

家畜屠宰場空氣中微生物之分布與特性

Distribution and Characteristics of Airborne Microorganisms in Livestock Slaughterhouses

中信金融管理學院
通識教育中心

徐櫻芳

Ying-Fang Hsu

中信金融管理學院
通識教育中心
副教授

楊心豪*

Shin hao Yang

中信金融管理學院
通識教育中心

黃筱茜

Hsiao-Chien Huang

弘光科技大學
環境與安全衛生工程系

羅金翔

Chin-Hsiang Luo

勞動部
勞動及職業安全衛生研究所

洪柏宸

Po-Chen Hung

摘 要

本研究針對家畜屠宰場空氣中之細菌及真菌等微生物進行調查，以瞭解其濃度與品系等特性，並且評估製程與環境對其所產生之影響。3 家畜屠宰場依照製程劃分為繫留場、屠宰室、雜碎處理洗滌室及分切區等四區，加上戶外等各區塊每日實施空氣中細菌與真菌三次，環境條件量測與人員計數，將採集到的樣品進行微生物濃度量測與品系鑑定。在 3 家畜屠宰場中，場 1 至場 3 內空氣中細菌平均濃度分別為 247-135,406 CFU/m³、1,696-25,336 CFU/m³ 以及 848-67,739 CFU/m³。空氣中真菌平均濃度分別是 424-13,569 CFU/m³、14,735-27,244 CFU/m³ 與 424-4,240 CFU/m³。3 家畜屠宰作業環境之空氣中真菌與細菌濃度場內/場外比例則介於 3-10 倍之間，顯示場內確有污染來源貢獻。屠宰場空氣中微生物明顯高於清洗後，不同作業區域空氣中細菌與真菌濃度，於統計上均未觀察到有顯著差異。在 3 家屠宰場空氣中細菌優勢菌種為 *Staphylococcus* spp.、*Micrococcus* sp. 與 *Moraxella* sp.，真菌菌種則是以 *Cladosporium* sp. 與 *Eurotiales* sp. 佔大多數。

關鍵詞：家畜，屠宰場，細菌，真菌，菌種。

*通訊作者，中信金融管理學院通識教育中心副教授，70963 台南市安南區台江大道 3 段 600 號，shinhaoyang@ntu.edu.tw

ABSTRACT

This study aimed to investigate the distribution and characteristics of airborne microbes in three livestock slaughterhouses. The effects of the operating process and conditions on the concentration of airborne microbes would also be evaluated. Airborne bacteria and fungi were quantified and categorized in four processing areas, including lairage, slaughter hall, evisceration and meat dispatch areas, and outdoor locations three times a day after environmental parameters and personal allocation were recorded. In three livestock slaughterhouses, average bacterial bioaerosol concentrations were 247-135,406 CFU/m³, 1,696-25,336 CFU/m³ and 848-67,739 CFU/m³, respectively. The average fungal bioaerosol concentrations of three livestock slaughterhouses were 424-13,569 CFU/m³, 14,735-27,244 CFU/m³ and 424-4,240 CFU/m³. The ratio of indoor/outdoor bioaerosol concentration is three to ten, indicating the indoor microbe pollution sources did exist. Results showed the bacterial and fungal bioaerosol concentrations during slaughtering were higher than those after cleaning. And the bacterial and fungal bioaerosol concentrations in the different processing area had no statistically significant differences. In three livestock slaughterhouses the major airborne bacterial species were *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* sp. and *Moraxella* sp; the fungal species were *Cladosporium* sp. and *Eurotiales* sp.

Keywords: Livestock; Slaughterhouse; Bacteria; Fungi; Species.

一、前言

家畜屠宰場為一高生物性污染作業環境，在家畜屠宰加工流程當中，主要的污染來源是屠宰前之繫留及屠宰時之放血、脫毛與取內臟步驟；豬隻在到達屠宰場前，部分腸內菌已附著在家畜皮膚上，當在屠宰、加工過程中，可藉由環境、器具、設備、刀具及工作人員的手而造成屠體的交叉污染，而脫毛機常可附著殘留眾多污染源且持續污染屠體，而屠畜內臟內容物更是主要的污染源(Johanson *et al.*, 1983; MacKey and Roberts, 1993; Borch *et al.*, 1996)。

家畜屠宰場繫留過程中，由於經過長途運輸以及在陌生環境造成之緊迫感，會使得家畜腸內菌及病原菌等大量增殖排出體外，同時家畜屠宰場繫留欄中相互推擠排糞時已在體表交叉污染，並經口相互感染各種病原至豬隻體內，如此體表與體內交互污染情況，即屠宰過程生物性污染之開端(Rostagno *et al.*, 2003; Schmidt *et al.*, 2004)。

放血過程中，污染源經由放血刀刺入屠體頸部創口而帶入，病原菌更可乘機污染適合其增殖生長之血液及屠肉內部，同時研究並發現若未能將家畜完全電擊暈厥，導致屠宰放血時之掙扎使得糞便尿液同時排出，生物性污染由此產生(Bouvet *et al.*, 2002; Hurd *et al.*, 2001)。

脫毛機常可附著殘留眾多畜毛、皮脂、皮膚碎屑等污染物，這些污染物均富含大量微生物，脫毛過程中脫毛機上脫毛鐵栓於脫打屠體時加上配合快速滾輪滾動，常會擠壓脫毛家畜之腹部，致使直腸及膀胱內糞尿噴流出而產生大量生物性污染(Clouser *et al.*, 1995)。

取內臟現場工作人員不小心刮破的內臟內容物也是污染的主要來源之一，取內臟步驟是豬隻屠宰過程當中最容易造成污染的部份，當取內臟現場工作人員的手直接接觸其他的動物產品及受到污染的器械和用具，便藉此途徑污染各種產品，若取內臟工作人員不小心劃破屠體內臟致使腸內容物流出污染屠體時，又經水沖洗便很可

能將腸內容物經由水洗擴散使污染屠體面積加大，致使生物性污染情況更為嚴重(Oosterom and Notermans, 1983)。

由上述可知家畜屠宰過程會產生大量生物性污染，而這些生物性污染除了可能污染屠體本身外，對於作業環境而言也是一大危害，屠宰過程產生大量的微生物會經由作業過程以及環境特性，由屠體、血液、廢棄物以及環境表面逸散至空氣中，造成作業環境空氣中微生物濃度大增，進而造成作業人員危害。

Ellerbroek (1997)針對屠宰場中不同區域之生物氣膠(Bioaerosol)進行調查，研究結果發現空氣中總活菌數在交付區、去骨區和 air-chilling room 區域的濃度分別是 3.99-4.06 log Colony Forming Unit (CFU/m³)、3.40 log CFU/m³ 和 3.28 log CFU/m³；*Enterobacteriaceae* 在交付區域、取出內臟區域和去骨區域的濃度分別是 3.24 log CFU/m³、2.62 log CFU/m³ 與 1.04 log CFU/m³。

Posch *et al.* (2006)研究指出機器屠宰過程會導致腸破裂，排出腸道內容物，其中包含多種病原體微生物，同時藉由屠宰作業流程揚起成為生物氣膠，而造成作業人員感染，其中 *Campylobacter spp.* 就是屠宰家禽作業中相當嚴重的課題，其空氣中微生物濃度相當高。

Gilbert *et al.* (2012)對豬隻屠宰作業環境進行抗二甲氨基苯青黴素金黃葡萄球菌(LA-MRSA)之調查，針對屠宰作業人員之鼻腔分泌物、濕紙巾、空氣與手套進行研究，結果指出 3.2% 作業人員鼻腔帶有 LA-MRSA，而主要有 MRSA 陽性反應作業人員，是由開始屠宰發現，主要危害區域在脫毛區。

Adeeb and Shooter (2003)針對巴基斯坦之 4 家屠宰場進行生物氣膠分佈特性進行調查，結果發現總生物氣膠之濃度在 3.9-8.5 log CFU/m³，與其地區室內總生物氣膠濃度 3.7-6.4 log CFU/m³ 相比，可以發現屠宰場之生物氣膠濃度分佈是相當高的。

由上述文獻可知，家畜屠宰作業環境空氣中確實有高濃度微生物分佈，而家畜屠宰作業過程多處於室內空間，換氣不如開放性空間，為侷限

性作業場所；另屠宰作業環境相對濕度高，微生物更容易快速繁殖及擴散。因此此類作業環境空氣微生物為具有累積性與增加性，其逸散與懸浮於空氣中使得屠宰環境內工作人員暴露於此職業危害因子之風險大幅增加，研究也的確發現屠宰作業人員有較高的健康風險(Bethwaite *et al.*, 2001)。

雖然國外屠宰作業環境微生物分佈與危害之相關研究頗多，但由於台灣地區之氣候以及養殖環境特性的不同，各項污染來源與歐美等國家有所差異。同時關於國內屠宰作業環境之危害調查資料非常有限。因此實有必要針對本土家畜屠宰作業環境進行空氣中微生物之調查。

本研究主要目的在於建立台灣本土家畜屠宰場所內空氣中細菌與真菌之濃度資料，同時為瞭解此類作業場所存在之菌種類別，也將採集之細菌與真菌進行菌種鑑定；另，為探討不同作業區域與環境條件等因子對於細菌及真菌濃度之影響，再以統計檢定的方式進行分析，希冀透過此系列的採樣分析，能夠較完整建立台灣家畜屠宰場所真菌與細菌生物氣膠之分布特性。

二、研究方法

2.1 空氣中細菌及真菌之採樣策略

本研究針對國內 3 家家畜屠宰作業場所進行入空氣中細菌及真菌之採樣測定，採樣策略規劃主要依據家畜屠宰作業環境中不同製程加以區塊分別。依照作業程序可分為繫留場、屠宰室、雜碎處理洗滌室、分切包裝區、以及用具及容器清洗場所等五區塊。採樣位置距離其牆壁或角落至少 50 公分，採樣高度則為距離地面 120-150 cm 高，以模擬人類呼吸帶之暴露。

在受測之 3 家家畜屠宰作業場所中(如圖 1-3)，「屠宰室」為最主要屠宰作業區域，故成為採樣點次最多之區域，而在室外之採樣位置選擇上，主要是以離作業場區外 5 公尺外不易受場內干擾區域作為原則。因此在三家作業場所之採樣點位上屠宰室為 3 點位，其餘均為 1 點位。本研究共有兩次採樣，分別於 6 月至 8 月，及 9 月至 11 月等兩個區段，每次採樣作業行二階段採

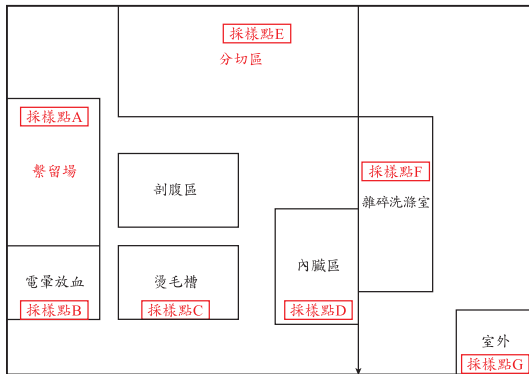


圖 1 家畜屠宰場 1 採樣環境平面圖。

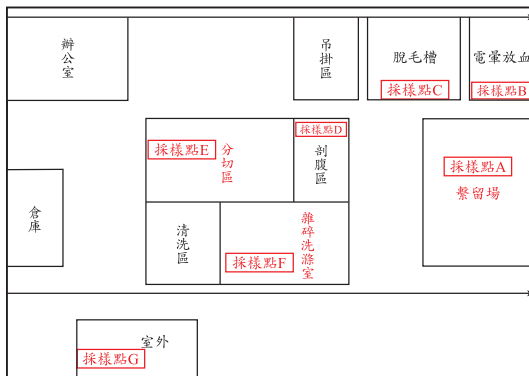


圖 2 家畜屠宰場 2 採樣環境平面圖。

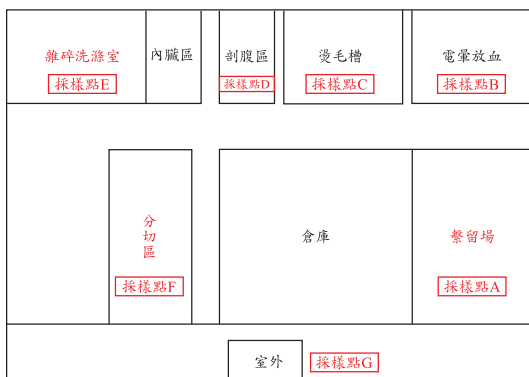


圖 3 家畜屠宰場 3 採樣環境平面圖。

樣，分別為屠宰過程中及清理後兩時段，每次採樣均為三重複採樣以確保實驗數據。此外，本研

究在每個採樣位置，亦同步紀錄採樣工作進行時之溫度、濕度、二氧化碳濃度以及風速等環境條件，以及工作人員數目，以利瞭解此些相關因子是否對於空氣中細菌及真菌分布及特性造成影響。

2.2 空氣中細菌及真菌之採樣與分析流程

本研究之生物氣膠採樣及監測工作，參考我國環保署 NIEA E301.13C 和 NIEA E401.13C 建議及規範，使用衝擊式生物氣膠採樣器 (Biostage Simple-stage Vcable Cascade Impactor, SKC Inc., USA)，採樣流量是 28.3 L/min，使用之採樣介質為倒入 27 mL 培養基之直徑 90mm 可拋棄式塑膠培養皿，其中採用兩類培養基 MEA (malt extract agar) 及 TSA (tryptic soy agar)，可分別進行真菌以及細菌採樣。正式採樣時間設定為 10 秒。採樣過程同時利用 Testo 405 thermal anemometer (Testo Inc. Germany) 量測作業環境之風速，以及 Q-trak (TSI Inc., USA) 量測作業環境之溫度與相對濕度。

為進一步瞭解實際採集之活性細菌與真菌菌落之品種，將採樣後進行純化，再以分子生物鑑定方式進行菌種鑑定樣體。菌種鑑定之步驟，主要先將純化後細菌與真菌利用 Qiagen DNeasy Plant Kit 萃取 DNA 後，細菌以 16S rDNA 比對鑑定，引子對為利用 16sF1 and 16sR1；在真菌部分則是以 ITS 必對鑑定，引子對為利用 ITS5 and ITS4，定序是以 ABI 3730XL DNA Analyzer 進行，定序後以 NCBI 資料庫比對出最符合的菌種。整體鑑定主要希望可鑑別至微生物之屬，其次若可能則是鑑別至微生物之種。

2.3 數據管理及統計分析方法

本研究主要使用下列統計方法進行分析：(1) 空氣中細菌及真菌濃度主要以平均數與標準差呈現。(2) 在整體實驗數據檢定部分，由於生物氣膠一般是右偏分布，因此採用對應的檢定方法為無母數分析方法，在不同時間(屠宰時與屠宰清洗後兩階段)以及不同作業區域之空氣中細菌及真菌濃度差異是以 Kruskal-Wallis Test 進行

顯著性分析；室內外空氣中細菌及真菌濃度差異則是以 Mann-Whitney U test 進行顯著性分析；環境因子對於空氣中細菌及真菌分布之影響是利用 Spearman rank correlation 進行分析。

三、結果

三家家畜屠宰場所各作業區、細部製程、採樣位置與作業人數如表 1，空氣中之真菌與細菌濃度分布如表 2 所示，結果顯示就平均濃度而言家畜屠宰場 2 之細菌濃度為最高，另真菌濃度的部分亦是家畜場 2 之濃度為最高。

進一步以三家家畜屠宰場所之不同作業區域來比較(如圖 4-圖 6 所示)，在家畜屠宰場所 1 中，兩次採樣中細菌類生物氣膠濃度分別是在

1,389-135,406 CFU/m³間，以及 247-12,721 CFU/m³間；真菌類生物氣膠濃度分別在 4,806-35,406 CFU/m³間與 424-3,498 CFU/m³間。細菌最高濃度出現在採樣屠宰室(採樣點 D)，最低濃度出現於繫留場(採樣點 A)之清理後時；真菌最高濃度出現於屠宰室(採樣點 D)，最低濃度出現於繫留場(採樣點 A)之清理後時。

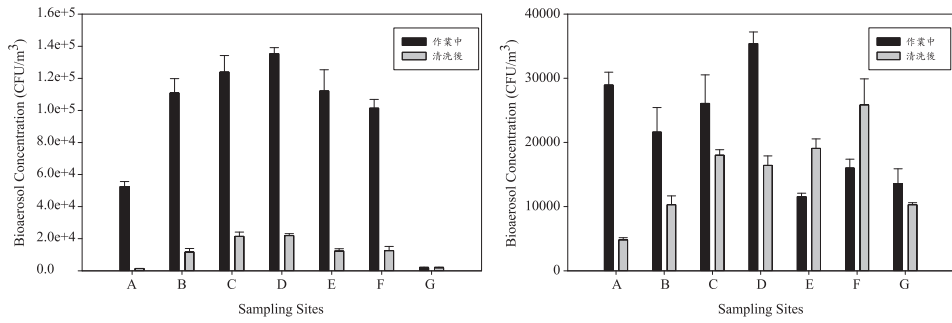
家畜屠宰場所 2 中，兩次採樣中細菌類生物氣膠濃度分別是在 1,696-25,336 CFU/m³間，以及 1,696-25,336 CFU/m³間；真菌類生物氣膠濃度分別在 14,735-27,244 CFU/m³間與 14,735-27,244 CFU/m³間。細菌最高濃度出現在採樣屠宰室(採樣點 B)，最低濃度出現於分切區(採樣點 F)之清理後時；真菌最高濃度出現於屠宰室(採樣點

表 1 家畜屠宰場作業區、細部製程、採樣位置與作業人數

	家畜屠宰場 1	家畜屠宰場 2	家畜屠宰場 3
	採樣位置		
繫留場	採樣位置 A 2 人	採樣位置 A 1 人	採樣位置 A 1 人
屠宰室	採樣位置 B 2 人	採樣位置 B 2 人	採樣位置 B 1 人
	採樣位置 C 1 人	採樣位置 C 6 人	採樣位置 C 1 人
	採樣位置 D 5 人	採樣位置 D 8 人	採樣位置 D 1 人
雜碎處理洗滌室	採樣位置 E 3 人	採樣位置 E 8 人	採樣位置 E 0 人
分切區	採樣位置 F 4 人	採樣位置 F 6 人	採樣位置 F 3 人
室外	採樣位置 G	採樣位置 G	採樣位置 G

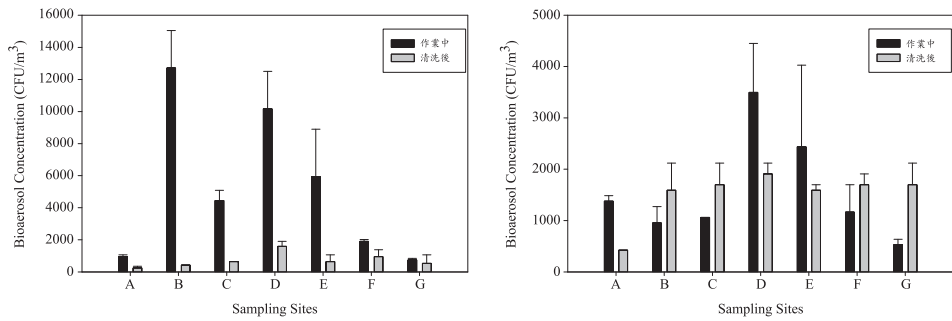
表 2 家畜屠宰場細菌及真菌平均濃度

菌類	細菌		真菌	
	屠宰作業 平均濃度(CFU/m ³)	清理後 平均濃度(CFU/m ³)	屠宰作業 平均濃度(CFU/m ³)	清理後 平均濃度(CFU/m ³)
家畜屠宰場 1 (第一次)	106,052 ± 28,724	13,553 ± 7,572	23,269 ± 8,718	15,748 ± 7,331
家畜屠宰場 1 (第二次)	6,025 ± 4,631	748 ± 476	1,749 ± 1,012	1,484 ± 532
家畜屠宰場 2 (第一次)	10,725 ± 7,889	6,343 ± 3,237	22,951 ± 4,345	17,226 ± 1,308
家畜屠宰場 2 (第二次)	11,221 ± 5,612	6,001 ± 2,715	20,754 ± 5,615	16,142 ± 2,819
家畜屠宰場 3 (第一次)	11,467 ± 4,575	6,979 ± 4,653	3,445 ± 8,39	2,597 ± 423
家畜屠宰場 3 (第二次)	14,894 ± 25,963	1,555 ± 591	1,307 ± 842	760 ± 295



第一次家畜屠宰場1細菌生物氣膠之分布

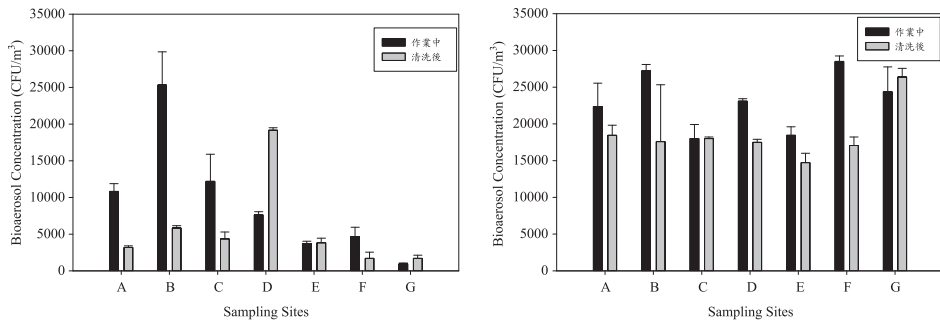
第一次家畜屠宰場1真菌生物氣膠之分布



第二次家畜屠宰場1細菌生物氣膠之分布

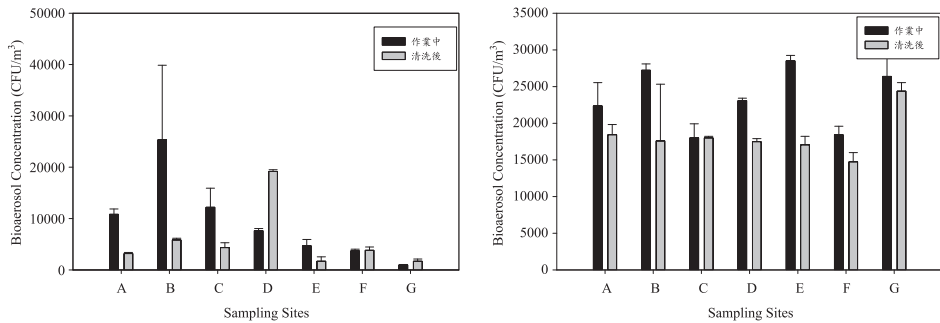
第二次家畜屠宰場1真菌生物氣膠之分布

圖 4 家畜屠 1 宰場細菌生物氣膠、真菌生物氣膠之分布。



第一次家畜屠宰場2細菌生物氣膠之分布

第一次家畜屠宰場2真菌生物氣膠之分布



第二次家畜屠宰場2細菌生物氣膠之分布

第二次家畜屠宰場2真菌生物氣膠之分布

圖 5 家畜屠 2 宰場細菌生物氣膠、真菌生物氣膠之分布。

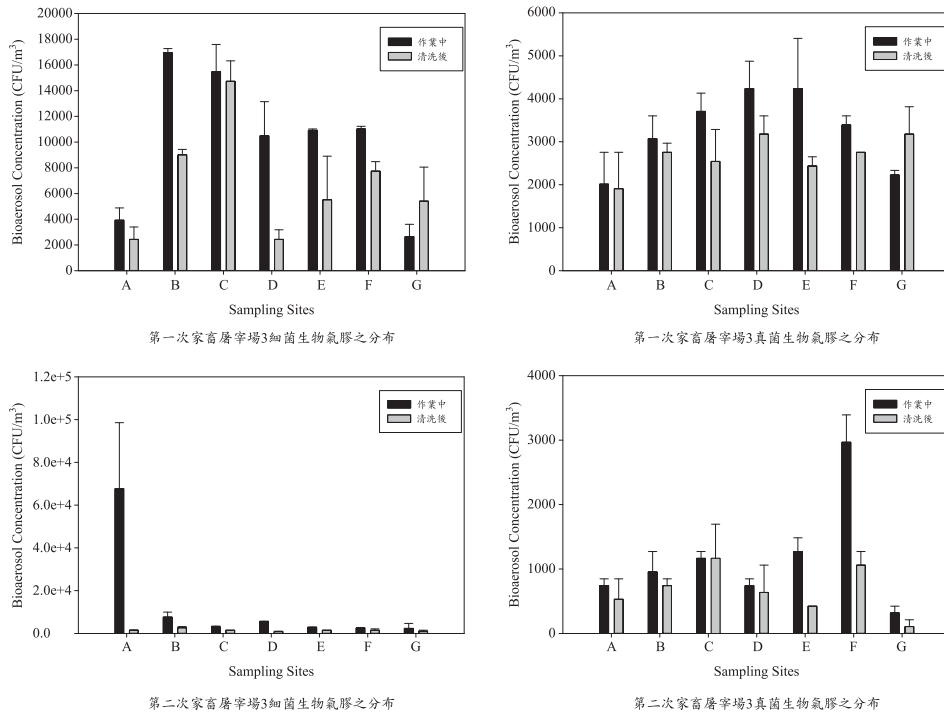


圖 6 家畜屠宰場 3 宰場細菌生物氣膠、真菌生物氣膠之分布。

B), 最低濃度第一次出現於雜碎處理洗滌室(採樣點 E)之清理後時, 第二次出現於分切區(採樣點 F)之清理後時。

家畜屠宰場所 3 中, 兩次採樣中細菌類生物氣膠濃度分別是在 2,438-16,961 CFU/m³ 間, 以及 848-67,739 CFU/m³ 間; 真菌類生物氣膠濃度分別在 1,908-4,240 CFU/m³ 間與 424-2,968 CFU/m³ 間。細菌最高濃度出現在採樣繫留場(採樣點 A)之作業中時, 最低濃度出現於屠宰室(採樣點 D)之清理後時; 真菌最高濃度出現於屠宰室(採樣點 D)以及雜碎處理洗滌室(採樣點 E)之作業中時, 最低濃度出現於繫留場(採樣點 A)之清理後時。

綜合以上之區域性探討得知於屠宰室之生物氣膠濃度最高, 但就整場之真菌與細菌濃度分布而言, 均以屠宰場 2 為最高者 (如圖 4-圖 6, 表 2 家畜屠宰場細菌及真菌平均濃度)。

各家畜屠宰場之環境條件經由兩次平均整理, 溫度於繫留場(26.2°C ± 0.5)、屠宰室(26.4°C ± 0.1)、雜碎處理洗滌室(26.6°C ± 0.2)、分切區

(26.4°C ± 0.3)、室外(26.5°C ± 0.2); 濕度於繫留場(76.5% ± 4.1)、屠宰室(84.3% ± 1.5)、雜碎處理洗滌室(86.4% ± 3.2)、分切區(85.1% ± 3.4)、室外(84.6% ± 4.2); 二氧化碳濃度於繫留場(670.7 ppm ± 68.7)、屠宰室(677.9 ppm ± 67.6)、雜碎處理洗滌室(671.9 ppm ± 46.1)、分切區(675.6 ppm ± 50.5)、室外(672.4 ppm ± 51.2)及風速於繫留場(0.1 m/s ± 0.1)、屠宰室(0.1 m/s ± 0.1)、雜碎處理洗滌室(0.2 m/s ± 0.1)、分切區(0.1 m/s ± 0.1)、室外(0.2 m/s ± 0.1)。整理結果顯示平均溫度最高及最低者分別為雜碎處理洗滌室及繫留場; 平均濕度最高及最低者分別為雜碎處理洗滌室及繫留場; 平均 CO₂ 最高及最低者分別為屠宰室及繫留場; 平均風速最高及最低者分別為雜碎處理洗滌室、室外及分切區(如表 3)。

就場內外空氣中細菌及真菌比例進行分析, 三家畜屠宰場所不論真菌或細菌, 以 Mann-Whitney U test 分析統計結果顯示 p < 0.01, 場內空氣中細菌及真菌濃度均顯著大於場外, 同

表 3 家畜屠宰場採樣位置之環境監測值

採樣位置	家畜屠宰場 1				家畜屠宰場 2				家畜屠宰場 3			
	溫度 (°C)	相對 濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	相對 濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	相對 濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	25.5	70.8	606.8	0.1	26.5	78.8	766.0	0.0	26.5	80.0	639.3	0.2
屠宰室	26.3	83.5	603.0	0.1	26.5	86.5	766.8	0.3	26.3	83.0	663.8	0.0
雜碎處理洗滌室	26.9	84.3	661.5	0.4	26.5	91.0	732.8	0.1	26.5	84.0	621.3	0.1
分切區	26.8	82.0	658.0	0.1	26.0	89.8	744.3	0.1	26.5	83.5	624.5	0.0
室外	26.7	80.5	647.0	0.1	26.3	90.3	743.8	0.3	26.6	83.0	626.5	0.1

表 4 生物氣膠與家畜屠宰場內環境參數之相關性

環境參數	細菌濃度(CFU/m ³)	真菌濃度(CFU/m ³)
溫度(°C)	0.316**	0.302**
相對濕度(%)	0.357**	0.246**
二氧化碳(ppm)	-0.511**	-0.349**
風速(m/s)	-0.022	-0.125

註：**P < 0.01(雙尾)，n = 156

時就場內外平均濃度之比例來看，場內/場外之空氣中細菌及真菌比值均在 3-10 倍間。

在比較屠宰作業與屠宰清洗後兩階段之作業環境空氣中細菌濃度與真菌濃度時，結果發現有顯著差異(p < 0.05, Kruskal-Wallis Test)，屠宰作業過程空氣中細菌與真菌濃度明顯高於清洗後，顯示清洗作業的確能有效降低作業環境空氣中微生物濃度。另比較不同作業區域之空氣中細菌與真菌濃度部分，則無顯著差異(p > 0.05, Kruskal-Wallis Test)。

就環境條件之影響部分，將溫度、濕度、風速與二氧化碳與三家家畜屠宰場之細菌及真菌濃度進行 Spearman rank correlation 統計分析(表 4)，結果顯示三家家畜屠宰場均顯示環境條件中僅有風速與細菌及真菌濃度無顯著相關，其他三項參數皆與細菌及真菌生物氣膠濃度成顯著相關。

在作業人數對細菌及真菌濃度之影響部分，同樣經由 Spearman rank correlation 分析，結果顯示家畜屠宰場作業人數與細菌濃度(r = 0.277, p <

0.05)及真菌濃度(r = 0.051, p < 0.05)均具有顯著正相關，此結果代表作業人數多寡確實會造成生物氣膠分布差異，尤其人數多時，室內作業活動度相對增加，對於空氣中的生物氣膠之產生具有顯著影響。

彙整兩次採樣之 3 家家畜屠宰場細菌菌種包含，*Staphylococcus* spp.、*Moraxella* sp.、*Exiguobacterium* sp.、*Thermomonas* sp.等菌株，由鑑定結果中可發現場 1 *Staphylococcus* spp.與 *Rothia* sp.菌屬佔大多數；場 2 *Staphylococcus* spp.與 *Moraxella* sp.菌屬佔大多數；場 3 *Moraxella* sp.與 *Staphylococcus* spp.菌屬佔大多數(如表 5)。

在兩次採樣之真菌菌種部分，則包含 *Cladophialophora* sp.、*Eurotiales* sp.、*Fusarium* sp.、*Penicillium* sp.、*Sporidiobolus* sp.、*Pseudozyma* sp.等菌株，由鑑定結果中可發現家畜屠宰場 1 與 3 皆以 *Cladosporium* sp.菌屬佔大多數，家畜屠宰場 2 則是以 *Eurotiales* sp.為大多數，*Cladosporium* sp.其次(如表 6)。

表 5 家畜屠宰場細菌類菌種比例

家畜屠宰場 1		家畜屠宰場 2		家畜屠宰場 3	
菌種 (屬)	百分比(%)	菌種 (屬)	百分比(%)	菌種 (屬)	百分比(%)
<i>Staphylococcus</i> spp.	33.79%	<i>Staphylococcus</i> spp.	47.74%	<i>Moraxella</i> sp.	26.93%
<i>Rothia</i> sp.	22.53%	<i>Moraxella</i> sp.	22.47%	<i>Staphylococcus</i> spp.	19.41%
<i>Micrococcus</i> sp.	11.26%	<i>Bacillus</i> spp.	11.18%	<i>Bacillus</i> spp.	17.03%
<i>Moraxella</i> sp.	8.19%	<i>Chryseobacterium</i> sp.	4.52%	<i>Wautersiella</i> sp.	11.68%
<i>Exiguobacterium</i> sp.	6.83%	<i>Exiguobacterium</i> sp.	4.30%	<i>Aspergillus</i> sp.	6.93%
<i>Dietzia</i> sp.	5.80%	<i>Wautersiella</i> sp.	3.87%	<i>Micrococcus</i> sp.	5.94%
<i>Thermomonas</i> sp.	5.46%	<i>Kocuria</i> sp.	3.23%	<i>Exiguobacterium</i> sp.	3.17%
<i>Agromyces</i> sp.	4.44%	<i>Thermomonas</i> sp.	1.83%	<i>Thermomonas</i> sp.	2.77%
<i>Chryseobacterium</i> sp.	4.10%	<i>Micrococcus</i> sp.	0.86%	<i>Dietzia</i> sp.	2.18%
<i>Kocuria</i> sp.	3.07%			<i>Kocaria</i> sp.	1.78%
<i>Bacillus</i> spp.	1.70%			<i>Rothia</i> sp.	1.39%
<i>Wautersiella</i> sp.	1.37%			<i>Chryseobacterium</i> sp.	0.79%
<i>Pseudoxanthomonas</i> sp.	0.68%				
<i>Cladosporium</i> sp.	0.68%				
<i>Stenotrophomonas</i> sp.	0.34%				
<i>Jeotgalicoccus</i> sp.	0.34%				

表 6 家畜屠宰場真菌類菌種比例

家畜屠宰場 1		家畜屠宰場 2		家畜屠宰場 3	
菌種 (屬)	百分比(%)	菌種 (屬)	百分比(%)	菌種 (屬)	百分比(%)
<i>Cladosporium</i> sp.	38.31%	<i>Eurotiales</i> sp.	30.64%	<i>Cladosporium</i> sp.	52.88%
<i>Eurotiales</i> sp.	26.62%	<i>Cladosporium</i> sp.	22.87%	<i>Penicillium</i> sp.	15.38%
<i>Penicillium</i> sp.	18.83%	<i>Sporidiobolus</i> sp.	20.48%	<i>Acremonium</i> sp.	8.65%
<i>Aspergillus</i> sp.	6.49%	<i>Enterococcus</i> sp.	15.55%	<i>Fusarium</i> sp.	6.73%
<i>Fusarium</i> sp.	2.60%	<i>Pseudozyma</i> sp.	4.04%	<i>Eurotiales</i> sp. sp.	5.77%
<i>Sporidiobolus</i> sp.	1.30%	<i>Fusarium</i> sp.	2.39%	<i>Enterococcus</i> sp.	2.88%
<i>Acremonium</i> sp.	1.30%	<i>Penicillium</i> sp.	1.79%	<i>Curtobacterium</i> sp.	1.92%
<i>Alternaria</i> sp.	0.65%	<i>Aspergillus</i> sp.	0.75%	Unknown	1.92%
<i>Curtobacterium</i> sp.	0.65%	<i>Meira</i> sp.	0.45%	<i>Sporidiobolus</i> sp.	0.96%
<i>Meira</i> sp.	0.65%	<i>Pseudozyma</i> sp.	0.15%	<i>Pseudozyma</i> sp.	0.96%
<i>Cochliobolus</i> sp.	0.65%	<i>Cochliobolus</i> sp.	0.30%	<i>Cladophialophora</i> sp.	0.96%
Unknown	0.65%	<i>Alternaria</i> sp.	0.30%	<i>Pseudozyma</i> sp.	0.96%
<i>Pseudozyma</i> sp.	0.65%	<i>Meyerozyma</i> sp.	0.30%		
<i>Nectriaceae</i> sp.	0.65%				

四、討論

就空氣中真菌與細菌濃度而言，均是家畜屠宰場所 2 真菌與細菌濃度為最高，主要原因即是，

此場所 2 之建築設計為全密閉式空間，並未設置外氣入口，也完全無任何換氣，加上作業人數為最多，因此造成此一場域中空氣中真菌與細菌濃度為最高。此種設計雖可避免外界之塵土與細

菌及真菌入內污染屠宰場，但卻反而因通風不良造成內部細菌及真菌無法藉由通風而降低濃度，造成職業危害風險。

就場內外空氣中真菌與細菌濃度之比較，三家家畜屠宰場所，室外採樣點(非作業區)細菌類生物氣膠濃度 530-5,406 CFU/m³；場內採樣點為 247-135,406 CFU/m³，室外採樣點(非作業區)真菌類生物氣膠濃度 106-26,396 CFU/m³；場內採樣點為 424-35,406 CFU/m³，可發現場內比起場外高出 3-10 倍，顯示場內確實有較高之細菌及真菌來源貢獻，這樣讓我們瞭解到若要降低場內空氣中微生物之濃度，可利用通風換氣，導入場外空氣之方式，進以降低家畜屠宰場所空氣中真菌與細菌之濃度。過去文獻也指出在作業場所內建議以通風換氣方式作為降低室內污染物之方式，加強換氣可以降低作業區域中 60%之總粉塵濃度 (Tsai and Liu, 2009；洪等, 2016)。

Adeeb and Shooter (2003)針對巴基斯坦之 4 家屠宰場進行生物氣膠分佈特性進行調查，結果發現總生物氣膠之濃度在 3.9-8.5 log CFU/m³，與其地區室內總生物氣膠濃度 3.7-6.4 log CFU/m³ 相比，可以發現屠宰場之生物氣膠濃度分佈是相當高的。比較國外文獻，可以瞭解本土屠宰場，細菌與真菌濃度均低於國外之調查結果。進一步與國外之生物性作業環境之細菌與真菌濃度標準相比較，O'Shaughnessy *et al.* (2012)指出荷蘭總微生物濃度建議 <10⁴ CFU/m³。英國 (UK Environment Agency) 建議總細菌濃度 <1,000 CFU/m³，與國外建議值相比，本研究所調查之三家家畜屠宰場空氣中之細菌濃度與總微生物濃度均超過國外之建議值，可知此三家作業場所空氣中細菌與真菌濃度均是明顯偏高的。

就不同作業區域之空氣中細菌與真菌分布進行探討，在本研究之結果顯示 3 個屠宰場所中內空氣中細菌濃度於 247-135,406 CFU/m³ 間，主要高濃度區域為屠宰室，空氣中真菌濃度在 424-27,244 CFU/m³ 間，雖然檢定結果顯示各作業區間空氣中微生物濃度並無顯著差異，但由濃度本身來看濃度最高不論細菌或真菌均是在屠宰作業區為最高，此結果與 Lues *et al.* (2007)研究結

果是相似的。

就細菌菌種分佈特性來看，場 1 而言 *Staphylococcus sp.* 佔大多數達 33.79%，其次為 *Rothia sp.* 達 22.53%；場 2 之 *Staphylococcus sp.* 佔大多數達 47.74%，其次為 *Moraxella sp.* (22.47%)；場 3 之 *Moraxella sp.* 佔大多數達 26.93%，其次為 *Staphylococcus sp.* (19.41%) 及 *Bacillus sp.* (17.03%)。在真菌部分，場 1 中主要為 *Cladosporium sp.* (38.31%) 與 *Eurotiales sp.* (26.62%)；場 2 之 *Eurotiales sp.* 佔比例最高為 30.64%，其次為 *Cladosporium sp.* (22.87%)；場 3 之 *Cladosporium sp.* 佔 50% 以上居多，其次為 *Penicillium sp.* (15.38%)。不過三場中均有發現 *Aspergillus sp.* 致病菌的出現 (Barnes *et al.*, 2006)。綜合 3 家家畜屠宰場之菌種鑑定結果與 Ellerbroek (1997) 及 Heber *et al.* (2006) 之研究比較後，發現與最主要菌種情形相似。

本研究於家畜屠宰作業環境中發現部分鑑定出之真菌與細菌是屬於可能致病之微生物，其中 *Staphylococcus spp.* 是可能會造成嘔吐、下痢、毒素血症等危害之微生物 (Gravet A *et al.*, 1999)。*Cladosporium spp.* 為會導致呼吸道過敏、皮膚感染、扁桃腺發炎、肺炎等疾病 (Ogörek *et al.*, 2012)，*Aspergillus sp.* 會造成呼吸道過敏、肺炎、心內膜炎與肝、腎、脾、及其他軟組織之膿瘍等 (Barnes *et al.*, 2006)，同時文獻也指出 *Aspergillus sp.* 是會產生黃麴毒素，部分作業場所中也的確發現有 *Aspergillus sp.* 的存在即會發現黃麴毒素 (Malik *et al.*, 2014)，本研究在 3 場中均檢測出 *Aspergillus sp.*，顯示作業環境之空氣中也可能存在相似毒素之風險。另外，Aringolie *et al.* (2012) 指出 *Fusarium sp.* 與 *Penicillium sp.* 菌株，會造成人類呼吸道過敏之風險，而此 2 菌種也是本研究中家畜屠宰作業環境檢出之微生物。

本研究所得結果雖未能揭示家畜屠宰場製程差異對於空氣中細菌與真菌之影響，然而數據分析顯示，此類場所確有空氣中細菌與真菌濃度偏高之狀況，且存在可能致敏或分泌毒素之真菌品系，建議可透過整體換氣或局部排氣等方案進行污染防制，方能確保環境品質與勞工健康。

五、謝 誌

感謝勞動部勞動及職業安全衛生研究所提供經費(IOSH102-H312)贊助此研究，研究團隊致上最高敬意。

參考文獻

1. Adeeb, F. and Shooter D., "Emission and Evolution of Air-Borne Microflora in Slaughter Houses," *Indoor and Built Environment*, 12(3), pp. 179-184, 2003.
2. Aringoli, E.E., Cambiagno, D.E., Chiericatti, C.A., Basilio, J.C. and Basilio, M.L., "Mycoflora study in a wheat flour mill of Argentina," *Brazilian Journal of Microbiology*, 43, pp. 1444-1451, 2012.
3. Bethwaite, P., McLean, D., Kennedy, J. and Pearce, N., "Adultonset acute leukaemia and employment in the meat industry: a New Zealand case-control study," *Cancer Causes Control*, 12, pp. 635-643, 2001.
4. Borch, E., Nesbakken, T. and Christensen, H., "Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria," *International journal of food microbiology*, 30(1-2), pp. 9-25, 1996.
5. Bouvet, J., Montet, M. P., Rossel, R., Le Roux, A., Bavai, C., Ray-Gueniot, S., Mazuy, C., Atrache, V. and Vernozy-Rozand, C., "Prevalence of verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) and *E. coli* O157: H7 in French pork," *Journal of applied microbiology*, 93(1), pp. 7-14, 2002.
6. Clouser, C.S., Knabel, S.J., Mast, M.G. and Doores, S., "Effect of type of defeathering system on *Salmonella* cross-contamination during commercial processing," *Poultry science*, 74(4), pp. 732-741, 1995.
7. Ellerbroek, L., "Airborne microflora in poultry slaughtering establishments," *Food Microbiology*, 14(6), pp. 527-531, 1997.
8. Gilbert, M.J., Bos, M.E., Duim, B., Urlings, B.A., Heres, L., Wagenaar, J.A. and Heederik, D.J., "Livestock-associated MRSA ST398 carriage in pig slaughterhouse workers related to quantitative environmental exposure," *Occup Environ Med*, 69(7), pp. 472-478, 2012.
7. Gravet, A., Rondeau, M., Harf-Monteil, C., Grunenberger, F., Monteil, H., Scheftel, J.M. and Prévost, G. "Predominant *Staphylococcus aureus* isolated from antibiotic-associated diarrhea is clinically relevant and produces enterotoxin A and the bicomponent toxin LukE-lukD," *Journal of clinical microbiology*, 37(12), pp. 4012-4019, 1999.
8. Halstensen, A.S., Heldal, K.K., Wouters, I.M., Skogstad, M., Ellingsen, D.G. and Eduard, W., "Exposure to grain dust and microbial components in the Norwegian grain and compound feed industry," *Annals of Occupational Hygiene*, 57, pp. 1105-1114, 2013.
9. Heber, A.J., Peugh, M.W., Lutgring, K.R., Zimmerman, N.J. and Linton, R.H., "Poultry Slaughtering Plants: Concentrations of Microbial Aerosols in Poultry Slaughtering and Processing Plants," *ASHRAE transactions*, 112(2), pp. 644-655, 2006.
10. Hurd, H.S., Gailey, J.K., McKean, J.D. and Rostagno, M.H., "Experimental rapid infection in market swine following exposure to a *Salmonella* contaminated environment," *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, 114, pp. 382-384, 2001.
11. Johanson, L., Underdal, B., Grøslund, K., Whelehan, O. P. and Roberts, T.A., "A survey of the hygienic quality of beef and pork carcasses in Norway," *Acta Veterinaria Scandinavica*, 24(1), pp. 1-13, 1983.
12. Lues, J.F.R., Theron, M.M., Venter, P. and Rasephei, M.H.R., "Microbial Composition in Bioaerosols of a High-Throughput Chicken-

- Slaughtering Facility,” *Poultry Science*, 86, pp. 142-149, 2007.
13. MacKey, B.M. and Roberts, T.A., “Improving slaughter hygiene using HACCP and monitoring,” *Fleischwirtschaften*, 73, pp. 58-61, 1993.
 14. Malik, A., Ali, S., Shahid, M. and Bhargava, R., “Occupational exposure to *Aspergillus* and aflatoxins among food-grain workers in India,” *International journal of occupational and environmental health*, 20(3), pp. 189-193, 2014.
 15. Ogórek, R., Lejman, A., Pusz, W., Miłuch, A. and Miodyńska, P., “Characteristics and taxonomy of *Cladosporium* fungi,” *Mikologia lekarska*, 19(2), pp. 80-85, 2012.
 16. Oosterom, J. and Notermans, S., “Further research into the possibility of *Salmonella*-free fattening and slaughter of pigs,” *Epidemiology & Infection*, 91(1), pp. 59-69, 1983.
 17. O'Shaughnessy, P., Peters, T., Donham, K., Taylor, C., Altmaier, R. and Kelly, K., “Assessment of swine worker exposures to dust and endotoxin during hog load-out and power washing,” *Annals of Occupational Hygiene*, 56, pp. 843-51, 2012.
 18. Posch, J., Feierl, G., Wuest, G., Sixl, W., Schmidt, S., Haas, D. U., Reinthaler, F.F. and Marth, E., “Transmission of *Campylobacter* spp. in a poultry slaughterhouse and genetic characterisation of the isolates by pulsed-field gel electrophoresis,” *British poultry science*, 47(3), pp. 286-293, 2006.
 19. Rostagno, M.H., Hurd, H.S., McKean, J.D., Ziemer, C.J., Gailey, J.K. and Leite, R.C., “Preslaughter holding environment in pork plants is highly contaminated with *Salmonella enterica*,” *Applied and environmental microbiology*, 69(8), pp. 4489-4494, 2003.
 20. Schmidt, P.L., O'connor, A.M., McKean, J.D. and Hurd, H.S., “The association between cleaning and disinfection of lairage pens and the prevalence of *Salmonella enterica* in swine at harvest,” *Journal of food protection*, 67(7), pp. 1384-1388, 2004.
 21. Swanenburg, M., Van der Wolf, P.J., Urlings, H.A.P., Snijders, J.M.A. and Van Knapen, F., “*Salmonella* in slaughter pigs: the effect of logistic slaughter procedures of pigs on the prevalence of *Salmonella* in pork,” *International Journal of Food Microbiology*, 70(3), pp. 231-242, 2001.
 22. Tsai, M.Y. and Liu, H.M., “Exposure to culturable airborne bioaerosols during noodle manufacturing in central Taiwan,” *Science of the Total Environment*, 407, pp. 1536-1546, 2009.
 23. 洪柏宸、徐櫻芳、楊心豪，「製香業作業場所衛生問題調查與改善策略評估 (ILOSH104-H305)」。*勞動部勞動及職業安全衛生研究所*，2016。

收稿日期：民國 107 年 1 月 15 日

修正日期：民國 107 年 3 月 1 日

接受日期：民國 107 年 3 月 6 日