

二氧化氯應用於燻蒸消毒及甲醛消除之效能研究

Chlorine dioxide is used in fumigation and disinfection and formaldehyde elimination

吳士豪(S. H, Wu)1*, ,劉明哲(M. J, Liou) 1, 吳宜桓(Y. H, Wu)1, 鐘駿威(J. W, ZHONG)1, 楊貽婷(Y. T, Yang)1, 陳仲岳(Z. Y, Chen)1

¹陸軍軍官學校 化學系mike12060117 @gmail.com

摘要

2019年底國際間爆發新冠肺炎疫災，各國遂加強室內空氣品質(IAQ.)控制與環境表面消毒研究，希能阻斷病原藉由生物氣膠與環境表面沾染的傳播途徑；除此，室內空品管制中甲醛(Formaldehyde)的去除，亦是降低危害風險的重要課題。

本研究以中性活化二氧化氯氣體燻蒸及液體實測，將受測樣品置入密封箱，並分別放入「自來水對照組」，「75％酒精」、「0.5%漂白水」、「100ppm次氯酸水」、「3.5％過氧化氫溶液」、「0.05％EP606二氧化氯溶液」與「EP606二氧化氯凝膠燻蒸瓶(0.06%)」6種消毒劑 250毫升，使用ATP檢測儀採檢密閉箱內樣品，研究顯示：取樣第6週馬鈴薯與吐司麵包上的相對菌落量(RLU)為：2492、0、2293、7477、4412、0 與 0；7557、1、8544、8538、8230、13 與 2。二氧化氯燻蒸瓶與酒精呈現最佳燻蒸消毒抑菌力，二氧化氯溶液次之，二氧化氯無論是使用固液凝膠態或水溶液，均能在測試樣品上，對比於漂白水與次氯酸組發揮長達 6週 99.9%以上燻蒸抑菌效能，另外採集密封3週後的馬鈴薯與吐司麵包上的菌落，以上述各式消毒劑進行添加滅菌實驗消毒 60 秒鐘後，酒精、漂白水與活化二氧化氯溶液均能除菌 99.6%。

智慧型手機乘載著飛沫與手部接觸的疫病沾染風險，表面曾被驗出流感病毒、大腸桿菌與金黃色葡萄球菌等致病原。為驗證噴霧除菌效能，配製「75％酒精」、「0.05％二氧化氯溶液」與「100ppm次氯酸水」，使用ATP檢測儀採樣手機表面消毒前後之相對菌落數，顯示三種消毒劑經過噴霧消毒30秒之後，手機表面平均除菌率依照高低分別為:二氧化氯91.7%、次氯酸水79.7%、酒精77%。

此外，為驗證各類消毒劑，對於甲醛消除效能，以2毫升濃度0.03％二氧化氯噴入濃度達0.62ppm甲醛的密閉書櫃內，3分鐘後甲醛降為0.04ppm分解率達 94%，顯示二氧化氯在面對甲醛時具有高速分解之效能，因此，本研究顯示使用活化二氧化氯溶液噴霧與燻蒸瓶燻蒸均能有效發揮室內去除生物氣膠與甲醛污染風險，相關實驗參數可為實場處理之整治作業參考。

關鍵字：新冠狀病毒、室內空氣品質、二氧化氯、甲醛、緩釋凝膠

Keywords:COVID-19、IAQ、Chlorine dioxide、Formaldehyde、Slow-release gel

一、前言

2019年底國際間爆發新冠肺炎疫災，至今仍延燒全球各地。各國遂加強室內空氣品質(IAQ.)控制與環境表面消毒研究，希能阻斷病原藉由生物氣膠與環境表面沾染的傳播途徑。室內空氣品質(IAQ.)管制中，生物氣膠(Bio aerosol)指標-細菌(Bacteria)、真菌(Fungus)與甲醛(Formaldehyde)控制風險的重要性。因此，本研究將以美國環保署(US.EPA.)公告之滅菌劑-中性活化二氧化氯(Neutral activated chlorine dioxide)氣體燻蒸暨液體添加消毒實測(劉明哲，2006)，了解中性活化二氧化氯在不同狀態中，分別的消毒效能作為未來維護室內空氣品質之相關方案參考。

二氧化氯氣體燻蒸消毒技術，源自美國 911 後遭受炭疽桿菌粉末郵包攻擊時的緊急應變消毒技術，國內曾應用於 SARS 與 88 風災期間流感疫病消毒，也曾經應用在木漿漂白、圖書館黴菌除污與自來水消毒等方面都證明成效良好對水果蔬菜等表面的致病性微生物具有良好殺菌效能(USEPA.,1999)，目前二氧化氯已被世界衛生組織和聯合國糧農組織推薦做為第四代消毒劑，是屬於A1等級具有廣效性、安全和高效的消毒劑(ATSDR.,2002)，由於氣體二氧化氯及液體二氧化氯具有良好的擴散性、穿透性及不造成環境及生物汙染等優點，以分子狀態迅速融合存在於水中，二氧化氯的製作包括化學法與電解法，產品狀態為強酸；中性觸媒活化法為中性，減低環境酸蝕性、提升安全性廣泛性，至於其他市面上大部分二氧化氯產品，則是必須在強酸的條件下才會釋放二氧化氯，該類型酸活化產品，較適用於工產業界，但民生醫療領域仍以中性活化二氧化氯為宜，後續配製「75％酒精」、「0.05％二氧化氯溶液」與「100ppm次氯酸水」實施智慧型手機表面消毒再實施三種消毒劑之比較。

本研究以EP606中性活化二氧化氯氣體燻蒸、液體添加與噴霧實測，將受測樣品置入密封箱，並放入「自來水對照組」，「75％酒精」、「0.5%漂白水」、「0.01％次氯酸水」、「3.5％過氧化氫溶液」、「0.05％二氧化氯溶液」與「二氧化氯緩釋凝膠燻蒸瓶(0.06%)」6種消毒劑，驗證各消毒劑抑菌效能與除甲醛效能。

二、材料及方法

(一)100ml燒杯、量筒、保鮮膜、鋁箔紙、溫度計、4L塑膠密封測試箱、測試片、手機三組、二氧化氯噴霧瓶及自來水、75％酒精、0.5%漂白水、0.05％次氯酸水、3.5％過氧化氫溶液、EP606二氧化氯燻蒸瓶與0.05％活化二氧化氯溶液等7種消毒劑各100ml，並且用以英國System sure Plus ATP檢測儀實施菌落數目之檢測，將5種溶液濃度分析與稀釋配製完成後，緩緩加入100ml於測試箱中再將市面上購買的「白吐司」、「馬鈴薯」測試片先暴露空氣中一天，樣品以叉子架高後，放入其中予以密閉，每週2次觀察與檢測，拍照紀錄測試燒杯中，受測樣品的變化。

(二)後續研究採集白吐司及馬鈴薯之菌落數，並經過「75％酒精」、「0.5%漂白水」、「0.01％次氯酸水」、「3.5％過氧化氫溶液」、「0.05％二氧化氯溶液」與「二氧化氯緩釋凝膠燻蒸瓶(0.06%)」6種消毒劑，添加消毒後開始進行比較與分析。

(三)接著進行二氧化氯噴霧法進行手機表面消毒效能研究，進行滅菌前後之比較，檢視其消毒效能。

(四)另外本研究使用英國甲醛測定儀，並運用「0.05%二氧化氯溶液」，進行儲物櫃之甲醛氣體消除實驗。

三、實驗結果

(1)操作螢光酵素檢測儀ATP，檢測各類消毒劑防黴效能，測試樣品為放置3-6週的馬鈴薯及吐司麵包，進行採樣與防黴燻蒸消毒效能測試；實驗結果(如表1)以第三週白吐司為例，自來水及次氯酸水生菌量較其他消毒劑高，第6週後，除酒精、二氧化氯溶液及燻蒸瓶菌落指標數較低之外，其他消毒劑所測得

數值菌落數指標皆偏高，以過氧化氫及次氯酸水最為嚴重。

(2)操作螢光酵素檢測儀ATP，檢測各類消毒劑防黴效能，測試樣品為放置3-10週的馬鈴薯切塊，進行採樣與防黴燻蒸消毒效能測試；實驗結果如(表2)顯示:第三週之馬鈴薯切塊以酒精、二氧化氯溶液及燻蒸瓶抑菌效果最佳，第10週後以次氯酸水、過氧化氫及自來水對照組所測得數值菌落數指標皆偏高，並以次氯酸水最為嚴重。

(3)另採樣第三週白吐司樣品添加各式消毒劑後，操作螢光酵素檢測儀ATP檢測各式消毒劑菌落數滅菌情形，將各式消毒劑添加滅菌10秒後，除次氯酸水及過氧化氫消除率為99%、97%外，其餘消毒劑皆可達到100%滅菌；接下來採樣第三週馬鈴薯樣品添加各式消毒劑後，再操作螢光酵素檢測儀ATP檢測各式消毒劑菌落數滅菌情形，將各式消毒劑添加滅菌10秒鐘後，除酒精及二氧化氯溶液消除率為100%，其餘消毒劑皆仍無法達到完全滅菌。

(4)本實驗隨機取樣3組手機作為實驗樣品，並分別使用三種消毒劑實施噴霧法將手機螢幕表面噴霧3次，以二氧化氯為例靜置10秒鐘後，手機(第一組)除污率達91%，其餘兩組手機除汙率為92%，實驗結果顯示，使用二氧化氯噴霧法再搭配使用紙巾擦拭可使滅菌效能提升，更能完整發揮二氧化氯之抑菌效能(如表3)。

(5)本研究先將閱覽室儲物櫃注入0.45毫升之甲醛(200ppm±10)溶液後，運用300ppm二氧化氯溶液消除劑進行實驗，結果顯示使用二氧化氯溶液可快速的降解儲物櫃內之甲醛氣體，在實場測試中確實於三分鐘內將甲醛降解至符合甲醛釋放濃度標準0.05ppm以下(如表4)。

表1

項目/時間	自來水對照組	酒精75%	漂白水0.5%	次氯酸水0.01%	過氧化氫3.5%	二氧化氯溶液0.05%	二氧化氯燻蒸瓶
三週馬鈴薯	5519	0	24	3	5570	3	0
三週吐司麵包	6390	7	7032	6815	385	19	38
六週馬鈴薯	2492	0	2293	7477	4412	0	0
六週吐司麵包	7577	1	8544	8538	8230	13	2

表3

項目	滅菌前RLU	滅菌後RLU	消除率%
手機(第一組)	二氧化氯	291	27
	酒精	301	50
	次氯酸水	233	46
手機樣品(第二組)	二氧化氯	277	22
	酒精	256	56
	次氯酸水	400	97
手機樣品(第三組)	二氧化氯	70	5
	酒精	224	67
	次氯酸水	150	23

四、結論

(1)各項消毒劑的濃度配置，係參考美國疾管局提供第二級消毒劑的有效濃度；綜合二種測試樣品而言，75%酒精在密閉箱的測試中呈現優異的抑菌效能，肇因於使用濃度最高且具揮發性之故；但若以消毒劑的效益值而言，則以EP606二氧化氯燻蒸瓶的抑菌效益最高，此為緩釋氣凝膠能持續釋放0.01-0.05ppm低濃度的安全二氧化氯氣體有效發揮抑菌防黴功能之故。

(2)0.05%的活化二氧化氯消毒劑在白吐司與馬鈴薯樣品上，抑菌能力保持3-6週，證明二氧化氯氣體在揮發過程中，具有容易分解、不殘留累積的環保特性。

(3)「二氧化氯」與「酒精」為具揮發性的消毒劑，能發揮預期的密閉空間內燻蒸抑菌效能，「EP606二氧化氯燻蒸瓶」因固液氣態三相凝膠系統設計，而能發揮長達8週穩定釋放微量二氧化氯達99%抑菌效能(白吐司樣品)；但是漂白水、次氯酸水與雙氧水屬於鹽系或低揮發性消毒劑，除高濃度漂白水因釋放微量氯氣，呈現中高程度抑菌效能之外，其餘兩者均無法發揮燻蒸抑菌功能。

(4)本研究顯示使用二氧化氯溶液，皆可有效降解甲醛90%以上，相信在密閉區間內能發揮強氧化力之特性，快速分解甲醛產生穩定的二氧化碳與水，藉以改善室內空氣品質。

表2

項目/時間	自來水對照組	酒精75%	漂白水0.5%	次氯酸水0.01%	過氧化氫3%	二氧化氯溶液0.05%	二氧化氯燻蒸瓶
三週馬鈴薯	228	1	573	108	307	5	0
八週馬鈴薯	5279	0	1656	5931	300	46	0
十週馬鈴薯	6714	0	236	7763	5654	363	0

表4

消除劑/時間	消除0秒鐘	消除1秒鐘	消除2分鐘	消除3分鐘
閱覽室上層櫃	0.03±0.01	—	—	—
閱覽室下層櫃	0.62±0.01	0.12±0.01	0.06±0.01	0.04±0.01
溫度25.2度C；濕度53%。 二氧化氯溶液濃度300ppm(0.45±0.01mL)。 儲物櫃內皆噴入甲醛200ppm(0.45±0.01mL)溶液，櫃內甲醛氣體濃度分別為0.03、0.62ppm。				