
黴菌減少率(%)		19.657	10.763	8.058

表 4-21 糖水與鹽水黴菌平均減少率比較

操作變因	糖水	鹽水
黴菌平均減少率(%)	0.818	12.826

(二)實驗 2-2：比較鹽水不同濃度

表 4-22 1:1 鹽水黴菌減少率

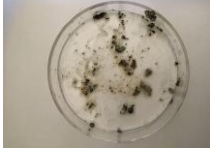
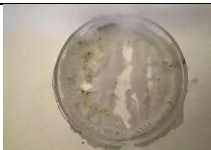
編號		1:1 A	1:1 B	1:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	21.78	11.236	8.267
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	2.123	0.473	0.209
黴菌減少率(%)		19.657	10.763	8.058

表 4-23 5:1 鹽水黴菌減少率

編號		5:1 A	5:1 B	5:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	9.485	12.75	16.206
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	1.339	0.153	0.018
黴菌減少率(%)		8.146	12.597	16.188

表 4-24 10:1 鹽水黴菌減少率

編號		10:1 A	10:1 B	10:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	11.362	7.544	8.995
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.09	0.509	0.03
黴菌減少率(%)		11.272	7.035	8.965

表 4-25 不同濃度鹽水黴菌平均減少率比較

操作變因	1:1	5:1	10:1
黴菌平均減少率(%)	12.826	12.310	9.090

(三)實驗 2-3：比較鹽水不同停留時間

表 4-26 鹽水 10 分鐘停留時間黴菌減少率

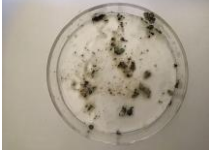
編號		10 分鐘 A	10 分鐘 B	10 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	21.78	11.236	8.267
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	2.123	0.473	0.209
黴菌減少率(%)		19.657	10.763	8.058

表 4-27 鹽水 20 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		20 分鐘 A	20 分鐘 B	20 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	20.789	27.015	17.829
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.022	0.067	0.005
黴菌減少率(%)		20.767	26.948	17.824

表 4-28 鹽水 30 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		30 分鐘 A	30 分鐘 B	30 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	24.746	17.898	21.734
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.930	0.161	0.790
黴菌減少率(%)		23.816	17.737	20.944

表 4-29 不同停留時間鹽水黴菌平均減少率比較

操作變因	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
黴菌平均減少率(%)	12.826	21.846	20.832

(四)實驗 2-4：比較鹽水有無覆蓋廚房紙巾

表 4-30 鹽水有覆蓋廚房紙巾黴菌減少率

編號		有覆蓋 A		有覆蓋 B		有覆蓋 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	3.799		5.451		3.960	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	0.279		0.744		0.823	
黴菌減少率(%)		3.520		4.707		3.137	

表 4-31 鹽水無覆蓋廚房紙巾黴菌減少率

編號		無覆蓋 A		無覆蓋 B		無覆蓋 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	34.091		19.425		8.933	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	0.022		0.067		0.005	
黴菌減少率(%)		20.767		26.948		17.824	

表 4-32 有無覆蓋廚房紙巾鹽水黴菌平均減少率比較

操作變因	有覆蓋	無覆蓋
黴菌平均減少率(%)	3.788	21.846

(五)實驗結論

1. 實驗 2-1：鹽水的黴菌減少率 (12.826%)優於糖水(0.818%)，相差約 15 倍，推測可能是鹽的離子滲透壓效果優於糖分子，能更快速地破壞黴菌細胞膜，使細胞脫水死亡。

2. 實驗 2-2：濃度與除黴效果呈反比關係，鹽水在 1:1 比例下黴菌減少率最高 (12.826%)，但稀釋至 5:1 (12.310%)效果略差一點，最後的 10:1 (9.090%) 則是明顯下降不少，推測在細胞脫水原理中，高濃度鹽水能產生更強的滲透壓差，迫使黴菌細胞快速失水。

3. 實驗 2-3：停留 20 分鐘成效最顯著 (21.846%)，比 10 分鐘 (12.826%) 提升約 70%，但延長至 30 分鐘 (20.832%) 後反而效果沒有比較好，推測可能是脫水過程需要較長時間讓滲透壓充分作用，但 30 分鐘後黴菌細胞已達最大脫水程度，延長時間就比較無法顯著的增加效果。

4. 實驗 2-4：無覆蓋組（21.846%）效果遠高於有覆蓋組（3.788%），與實驗 1-4 結果一致。推測廚房紙巾覆蓋會吸收部分鹽水溶液，降低培養皿表面的有效濃度，反而削弱了滲透壓效果，再次證明覆蓋方式在平放的實驗設計中並不會增加效用。

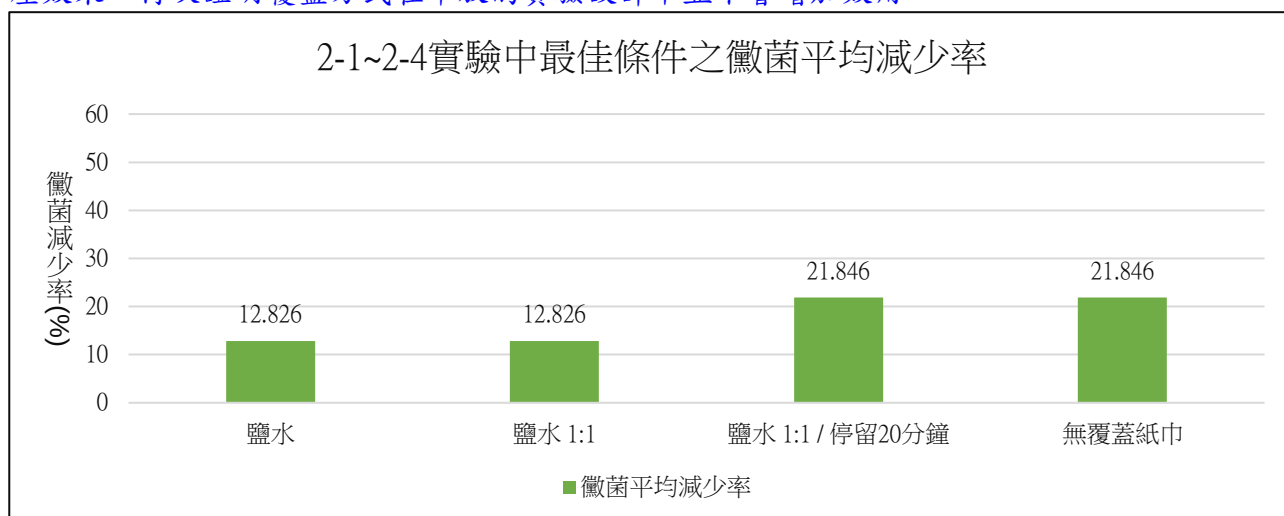


圖 4-4 2-1~2-4 實驗中最佳條件之黴菌平均減少率比較

四、實驗三：使用調整酸鹼環境清除黴菌(白醋、黑醋、小蘇打水)

(一)實驗 3-1：比較不同水溶液(白醋、黑醋、小蘇打水)

表 4-33 白醋黴菌減少率

編號		白醋 A		白醋 B		白醋 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	7.529		11.265		10.156	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	0.241		4.058		0.391	
黴菌減少率(%)		7.228		7.207		9.765	

表 4-34 黑醋黴菌減少率

編號		黑醋 A		黑醋 B		黑醋 C	
清除前	照片						
	黴菌覆蓋率	3.983		3.966		4.77	
清除後	照片						
	黴菌覆蓋率	1.221		1.713		3.551	
黴菌減少率(%)		2.762		2.253		1.219	

表 4-35 小蘇打水黴菌減少率

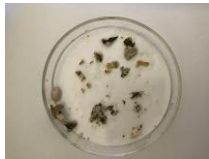
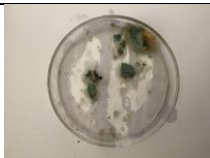
編號		小蘇打水 A	小蘇打水 B	小蘇打水 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	19.874	12.389	12.208
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	8.593	0.081	0.164
黴菌減少率(%)		11.281	12.308	12.044

表 4-36 白醋、黑醋、小蘇打水黴菌平均減少率比較

操作變因	白醋	黑醋	小蘇打水
黴菌平均減少率(%)	8.070	2.078	11.880

(二)實驗 3-2：比較小蘇打水不同濃度

表 4-37 1:1 小蘇打水黴菌減少率

編號		1:1 A	1:1 B	1:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	19.874	12.389	12.208
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	8.593	0.081	0.164
黴菌減少率(%)		11.281	12.308	12.044

表 4-38 5:1 小蘇打水黴菌減少率

編號		5:1 A	5:1 B	5:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	9.454	13.687	7.959
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.079	0.364	0.267
黴菌減少率(%)		9.375	3.973	13.323

表 4-39 10:1 小蘇打水黴菌減少率

編號		10:1 A	10:1 B	10:1 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	34.091	19.425	8.933
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.055	0.253	0.399
黴菌減少率(%)		34.036	19.172	8.534

表 4-40 不同濃度小蘇打水黴菌平均減少率比較

操作變因	1:1	5:1	10:1
黴菌平均減少率(%)	11.88	8.89	20.58

(三)實驗 3-3：比較小蘇打水不同停留時間

表 4-41 小蘇打水 10 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		10 分鐘 A	10 分鐘 B	10 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	34.091	19.425	8.933
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.055	0.253	0.399
黴菌減少率(%)		34.036	19.172	8.534

表 4-42 小蘇打水 20 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		20 分鐘 A	20 分鐘 B	20 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	5.111	7.487	7.25
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.132	0.739	0.374
黴菌減少率(%)		4.979	6.748	6.876

表 4-43 小蘇打水 30 分鐘停留時間黴菌減少率

編號		30 分鐘 A	30 分鐘 B	30 分鐘 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	5.678	12.43	11.74
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.087	1.143	0.059
黴菌減少率(%)		5.591	11.287	11.681

表 4-44 不同停留時間小蘇打水黴菌平均減少率比較

操作變因	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
黴菌平均減少率(%)	20.580	6.201	9.519

(四)實驗 3-4：比較小蘇打水有無覆蓋廚房紙巾

表 4-45 小蘇打水有覆蓋廚房紙巾黴菌減少率

編號		有覆蓋 A	有覆蓋 B	有覆蓋 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	2.369	5.608	7.014
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	1.108	2.542	1.326
黴菌減少率(%)		1.261	3.066	5.688

表 4-46 小蘇打水無覆蓋廚房紙巾黴菌減少率

編號		無覆蓋 A	無覆蓋 B	無覆蓋 C
清除前	照片			
	黴菌覆蓋率	34.091	19.425	8.933
清除後	照片			
	黴菌覆蓋率	0.055	0.253	0.399
黴菌減少率(%)		34.036	19.172	8.534

表 4-47 有無覆蓋廚房紙中小蘇打水黴菌平均減少率比較

操作變因	有覆蓋	無覆蓋
黴菌平均減少率(%)	3.338	11.880

(五)實驗結論

1. 實驗 3-1：強鹼性的小蘇打水的黴菌減少率（11.880%）優於強酸性的白醋(8.070%) 和黑醋(2.078%)，推測可能是鹼性環境能更有效破壞黴菌細胞膜並使蛋白質變性，酸性環境雖能干擾黴菌代謝，但破壞力比較差，證明酸鹼性質對除黴效果的確有影響。

2. 實驗 3-2：小蘇打水在 10:1 下黴菌平均減少最高（20.580%），遠遠的超過 1:1（11.880%）、5:1（8.890%）。證明並非濃度越高越好，推測可能是過高濃度可能在表面形成保護層阻礙溶液滲透，反而適量的稀釋讓鹼性物質更均勻分散並充分接觸黴菌表面。

3. 實驗 3-3：停留 10 分鐘的效果最佳（20.580%），20 分鐘反而最低只有（6.201%），但到了 30 分鐘有高一點點(9.519%)，推測可能是小蘇打的鹼性作用在短時間內可以達到最佳的效果，但時間的增加可能 pH 值中和降低鹼性強度，反而沒有辦法再增加除黴菌效果。

4. 實驗 3-4：無覆蓋組（11.880%）除黴菌效果高於有覆蓋組（3.338%），與實驗 1-4、2-4 結果都一致，再次證明在平放培養皿的實驗設計中，廚房紙巾覆蓋會吸收溶液並阻礙其與黴菌的直接接觸，降低鹼性物質的破壞效果，推翻了覆蓋法能提升清潔效果的傳統假設。

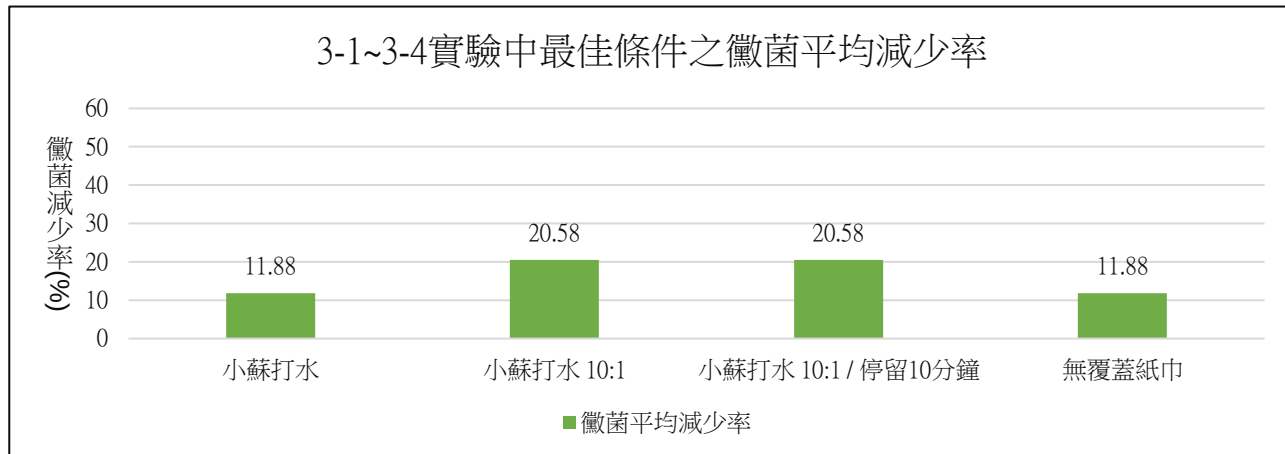


圖 4-5 3-1~3-4 實驗中最佳條件之黴菌平均減少率比較

五、實驗四：比較自製黴菌清潔劑的效果

(一)實驗 4-1：比較次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品

表 4-48 次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品黴菌減少率比較表

操作變因	次氯酸鈉	鹽水	小蘇打水	市售商品
黴菌平均減少率(%)	5.910	12.826	11.880	7.076

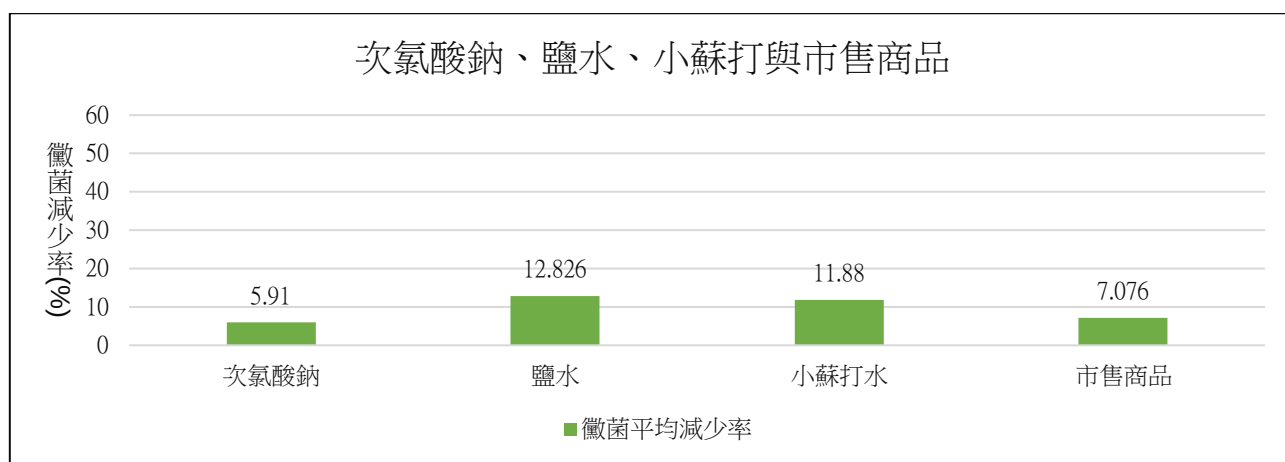


圖 4-6 次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品細菌減少率比較

(二)實驗 4-2：比較不同濃度的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品

表 4-49 不同濃度的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品細菌減少率比較表

操作變因		次氯酸鈉	鹽水	小蘇打水	市售商品
細菌平均減少率 (%)	1:1	5.910	12.826	11.880	7.076
	5:1	49.358	12.310	8.890	
	10:1	11.093	9.090	20.580	

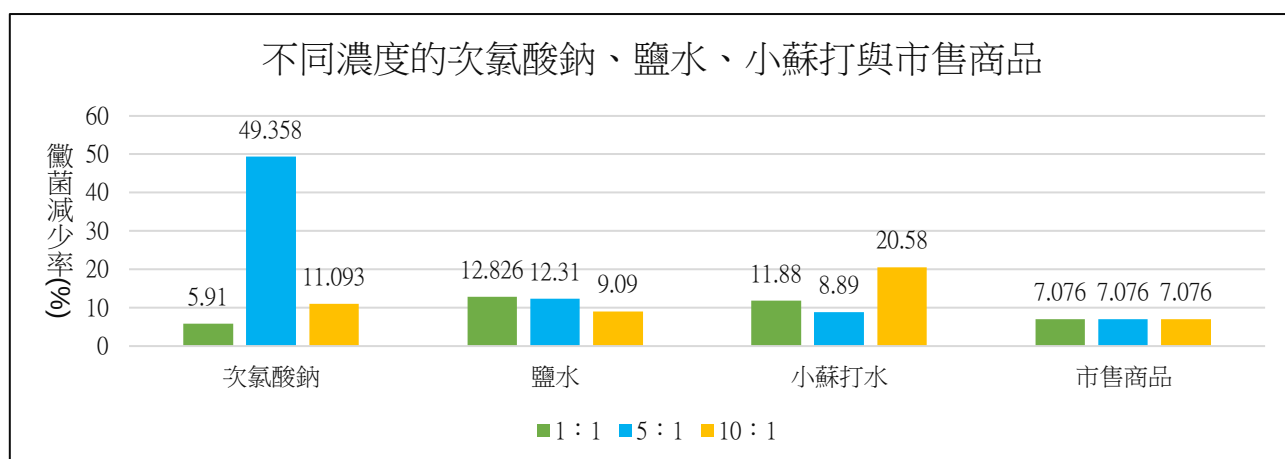


圖 4-7 不同濃度的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品細菌減少率比較

(三)實驗 4-3：比較不同停留時間次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品

表 4-50 不同停留時間的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品細菌減少率比較表

操作變因		次氯酸鈉	鹽水	小蘇打水	市售商品
細菌平均減少率 (%)	10 分鐘	49.358	12.826	20.58	7.076
	20 分鐘	5.475	21.846	6.201	
	30 分鐘	8.904	20.832	9.519	

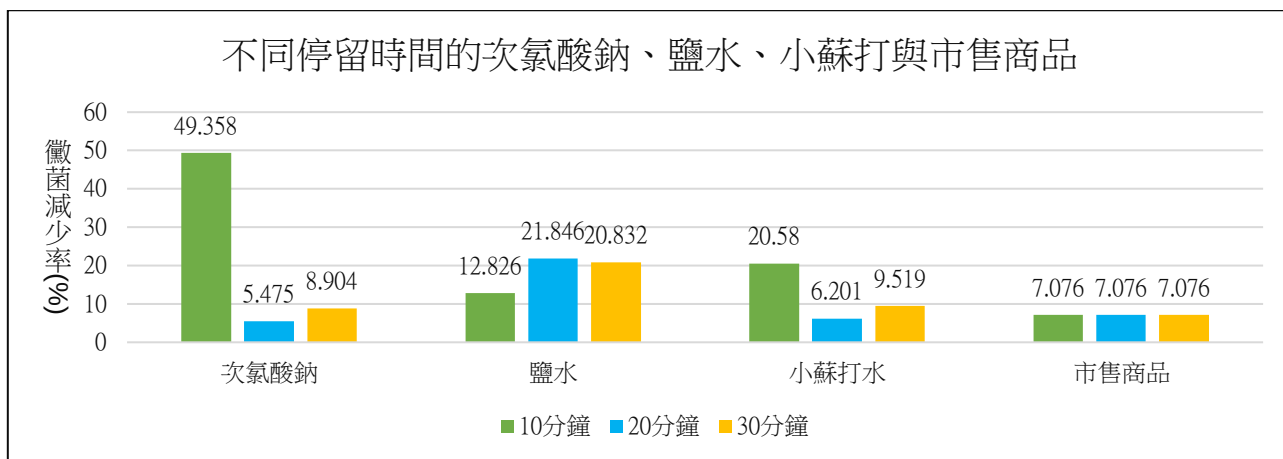


圖 4-8 不同停留時間次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品黴菌減少率比較

(四)實驗 4-4：比較有無覆蓋廚房紙巾的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品

表 4-51 不同有無覆蓋廚房紙巾的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品黴菌減少率比較表

操作變因		次氯酸鈉	鹽水	小蘇打水	市售商品
黴菌平均減少率 (%)	有	7.739	3.788	3.338	8.295
	無	49.358	21.846	11.880	7.076

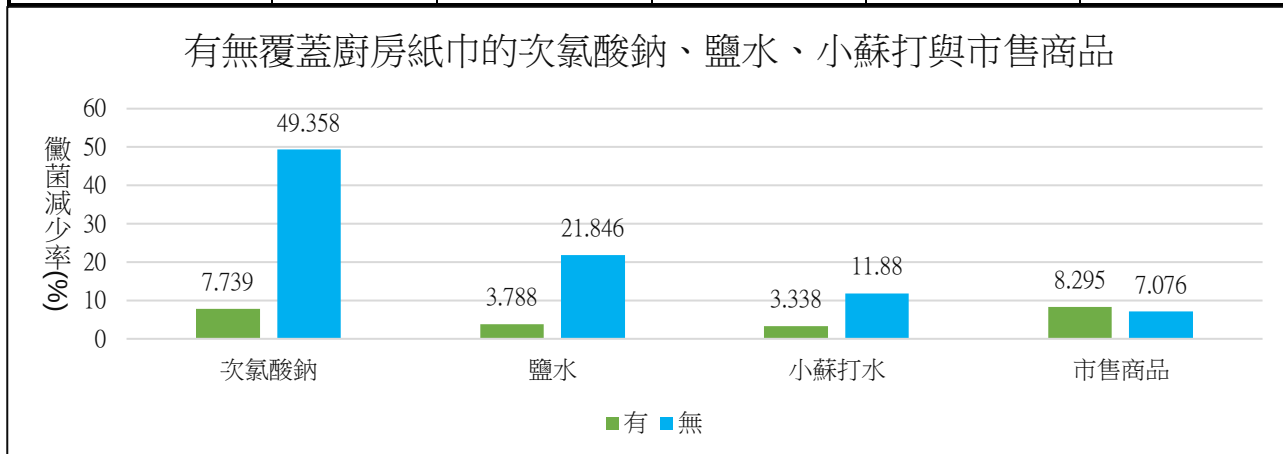


圖 4-9 有無覆蓋廚房紙巾的次氯酸鈉、鹽水、小蘇打水與市售商品黴菌減少率比較

(五)實驗結論

1. 實驗 4-1：自製水溶液在多數條件下的黴菌減少率都高於市售清潔劑，這代表只要掌握正確的作用原理與使用方式，即使是生活中常見的水溶液，也能達到良好的除黴效果，並不一定完全依賴市售產品。

2. 實驗 4-2：不同水溶液的最佳清潔濃度上並不相同，鹽水在 1:1 時除黴效果最佳，次氯酸鈉在 5:1 時最好，而小蘇打水則在 10:1 黴菌減少率最高，表示濃度過高或過低都可能影響清除效果，必須依水溶液特性調整比例。

3. 實驗 4-3：停留時間並非愈長愈好，鹽水在 20 分鐘時效果最佳，次氯酸鈉與小蘇打水在 10 分鐘最佳，顯示不同清除原理在反應速度上有所不同。

4. 實驗 4-4：除市售清潔劑外，其餘水溶液在未覆蓋廚房紙巾的情況下，黴菌清除效果反而較佳。由此推測，覆蓋與否並非影響除黴成效的主要因素，水溶液本身的性質與清除原理，才是決定黴菌清除效果的關鍵。

伍、討論

一、為什麼氧化破壞黴菌細胞壁、細胞脫水與酸鹼環境調整三種原理對黴菌的清除效果不同？

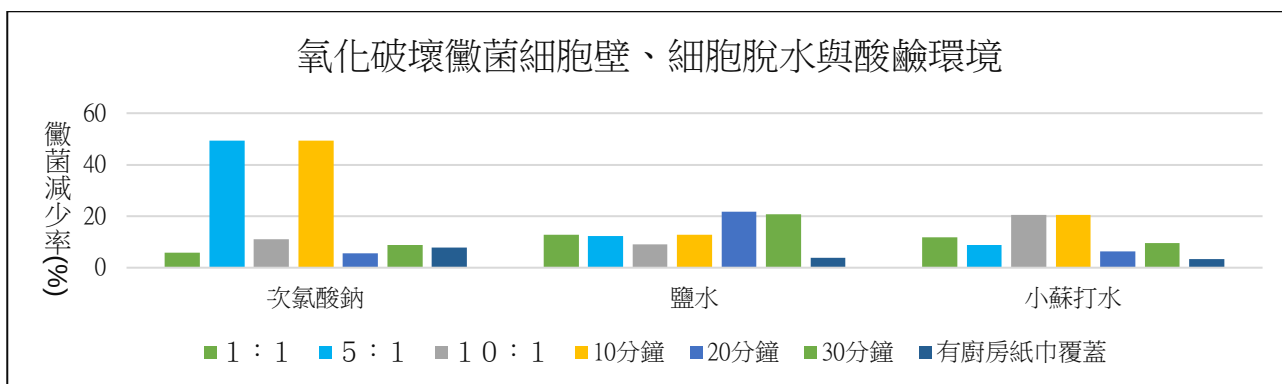


圖 5-1 氧化破壞黴菌細胞壁、細胞脫水與酸鹼環境三種原理比較

本研究結果顯示，在所有控制變因中，**清潔原理對黴菌清除成效的影響最為明顯**，然後才是溶液濃度與操作方式。從圖 5-1 可知，**不同化學作用機制會直接影響黴菌細胞的破壞程度**。

氧化破壞原理以次氯酸鈉的效果最好，我們認為是因為其作用是屬於**不可逆的化學破壞**，因為次氯酸鈉為強鹼性（pH 9-12），能直接水解黴菌細胞壁的蛋白質，並穿透細胞膜使內部的蛋白質與酶變性，這是直接毀滅黴菌的結構，不是抑制生長，所以從圖 5-1 可看出，次氯酸鈉的除黴率將近 50%，遠高於其他，這也證明氧化破壞原理的效果的確最好。

細胞脫水原理中表現最好的為鹽水，而鹽水在三種原理下表表現的效果居中，其原理屬於物理性的滲透壓作用，此原理因為是將黴菌細胞內的水分抽出，**當細胞失去水分後，其代謝活動會停止甚至導致細胞萎縮死亡**，這樣的方式主要是針對活動中的營養體菌絲比較有效，但對於防禦力較強的孢子或特定種類的黴菌效果較有限，因此無法達到氧化原理清除的比較多，根據我們的實驗結果所發現，**鹽水的最佳效果(大約 21%)**，但是連次氯酸鈉的一半都未達到，因此我們推測物理脫水的原理對於已經附著的黴菌清除力較弱。

調整酸鹼環境原理中表現最好的小蘇打水，在三種原理下的效果表現最弱，其原理是改變生存環境，因為黴菌有適合的生存酸鹼範圍，強酸或強鹼會干擾細胞膜功能或引起蛋白質微量變性，讓它不易生長，從實驗結果**發現鹼性物質(小蘇打)的效果優於酸性物質(醋)**，我們猜測這可能與本研究培養的黴菌特性有關，所以我們建議使用酸鹼原理的是用途偏向日常一般清潔與抑制黴菌生長，而不是快速去除已形成的黴菌。

二、不同酸鹼值的水溶液，在各種清除原理下，對黴菌清除效果是否有差異？

不同酸鹼的水溶液在清除黴菌，效果確實有差，這是因為它們對黴菌作用的方式不同。

(一)氧化破壞原理：次氯酸鈉屬於強鹼性水溶液，能直接破壞黴菌的細胞壁和內部蛋白

質，清除效果最明顯。這表示在氧化破壞下，高鹼性水溶液清除力較強。

(二)細胞脫水原理：鹽水的酸鹼值接近中性，但它清除黴菌的方式是靠滲透壓把水抽出來，不是直接破壞細胞結構。所以細胞脫水原理中的酸鹼值對清除黴菌的效果影響不大，清除的效果反而是取決於鹽的濃度跟停留時間，而不是酸鹼值。

(三)酸鹼環境調整原理：小蘇打水偏鹼性、白醋偏酸性，主要是讓黴菌生長環境不適合，實驗發現，鹼性的小蘇打水效果比酸性醋好，表示酸鹼性的不同的確影響黴菌的生長。

不同酸鹼值的水溶液會影響清除效果，但差異大小取決原理本身。直接破壞黴菌結構的原理，對鹼性水溶液最有效，細胞脫水原理不受酸鹼影響，酸鹼環境調整則為鹼性效果較好。

三、為什麼覆蓋會改變清潔效果？溶液蒸發、滲透和黴菌表面接觸的原理嗎？

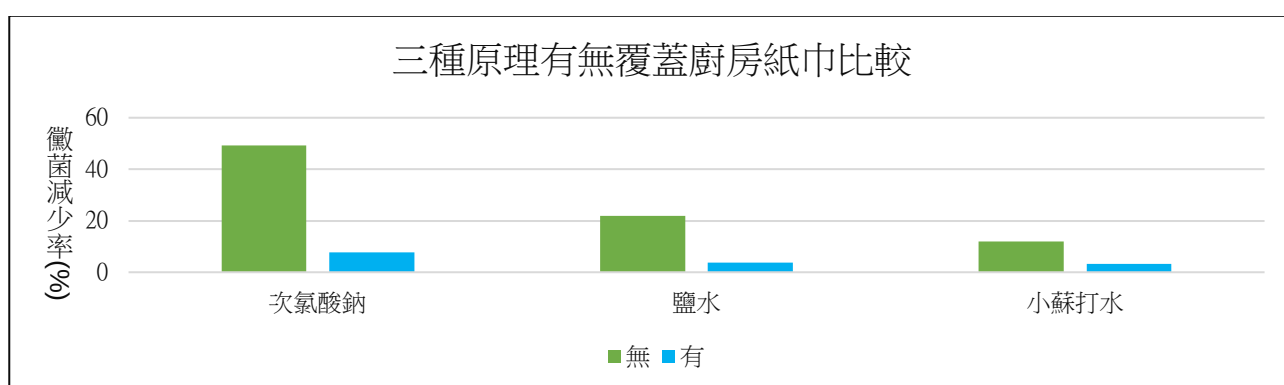


圖 5-2 三種原理有無覆蓋廚房紙巾比較

根據圖 5-2 發現，三種原理的實驗結果呈現一致，就是在所有實驗中，「無覆蓋」的除黴減少率皆顯著高於「有覆蓋」。數據如下：

(一)氧化破壞原理(次氯酸鈉)：無覆蓋(49.358%)的成效是覆蓋(7.739%)的 6.3 倍。

(二)細胞脫水原理(鹽水)：無覆蓋(21.846%)的成效是覆蓋(3.788%)的 5.7 倍。

(三)調整酸鹼環境(小蘇打水)：無覆蓋(11.880%)的成效是覆蓋(3.338%)的 3.5 倍。

上面的數據結果推翻一般大眾認為覆蓋廚房紙巾在上面能提升清潔效果的假設。我們認為會造成這樣的原因是跟我們施作的物理環境密切有關係，因為本研究的培養皿是採「平放」的方式，覆蓋廚房紙巾後，紙巾的纖維反而大量吸收了清潔溶液，成為一種物理阻礙，所以反而限制水溶液與黴菌斑塊的直接大面積接觸與反應，才導致除黴率的大幅降低。

四、透過 AI 影像分析得到的黴菌附著率結果，是否能取代人工觀察容易忽略的細微差異？這樣的差異對研究結論有何影響？

AI 影像分析可以幫我們看出人工觀察容易忽略的細小黴菌，比如一些很小的黴斑或顏色變化。人工觀察雖然能看出大部分黴菌，但有些小地方可能沒注意到，會讓計算的黴菌減少率

不夠準確，而這種差異會影響研究結果，如果忽略細小黴菌，可能會低估某些水溶液或原理的清除效果，所以用 AI 分析可以減少這個誤差，讓結果更精準，也能更清楚看出哪種水溶液或原理效果最好。

五、實驗結果對於「日常環境中清除黴菌方式的選擇」，在原理與條件上可提供哪些限制或提醒？

(一)選對水溶液：次氯酸鈉效果最好，接下來是鹽水，小蘇打水和醋則是效果最弱。不過如果用太強或腐蝕性的水溶液在易損材質上，可能會損壞表面，所以要評估材質再選水溶液。

(二)溶液時間作用：實驗發現，黴菌減少率在 10~20 分鐘內效果最佳。如果噴完就馬上擦掉，水溶液還沒清除黴菌就被擦掉了，所以至少要停留 10 分鐘以上。

(三)正確清理方式：不要亂擦，這會讓黴菌孢子散到其他地方。應該先讓水溶液作用，再用抹布包覆黴菌，防止孢子飛散，再小心處理。

陸、結論

綜合本研究所有實驗結果：在三種除黴的原理中，以「氧化破壞黴菌細胞壁」的方式，其清除效果最為顯著。其中又以次氯酸鈉在適當濃度且不覆蓋廚房紙巾的條件下，表現出最高的黴菌清除成效。如果只透過改變酸鹼環境或利用細胞脫水作用，其黴菌減少率皆明顯較低，顯示要達到除黴效果的關鍵，不在於溶液是否具有刺激性或是酸鹼性，而在於是否能直接破壞黴菌的細胞結構。

一、實驗結論

1. 不同清潔劑的選擇會影響除黴菌的效果：

不同清潔劑對黴菌的清除效果差異明顯。在相同操作條件下，次氯酸鈉最強，且以 5:1 比例使用，停留 10 分鐘即可達到最佳效果；鹽水與小蘇打水的清除力次之，效果受比例與停留時間影響較大。這說明選對清潔劑和比例，是提升黴菌清除效率的關鍵因素。

2. 清潔劑濃度與效果不一定成正比：

實驗顯示，濃度並非越高越好，每種清潔劑都有其最佳使用比例：

(1) 次氯酸鈉最佳為→5:1

(2) 鹽水最佳為→1:1

(3) 小蘇打水最佳為→10:1

這表示，濃度需與清潔劑特性搭配，才能達到最佳除黴效果。

3. 清潔劑停留於界面上的時長重要性：

不同清潔劑在界面上的作用時間對效果有差異：

(1) 次氯酸鈉與小蘇打水在 10 分鐘即可達到最高效果。

(2) 鹽水在 20 分鐘時效果最佳

(3) 所有水溶液停留 30 分鐘，效果反而沒有明顯增加

這代表清除黴菌的關鍵是適當停留時間，而非只是單純延長時間。

4. 覆蓋廚房紙巾的有效性：

實驗顯示，是否覆蓋廚房紙巾對黴菌清除效果影響不大，甚至在本研究條件下，未覆蓋廚房紙巾的效果還好於覆蓋廚房紙巾。

提升除黴效果最重要的因素是選對清潔劑、使用適當濃度與停留時間，覆蓋可作為輔助，確保效果穩定且安全。

二、未來研究方向

未來可進一步探討水本身對黴菌清除效果的影響，例如在不同溫度與作用時間下，純水

是否仍具有一定程度的清除能力。另外，還可嘗試在清潔溶液中加入不同比例的介面活性劑，研究其是否能促進清潔劑與黴菌表面的接觸，進一步提升除黴效率。

在分析方法方面，未來可持續精進 AI 影像辨識技術，嘗試量化更多肉眼不易察覺的微小黴菌斑點，以提高數據分析的精準與客觀。也可深入比較 AI 與人工判讀之差異，探究 AI 在影像分析上，為何能在部分情況下比肉眼更準確，作為未來結合 AI 與化學研究的重要方向。

柒、參考文獻資料

一、預防發霉從認識黴菌開始 - 帶你簡單認識黴菌 - 好發環境條件? (2021, August 5).

霉博士專

欄. <https://labavo.com.tw/blogs/%E9%9C%89%E5%8D%9A%E5%A3%AB%E5%B0%88%E6%AC%84/%E9%A0%90%E9%98%B2%E7%99%BC%E9%9C%89%E5%BE%9E%E8%AA%8D%E8%AD%98%E9%BB%B4%E8%8F%8C%E9%96%8B%E5%A7%8B-%E5%B8%B6%E4%BD%A0%E7%B0%A1%E5%96%AE%E8%AA%8D%E8%AD%98%E9%BB%B4%E8%8F%8C-%E5%A5%BD%E7%99%BC%E7%92%B0%E5%A2%83%E6%A2%9D%E4%BB%B6?srsltid=AfmB0opNWIfWDF9viA2hGT4mU2icQW0oHPAbJP5zkKvnFwqmhFridJyQ>

二、專家監製 10 大除霉劑推薦排行榜. <https://tw.my-best.com/114073>

三、2026 全球 16 款最強 AI 工具推薦！最新 Top100 AI 熱門榜這裡看！. 愛貝斯網路有

限公司. https://www.ibest.com.tw/news-detail/2025-ai-tools/#anchor_0

浴廁大掃除必看》只用小蘇打不夠... 廚房紙巾、保鮮膜竟是除黴神器！對付黴菌、水垢、磁磚的全攻略. (2024, March 15). 元氣

網. <https://health.udn.com/health/story/6006/7817139>

朱育嫻(2023 年 6 月 16 日)。黴菌傷肝增罹癌風險！譚敦慈曝浴室除黴這樣做才有效 用剩

漂白水不能倒馬桶。健康 2.0。 <https://health.tvbs.com.tw/review/340068>

六、雙氧水.. 永吉化工股份有限公司. [http://www.everest-](http://www.everest-chemical.com/edcontent_d.php?lang=tw&tb=3&id=105)

[chemical.com/edcontent_d.php?lang=tw&tb=3&id=105](http://www.everest-chemical.com/edcontent_d.php?lang=tw&tb=3&id=105)