

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

評估不同奈米氧化鋅之抗菌活性與消毒效率

計畫類別：技術及知識應用型

計畫編號：MOST 107-2622-E-041-002-CC3

執行期間：107年06月01日至108年05月31日

執行單位：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學環境資源管理系(含碩士班)

計畫主持人：盧明俊

共同主持人：許菁珊

計畫參與人員：大專生-兼任助理：邱怡姍

大專生-兼任助理：許佑菱

處理方式：

公開方式：立即公開

中 華 民 國 108 年 07 月 06 日

中文摘要：近年來，微生物污染已經引起人們極大的關注，室內微生物污染的監測也逐步受到重視。細菌粘附和增殖於非生物性物體表面與人類感染有關。因此，新型抗菌材料的研製與開發成為人們目前研究的重點。無機抗菌材料具有應用範圍廣、長效、安全可靠、耐高溫且不易產生污染等優點，因而受到人們的青睞。本研究將研發不同界面活性劑種類及濃度對奈米氧化鋅抗菌效能之影響。研究中先後從幾個方面來進行：研發不同界面活性劑加入市面上購得之不同特質鋅產品利用雷射粒徑分析儀及SEM尋找ZnO粉體在液相中的分散及穩定性研究、得到不同界面活性劑/鋅產品配方進行物體表面消毒之最佳殺菌操作條件。利用各種不同配方之界面活性劑/鋅產品粉體摻於液相中，直接評估其消毒效能，進而探討含不同界面活性劑鋅產品配方，於物體表面之殺菌效率及消毒持性久性，並且提供不同界面活性劑/鋅產品配方有效消毒濃度，對物體表面進行微生物現況之調查進行探討，了解不同界面活性劑配方影響鋅產品對微生物之殺菌效能，並得到不同界面活性劑加入鋅產品並使用環保署公告的環境衛生用殺菌劑藥效試驗測定法，試驗殺菌率大多達到99.9%，由殺菌操作條件發現自製產品與商用之產品皆有達到奈米級，且消毒效果穩定。

中文關鍵詞：消毒、鋅產品、界面活性劑、雷射粒徑分析儀、掃描式電子顯微鏡

英文摘要：In recent years, microbial contamination has caused great concern, and the monitoring of indoor microbial contamination has gradually received attention. Bacterial adhesion and proliferation on the surface of abiotic objects is associated with human infection. Therefore, the development of new antibacterial materials has become the focus of current research. Inorganic antibacterial materials have the advantages of wide application range, long-lasting effect, safety and reliability, high temperature resistance and less pollution, which are favored by people. This study developed the effects of different surfactant types and concentrations on the antimicrobial efficacy of nano zinc oxide. The study has been carried out in several aspects: development of different surfactants into different commercially available zinc products. Laser particle size analyzer and SEM were used to find the dispersion and stability of ZnO powder in liquid phase to find the optimum bactericidal operating conditions for different surface active agent/zinc product formulations. In this study, the surfactant/zinc powder of various formulations were mixed into the liquid phase to directly evaluate the disinfecting efficiency at the conditions of the formulation of the zinc containing different surfactants, the sterilization efficiency on the surface of the object and the durability of the sterilization. The environmental sanitation fungicide efficiency test method announced by the Environmental

Protection Agency was applied for testing the sterilization in this study and it was found that the zinc oxide has a disinfection efficiency of 99.9%. The synthetic products in this study and commercial products have reached the nanometer level by sterilization operation conditions, and the disinfection efficiency is acceptable and stable.

英文關鍵詞：Disinfection, Zinc product, Surfactant, Laser particle size analyzer, SEM

研究摘要

近年來，微生物污染已經引起人們極大的關注，室內微生物污染的監測也逐步受到重視。細菌粘附和增殖於非生物性物體表面與人類感染有關。因此，新型抗菌材料的研製與開發成為人們目前研究的重點。無機抗菌材料具有應用範圍廣、長效、安全可靠、耐高溫且不易產生污染等優點，因而受到人們的青睞。本研究將研發不同界面活性劑種類及濃度對奈米氧化鋅抗菌效能之影響。研究中先後從幾個方面來進行：研發不同界面活性劑加入市面上購得之不同特質鋅產品利用雷射粒徑分析儀及 SEM 尋找 ZnO 粉體在液相中的分散及穩定性研究、得到不同界面活性劑/鋅產品配方進行物體表面消毒之最佳殺菌操作條件。利用各種不同配方之界面活性劑/鋅產品粉體摻於液相中，直接評估其消毒效能，進而探討含不同界面活性劑鋅產品配方，於物體表面之殺菌效率及消毒持久性，並且提供不同界面活性劑/鋅產品配方有效消毒濃度，對物體表面進行微生物現況之調查進行探討，了解不同界面活性劑配方影響鋅產品對微生物之殺菌效能，並得到不同界面活性劑加入鋅產品並使用環保署公告的環境衛生用殺菌劑藥效試驗測定法，試驗殺菌率大多達到 99.9%，由殺菌操作條件發現自製產品與商用之產品皆有達到奈米級，且消毒效果穩定。

人才培育成果說明：

計畫主持人指導學生競賽獲獎及人才培育情形：

1. 指導學生參加『2018 台灣創新技術博覽會』獲得銅牌。
2. 指導學生參加『2018 國際創新發明海報競賽』獲二銅牌。
3. 指導學生參加『2018 臺灣國際創新發明暨設計競賽』獲得一 TIKI 金牌 一銀牌。
4. 指導學生參加『2018 全國「創心·創新·創薪·創意」青年夢想實踐家競賽』獲二佳作獎項。
5. 指導學生參加『2019 核心產品發表及創新發明競賽暨智創論壇』獲得兩金二佳作獎項。

技術研發成果說明：

由於微生物污染已經引起人們極大的關注，室內微生物污染的監測也逐步受到重視。所以，本計畫開發界面活性劑加入奈米鋅應用在各種不同材料上，可降低病媒感染之機會，對於環境品質及感染控制有相當之貢獻，研究結果也可做為政府施政之參考。

技術特點說明：

可利用之產業及可開發之產品：

本計畫開發界面活性劑加入奈米鋅應用在各種不同材料上，可降低病媒感染之機會，對於環境品質及感染控制有相當之貢獻。

可開發之產品陸續申請專利分別如下：

1. 防蚊殺菌劑：發明申請案號 108110117 號
2. 除臭蓋：新型專利 M577433

推廣及運用的價值：

奈米鋅材料之合成為關鍵技術，合作企業未完全掌握材料來源，所以自行開發配方，再驗證奈米複合無機抗菌劑之效率，可以利用此奈米無機抗菌劑進行一系列的建物裝潢等材料的抗菌材料開發，有助於保護人體於免疫功能較差時候，可有效降低細菌與病毒的感染，建構抗菌優質新環境。對於未來應用於醫院等公共場所則可免除公共場所清潔消毒工作的需求，由於一次性添加少量殺菌抑菌物質即可永久性 or 半永久性地持續發揮作用。依據過去該公司年營業額，本計畫成功後，即可完全不用依

賴進口產品，建立自有品牌。

處理方式：

立即公開

（依規定，精簡報告係可供科技部立即公開之資料，並以 4 至 10 頁為原則，如有圖片或照片請以附加檔案上傳，如因涉及專利、技術移轉案或其他智慧財產權、影響公序良俗或政治社會安定等，而不宜對外公開者，請勿將其列入精簡報告）

摘要

近年來，微生物污染已經引起人們極大的關注，室內微生物污染的監測也逐步受到重視。細菌粘附和增殖於非生物性物體表面與人類感染有關。因此，新型抗菌材料的研製與開發成為人們目前研究的重點。無機抗菌材料具有應用範圍廣、長效、安全可靠、耐高溫且不易產生污染等優點，因而受到人們的青睞。本研究將研發不同界面活性劑種類及濃度對奈米氧化鋅抗菌效能之影響。研究中先後從幾個方面來進行：研發不同界面活性劑加入市面上購得之不同特質奈米鋅產品利用雷射粒徑分析儀及 SEM 尋找 ZnO 粉體在液相中的分散及穩定性研究、得到不同界面活性劑/奈米鋅產品配方進行物體表面消毒之最佳殺菌操作條件。利用各種不同配方之界面活性劑/奈米奈米鋅產品粉體摻於液相中，直接評估其消毒效能，進而探討含不同界面活性劑奈米鋅產品配方，於物體表面之殺菌效率及消毒持久性，並且提供不同界面活性劑/奈米鋅產品配方有效消毒濃度，對物體表面進行微生物現況之調查進行探討，了解不同界面活性劑配方影響奈米鋅產品對微生物之殺菌效能，並得到不同界面活性劑加入奈米鋅產品並使用環保署公告的環境衛生用殺菌劑藥效試驗測定法，試驗殺菌率大多達到 99.9%，由殺菌操作條件發現鋅產品皆有達到奈米級，且消毒效果穩定。

關鍵字：消毒、奈米鋅產品、界面活性劑、雷射粒徑分析儀、SEM

一、前言

在全球化的社會中，疾病的傳播速度相當快速，尤其是位於公共場所內，民眾所能接觸到的物體表面上，極有可能充斥著大量致病微生物的存在，並且在適當的環境條件下，微生物會以 2 倍的速度快速繁殖^[1]，使得災情更快速地蔓延到其他地區，因此，消毒這件事成為日常生活中最重要的工作之一。切斷傳染病的傳播途徑是消毒的主要目標，因為不同的病原體，在外界所能存活的時間也各自不同，因此當某些病原微生物一旦條件適宜，會造成其大量生長繁殖，並且將導致疾病的急速傳播與蔓延，可能造成人體健康的重大危害及疑慮。因此，對這些有明顯傳染原存在而被污染的物品必須進行消毒。所以人類接觸到的物品都是消毒之對象，並且由於成千萬種的物品在性質、形狀及結構上均具有各自的特點，所以在日常生活上如何選擇適當的消毒劑，是需要慎重考慮的要素^[2]。

抗菌材料於 20 世紀 90 年代興起，並且經過迅速的發展，其為具有殺滅或抑制微生物的新型功能材料。另外隨著人們的生活水準提高和健康衛生的要求，對抗菌材料的需求也越來越高。目前已經廣泛應用於家電、服飾、建材、包裝、建築等不同領域上。在日本等國家，抗菌材料已進行較為系統的研究，並取得十分廣泛的應用。

此外在自然界中，有許多物質本身就具有良好的殺菌和抑制微生物功能，例如部分帶有特定基團的有機化合物，一些無機金屬材料及其化合物、部分礦物和天然物質^[3]。抗菌材料的核心成分是起到抗菌作用的抗菌劑。通常使用的抗菌劑包括天然抗菌劑、有機抗菌劑及無機抗菌劑。天然抗菌劑品種有限，利用率低；有機抗菌劑除存在毒副作用外，還存在耐熱性差、易分解和使用壽命短等問題；而無機抗菌劑具有抗菌廣譜性、高耐熱性，在安全性、持久性和環境友好等方面都存在極大優勢而普遍受到人們的關注^[4-5]。

因此無機抗菌劑的優點是具有安全性、耐熱性、耐久性、持續性，是纖維、塑膠、建材等生活製品最適宜的抗菌劑^[6]。無機抗菌劑的作用原理是依靠自然界的一些金屬離子，如銀、鋅、鈣離子等，在濃度很低的條件下即能破壞細菌的細胞膜或細胞原生質活性酶的活性，達到殺菌的效果。根據殺菌機理的不同，抗菌可分為接觸性抗菌和光催化抗菌，金屬及其離子的抗菌作用屬於接觸性抗菌。不少金屬和金屬離子都具有抗菌作用。銀系抗菌劑因具有較強的抗菌效果，而在無機抗菌劑中占主導地位^[7-8]，因此，銀化合物無機抗菌劑，不論是在研究中還是在商業應用中都很普遍。室內的公共場所如果

在人群密集且使用頻率極高的情況下，若門窗緊閉造成通風不良時，室內空氣中漂浮大量的塵埃、飛沫、致病及非致病微生物等，而致病微生物就是附著於塵埃、飛沫等進行多種傳染性疾病的傳播。正因為微生物在空氣中無法生長，所以只要微生物一旦接觸到地面或是桌面就有可能開始孳生。

其中奈米氧化鋅為新型多功能性材料，可作為無機抗菌劑，因為其晶體粒子變小，導致表面電子結構及晶體結構發生變化，造成許多特性變化^[9]。因此，氧化鋅抗菌機制分為：(1)光催化機制^[10-11]。即奈米氧化鋅在陽光，尤其是紫外光的照射下，在水和空氣中，能自行釋出帶負電的電子(e^-)，同時留下了帶正電的空穴(h^+)，激發空氣產生活性氧，而活性氧能與多種微生物發生氧化反應，從而達到殺菌效果。(2)金屬離子溶出機制^[12]。即游離出來的鋅離子在接觸細菌體時與蛋白酶結合，使其失去活性從而達到殺菌效果。目前無機抗菌劑研究較多的是銀系抗菌劑，但是銀系抗菌劑存在變色、耐熱性差等問題，另外重金屬毒害性還有爭議，而限制了它的應用範圍。目前應用最廣泛的是具有耐熱性好、抗菌譜廣、有效期限長的無機抗菌劑因而備受重視^[13-14]。

表 1 抗菌劑的分類^[15]

抗菌劑類別	主要品種	優點	缺點
無機抗菌劑	銀沸石、銀活性炭、銀矽膠、銀玻璃珠、銀羥基磷灰石基抗菌劑、磷酸鈦/鋅鹽等。	耐熱性好、抗菌譜廣、有效抗菌期長、毒性低、不產生耐藥性。	銀系抗菌劑易變色、製造困難、在塑膠中使用工藝複雜。
有機抗菌劑	季銨鹽、有機金屬類、醚酚類、雙胍類、噻唑類、吡咯類、藥類、咪唑類等。	殺菌速度快、抗菌效能高、部分抗菌劑無毒、加工方便、顏色穩定好。	耐熱性差、易在溶劑環境中析出、易產生耐藥、分解產物經常有毒。
天然抗菌劑	殼聚糖、山梨酸等。	抗菌效率高、安全無毒。	加工困難、耐熱性差。

1995 年日本學者 Sawai 等在研究中發現，ZnO 粉體與大腸桿菌(*Escherichia coli*, E-coli)，和金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, S-aureus)，相接觸時，顯示了強抑菌抗菌能力^[5]。這一發現引起了國內外研究者所關注，相繼在此領域開展相關研究，尤其是與奈米技術相結合，研究奈米氧化鋅的抗菌性能與銀系抗菌劑相比，ZnO 具有製備原料豐富、殺菌條件簡單、本身無色無毒等優點。作為一種新型無機抗菌材料，研究氧化鋅抗菌材料將具有廣闊的應用前景和市場價值。隨後 Dsamu Yamamoto^[16]教授研究了影響 ZnO 粉體的抗菌性能的主要因素，研究結果表明，氧化鋅粉體的抗菌效果除了與晶體的粒徑大小有關，還與粉體對細菌表面的吸附性能相關。B.Djurišić^[17]教授的研究也認為，納米氧化鋅粉體的抗菌是通過以下途徑完成，粉體首先吸附在細菌的細胞壁表面，破壞細胞壁，並逐漸向其內部沉積而使得細菌內部組織因缺少細胞壁的保護死亡；而不僅靠在光照條件下，光催化使得奈米氧化鋅電荷分離，產生氧負離子(O_2^-)一殺滅細菌這一種模式。

這一觀點得到法國國家表面和介面研究中心的 Roberta Brayner 教授^[18]的證實。Roberta Brayner 教授通過 ZnO 粉體對大腸桿菌的抗菌測試發現^[17]，隨著粉體濃度增加，其抗菌性能提高；同時在加入奈米氧化鋅粉體的培養基中，觀察到奈米氧化鋅顆粒在細菌細胞壁內的聚集，有部分顆粒在細菌細胞壁的周圍主要是由於顆粒隨著細菌內部組織脂多糖類洩露一起流出造成，對比圖如圖 1 所示。因此，粉體顆粒越小，對細菌的細胞壁產生破壞越強。

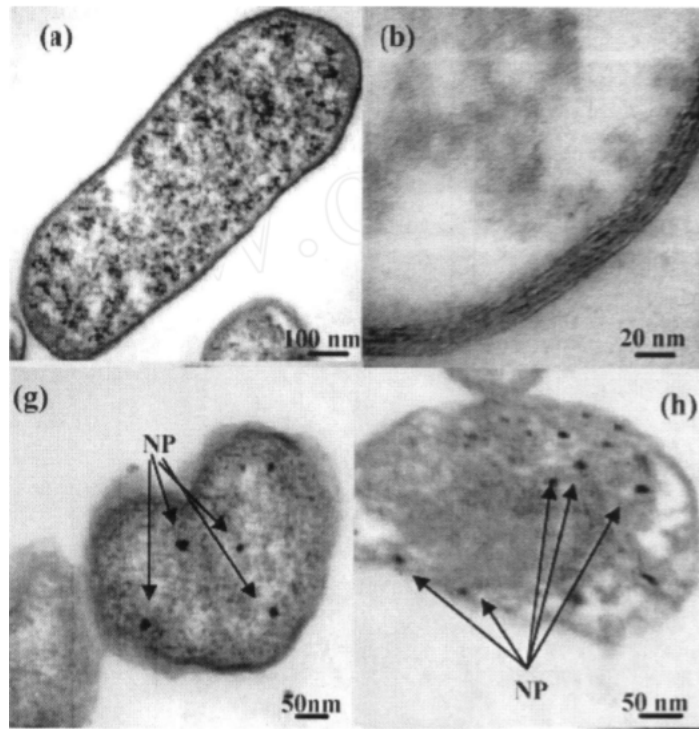


圖 1 加入 ZnO 粉體的前後 LB 培養基中大腸桿菌的 TEM 對比圖^[17]:(a)和(b)未加入 ZnO 粉體大腸桿菌的 TEM 圖:(g)和(h)加入 ZnO 粉體 24h 後大腸桿菌的 TEM 圖

2003 年 Sawai 教授^[19]研究了 CaO、MgO 和 ZnO 三種氧化物抗菌粉體的抗菌效果，同濃度條件下，ZnO 的抗菌效果最高；進一步研究了影響氧化鋅的抗菌性能的主要因素，結果表明:隨著 Zn^{2+} 溶出量增加，粉體抗菌性能提高並不明顯；同時粉體在細菌表面吸附後使得細菌表面形成如濕疹的病狀^[20-21]，並使得其抗菌性能大幅提高因此，氧化鋅的抗菌是和氧化鋅粉體與細菌的吸附並發生相互作用密切相關，而金屬離子溶出對抗菌性能的提高貢獻不大。

薛濤^[22]以奈米 ZnO 為載體，製備出複合 Ce^{4+} 的 Ce^{4+}/ZnO 無機抗菌劑，並採用"營養肉湯法"對其抗菌性能作了檢測，結果表明:有部分 Ce^{4+} 進入了氧化鋅晶格，摻雜 Ce^{4+} 明顯提高了奈米 ZnO 的光催化性能和抗菌性能，對大腸桿菌和金黃色葡萄球菌的抗菌率可達 80%。

從以上研究可以看出，目前研究氧化鋅抗菌劑的抗菌機理仍在不斷發展之中，氧化鋅都是通過三種機理產生抗菌作用，即接觸吸附機理、金屬離子溶出機理和光催化機理，而最主要的是接觸吸附機理和光催化機理，因此，提高 ZnO 粉體的抗菌活性可以從控制顆粒大小和形貌以及改性上開展相關研究。

二、 研究方法步驟

本實驗利用研發合成之不同界面活性劑/奈米鋅產品，應用於環保署所公告大腸桿菌之菌液進行消毒效能評估。在試驗中，不同菌液分別加入不同濃度之奈米鋅產品，通過對它們的抗菌效能測定，將抗菌能達 99.9%時，對抗菌劑可提供實際應用中的添加量之參考值。同時探討各抗菌劑接觸時間之殺菌效果。本研究使用環保署公告的環境衛生用殺菌劑藥效試驗測定法(NIEA D201.01C)(環保署，2005)，試驗殺菌率是否達到 99.9%。圖 2 與圖 3 為研究流程與實驗架構圖，其主要工作簡述如下：

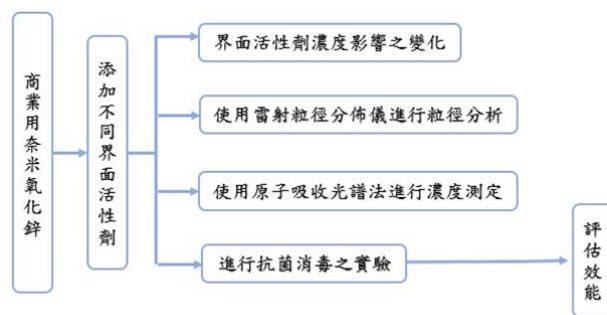


圖 2 研究流程

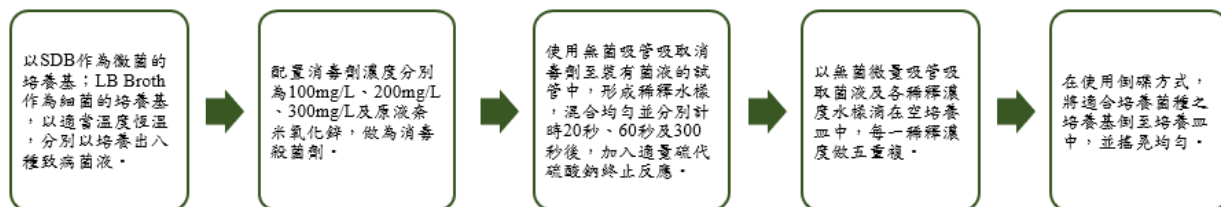


圖 3 實驗架構圖

此外本研究利用雷射粒徑分析儀及 SEM 比較奈米鋅產品加入界面活性劑之粒徑分布，雷射粒徑分析儀利用動態光散射原理，檢測粒徑範圍 0.6-6000 nm，利用懸浮粒子進行布朗運動時所產生散射條紋對時間的變化，檢測器將散射光信號轉化為電流在通過數字相關器運算得到顆粒在溶液中擴散係數。通過 Stokes-Einstein 方程式計算出粒徑的大小。

SEM 通過用聚焦電子束掃描樣品的表面來產生樣品表面的圖像。電子與樣品中的原子交互作用，產生包含關於樣品的表面測繪學形貌和組成的資訊的各種信號。電子束通常以光柵掃描圖案掃描，並且光束的位置與檢測到的信號組合以產生圖像。掃描電子顯微鏡可以實現解析度優於 1 奈米。樣品可以在高真空，低真空，濕條件以及寬範圍的低溫或高溫下觀察到。

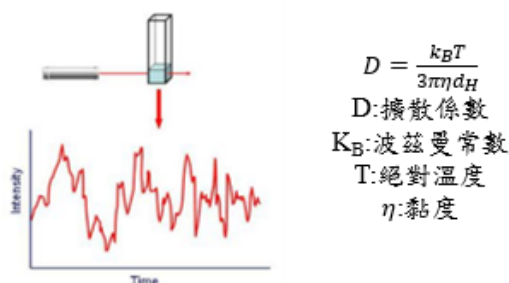


圖 4 粒徑分析原理圖

三、 結果與討論

1. 廠商提供之奈米鋅應用於致病性菌株之消毒效果

為探討不同濃度之奈米鋅消毒劑(廠商提供)對細菌類菌落數之控制，使用 300 mg/L、400 mg/L、500 mg/L 與 600 mg/L 之奈米鋅消毒劑，並分別消毒經過 5 秒、20 秒、60 秒、300 秒後結果如圖 5 a-c 所示。上述步驟對真菌類菌落數之控制結果如圖 6 f-h 所示。

- 奈米鋅對仙人掌桿菌菌落數影響如圖 5a 所示，500 mg/L 奈米鋅加入仙人掌桿菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數即有明顯減少；600 mg/L 奈米鋅加入仙人掌桿菌菌液 60 秒的消毒時間菌落數比 500 mg/L 的菌落數少，且消毒效果於消毒後 60 秒為最佳。
- 奈米鋅對大腸桿菌菌落數影響如圖 5b 所示，500 mg/L 奈米鋅加入大腸桿菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數即有明顯減少；600 mg/L 奈米鋅加入大腸桿菌菌液 300 秒的消毒時間菌落數比 500

mg/L 的菌落數少，且消毒效果為最佳。

- c. 奈米鋅對綠膿桿菌菌落數影響如圖 5c 所示，600 mg/L 奈米鋅加入綠膿桿菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數即有明顯減少；500 mg/L 奈米鋅加入綠膿桿菌菌液 300 秒的消毒時間菌落數比 600mg/L 的菌落數少，且消毒效果為最佳。
- d. 奈米鋅對沙門氏桿菌菌落數影響如圖 5d 所示，600 mg/L 奈米鋅加入沙門氏桿菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數即有明顯減少；500 mg/L 奈米鋅加入沙門氏桿菌菌液 300 秒的消毒時間菌落數為零，即消毒效果為最佳。
- e. 奈米鋅對金黃葡萄球菌菌落數影響如圖 5e 所示，500 mg/L 奈米鋅加入金黃葡萄球菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數即有明顯減少；600 mg/L 奈米鋅加入金黃葡萄球菌菌液 20 秒的消毒時間菌落數比 500 mg/L 的菌落數少，且消毒效果為最佳。
- f. 奈米鋅對黑麴黴菌菌落數影響如圖 6f 所示，400 mg/L 奈米鋅加入黑麴黴菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數為零，即消毒效果最佳。
- g. 奈米鋅對白色念珠球菌菌落數影響如圖 6g，400 mg/L 奈米鋅加入白色念珠球菌菌液 5 秒的消毒時間菌落數為零，即消毒效果最佳。
- h. 奈米鋅對毛髮癬菌菌落數影響如圖 6h，300 mg/L 奈米鋅加入毛髮癬菌菌液 300 秒的消毒時間菌落數為零，即消毒效果最佳。

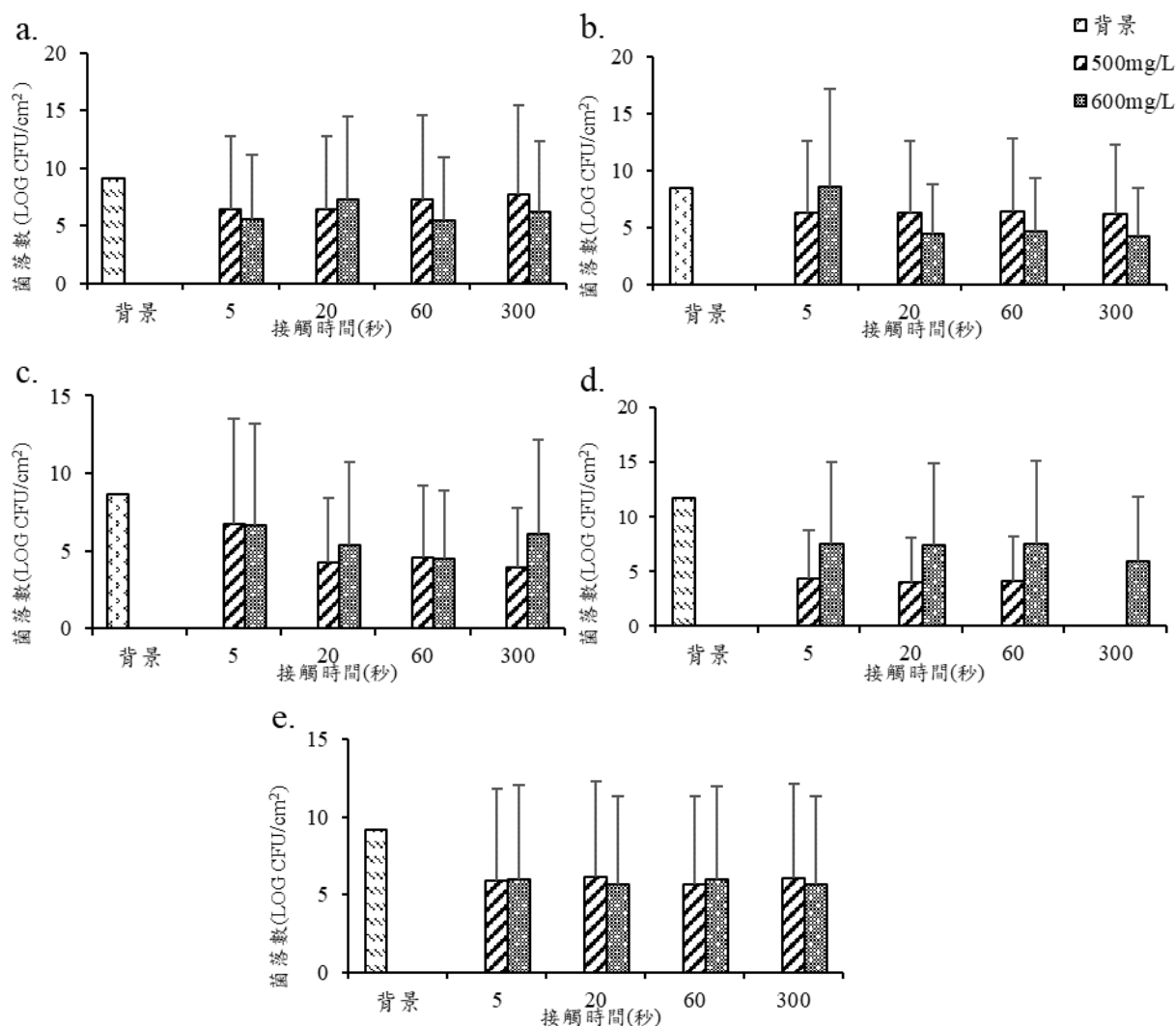


圖 5 不同濃度之奈米鋅對五株菌之消毒效能
(a.仙人掌桿菌；b. 大腸桿菌；c. 綠膿桿菌；
d. 沙門氏桿菌；e. 金黃葡萄球菌)

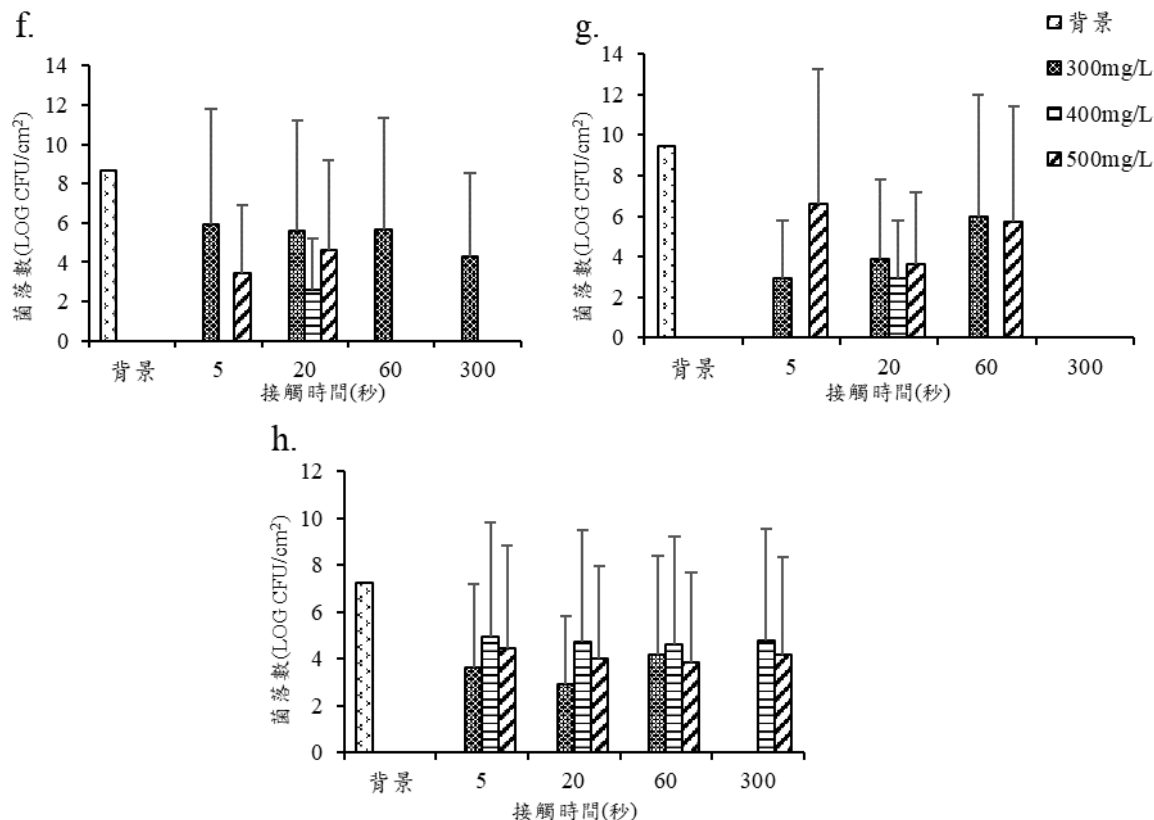


圖 6 不同濃度之奈米鋅對三株菌之消毒效能
(f. 黑麴黴菌；g. 白色念珠球菌；h. 毛髮癬菌)

2. 針對奈米鋅產品和奈米鋅(廠商提供)對大腸桿菌之消毒效果比較

為探討不同濃度之奈米鋅產品和奈米鋅消毒劑對大腸桿菌菌落數之控制，使用 100 mg/L、500 mg/L 與 600 mg/L 之奈米鋅產品消毒劑，並分別消毒經過 20 秒、60 秒、300 秒後結果經由圖 7 及圖 8 可發現為 600 mg/L 消毒效果最佳，且 500 mg/L 及 600 mg/L 消毒效果都比 100 mg/L 的奈米鋅產品佳，但是為了將消毒效能更好的分辨結果，因此奈米鋅產品都以 100 mg/L 的濃度進行實驗。

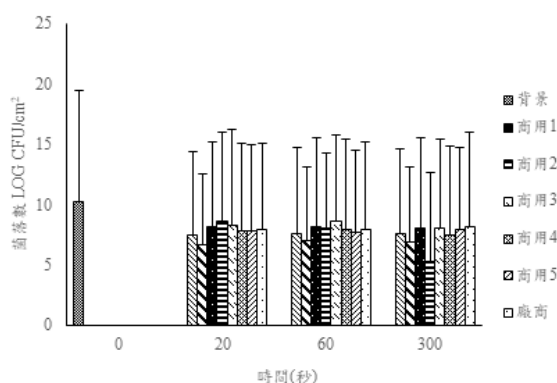


圖 7 奈米鋅產品製備成 100 mg/L 對 E.Coli 之消毒效能

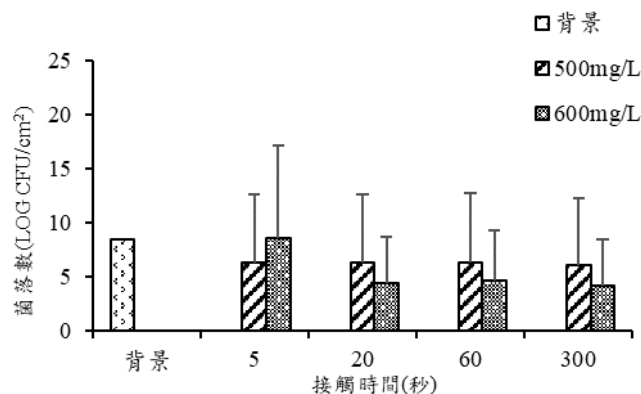


圖 8 奈米鋅(廠商)對 E.Coli 之消毒效能

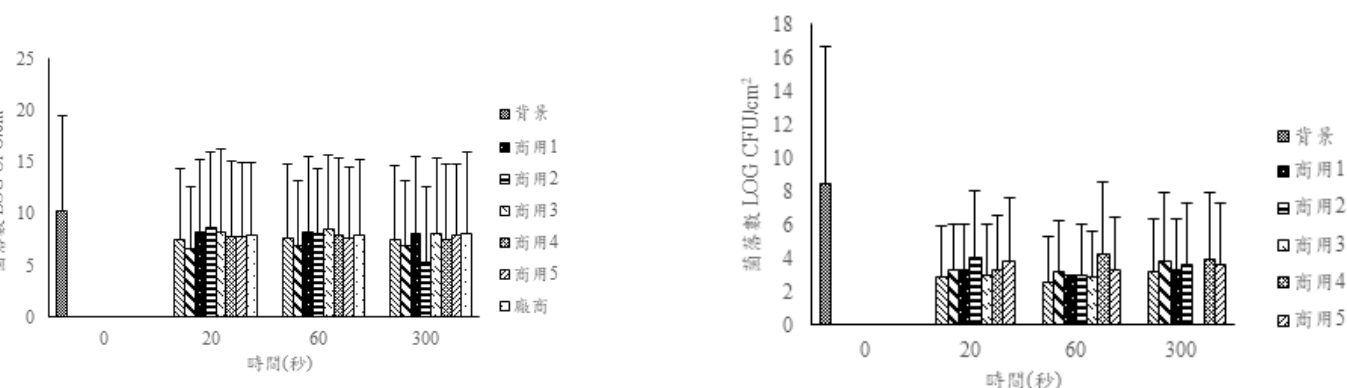
3. 奈米鋅產品對大腸桿菌之消毒效果

為探討不同濃度之奈米鋅產品消毒劑對大腸桿菌菌落數之控制，使用原液與 100 mg/L 之奈米鋅產品消毒劑，並分別消毒經過 20 秒、60 秒、300 秒後結果如圖 4 至圖 6 所示。

- 100 mg/L 奈米鋅產品對大腸桿菌菌落數影響如圖 9，商用產品 3 加入大腸桿菌菌液於 300 秒的消毒時間菌落數最小，即消毒效果雖佳但較不穩定。
- 奈米鋅產品原液對大腸桿菌菌落數影響如圖 10，商用產品 4 原液加入大腸桿菌菌液 300 秒的消毒

時間菌落數為零，即消毒效果最佳。

- c. 廠商對大腸桿菌菌落數影響如圖 11，可發現應用 300 mg/L 之廠商產品於 20 秒、60 秒及 300 秒時菌落數皆為最低，即 300 mg/L 廠商消毒效果最佳。



米鋅產品製備成 100 mg/L 對 E.Coli 之消毒效能 圖 10 奈米鋅產品製備成原液對 E.Coli 之消毒效能

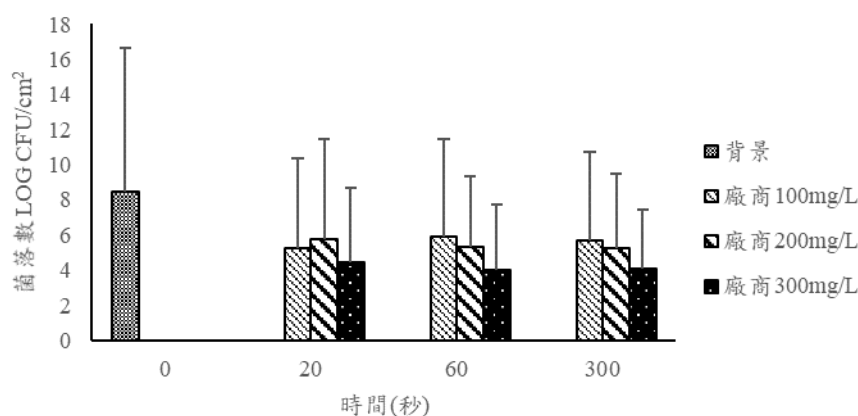


圖 11 廠商製備成 100 mg/L、200 mg/L 及 300 mg/L 對 E.Coli 之消毒效能

4. 奈米鋅產品加入不同濃度之界面活性劑的粒徑分布比較

利用雷射粒徑分析儀比較奈米鋅產品加入 0.1 %、0.3 %、0.5 %、0.7 %、0.9 %及 1 %的界面活性劑之粒徑分布，如圖 12 至圖 17。經由圖 12 至圖 17，可發現加入 1 %的界面活性劑效果最佳，粒徑大小為 9.844 nm。

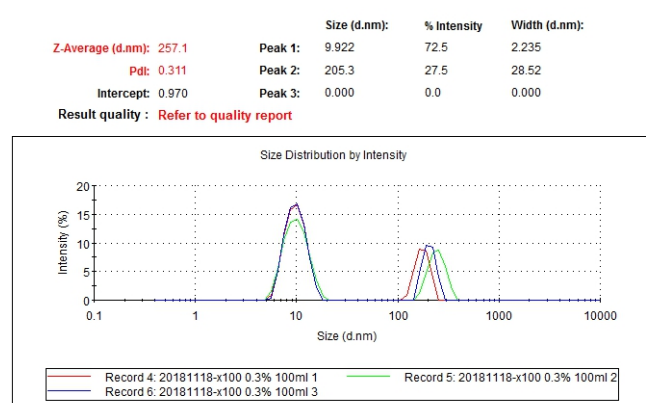
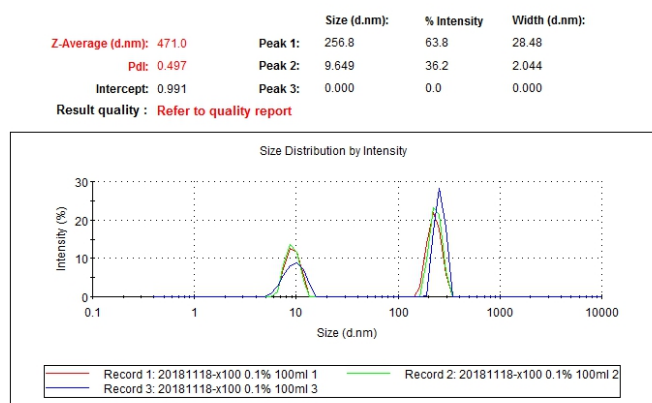


圖 12 奈米鋅產品加入 0.1 %界面活性劑粒徑分析

圖 13 奈米鋅產品加入 0.3 %界面活性劑粒徑分析

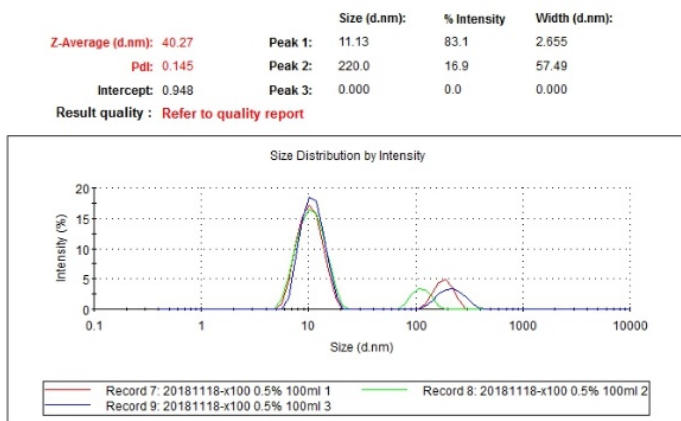


圖 14 奈米鋅產品加入 0.5 %界面活性劑粒徑分析

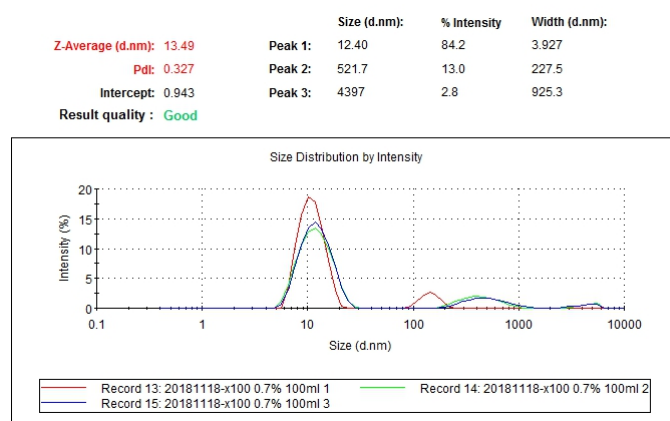


圖 15 奈米鋅產品加入 0.7 %界面活性劑粒徑分析

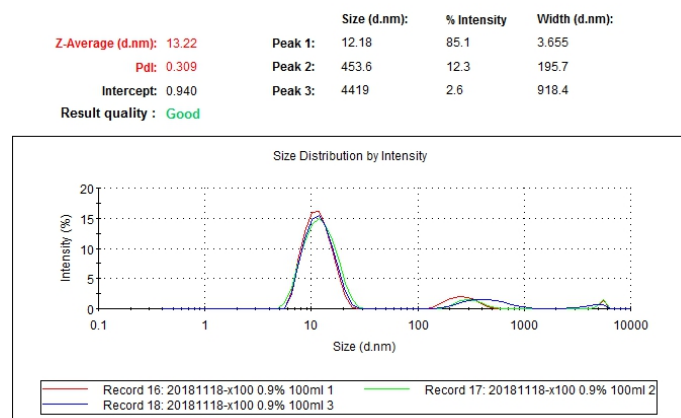


圖 16 奈米鋅產品加入 0.9 %界面活性劑粒徑分析

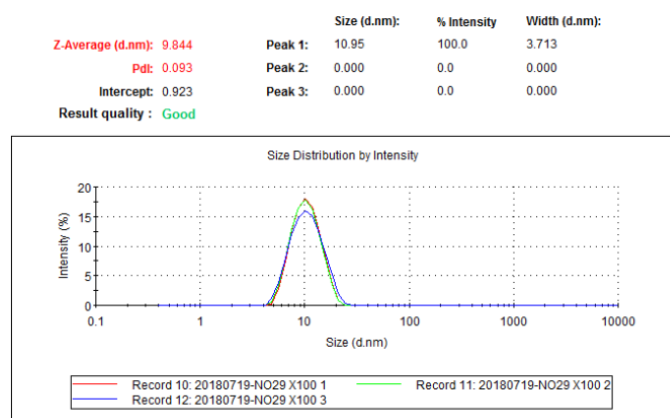


圖 17 奈米鋅產品加入 1 %界面活性劑粒徑分析

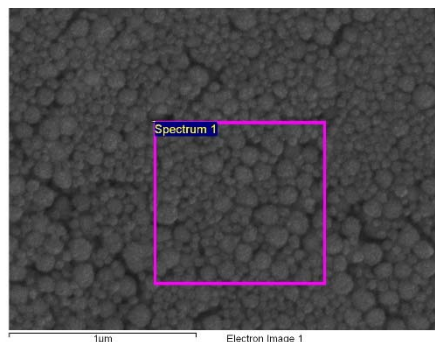
5. 奈米鋅產品加入界面活性劑之粒徑分布圖

以 4 種商用產品加入界面活性劑後，進行 SEM 之粒徑分布檢測(如圖 18-21 所示)，可發現加入界面活性劑之研發產品其粒徑大小都位於 24 至 30 nm 中間，而商用產品其粒徑大小都比研發產品高，因此可發現加入界面活性劑研發產品有效達到奈米級。

表 2 粒徑分布結果

產品編號	平均粒徑大小(nm)
商用 1	64-82
商用 2	58-77
商用 3	63-80
商用 4	77-113

a.



b.

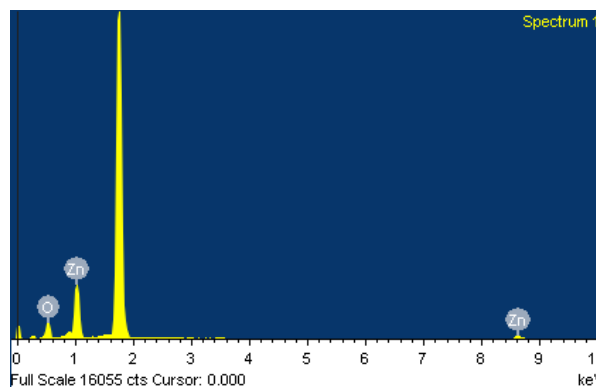


圖 18 商用 1 之 SEM

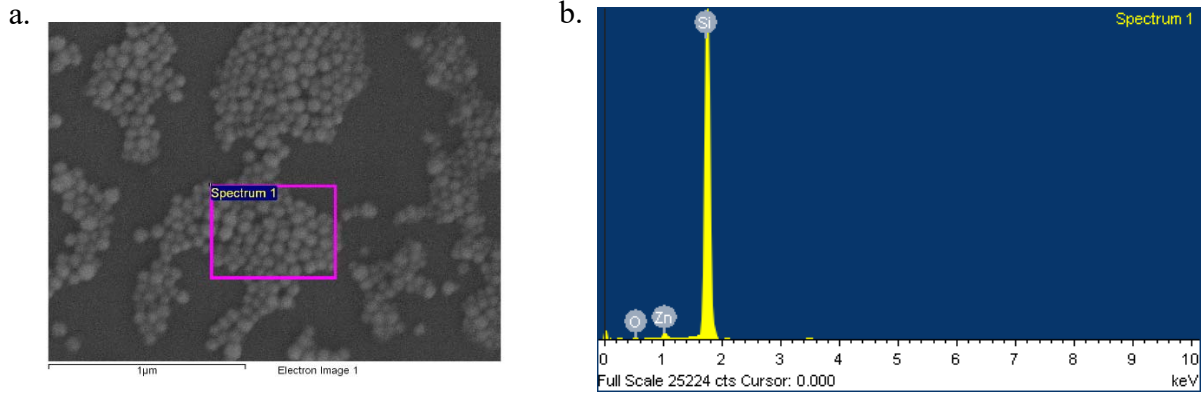


圖 19 商用 2 之 SEM

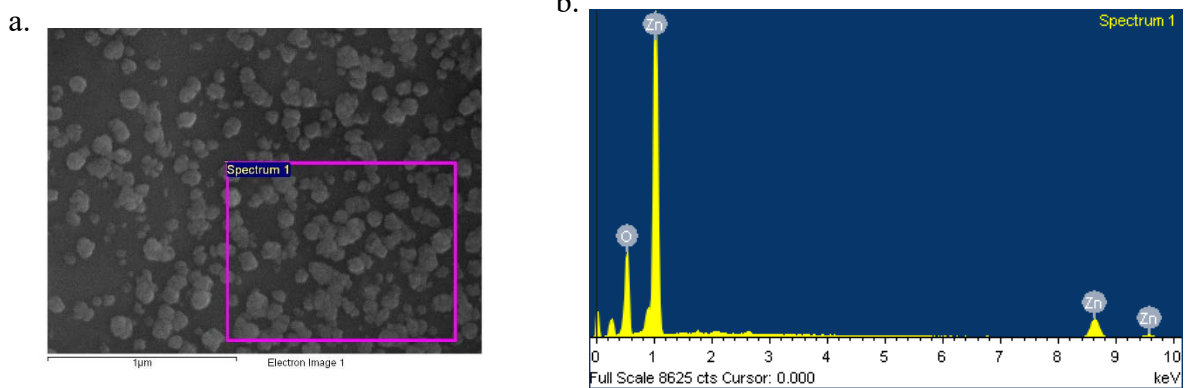


圖 20 商用 3 之 SEM

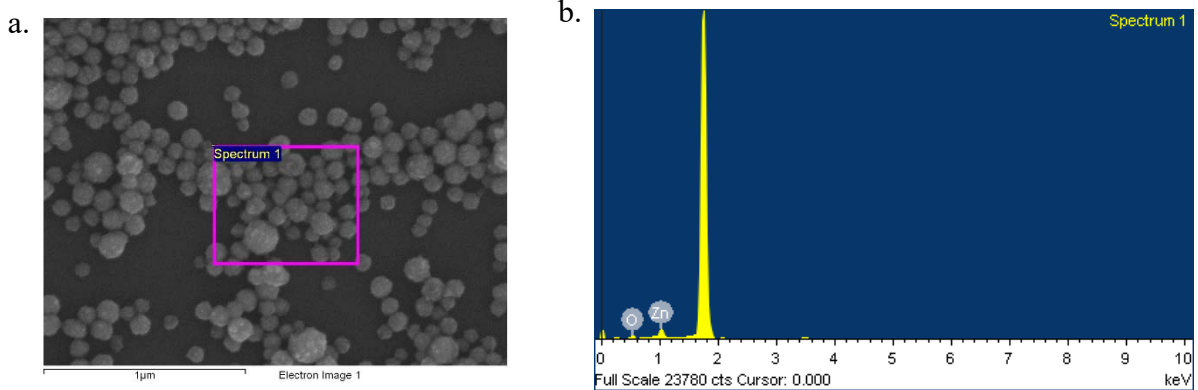


圖 21 商用 4 之 SEM

四、 結論

1. 商用產品 4 加入 1%分散劑應用於大腸桿菌之消毒效果佳，但消毒持續時間較不穩定。
2. 應用 300 mg/L 廠商產品於大腸桿菌之殺毒效果於 20 秒、60 秒及 300 秒時消毒後殘菌量皆能持續下降，即應用 300 mg/L 之廠商產品消毒效果最佳。
3. 由雷射粒徑分析儀分析得知加入 1%之界面活性劑即可有效分散奈米鋅產品之粒徑，獲奈米等級奈米鋅產品。
4. 經由 SEM 分析得知，奈米鋅產品中粒徑大小達到奈米級皆為研發產品。

五、 參考文獻

1. 曹云娜，鞋用非織造布的抗菌性研究，天津工業大學碩士論文，2007。
2. 岳木生、吳風波、梁建生、聶紹發，消毒與有害生物防治技術，湖北科學技術出版社，2005。

3. Cunningham, A.B., Lennox, J.E., Ross, R.J., Biofilms: The Hypertextbook, 2008.
4. Tam, K.H., Djurisc, A.B., Chan, C.M.N., Xi, Y.Y., Tse, C.W., Leung, Y.H., Chan, W.K., Leung, F.C.C. and Au, D.W.T., Antibacterial activity of ZnO nanorods prepared by a hydrothermal method, *Thin Solid Films*, 516(18), 6167-6174, 2008.
5. Sawai, J., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T. and Shimizu, M., Evaluation of growth inhibitory effect of ceramic powder slurry on bacteria by conductance method, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 28(3), 288-293, 1995.
6. 耿亮，姚海偉，藍海嘯，抗菌防臭紡織品，陝西紡織，43-44，2006。
7. 石宏亮，利用納米技術開發抗菌纖維的探討，產業用紡織品，6，13-15，2001。
8. 劉吉平，田軍編紡織科學中的納米技術，北京紡織工業出版社，2003。
9. Dimapilis, E.A.S., Hsu, C.S., Mendoza, R.M.O., Lu, M.C., Zinc Oxide Nanoparticles for Water Disinfection, *Sustainable Environment Research*, 28(2), 47-56, 2018.
10. Ramani, M., Ponnusamy, S., Muthamizhchelvan, C., Cullen, J., Krishnamurthy, S., Marsili, E., Morphology-directed synthesis of ZnO nanostructures and their antibacterial activity, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 105(1), 24-30, 2013.
11. Jain, A., Bhargava, R., Poddar, P., Probing interaction of Gram-positive and Gram- negative bacterial cells with ZnO nanorods, *Materials Science and Engineering: C*, 33(3), 1247-1253, 2013.
12. Chen, H., Liu, C., Chen, D., Madrid, K., Peng, S., Dong, X., Zhang, M., Gu, Y., Bacteria-targeting conjugates based on antimicrobial peptide for bacteria diagnosis and therapy, *Molecular Pharmaceutics*, 12(7), 2505-2516, 2015.
13. Xie, Y., He, Y., Irwin, P.L., Jin, T., Shi, X., Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni*, *Applied and Environmental Microbiology*, 77, 2325-2331, 2011.
14. Hackenberg, S., Scherzed, A., Technau A., Froelich K., Hagen R., Kleinsasser N., Functional responses of human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells to metal oxide nanoparticles in vitro, *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 9(1), 86-95, 2013.
15. 吳長樂，奈米氧化鋅的形貌控制及性能研究，華中科技大學材料科學與工程科博士學位論文，2008。
16. Yamamoto, O., Sawai, J., Sasamoto, T., Change in antibacterial characteristics with doping amount of ZnO in MgO-ZnO solution, *International Journal of Inorganic Materials*, 2(5), 451-454, 2000.
17. Tam, K.H., Djurisc, A.B., Chan, C.M.N., Xi, Y.Y., Tse, C.W., Leung, Y.H., Chan, W.K., Leung, F.C.C. and Au, D.W.T., Antibacterial activity of ZnO nanorods prepared by a hydrothermal method, *Thin Solid Films*, 516(8), 6167-6174, 2007.
18. Brayner, R., Ferrari-Iliou, R., Brivois, N., Djediat, S., Benedetti, M.F. and Fiévet, F., Toxicological impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium, *Nano Letters*, 6(4), 866-870, 2006.
19. Sawai, J., Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay, *Journal of Microbiological Methods*, 54(3), 177-182, 2003.
20. Williams, R.E.A., Gibson, A.G., Aitchison, T.C., Lever, R., Mackie, R.M., Assessment of a contact-plate sampling technique and subsequent quantitative bacterial studies in atopic dermatitis, *British Journal of Dermatology*, 123(4), 493-501, 1990.
21. Stoimenov, P.K., Klinger, R.L., Marchin, G.L. and Klabunde, K.J., Metal oxide nanoparticles as

bactericidal agents, *Langmuir*, 18(17), 6679-6686, 2002.

22. 薛濤，曾舒，毛鍵，聶登攀，潘魯，鈾摻雜納米氧化鋅抗菌粉的研製及其結構性能分析，中國，*稀土學報*，S2，45-48，2006。

計畫查核點自評表（請逐年填列）

一、本表為本計畫重要審查資訊，本表之期程可視產學合作計畫執行情況予以設定。（例如按月別、季別、半年別等均可）。

重要工作項目	查核內容概述（力求量化表示）			廠商參與情形概述		
	期程一	期程二	期程三	期程一	期程二	期程三
A 合成奈米鋅						
A1 合成因子探討	A1-1 水化反應及前驅物影響	A1-2 反應溫度及酸鹼度影響	A1-2 反應時間影響	A1-1 參與討論	A1-2 參與討論	A1-3 參與討論
A2 奈米鋅特性分析	A2-1 SEM、雷射粒徑儀分析、園子吸收光譜法濃度分析	A2-2 SEM、雷射粒徑儀分析、園子吸收光譜法濃度分析	A2-3 SEM、雷射粒徑儀分析、園子吸收光譜法濃度分析	A2-1 參與討論	A2-2 參與討論	A2-3 參與討論
B 奈米鋅抗菌效率分析						
B1 工室內空氣消毒效率分析	B1-1 實驗室抗菌效能試驗	B1-2 現場抗菌效能試驗		B1-1 協助製作抗菌產品	B1-2 協助製作抗菌產品	
B2 非生物體表面抗菌分析	B2-1 實驗室抗菌效能試驗	B2-2 現場抗菌效能試驗		B2-1 協助製作抗菌產品	B2-2 協助製作抗菌產品	
C 完成報告						
C1 期末報告定稿	C1-1 撰寫期末報告			C1-1 提供過去之抗菌效率數據，參與討論		

二、本產學合作計畫預估後續發展情形概述：

計畫執行及結束後之計畫如何配合追蹤管考、產品產出與開發規劃、預期可推廣至產業或市場之成果、預估可授權商品、預估應用價值及產值、建立平台、主要發現等。

本計畫成功驗證奈米複合無機抗菌劑以一定方式滲入非生物性物體表面形成活性抗菌塗層的開發應用能具備高效廣譜、添加量少、使用方便、適用範圍廣、優良的顏色穩定性、有較好的抗菌作用及具有持續作用長的特點，可以利用此奈米無機抗菌劑進行一系列的建物裝潢等材料的抗菌材料開發，建構抗菌優質新環境。對於未來應用於醫院等公共場所則可免除公共場所清潔消毒工作的需

求，創造一個健康、純淨、生態保護的無污染空間。

依據科技部補助產學合作研究計畫作業要點，本產學合作計畫結束後升百億實業有限公司擁有一年內有優先協商技術移轉之權利。將先申請專利，並洽談技術移轉，同時亦送件參加國際發明競賽，希望能獲獎藉以肯定產品之創新及優越性。

計畫結束後，會再找尋它廠技轉，預計將以升百億成功技轉之經驗，藉以獲得重要資訊做為未來技術行銷用。除了藉由本校育成中心的平台，將發展技術成果公開，未來預計協助合作廠商升百億實業有限公司之行銷通路將技術推廣至國際。

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 預估 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 <u>1</u> 項	完成技轉授權 <u>1</u> 項
專利	國內	預估 <u>1</u> 件	提出申請 <u>2</u> 件，獲得 <u>1</u> 件
	國外	預估 <u>0</u> 件	提出申請 <u>0</u> 件，獲得 <u>0</u> 件
人才培育		博士 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	博士 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
		碩士 <u>1</u> 人，畢業任職於業界 <u>1</u> 人	碩士 <u>1</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
		其他 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	其他 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
論文著作	國內	期刊論文 <u>0</u> 件	發表期刊論文 <u>0</u> 件
		研討會論文 <u>1</u> 件	發表研討會論文 <u>1</u> 件
		SCI論文 <u>0</u> 件	發表SCI論文 <u>0</u> 件
		專書 <u>0</u> 件	完成專書 <u>0</u> 件
		技術報告 <u>1</u> 件	完成技術報告 <u>1</u> 件
	國外	期刊論文 <u>0</u> 件	發表期刊論文 <u>0</u> 件
		學術論文 <u>0</u> 件	發表學術論文 <u>0</u> 件
		研討會論文 <u>0</u> 件	發表研討會論文 <u>0</u> 件
		SCI/ SSCI論文 <u>1</u> 件	發表SCI/ SSCI論文 <u>1</u> 件
		專書 <u>0</u> 件	完成專書 <u>0</u> 件
		技術報告 <u>1</u> 件	完成技術報告 <u>1</u> 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 <u>0</u> 家	設立新公司或衍生公司(名稱): _____
計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限600字以內)		由於微生物污染已經引起人們極大的關注，室內微生物污染的監測也逐步受到重視。所以，本計畫開發界面活性劑加入奈米鋅應用在各種不同材料上，可降低病媒感染之機會，對於環境品質及感染控制有相當之貢獻，研究結果也可做為政府施政之參考。	

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估	☒達成目標 ☐未達成目標（請說明，以 100 字為限） ☐實驗失敗 ☐因故實驗中斷 ☐其他原因 說明：
本研究具有政策應用參考價值	☐否 ☒是，建議提供機關 （勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關）
本研究具影響公共利益之重大發現	☒否 ☐是 說明：（以 150 字為限）

表 CM03A-1

107年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：盧明俊					計畫編號：107-2622-E-041-002-CC3					
計畫名稱：評估不同奈米氧化鋅之抗菌活性與消毒效率										
成果項目					量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)			
國內	學術性論文	期刊論文			0	篇				
		研討會論文			1		二氧化氯與鋅系對致病菌株之消毒效能評估，中華民國環境工程學會2018空氣污染控制技術研討會			
		專書			0		本			
		專書論文			0		章			
		技術報告			0		篇			
		其他			0		篇			
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	1	件	防蚊殺菌劑：發明申請案號108110117號			
				已獲得	0					
			新型/設計專利		1		除臭蓋：新型專利 M577433			
		商標權			0					
		營業秘密			0					
		積體電路電路布局權			0					
		著作權			0					
		品種權			0					
		其他			0					
	技術移轉	件數			1	件	本計畫先期技術移轉授權金			
		收入			58000	千元	本計畫先期技術移轉授權金：58,000元			
	國外	學術性論文	期刊論文			0	篇			
			研討會論文			0				
專書			0	本						
專書論文			0	章						
技術報告			1	篇						
其他			0	篇						
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件				
				已獲得	0					
			新型/設計專利		0					
		商標權			0					
		營業秘密			0					
		積體電路電路布局權			0					

		著作權	0		
		品種權	0		
		其他	0		
	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	2	人次	計畫執行期間平均每月投入35小時。
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 （無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。）					

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 1 項	完成技轉授權 1 項
專利	國內	預估 1 件	提出申請 2 件，獲得 1 件
	國外	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 0 人，畢業任職於業界 0 人	博士 0 人，畢業任職於業界 0 人
		碩士 1 人，畢業任職於業界 1 人	碩士 1 人，畢業任職於業界 1 人
		其他 0 人，畢業任職於業界 0 人	其他 0 人，畢業任職於業界 0 人
論文著作	國內	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 1 件
		SCI論文 0 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 1 件
	國外	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 0 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 0 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 0 家	設立新公司或衍生公司(名稱):
計畫產出成果簡述： 請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。 (限600字以內)		由於微生物污染已經引起人們極大的關注，室內微生物污染的監測也逐步受到重視。所以，本計畫開發界面活性劑加入奈米鋅應用在各種不同材料上，可降低病媒感染之機會，對於環境品質及感染控制有相當之貢獻，研究結果也可做為政府施政之參考。	
請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估		☒ 達成目標 ☐ 未達成目標 (請說明，以100字為限) ☐ 實驗失敗 ☐ 因故實驗中斷 ☐ 其他原因 說明：	
本研究具有政策應用參考價值		☐ 否 ☒ 是，建議提供機關 <u>衛生福利部</u> ，	

	(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共 利益之重大發現	☒否 ☐是 說明：(以150字為限)