

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 個人防護具使用效能評估 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 95-2221-E-040-008-  
執行期間：95年08月01日至96年07月31日  
執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系

計畫主持人：賴全裕

計畫參與人員：大學專題生：華梓淳

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月31日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

個人防護具使用效能評估--呼吸防護濾材消毒再利用評估

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2221-E-040-008-

執行期間：95年8月1日至96年7月31日

計畫主持人：賴全裕

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中華民國 96 年 7 月 31 日

## 摘要

本研究主要以N 95口罩進行枯草桿菌採樣負載，並比較不同消毒方法處理後，以口罩上的枯草桿菌的存活情況，了解一般消毒方法的可行性與口罩的再利用可行性。實驗主要進行模擬一般日常消毒方法，將N 95口罩經過酒精浸泡處理、電鍋乾蒸處理、漂白水（NaOCl）浸泡處理、高溫高壓滅菌處理（autoclave）、異丙醇浸泡處理、超音波振盪、紫外線殺菌等變項，探討枯草桿菌在經過消毒之後的存活率。研究以定流量霧化器產生枯草桿菌挑戰氣膠，並採樣負載於N 95濾材上，經過消毒處理與未消毒的對照，並調節溫、溼度等因子以進行實驗。

研究結果顯示，經過乾蒸處理、漂白水、高溫高壓滅菌和波長254 nm的紫外線殺菌等消毒處理之濾材，其消毒結果皆能達到100 %之殺菌效能，而濃度70 %以上的酒精和100 %的異丙醇只具有部分的消毒效果，但卻未能達到完全殺菌，顯見大部分經過熱處理的消毒，較添加化學物質之消毒更具效果。研究結果建議，若在防疫物資缺乏時，若需重複使用口罩，除需考慮消毒效果外，應一併考慮消毒效果對口罩過濾品質之影響。

關鍵詞：生物氣膠、消毒、呼吸防護具、再利用

## Performance Evaluation of Personal Protective Equipment-- Reuse Evaluation of Disinfection of Respirator Filters

### Abstract

In this study, the personal N95 respirator filters were loaded *B. subtilis* spores and tested for the survival rate using different disinfectants. The operation parameters integrated the variability of disinfectants, and the varying of filter survival of bacteria under different degree of storage condition. The disinfection methods included: N 95 filters soaked in ethanol, treated with dry-steamed in electric hot pots, soaked in bleach, sterilized with autoclave, soaked in isopropanol, treated with ultrasonic oscillation, and sterilized with ultraviolet (254 nm wavelength). A Collison nebulizer was used to generate challenge bioaerosol particles.

The experimental results show the disinfection methods: filters treated with dry-steamed in electric hot pots, soaked in bleach, sterilized with autoclave, and sterilized with ultraviolet were able to thoroughly destroy *B. subtilis* spores. However, filters neither soaked in ethanol nor isopropanol could thoroughly destroy *B. subtilis* spores. The study recommended that the filter quality should be recounted and determined by filter reuse efficiency.

Keywords : bioaerosol, disinfection, respirator, reuse.

### 一、前言

呼吸防護濾材在使用的過程中，若負載的對象為真菌類生物性氣膠時，極有可能在高濕度、高溫環境下造成濾材污染，並對人體、環境形成傷害。例如：個人呼吸防護具或HEPA過濾器內的濾材，若未定期更換，在重複使用下，不斷與人體呼出之溫、濕氣體、排出之汗液或其他體液、皮屑之接觸，加上在局部高溫、高濕度環境下，容易促使霉菌、真菌等於濾材上滋生繁殖，濾材的過濾效果將大幅降低，

而這些菌類的菌絲更可能穿透濾材延生至濾材背面，並進而使人員或實驗室進行感染性微生物研究時，受到直接、間接的接觸或吸入等不同程度的生物氣膠污染。

市售N 95口罩普遍較一般口罩價格高，在SARS傳染流行期間，N 95口罩因為捕集效率比一般口罩來的高，消費者對於N 95口罩接受度提高，然而，口罩經過消毒的處理後，是否真能重複使用？有待進一步檢驗。因此本研究目的在比較在不同的溫、濕條件下，不同的保存條件時，經由消毒負載於濾材上之生物性氣膠的過程，了解菌類於濾材上之存活、繁殖情形。最終目的在提供濾材再使用之可能性評估，及其建議消毒方式。

## 二、文獻回顧與探討

### 2-1 微生物之來源及分級

粒狀物通常是指可以較長時間懸浮於空氣中之粒子，其狀態可以是液體也可以是固體，而構成微粒的成分則包括有機物，如微生物本體包括病毒、細菌、菌類、花粉、節足動物或其碎片等生物氣膠（Bioaerosols）及無機物。其在人體呼吸系統中的沈積位置決定於其氣動的特性（通常用氣動粒徑來表示），氣動粒徑較小的微粒，特別是針對可呼吸性（Respirable）氣膠微粒比較有機會沈積在肺部深處，由於不易被人體清除機制所清除，因此微粒可以較長的時間沈積，結果可能會產生一些急性或慢性的病變，而症狀的產生則因粒狀物種類、濃度、暴露的時間、頻率以及人員感受性的不同而異。

由於台灣地處亞熱帶，氣候長年溫濕，各種微生物極易滋長，而空氣中的這些細菌、真菌、病毒，甚至它們生長過程當中所釋放的毒性或過敏性化合物，易藉助大自然的動力（如：水力、風力）或經由人為活動而四處傳播，並且廣泛地存在於居家、辦公室、學校、醫院、農場等生活或工作環境中，進入人體呼吸道後造成許多急性與慢性的疾病，以及感染與過敏反應等健康影響，如：退伍軍人症（Legionnaires' Disease）、開放性肺結核（Open Pulmonary Tuberculosis, TB）或白喉等（Brousseau et al., 1994；Lacey and Dutkiewicz, 1994），顯示生物氣膠與呼吸道疾病具有高度相關性。故其重要性隨著人們對它們的了解而與日俱增。其他常見對人體的影響，例如還有流行性感冒（Influenza）、病態建築症候群（Sick Building Syndrome, SBS）、花粉熱（Hay Fever）等。

以上所敘述之微生物對人類的危害性，變異性相當大，安全衛生考量差異亦大，許多國家、歐盟、及世界衛生組織均依據微生物對人類潛在危害性的大小，採用分級管理的方針，將生物危害分級，而最常見的為分成四級（勞研所，2004）：

#### A. 生物安全等級一(BSL-1)：

1. 適用於使用之生物不會使健康人致病、對實驗室工作人員及環境具最低潛在危險。如：大腸桿菌。
2. 工作可依照標準微生物操作準則，在開放的實驗桌上進行，不需特殊設計的污染防護儀器設施。
3. 實驗室無須與其他作業區域分離。一般而言，實驗室工作人員，必須接受實驗操作的特別訓練，並由具備微生物(或相關知識)使用須知訓練的實驗室主管或有相關經驗者所管理。

#### B. 生物安全等級二(Biological Safety Level-2, BSL-2)：

- 1.用於中度潛在危險的病原。病原與人類疾病有關，可能有皮膚接觸、誤食及黏膜暴露。如：金黃色葡萄球菌。
- 2.與等級一差別在(1)實驗室工作人員受過使用致病物質的特殊訓練並由適當的專家所指導。(2)工作進行中需管制門禁。(3)特別小心受污染的尖銳物品。(4)操作步驟可能產生氣霧或濺灑者，需使用生物安全操作櫃或物理性防護設備。

#### C.生物安全等級三(BSL-3)：

可經氣霧傳播之本土或外來病原，會嚴重危害健康。適用於臨床、診斷、教學、研究單位、工作人員必須接受處理致病性及致命生物的特別訓練，並由具經驗之專家監督管理，所有步驟必須在生物安全操作櫃(Biological Safety Cabinet, BSC)中進行，並使用其他物理防範裝置及工作人員穿戴保護性衣著與裝置。實驗室需經特殊設計(如緩衝區、密封通道、定向氣流等)。故需遵守標準微生物操作、特殊操作及安全設備規範才能符合等級三之需要。如：SARS病毒。

#### D.生物安全等級四(BSL-4)：

適用於可經由氣膠傳播或未知傳染危險之危險生物病原，會引起對生命之高度危機的疾病。實驗工作人員必須接受極度危險之感染性物質的特別訓練，需充分了解標準及特殊操作、設備、實驗室的設計特色。並嚴格管制實驗室門禁，所有活動皆限於生物安全操作櫃中，工作人員穿著正壓工作服及呼吸器，實驗室具特殊設計可有效防止微生物散佈至環境中。實驗室設於不同棟或同棟建築內的管制區域，完全與其他區域隔離。如：依波拉病毒。

## 2-2 微生物之危害預防與個人防護

接觸或使用生物性物質，可能帶來職業性感染、過敏或是中毒，因此，相關法令與規範也因應產業的發展陸續提出。例如：1990年歐盟通過"Guidelines for protection of employees from biological risks at the workplaces(1990)"，1999年4月德國則發布了"Biohazard Act"，其中也考慮了在非故意(Unintended)使用生物性物質的職業風險。從使用或接觸生物性物質的方式上，以可直接接觸或容易發生意外狀況之程序者具有較高的風險。包括：使用具有傷害風險的注射器、滴管與玻璃瓶、直接接觸大量生物物質(如：廢棄物處理)、處理具感染性的動物或受感染之病患，以及吸入生物性粒狀物等(<http://www.iosh.gov.tw/data/f2/sp46-8.htm>)。

預防生物危害，可以應用職業衛生之：「認知，繼而評估，而後控制」之預防概念(勞研所，2003)。對於控制部分，實驗室應以針對污染源的防護措施為優先(如危害篩選)，其次由有害污染物傳輸途徑著手(如區域劃分，人員管制)，最後才考慮採用針對作業人員的防護措施(如防護具)。採用於污染源的控制措施有「正本清源」之效，但是需花費較多時間與成本，而防護具則是抵禦有害污染物的最後一道關卡，作業人員感受最直接，但也最需配合。

對於防護具應用概念，如同其他控制措施一樣，目的在於隔絕病原菌進入人體，一般可採取將感染途徑阻斷，避免病原菌穿透或滲透進入人體，但應用上必須考慮到實驗人員之基本生活機能(如呼吸、飲食、體溫、代謝等)，也必須考慮作業之需求(如行為、移動、動作等)。在考量防護具時，應考慮生物性危害等級(分區

域、作業、感染程度)，對於不同感染途徑與風險等級，提出不同之防護策略，採取適當降低風險之措施，而非完全防護，也非造成完全無法作業或影響作業之需求，而失去防護具之意義。一般而言對於高度感染性、高度危害之病原菌，當然應採取完全隔絕外界空氣、完全防水滲透之防護具，但對於一般病原菌，應可考慮採取適當防護具，能適度隔絕病原菌之感染途徑而降低風險，而且仍能繼續作業（勞研所，2004）。根據世界衛生組織（World Health Organization, WHO）之建議，醫護人員在對SARS病患進行診斷或照護時，應該使用通過驗證而且等級屬於N95（或等同）或以上之立體型防塵口罩才具有保護作用（<http://www.who.int/en/>）。

近年來，因SARS爆發傳染流行的因素，以及環境空氣品質的問題越趨嚴重，一般民眾在日常生活環境中使用口罩的頻率日漸高漲，但一般民眾對口罩可否消毒，消毒之後的效果卻無所知，所以，為防疫情爆發，及預防防疫物資缺乏，應對口罩進行消毒的方式進行研究，以增加了解口罩消毒後再利用的可行性，是迫切需要進行之研究。

然而根據研究顯示，濾材經過乾蒸處理後，對於濾材補集微粒的效率影響不大；濾材經過酒精與漂白水處理後，其對濾材補集微粒的效率影響較大。主要原因可能是酒精與漂白水處理移除了濾材上的帶電，此外，漂白水處理亦會破壞了濾材的結構。經過再生處理之濾材，其補集微粒的效率降低，以酒精與漂白水對濾材的影響顯著（郭等人，2005）。因此，本研究之目的主要為對市面上常見的N95口罩經過消毒處理過後，進行濾材上殘餘枯草桿菌的培養，與未經過消毒處理的口罩進行比較，以了解N95口罩的再生使用性，以供防疫物資缺乏時之重複使用參考，進而促進產品升級與民眾健康。

### 三、研究方法及步驟

本研究主要以測試個人呼吸防護具之生物性危害防護效能。測試變項主要包含在不同消毒方式之下經由不同溫、濕度下細菌於濾材上之存活率，實驗選擇枯草桿菌作為測試之菌種，在實驗中以柯利森霧化器噴出枯草桿菌，並使用N95口罩濾材模擬重度工作者呼吸之流量進行採樣，實驗採樣時間皆為30分鐘，採樣完畢後滴加無菌水、人工唾液於個人呼吸防護濾材，進行不同溫濕度的培養，培養時間有12及24小時等狀況，探討模擬一般民眾帶口罩於具有生物感染危害場所工作及工作完畢拿下口罩，細菌在濾材上存活率的情況，並提供在不同的環境條件時，濾材的建議使用期限。

本研究使用xM公司編號為8210的N95防護口罩，作為實驗濾材。xM N95口罩是通過美國疾病管制局所屬之國家安全衛生研究所（NIOSH）認證合格口罩，不僅對口罩之捕集效率進行測試，而且還包括一定之程序及品質的確保，N95防護口罩為三層設計，第一層：口罩最外為隔離層，主要目的在阻擋較大之粉塵，飛沫。第二層：口罩主要過濾層，扮演過濾空氣中細小粉塵與細菌病毒。第三層：口罩支撐層，由於碗型口罩為立體型式需要支撐層維持其立體形狀。本次研究所使用之N95口罩過濾層材料屬於聚丙烯材質，表面的保護層是聚丙烯和聚酯的複合材料。實驗將測試口罩分為七種狀態，其為乾淨未處理、電鍋乾蒸處理、酒精浸泡處理、漂白水浸泡處理、異丙醇浸泡處理、超音波振盪、高溫高壓滅菌與波長254 nm紫外線殺菌處理之口罩，其相關處理方法分述如下。

(1)電鍋乾蒸處理

將測試用之口罩置於電鍋內乾蒸60分鐘

(2)酒精浸泡處理

將測試用之口罩添加70%之酒精。

(3)漂白水浸泡處理

將測試用之口罩添加一般市售稀釋漂白水之主要化合物NaOCl (0.54%) 晾乾10分鐘處理。

(4)高溫高壓滅菌處理

操作溫度攝氏121度(華氏250度)以上,每平方公分1.06公斤(每平方英吋15磅)以上之壓力,加熱時間為15分鐘以上。

(5)異丙醇浸泡處理

將測試用之口罩添加異丙醇之後晾乾10分鐘處理。

(6)超音波振盪:

機械式的攪動10分鐘涼乾處理。

(7)紫外線殺菌:

以波長254、365nm,功率為8 watt之紫外線殺菌燈,進行不同照射時間之處理。

而培養基的製備,使用美國政府工業衛生師協會 (ACGIH)推薦使用的廣用性培養基培養基經調配均勻後,置入高壓滅菌釜中,在攝氏121度滅菌15分鐘,以達到滅菌效果。滅菌後之培養基則須置於水浴中維持在攝氏55度,並在無菌操作檯中利用蠕動式幫浦,每次定量20毫升置入直徑9公分之培養皿中,並放置過夜使培養基凝固乾燥,再保存於室溫培養箱中待用。而採樣器所採回的培養基,針對細菌樣本需放入恆溫培養箱中約37 °C培養24小時。經培養後計數其菌落生成數 (Colony Forming Units, CFUs),透過Positive Hole Correction Table校正菌落數後,將此校正後的菌落數數值除以總採樣體積(即採樣流量乘以採樣時間)即可算出單位為每立方公尺之菌落生成數(CFU/m<sup>3</sup>)的生物氣膠濃度。細菌使用Trypticase Soy Agar (TSA, Difco, Detroit, MI)。

生物氣膠懸浮液的製備,使用食品工業發展研究所編號12145號(C.C.R.C. 12145)枯草桿菌原型菌株製作懸浮液,培養至第三代待用。使用前先需將懸浮液中的菌體本身殺死而留下內孢子,最後加入滅菌水搖晃均勻即可倒入柯利森霧化器使用。將枯草桿菌懸浮液55毫升置入柯利森霧化器中,以壓力25 psi於系統中產生生物氣膠,而稀釋氣體為80 L/min (如圖1所示)。生物氣膠於系統測試腔內的濃度必須以採樣方式進行確認,實驗開始先使用安得森一階採樣器採樣。安德森生物氣膠採樣器,是運用慣性衝擊原理,將空氣中的微生物採集在TSA培養皿上,放入恆溫培養箱中約37°C培養24小時。經培養後計數其菌落生成數透過Positive Hole Correction Table校正菌落數後,即可算出單位為每立方公尺之菌落生成數(cfu/m<sup>3</sup>)的生物氣膠濃度。

接下來使用N 95口罩濾材於系統中進行採樣,負載時間為30分鐘,本實驗換算重度工作者呼吸之流量、表面風速後,將其裁剪為直徑47 mm,面積為16.60 cm<sup>2</sup>之實驗濾材,因濾紙夾夾住外圍,故實際有效過濾面積為12.56 cm<sup>2</sup>。而實驗中濾紙採

樣所使用之幫浦，因模擬重度工作者呼吸量為85 L/min，而在實驗濾材有效面積為12.56 cm<sup>2</sup>，在計算其相同表面風速下，得出幫浦之採樣流量為6.28 L/min。

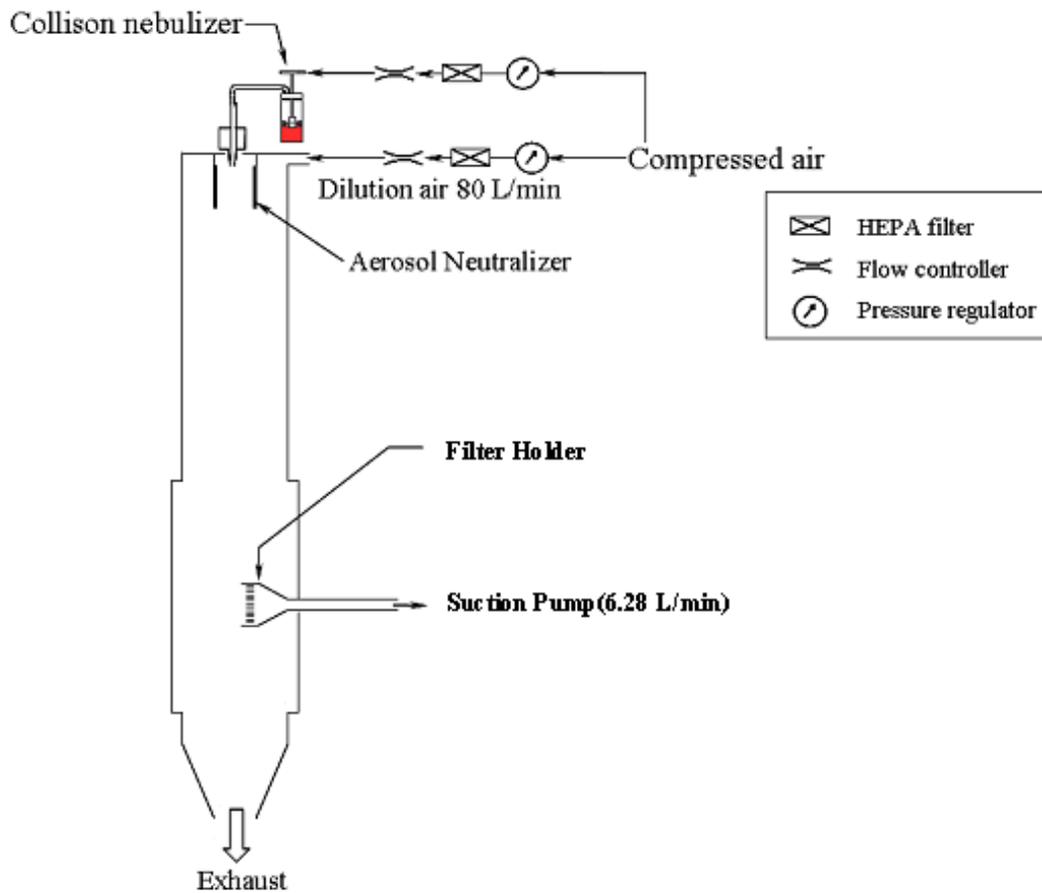


圖1：實驗系統及濾材性能測試系統圖。

實驗時在系統採樣30分鐘含枯草桿菌孢子的濾材，負載後之濾材比較不同的消毒方式消毒，再置入95%相對濕度與接近體溫37℃或之恆溫恆濕箱(Model: HONG-YU, HRM-80, Taichung, Taiwan)中放置，放置時間分別為12及24小時，恆溫恆濕箱之相對濕度最高穩定範圍為95%。濾材取出前後皆進行溫、濕度的確認測定。每次實驗每種比較狀況皆使用三片以上濾材進行測試，菌落數結果取其平均值如圖2流程圖所示。

最後使用離心轉速3500 rpm脫附10分鐘，並在離心後振盪1分鐘，再將離心、振盪完的懸浮液均勻塗抹於TSA培養基上，塗抹後將培養基置入恆溫培養箱中培養，培養24小時後數菌，經培養後計數其菌落生成數，將此菌落數數值除以採樣體積(即採樣流量乘以採樣時間)即可算出單位為每立方公尺之菌落生成數(cfu/m<sup>3</sup>)的生物氣膠濃度，觀察比較枯草桿菌在不同消毒方式下之存活度。存活度計算如下：

$$S = \frac{C_{cfu}}{I_{cfu}} * 100\% \quad (1)$$

$C_{cfu}$  為濾材於不同存放條件、及營養物培養下脫附之菌落數。

$I_{cfu}$  為濾材於初始採樣後立即脫附之菌落數。

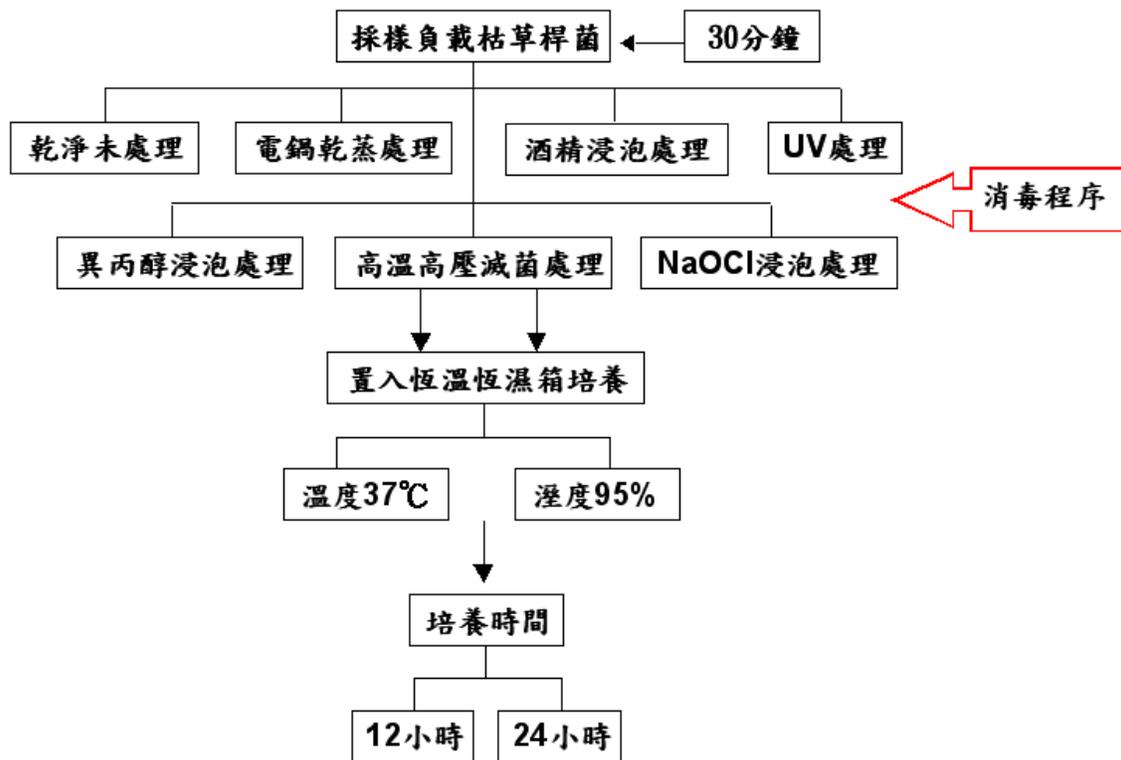


圖2：採樣與培養流程圖。

#### 四、工作項目

- (1) 比較口罩在負載細菌之後，其不同消毒方法之消毒效率。
- (2) 尋求最佳之消毒方式組合。
- (3) 尋找文獻探討消毒效果對口罩過濾效率之影響。
- (4) 探討不同消毒方式之細菌在不同保存條件下之存活率。
- (5) 提供濾材再使用之可能性評估，及其建議消毒方式。

## 五、結果與討論

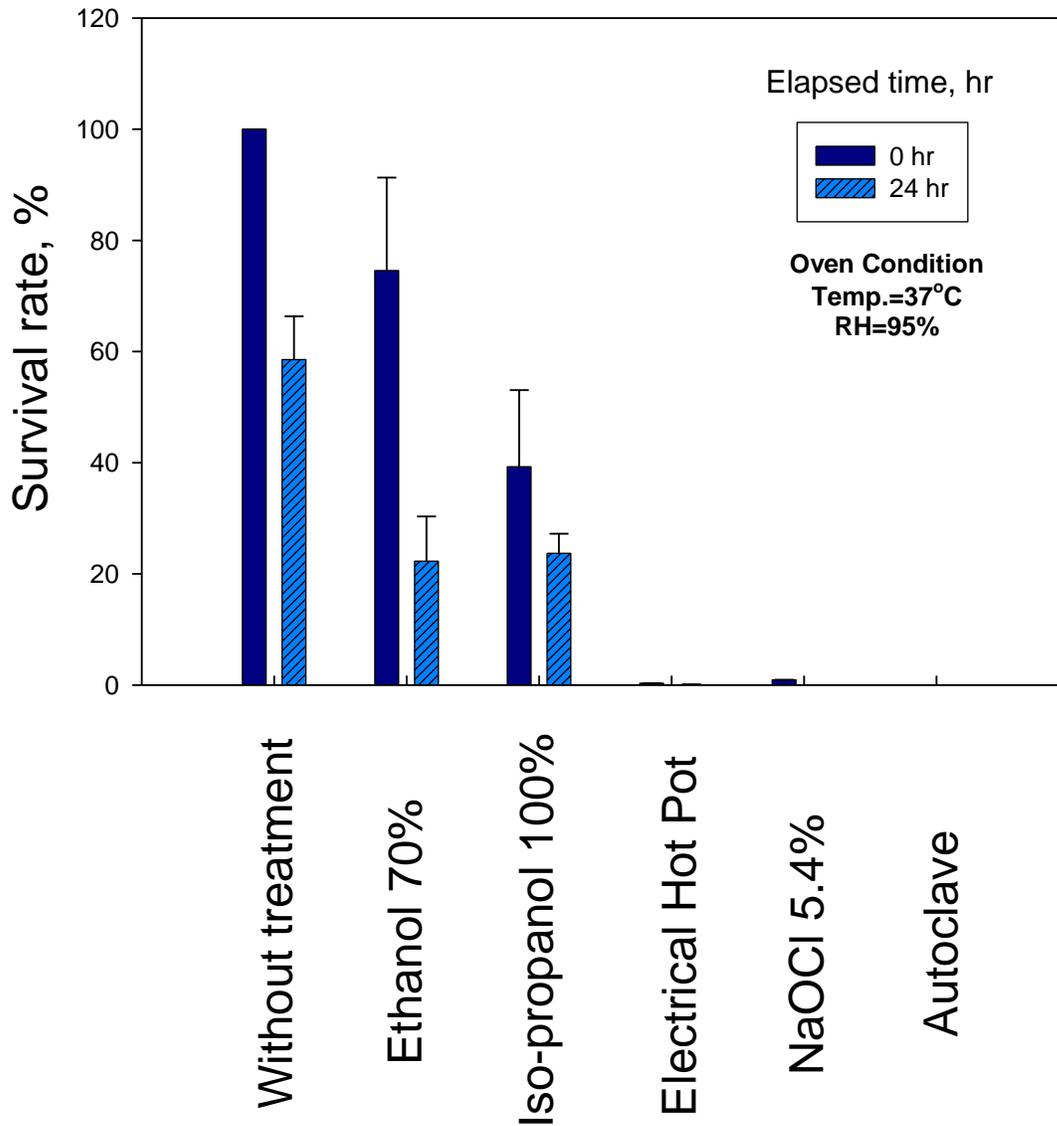


圖3：濾材不同消毒方法之比較。

圖3為以沒有經過任何消毒方式處理之細菌脫附總量作為分母，比較不同消毒方法之枯草桿菌存活率。由圖中可明顯看出5.4%NaOCl、高壓滅菌釜、電鍋乾蒸處理能有效且幾乎100%的殺菌。而使用100%異丙醇在首次消毒處理過後，尚有40%的存活率。70%酒精在首次消毒處理過後，尚有約75%的存活率。經過100%異丙醇及70%酒精的消毒，含有枯草桿菌的濾材在儲放於37°C溫度，相對濕度95%的環境下24小時後，枯草桿菌尚約有22%的存活率。

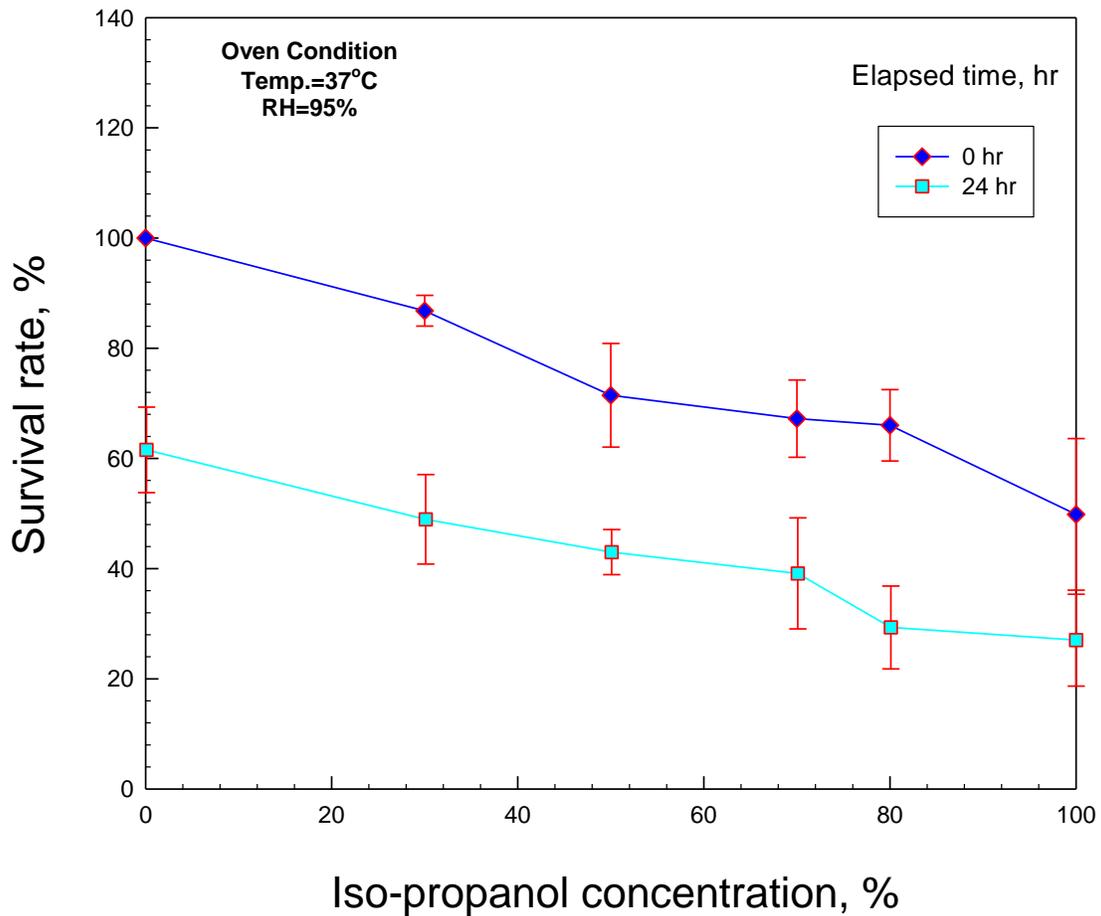


圖4：添加等量（0.4 ml）不同濃度之異丙醇對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖4主要在比較添加等量（0.4 ml）不同濃度之異丙醇，對枯草桿菌消毒效果之評估。在分別使用100、80、70、50%異丙醇進行口罩首次消毒處理過後，尚有50~80%左右的存活率。由於在首次之消毒效果不佳，所以濾材在儲放於37°C溫度，相對濕度95%的環境下24小時後，枯草桿菌尚約有30%以上的存活率。

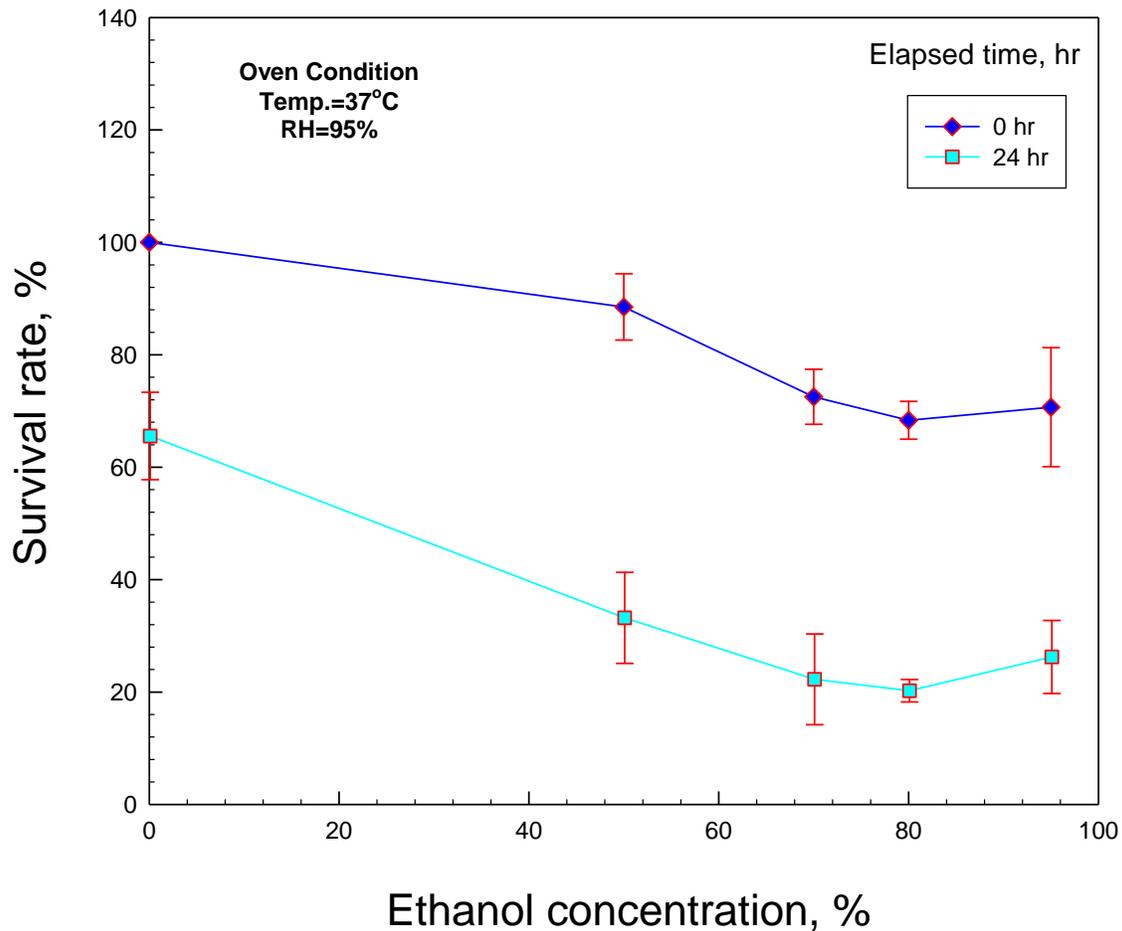


圖5：添加等量（0.4 ml）不同濃度之酒精對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖5主要在比較添加等量（0.4 ml）不同濃度之酒精對枯草桿菌消毒效果之評估。在分別使用95、80、70、50%酒精進行口罩首次消毒處理過後，尚有70~90%左右的存活率。由於在首次之消毒效果不佳，所以濾材在儲放於37°C溫度，相對濕度95%的環境下24小時後，枯草桿菌尚約有25%以上的存活率。以添加濃度較高之70、80、95%酒精的消毒效果最好，基本上在酒精濃度大於70%以上的效果趨於一致，但濃度超過90%時，消毒殺菌效果反而較70%差，而且約還有70%左右的枯草桿菌存活、繁殖。

此原因可能與酒精殺菌機制有關，酒精殺菌的作用機轉是使蛋白質脫水作用及凝固作用，酒精濃度若低於50%，其殺菌效果十分的低微，若濃度超過90%時，消毒殺菌效果反而較70%差，可能因為濃度高會使酒精急速與微生物的細胞壁作用，形成蛋白凝固層的屏障，使酒精無法進入細胞質進行脫水及凝固作用。

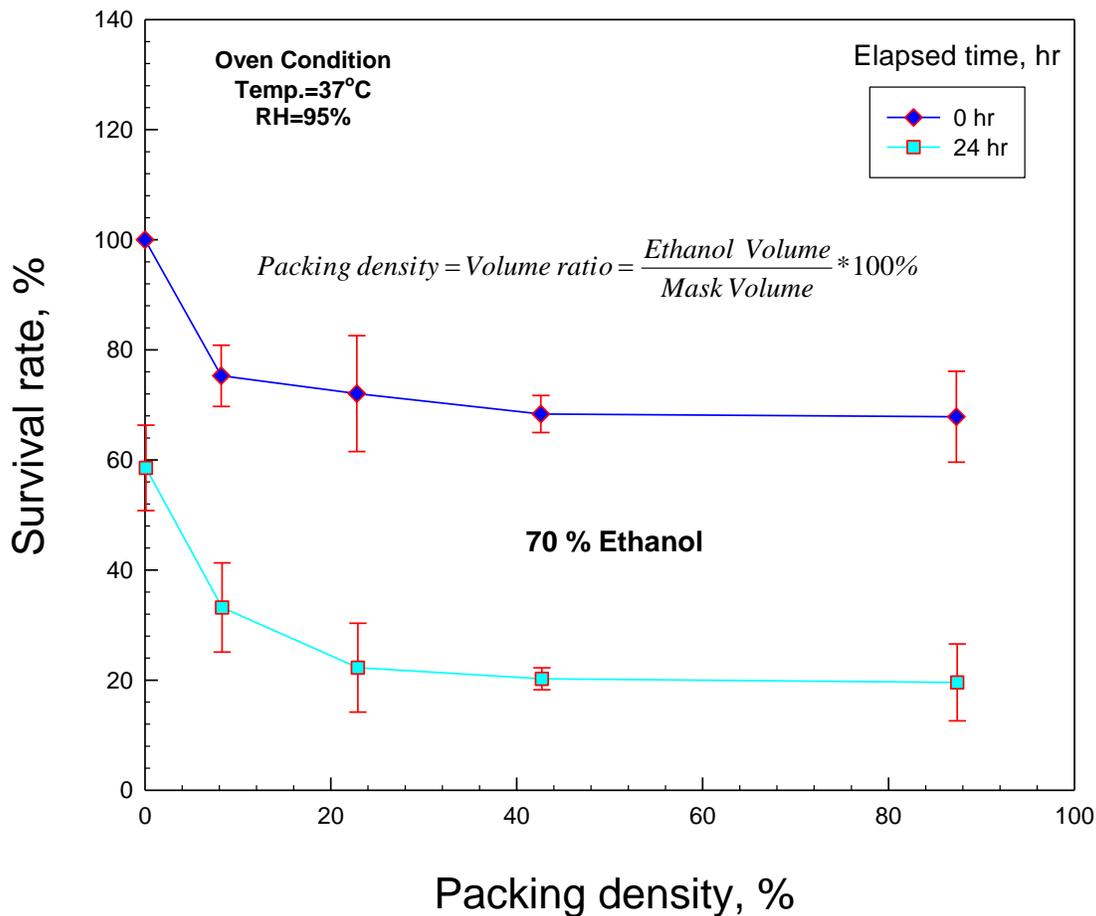


圖6：添加同濃度（70%）不等量之酒精對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖6主要在比較添加同濃度（70%）不等量之酒精對枯草桿菌消毒效果之評估。在分別使用1.6、0.8、0.4、0.15 ml 70%酒精進行口罩首次消毒處理，因口罩的體積為1.84 ml（以口罩浸入水後，施以超音波震盪後排開水體積推估。），所以其酒精添加量為濾材體積之87.3%、43.6%、22.8%和8.2%，結果顯示首次0.15 ml、70%酒精消毒處理過後，尚有65~75%左右的存活率。由於在首次之消毒效果不佳，所以濾材在儲放於37°C溫度，相對濕度95%的環境下24小時後，在1.6 ml、70%酒精添加下，枯草桿菌尚約有20%以上的存活率。以添加多量如1.6 ml與0.8 ml的70%酒精的消毒效果最好。

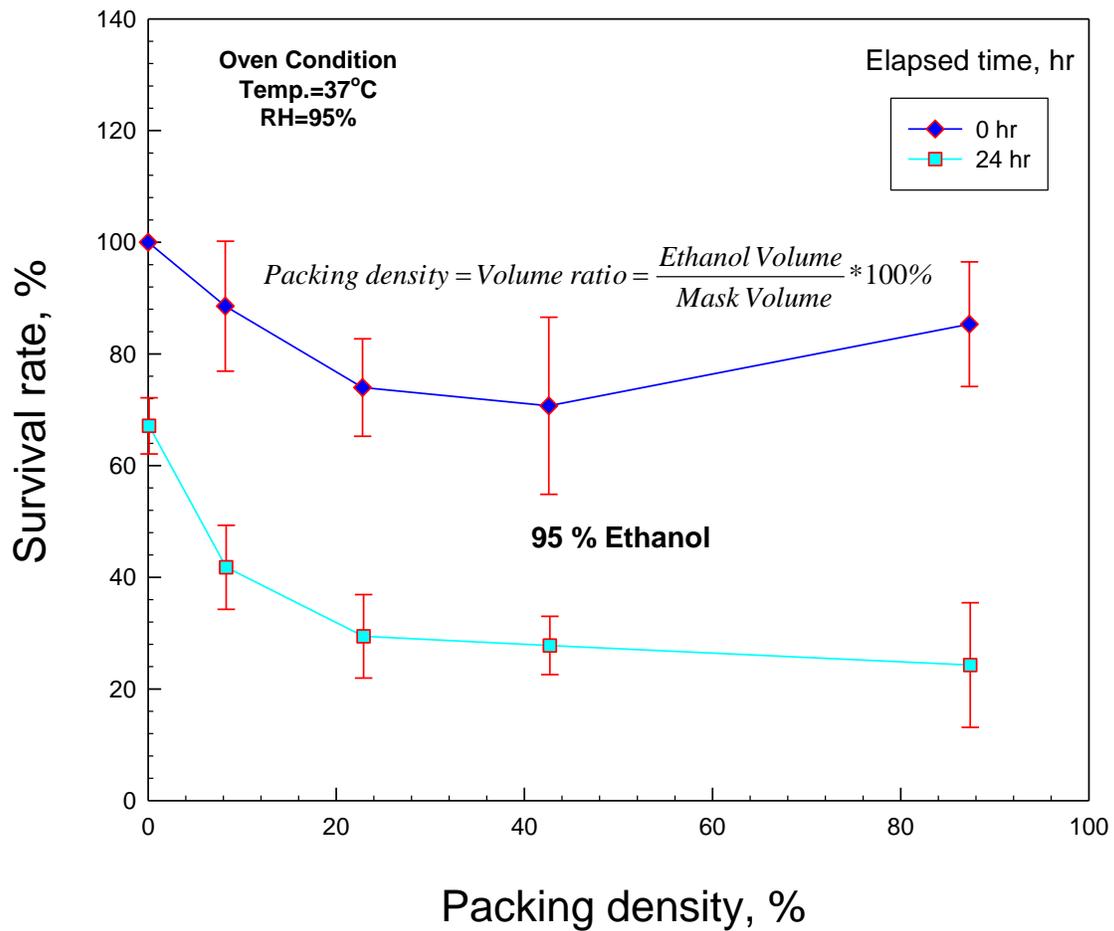


圖7：添加同濃度（95 %）不等量之酒精對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖7主要在比較添加同濃度（95 %）不等量之酒精對枯草桿菌消毒效果之評估。在分別使用1.6、0.8、0.4、0.15 ml 95 %酒精進行口罩首次消毒處理，因口罩的體積為1.84 ml（以口罩浸入水後，施以超音波震盪後排開水體積推估。），所以其酒精添加量為濾材體積之87.3 %、43.6 %、22.8 %和8.2 %，結果顯示首次0.15 ml、95 %酒精消毒處理過後，尚有75%以上的存活率。由於在首次之消毒效果不佳，所以濾材在儲放於37 °C溫度，相對濕度95 %的環境下24小時後，在1.6 ml、95%酒精添加下，枯草桿菌尚約有28 %以上的存活率，此結果和70 %的酒精類似。另外，添加量部分同樣是以添加量較多的95 %的酒精的消毒效果較佳。

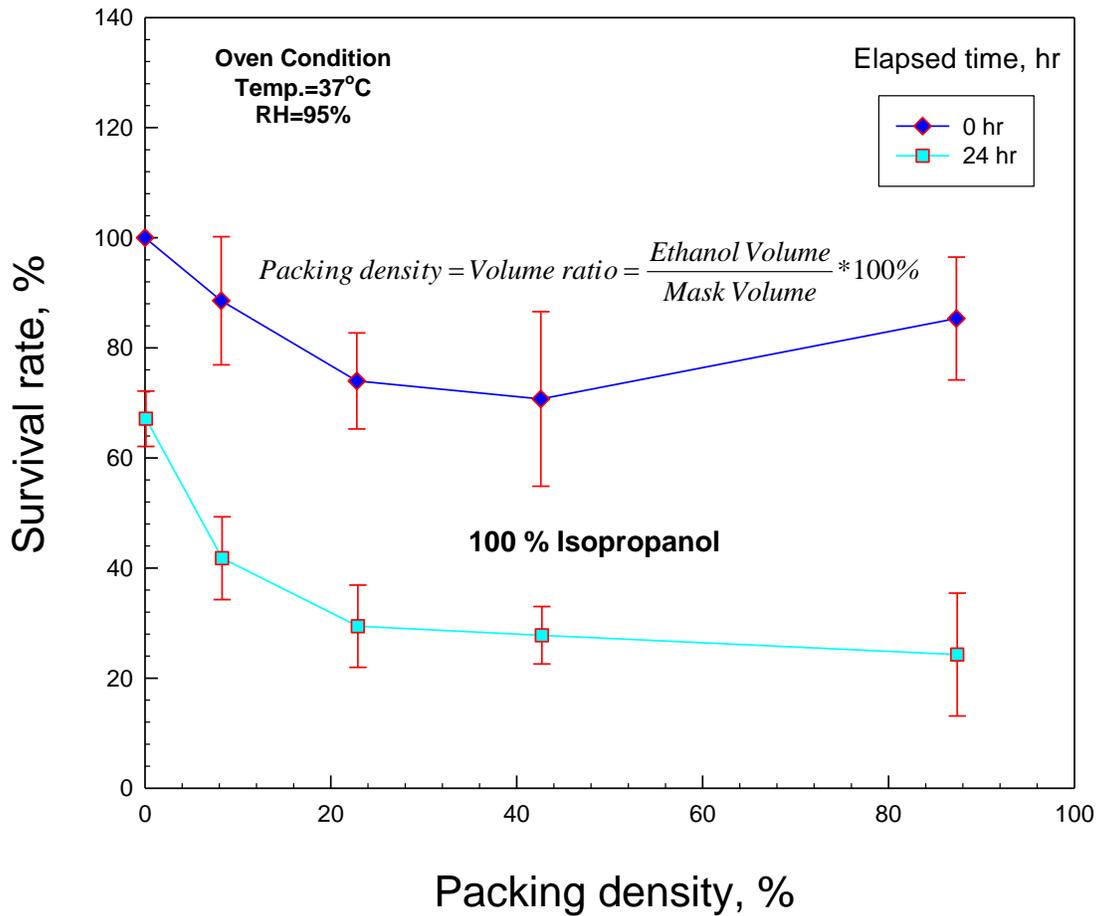


圖8：添加同濃度（100 %）不等量之異丙醇對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖8顯示出異丙醇添加量越多，在立即使用時並不會有多大的消毒效果，反而是在添加異丙醇體積佔口罩體積之充填密度22.8 %，適量的異丙醇時，能達到立即的效果，而消毒過後的濾材放置24小時後，其消毒效果更為顯著，反而在異丙醇添加量越多時，所產生的消毒效果越好。

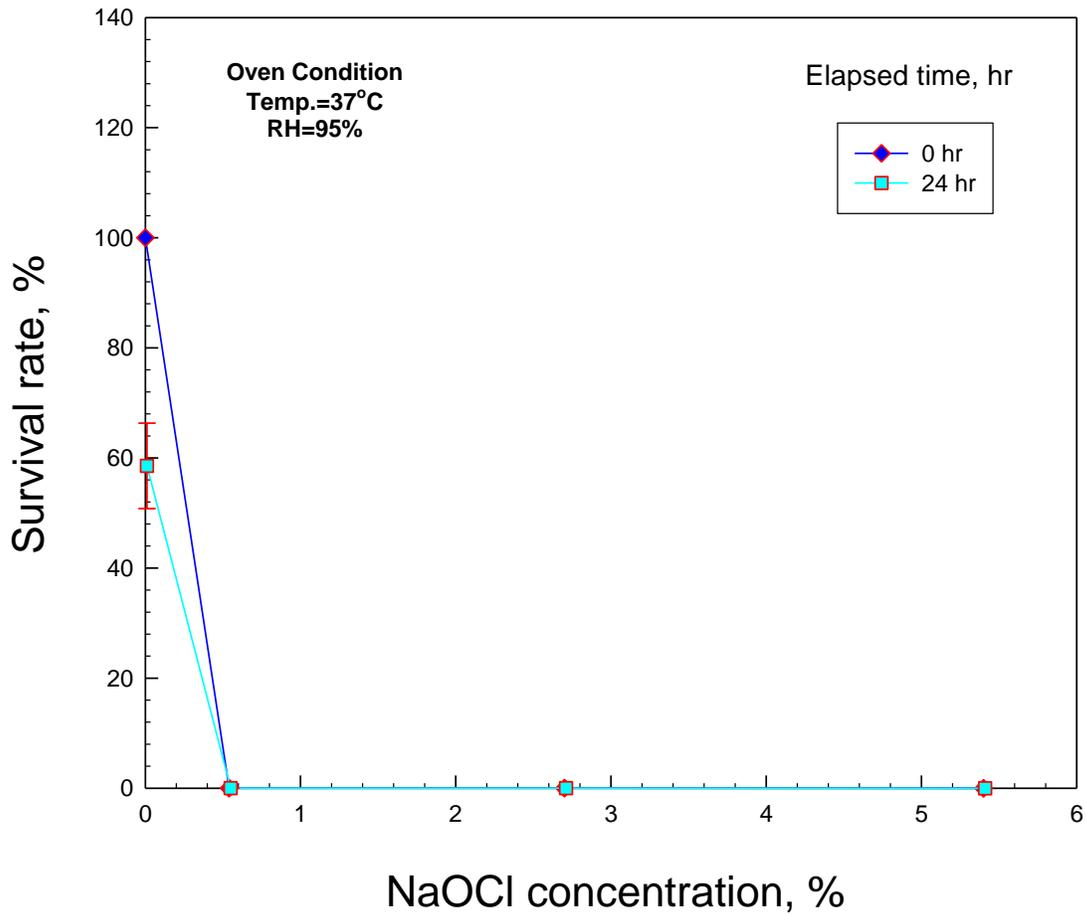


圖9：添加等量（0.4 ml）不同濃度之NaOCl對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖9主要在比較添加等量（0.4 ml）不同濃度之NaOCl對枯草桿菌消毒效果之評估。在分別使用5.4、2.7、0.54 % NaOCl（0.4 ml）進行口罩首次消毒處理過後，幾乎達到100 %左右的消毒效果。由於在首次之消毒效果極好，所以濾材在儲放於37 °C溫度，相對濕度95 %的環境下24小時後，枯草桿菌並沒有任何存活、繁殖狀況發生。由結果可以發現將NaOCl稀釋10倍之後，一樣具有很強的消毒效果。

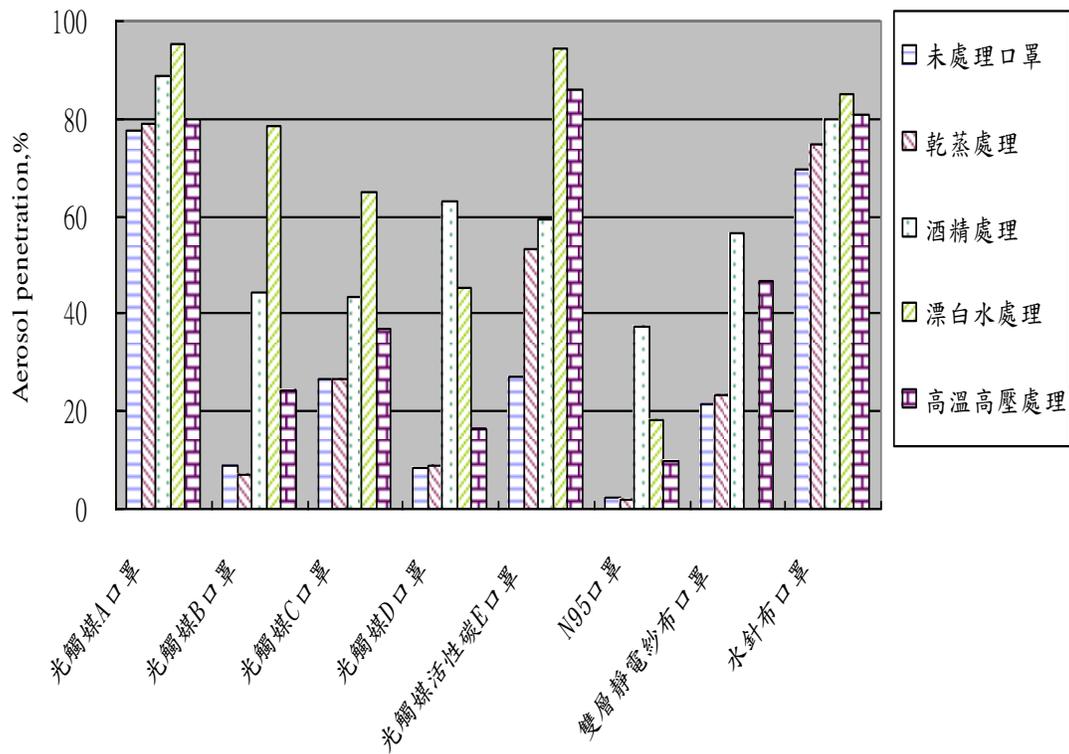


圖10：Penetration percentage of masks for 0.3 $\mu$ m particles 【郭等人, 2005】

圖10為奈米光觸媒口罩再生之過濾特性研究中提到，處理前之貫穿率為2.12%，經酒精與漂白水處理過後貫穿率上升到37.35%與18.33%。根據此研究顯示，濾材經過乾蒸處理後，對於濾材補集微粒的效率影響不大；濾材經過酒精與漂白水處理後，其對濾材補集微粒的效率影響較大。主要原因可能是酒精與漂白水處理移除了濾材上的帶電，此外，漂白水處理亦會破壞了濾材的結構。經過再生處理之濾材，其補集微粒的效率降低，以酒精與漂白水對濾材的影響顯著（郭等人，2005）。

比較前幾項消毒處理方式，經過乾蒸處理、漂白水、高壓滅菌釜等消毒處理之濾材，其消毒結果皆能達到100%之殺菌效能，而濃度70%以上的酒精和100%的異丙醇只具有部分的消毒效果，但卻未能達到完全殺菌，顯見大部分經過熱處理的消毒，較添加化學物質之消毒更具效果。因此在防疫物資缺乏時，若需重複使用口罩，除需考慮消毒效果外，應一併考慮消毒效果對口罩過濾品質之影響。

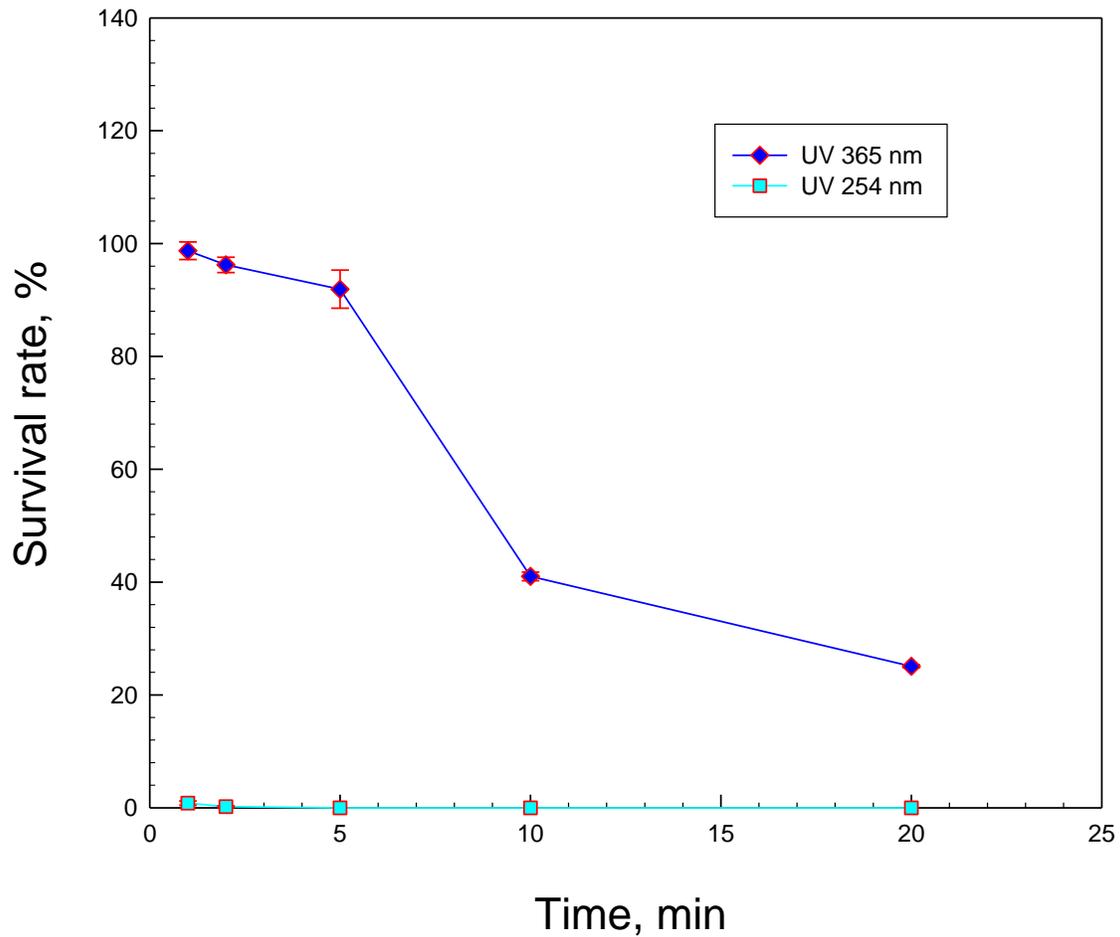


圖11：使用UV254nm及365nm對枯草桿菌消毒效果之比較。

圖11主要在比較使用波長分別為254 nm、365 nm。在分別使用UV254nm、365nm進行口罩首次消毒處理過後，UV的照射高度為10 cm，口罩正反面各照射 1、2、5、10、20分鐘，對枯草桿菌消毒效果之比較。在波長365 nm時，照射20分鐘後，消毒效果仍然還有20%的存活率，但是波長254 nm消毒效果相當的強，只照射1分鐘就將近0%，消毒效果十分好。

## 六、結論

經過消毒處理之濾材，以NaOCl、高溫高壓、乾蒸處理和波長254 nm的UV對濾材的消毒效果顯著，而濃度70%以上的酒精和100%的異丙醇具有部分消毒效果，但卻未能達到完全殺菌的效果，顯示以熱處理的消毒最具效果。

未進行消毒處理的濾材，在經過24小時的培養後，將還有63%左右的枯草桿菌

存活，所以約有37%的枯草桿菌在24小時內衰亡。本研究中發現將NaOCl稀釋10倍之後，一樣具有很強的消毒效果，其殺菌的效果達到100%。

若以100%異丙醇消毒，在添加不同量時，添加量越多效果越差；而在經過培養一天後，異丙醇添加量越多時，所產生的消毒效果越好，但是與其他消毒方式相比，添加充填密度22.4%的100%異丙醇消毒後，再放置24小時後，卻約有30%以上的存活率，消毒的效果不彰。

建議消費者在使用口罩同時，儘量不要重複使用口罩，但是在物資缺乏的情況下，未能使用高壓滅菌釜、乾蒸處理和波長254 nm的UV，則可以使用濃度70%以上的酒精及100%的異丙醇進行消毒，可以達到有限度的防護效能，但根據郭等人於2005年之奈米光觸媒口罩再生之過濾特性研究中提到，口罩濾材在消毒處理前之貫穿率為2.12%，經酒精與漂白水處理過後，貫穿率上升到37.35%與18.33%。主要原因可能是酒精與漂白水處理移除了濾材上的帶電，此外，漂白水處理亦會破壞了濾材的結構。然而濾材經過乾蒸處理後，對於濾材補集微粒的效率影響不大。因此，在防疫物資缺乏時，若需重複使用口罩，除需考慮消毒效果外，應一併考慮消毒效果對口罩過濾品質之影響。

本研究未來希望將革蘭氏陰性菌-大腸桿菌列入採樣評估的菌種，進行消毒測試，以比較負載不同菌種的消毒效率，並結合消毒效率及濾材的再過濾效率，製作一指標，作為濾材再使用的參考依據。

## 七、參考文獻

- Biosafety Reference Manual 2<sup>nd</sup>, American Industrial Hygiene Association, P51~P94, 2000.
- Brousseau, L., Chen, S.-K., Vesley, D., Vincent, J.H., 1994. System design and test method for measuring respirator filter efficiency using Mycobacterium aerosols. *Journal of Aerosol Science* 25, 1567-1577.
- Chen, C.C., Lehtimaki, M. and Willeke, K. "Loading and Filtration Characteristics of Filtering Facepiece," *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 54, pp. 51-60 (1993).
- Davies, C.N., *Filtration of Aerosols. J. Aerosol Sci.* 14:147-161, 1983.
- Elixmann, J.H., Jorde, W., Linskens, H.F., 1987. Filters of an airconditioning installation as disseminators of fungal spores. In: Boehm, G. (Ed.), *Advances in Aerobiology*. Birkha K user Verlag, Switzerland, pp. 283-286.
- Hinds, W.C.: *Aerosol Technology*. New York; John Wiley and Sons, Inc. 164-186, 1982. [http://www.coa.gov.tw/law/lawsystem/down\\_2/f1/30.htm](http://www.coa.gov.tw/law/lawsystem/down_2/f1/30.htm)
- Lacey, J., Dutkiewicz, J., 1994. Bioaerosols and occupational lung disease. *Journal of Aerosol Science* 25, 1371-1404.
- Lai, C. Y.\*, Lin, W. H., and Chiang, C.H.: *Survival of Bacteria at Different Storage Condition and Nutrition on Respirator Filter, AS&T*, (submitted, 2006).
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., and Parker J. (1997a). *Brock Biology of Microorganisms*, 8th ed., Prentice-Hall, New Jersey, pp. 149-178.
- Maus, R., Goppelsroder, A., Umhauer, H., 1997. Survival of bacterial and mold spores in air filter media. *Atmospheric Environment* 35, 105-103.
- Pasanen, A.-L., Nikulin, M., Berg, S., and Hintikka, E.-L. (1994). *Stachybotrys Atracta May Produce Mycotoxins in Humid Environments*, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 55:62-65.

- Small WS., Report of the Subcommittee on Air Processing-American Academy of Allergy. J. Allergy. 28:455, 1957.
- U.S. Environmental Protection Agency, Indoor Environments Division (6604J), Office of Air and Radiation. Residential Air Cleaning Devices: A Summary of Available Information. From <http://www.epa.gov/iedweb00/pubs/residair.html>, 1990.
- Wang, Z., Reponen, T., Willeke, K., Grinspun, S., 1999. Survival of bacteria on respirator filters. Aerosol Science and Technology 30, 300-308.
- 世界衛生組織網站。來源：<http://www.who.int/en/>。
- 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，「醫療院所職業性生物危害預防指引-空氣傳播病原菌」，P158~P194，2003。
- 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所新聞稿，「請注意實驗室生物危害預防管理」，2004。
- 行政院勞委會勞工安全衛生研究所-勞工安全衛生簡訊第46期--生物科技產業的職業安全衛生標準，來源：<http://www.iosh.gov.tw/data/f2/sp46-8.htm>。
- 周國村：何謂隔離衣與防護衣？其品質要求又是什麼，中國紡織工業研究中心 <http://test.ttri.org.tw/>，2003。
- 疾病管制局感染管制小組-工作業務手冊之皮膚消毒，2005。
- 陳春萬“防塵口罩防護效能探討”，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究計畫 IOSH89-H308，1999。
- 葉文裕，“奈米微粒對帶電濾材之過濾特性研究”，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究計畫，IOSH91-H307，2000。
- 醫療院所職業性生物危害預防指引-空氣傳播病原菌，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，P158~P194，2003。

## 八、研究結果自評：

雖然沒有優秀的國立大學博士生、碩士生，但把濛濛懂懂的大專生訓練的能進行研究，而且啟發專題生們的研究精神，是個人覺得最高興的事！

## 對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻

- 1 落實職業衛生之生物危害性控制，避免或降低遭受生物性物質的暴露。
- 2 加速提升生物危害防護與環境控制等所需之技術及人才。
- 3 改善發展私校研究環境，整合校際資源，加強學者團隊研究合作。
- 4 加強、落實產業界與學術研究合作，提高國際競爭力，共創雙贏局面。
- 5 協助及提供政府訂定使用生物性物質的職業風險相關保護規定。

## 對於參與之工作人員，預期可獲之訓練

- 1 研究人力有效整合，加強團隊合作。
- 2 鼓勵學者放下身段、走出象牙塔，將學術研究成果回饋貢獻於社會。
- 3 培養研究人員社會及國際觀，關心產業發展及影響國際脈動。
- 4.改善及研擬生物性濾材之評估規範，包含個人呼吸防護具濾材。
- 5 提供接觸生物病原菌或過敏原之員工適當之個人防護設備選擇依據，建立使用正

確、保存規範，以避免因吸入或接觸病菌與過敏原而導致疾病。