

論文

家禽屠宰作業環境空氣中細菌與真菌之分佈與特性

楊心豪¹ 黃筱茜¹ 洪柏宸² 莊啓佑² 羅金翔³

¹ 稻江科技暨管理學院通識教育中心

² 勞動部勞動及職業安全衛生研究所

³ 弘光科技大學環境與安全衛生工程系

摘要

本研究主要針對家禽屠宰場進行空氣中細菌與真菌之調查，以瞭解目前台灣之家禽屠宰場中生物性危害之程度。研究中選取3間家禽屠宰場進行採樣分析，細菌與真菌生物氣膠分佈是利用衝擊式(impactor)生物氣膠採樣器進行採樣，採樣季節分別為夏季與秋季，並將現場採樣分為屠宰中與清理後兩階段進行採樣。生物氣膠採集後之真菌與細菌樣本則進一步將其純化培養，再予以分子生物鑑定方式進行菌種鑑定。研究結果發現，屠宰作業中平均細菌生物氣膠濃度達到最高 $1.67 \pm 0.15 \times 10^5$ CFU/m³，真菌生物氣膠最高可達到 $8.35 \pm 0.32 \times 10^4$ CFU/m³。菌種鑑定部分，家禽屠宰場細菌類以*Staphylococcus*、*Moraxella*、*Rothia*為主要菌屬，真菌類以*Pseudozyma*、*Penicillium*、*Cladosporium*為主要菌屬。整體而言生物氣膠較高區域會在繫留場與屠宰區，而真菌生物氣膠較高區域則會是在屠宰區與分切包裝區中。建議家禽屠宰場應該改善其通風設備，增加通風換氣進而降低場內之生物氣膠濃度，並加強全面加強工作從業人員個人防護用具的配戴，以降低感染及暴露之風險。

關鍵字：家禽、屠宰作業環境、生物氣膠、細菌、真菌

民國 103 年 6 月 30 日投稿，民國 103 年 8 月 11 日修改，民國 103 年 12 月 8 日接受。

通訊作者：楊心豪，稻江科技暨管理學院通識中心，電子信箱：shinhaoyang@ntu.edu.tw。

前言

禽類屠宰作業流程主要的生物性污染來源包含有，生產階段之育種、孵化與飼養環境等；以及屠宰作業時放血、脫毛、取內臟及分切等。禽類在到達屠宰場之前，許多腸內菌與環境中微生物均已附著在被屠體表面上，而屠宰過程中則是將屠體內部血液、內臟與腸道中之菌與微生物帶出，對於作業人員之污染則是藉由加工過程中，環境、器具、設備、作業人員之手與屠體間交互污染而產生之。家禽屠體可能的微生物污染，依照種類可分為細菌、病毒、與寄生蟲。[1-3]

同時屠宰作業過程處於室內空間，通風換氣效果不如室外，濕氣容易累積且處理後如血液、皮毛、內臟等廢棄物都為微生物可能寄居生長之來源，故生物氣膠容易繁衍與累積。屠宰場作業環境設施中生物氣膠來源眾多，且可能隨氣流揚起與移動，同時其種類、分佈濃度及運動行為則與室內之建築環境特性(包括溫度、濕度與通風換氣等相關條件)有高度關連性。

國外許多文獻也針對屠宰作業環境生物氣膠之分佈進行調查，Lues et al. (2007)針對高處理量之雞隻屠宰場進行了生物氣膠調查[4]。研究發現屠宰作業待宰和拔毛區為生物氣膠濃度最高之區域，區域中最高生物氣膠濃度分別如下，*coliforms*為 4.9×10^3 CFU/m³；*Escherichia coli*為 3.4×10^3 CFU/m³；*Bacillus cereus*為 5.0×10^4 CFU/m³；*Staphylococcus aureus*為 1.6×10^4 CFU/m³；*Pseudomonas aeruginosa*為 7.0×10^4 CFU/m³；*presumptive Salmonella spp.*為 1.5×10^4 CFU/m³；*Listeria monocytogenes*為 1.6×10^4 CFU/m³；fungi為 1.4×10^4 CFU/m³。Adeeb and Shooter (2003)針對4家屠宰場進行生

物氣膠分佈特性進行調查[5]，研究結果顯示總生物氣膠之濃度在 $3.9-8.5 \log$ CFU/m³，與同區其他室內環境之總生物氣膠濃度 $3.7-6.43 \log$ CFU/m³ 相比，發現屠宰場之生物氣膠濃度分佈是相當高的。Lutgring et al. (1997)針對禽類屠宰場進行生物氣膠分佈採樣分析[6]，結果顯示屠宰場中主要之生物氣膠為細菌類之生物氣膠，其中mesophilic bacteria生物氣膠濃度高達 $6 \log$ CFU/m³，psychrotrophic bacteria生物氣膠大約在 2.5 to $5 \log$ CFU/m³，另酵母菌生物氣膠濃度則在 2.5 to $4 \log$ CFU/m³ 間。Albert et al. (2006)針對家禽屠宰場進行生物氣膠種類調查[7]，利用Anderson single- and six-stage viable bioaerosol samplers進行採樣，研究顯示在家禽屠宰場中主要菌種為 *Listeria monocytogenes*、*Staphylococcus aureus* spp.、*Escherichia coli*、*Salmonella* spp.、以及 *Lactobacilli*。Ellerbroek (1997)針對屠宰場中不同區域之生物氣膠進行調查[8]，研究發現Enterobacteriaceae生物氣膠在交付區域濃度為 $10^{3.24}$ CFU/m³；取出內臟區域Enterobacteriaceae生物氣膠濃度為；去骨區域Enterobacteriaceae生物氣膠濃度 $10^{1.04}$ CFU/m³。Mesotrophic bacteria生物氣膠在交付區域濃度為 $10^{3.99-4.06}$ CFU/m³；去骨區域Mesotrophic bacteria生物氣膠濃度 $10^{3.40}$ CFU/m³；air-chilling room區域 Mesotrophic bacteriaa生物氣膠濃度 $10^{3.28}$ CFU/m³；在 spray-chilling room區域 Mesotrophic bacteria生物氣膠濃度 $10^{4.16}$ CFU/m³。

另，Donham et al. (2000)研究指出，在家禽作業環境之工作人員肺功能與環境暴露有關，當作業環境內生物性危害暴露濃度越高情形下，肺功能作用是下降的[9]。Posch et al. (2006)研究指出機器屠宰過程往往會導致腸破裂，排出腸道內容物，其中包含人畜共患病和

人類病原體，在屠宰作業流程揚起成為生物氣膠，而造成作業人員感染[10]。

由以上文獻顯示，在國外的調查中家禽屠宰場生物氣膠濃度相當之高，同時也對作業人員健康造成危害，而目前台灣對於家禽屠宰場生物氣膠分佈之調查卻是較為缺乏的，因此本研究即是針對家禽屠宰場生物氣膠分佈進行調查，在本研究調查過程中，除針對家禽屠宰作業環境細菌與真菌生物氣膠濃度分佈進行調查，也進行菌種鑑定以瞭解此類作業環境中主要環境菌種為何，另採樣過程中也會針對作業環境設施之環境特性進行採樣，方可對屠宰場作業環境之生物氣膠分佈以及其影響因子有明確判斷。

實驗方法

1. 家禽屠宰作業環境之採樣規劃

本研究針對家禽屠宰作業設施，選取3家屠宰場作為生物氣膠之調查目標。整體採樣將依據我國環保署NIEA E301.13C「空氣中細菌濃度檢測方法」及NIEA E401.13C「空氣中真菌濃度檢測方法」之規範進行採樣規劃，以瞭解屠宰作業區內生物氣膠濃度差異，將評估場區之位置及特性，安排適當之採樣點。此外，採樣過程中亦量測溫度、濕度及風速等環境特性，以瞭解其對於生物氣膠濃度之影響，並作為整體生物氣膠分佈特性評估之輔助資料。屠宰場內部作業環境之採樣位置應距離其區隔（如牆壁）或角落至少50公分以上，採樣高度

則為距離地面120-150cm高，以模擬人類呼吸帶之暴露。採樣位置數目之規劃原則上以每500-1,000平方公尺設立一個採樣位置，並且依照屠宰場作業環境內部勞工作業區塊與型態，增加採樣位置。

圖1至圖3為本研究所選取之三家家禽屠宰作業場所之場域，包含不同作業區域以及採樣點的規劃，場1作業區域範圍約在2公頃左右，而場2與3之作業區域大小大約為1公頃。本研究將採樣區域分為繫留場、屠宰室、雜碎處理洗滌室、分切包裝室、用具及容器消毒場所，主要針對這些區域設定採樣點，進而了解不同區域的作業程序對於作業環境生物氣膠分佈之差異，以利取得屠宰場內部具代表性之生物性氣膠樣本，表1-表3為場1-3之不同區域作業內容以及各採樣點之作業人數。

本研究採樣作業將分為「作業中」及「清理後」進行採樣，「清理後」之採樣工作為屠宰作業結束後，由作業人員將場區依據「屠宰作業準則」之規範進行場區清潔，待清潔過後開始採樣，進而與作業中之採樣結果進行比對，以了解屠宰作業之「作業中」與「清理後」之生物氣膠濃度差異。在每一個採樣點，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，以及工作人員數目及行為，以利進行生物氣膠濃度影響推估。此外，屠宰場作業環境之生物氣膠採樣及環境監測工作，以分為第一次（夏季）及第二次（秋季）等兩個時段中執行，同時在每一點生物氣膠之採樣均是三重複實驗。

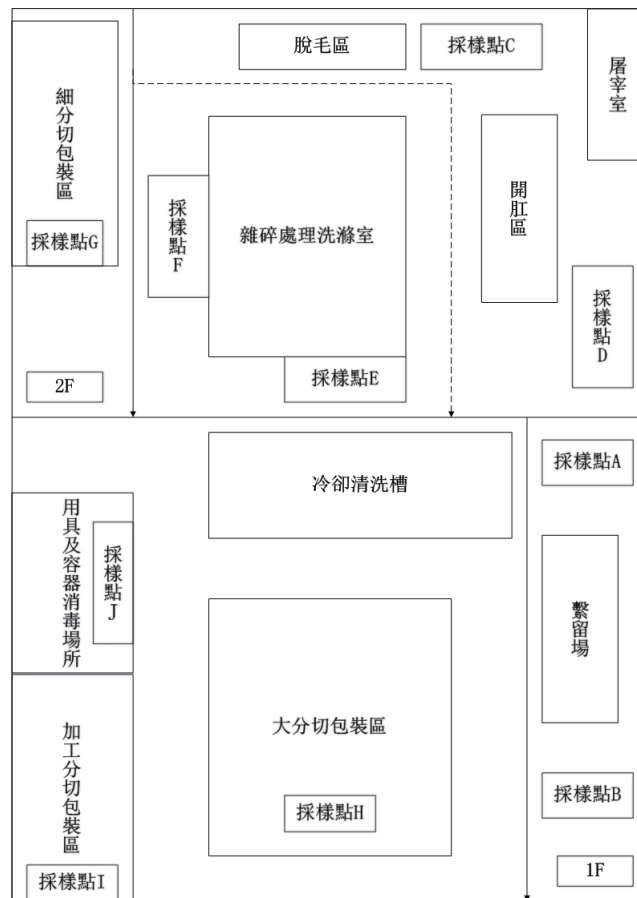


圖1 家禽屠宰場1採樣環境平面圖

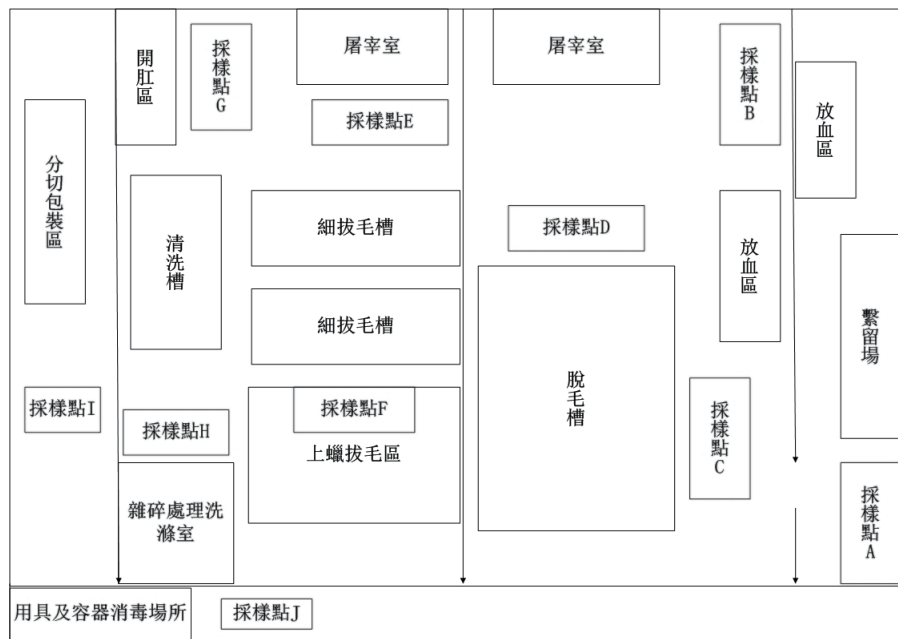


圖2 家禽屠宰場2採樣環境平面圖

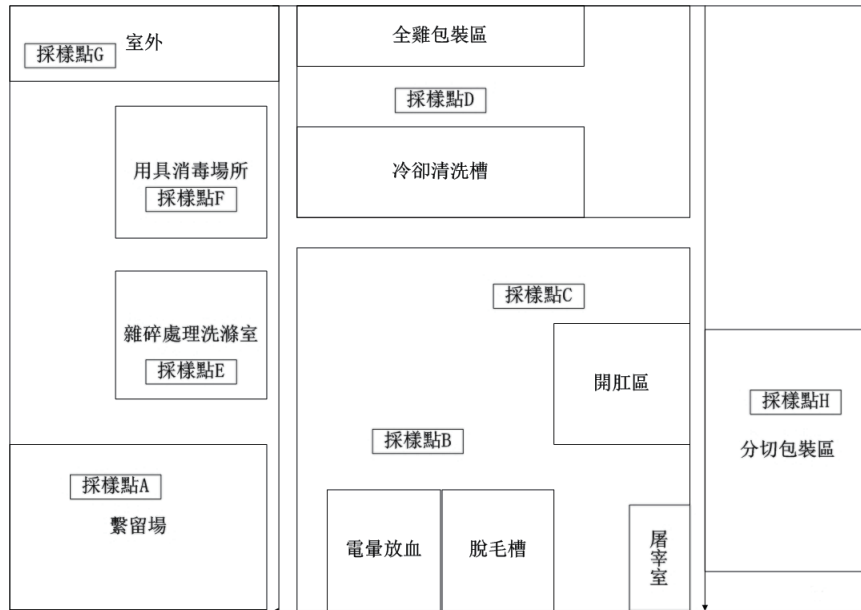


圖3 家禽屠宰場3採樣環境平面圖

表1 家禽屠宰作業場所1作業人數及工作項目統計

採樣區域	採樣點	作業人數(人)	工作項目
繫留場	採樣點A	7	屠體吊掛
	採樣點B	7	屠體吊掛
屠宰室	採樣點C	2	燙毛、脫毛
	採樣點D	13	屠體開肛取內臟、運送內臟
雜碎處理洗滌室	採樣點E	4	清洗內臟及分類
	採樣點F	4	清洗內臟及分類
分切包裝區	採樣點G	31	屠體分切
	採樣點H	48	輪刀分切
	採樣點I	48	屠體分切、醃漬
用具及容器清洗洗場所	採樣點J	3	消毒用具

表2 家禽屠宰作業場所2作業人數及工作項目統計

採樣區域	採樣點	作業人數(人)	工作項目
繫留場	採樣點A	3	屠體吊掛
	採樣點B	4	屠體電暈、割喉放血
屠宰室	採樣點C	4	燙毛、脫毛
	採樣點D	4	燙毛、脫毛
	採樣點E	31	拔毛
	採樣點F	3	屠體開肛取內臟
	採樣點G	8	上蠟拔毛、屠體氣管切除
雜碎處理洗滌室	採樣點H	5	清洗內臟
分切包裝區	採樣點I	3	屠體及內臟包裝
用具及容器清洗洗場所	採樣點J	1	消毒用具

表3 家禽屠宰作業場所3作業人數及工作項目統計

採樣區域	採樣點	作業人數(人)	工作項目
繫留場	採樣點A	4	屠體吊掛
屠宰室	採樣點B	11	屠體電暈、割喉放血
	採樣點C	6	屠體開肛取內臟、運送內臟
雜碎處理洗滌室	採樣點D	7	清洗內臟
分切包裝區	採樣點E	24	屠體包裝、搬運
	採樣點F	18	屠體分切
用具及容器清洗洗場所	採樣點G	5	消毒用具

2. 活性生物氣膠採樣

本研究之細菌與真菌生物氣膠採樣及監測工作，是使用衝擊式生物氣膠採樣器 (Biostage Simple-stage Vcable Cascade Impactor, SKC Inc., USA)，此採樣器上有400孔，孔徑為0.25 mm，採樣時以充電電池啟動內置馬達抽取空氣，當氣流轉變方向時，細菌及真菌因慣性被收集到培養基上，採樣流量是28.3 L/min，採樣前後該機器本身會自行校正其流量，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。本研究中採用2種培養基，Malt Extract Agar (MEA)及Trypticase Soy Agar (TSA)。其中MEA為美國工業衛生師協會

(American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH)推薦使用的廣效性培養基，可提供大部份的真菌生長，而TSA則用以收集培養空氣中之細菌。每個採樣點進 兩次採樣，分別是在凌晨屠宰過程中進行採樣，以及早上屠宰完後之非屠宰時間進行採樣，除在每個採樣點均附以重複試驗進行。樣後將培養基放入恆溫培養箱中培養。經前測後，目前採樣時間是定為10秒鐘之採樣時間進行採集，以避免出現造成無法計數 (too many to count, TNTC) 之情形。

針對採集培養細菌使用之TSA及真菌使用之MEA培養基之配置方法，將按照兩種培養基之標準配方秤取所需之培養基成分加上適量之去離子水均勻混合後，放入加壓滅菌釜以121°C高溫進行滅菌20分鐘。滅完菌後，待培養基冷卻之55-60°C，分裝至27ml的培養基至培養皿（90×15mm）中，待其凝固後儲存於4°C冰箱中備用。

TSA細菌培養基必須於30±1°C培養48±2小時後計數菌落數，而MEA真菌之培養則必須於25±1°C培養箱內培養4±1天後計數。樣本均以菌落數校正表(positive hole conversion table)校正菌落數，而後根據校正菌落數、採樣流量及採樣時間等參數，依照下列公式(1)回推為空氣中濃度即可推估屠宰作業環境中生物氣膠之濃度。根據環保署標準方法，最小偵測極限則是以小於一個CFU做為估算依據，本研究採樣時間為10秒，因此下界為<212CFU/m³。 生物氣膠濃度(CFU/m³)=校正後菌落數(CFU)/[28.3(L/min)×t(min)×10⁻³(m³/L)] (1)

3. 菌種鑑定

為進一步瞭解實際採集之活性細菌與真菌菌落之品種，根據過去文獻[11-12]指出，先進行真菌與細菌生物氣膠之採樣，採樣後進行純

化，再以分子生物鑑定方式進行菌種鑑定，因此本研究在實際細菌與真菌採樣培養後，細菌部分初步先經分離純化後將型態相同者進行分類，再進一步則是以革蘭氏染色法初步進行分子生物菌種鑑定。真菌則是初步先將型態相同者進行分離純化及分類，再轉殖純化後進行分子生物菌種鑑定，菌種鑑定中，細菌是利用抽取DNA進行16S rDNA比對鑑定，另真菌則是以抽取DNA進行18S rDNA比對鑑定。本研究鑑定主要鑑別至微生物之屬。

4. 環境特性偵測

本研究在採樣過程中，對於作業環境之特性也同時進行監測，分別利用風速計(PROVA AVM-03/AVM-01)量測家禽屠宰作業環境之風速，以及Q-trak (Model 7565, TSI Inc., USA)量測作業環境之二氧化碳、溫度與相對濕度。

5. 統計檢定

整體實驗數據檢定部分，由於生物氣膠一般是右偏分佈，因此採用對應的檢定方法為無母數分析方法，因此在實驗數據檢定方法為下，不同作業區域生物氣膠濃度之差異分析是以Kruskal-Wallis Test進行顯著性差異分析；室內外生物氣膠之差異是以Wilcoxon Signed-Rank Test進行顯著性差異分析；環境條件對於生物氣膠分佈之影響是利用Spearman correlation coefficient進行分析。

結果與討論

1. 家禽屠宰場1細菌與真菌生物氣膠之分佈特性

家禽屠宰場1為南部一大型家禽屠宰場，表4與5為在場1針對11個採樣點在兩次採樣下之細菌及真菌類生物氣膠濃度分佈統計表，

結果顯示在2次的採樣下，家禽屠宰場1場外採樣點細菌生物氣膠濃度在 $1.14 \pm 0.21 \times 10^3$ - $1.80 \pm 0.8 \times 10^3$ CFU/m³ 間，在場內採樣點部分細菌生物氣膠濃度在 $3.71 \pm 1.10 \times 10^3$ - $1.46 \pm 0.07 \times 10^5$ CFU/m³ 間（作業中），場內中在清理後細菌生物氣膠濃度則可低於偵測極限（<212 CFU/m³）。最高濃度出現於採樣繫留場（採樣點A）之作業中時，最低濃度出現於分切包裝區（採樣點G）之清理後時。在真菌生物氣膠部分，結果顯示在2次的採樣下，家禽屠宰場1場外採樣點真菌生物氣膠濃度在 $2.12 \pm 0.00 \times 10^2$ - $6.49 \pm 1.54 \times 10^2$ CFU/m³ 間，在場內採樣點部分真菌生物氣膠濃度在 $1.20 \pm 0.23 \times 10^3$ - $8.35 \pm 0.32 \times 10^4$ CFU/m³ 間（作業中），場內中在清理後真菌生物氣膠濃度最低則為 $2.12 \pm 0.00 \times 10^2$ CFU/m³。最高濃度出現於採樣繫留場（採樣點A）之作業中時，最低濃度出現於分切包裝區（採樣點D）之清理後時。

整體而言，以Wilcoxon Signed Rank test分析結果顯示，場內細菌生物氣膠濃度是高於場外細菌生物氣膠濃度（ $p < 0.05$, $n = 132$ ），作業中細菌生物氣膠濃度也高於清理後（ $p < 0.05$, $n = 132$ ）；利用Kruskal-Wallis Test分析場內不同區域中之細菌生物氣膠濃度顯示，繫留場與

屠宰室區之細菌生物氣膠濃度明顯大於其他區域（ $p < 0.05$, $n = 132$ ），主要原因在於這兩個區域中為開始進行屠宰之主要區域，因此生物氣膠隨著屠宰過程中逸散出。在真菌部分，以Wilcoxon Signed Rank test分析結果顯示，場內真菌生物氣膠濃度是高於場外真菌生物氣膠濃度（ $p < 0.05$, $n = 132$ ），作業中真菌生物氣膠濃度與清理後無明顯差異（ $p > 0.05$, $n = 132$ ）；利用Kruskal-Wallis Test分析場內不同區域中之真菌生物氣膠濃度顯示，真菌生物氣膠濃度在不同區域沒有明顯差異（ $p > 0.05$, $n = 132$ ）。根據表1之不同區域之作業人數與細菌及真菌生物氣膠濃度進行Wilcoxon Signed Rank test分析，結果顯示與細菌生物氣膠無顯著差異（ $p > 0.05$, $n = 132$ ），與真菌生物氣膠具有顯著之影響（ $p < 0.05$, $n = 132$ ），表示作業人數多寡可能造成生物氣膠之分佈差異。

利用Spearman correlation coefficient進行分析環境條件（如表6所示）對於細菌與真菌生物氣膠濃度之相關性分析，由分析結果可知，二氧化碳濃度對於細菌生物氣膠分佈有顯著相關性（相關係數 $r = 0.338$, $p < 0.05$, $n = 132$ ），由相關係數可知二氧化碳濃度與細菌生物氣膠濃度是屬微弱相關，而其他環境因子對細菌與真菌生物氣膠之相關性分析皆無顯著性。

表4 家禽屠宰場1 細菌生物氣膠濃度分佈

採樣區域	採樣點	第一次		第二次	
		作業中	清理後	作業中	清理後
繫留場	採樣點A	$1.46 \pm 0.07 \times 10^5$	$2.66 \pm 1.03 \times 10^4$	$1.04 \pm 0.12 \times 10^5$	$1.49 \pm 0.67 \times 10^4$
	採樣點B	$1.36 \pm 0.06 \times 10^5$	$5.08 \pm 1.07 \times 10^3$	$9.84 \pm 0.97 \times 10^4$	$5.84 \pm 0.29 \times 10^4$
屠宰室	採樣點C	$9.79 \pm 3.15 \times 10^4$	$1.48 \pm 0.28 \times 10^3$	$1.14 \pm 0.09 \times 10^5$	$5.51 \pm 0.42 \times 10^3$
	採樣點D	$2.76 \pm 0.48 \times 10^4$	$1.17 \pm 0.18 \times 10^3$	$4.71 \pm 0.59 \times 10^4$	$1.80 \pm 0.52 \times 10^3$
雜碎處理洗滌室	採樣點E	$1.43 \pm 0.25 \times 10^4$	$5.67 \pm 0.93 \times 10^3$	$3.96 \pm 0.57 \times 10^4$	$7.42 \pm 2.18 \times 10^2$
	採樣點F	$1.71 \pm 0.11 \times 10^4$	$1.17 \pm 0.54 \times 10^3$	$2.93 \pm 0.20 \times 10^4$	$9.54 \pm 3.21 \times 10^2$
分切包裝區	採樣點G	$4.56 \pm 1.43 \times 10^3$	$4.24 \pm 1.29 \times 10^2$	$1.09 \pm 0.12 \times 10^4$	$5.30 \pm 1.06 \times 10^2$
	採樣點H	$6.68 \pm 1.95 \times 10^3$	$5.30 \pm 0.60 \times 10^3$	$1.60 \pm 0.35 \times 10^4$	$< 2.12 \times 10^2$
	採樣點I	$3.71 \pm 1.10 \times 10^3$	$2.97 \pm 0.80 \times 10^3$	$4.88 \pm 1.06 \times 10^3$	$3.18 \pm 0.94 \times 10^2$
用具及容器清洗區	採樣點J	$4.13 \pm 0.87 \times 10^3$	$9.54 \pm 1.69 \times 10^2$	$7.85 \pm 0.85 \times 10^3$	$< 2.12 \times 10^2$
室外	採樣點K	$1.14 \pm 0.21 \times 10^3$	$1.21 \pm 0.34 \times 10^3$	$1.80 \pm 0.8 \times 10^3$	$1.21 \pm 0.15 \times 10^2$

*單位為CFU/m³（採樣單位體積所採集到的菌落數）； $n = 132$ （11個採樣點，每次3重複，1共4次）

表5 家禽屠宰場1真菌生物氣膠濃度分佈

採樣區域	採樣點	第一次		第二次	
		作業中	清理後	作業中	清理後
繫留場	採樣點A	3.71±1.05×10 ³	2.71±0.65×10 ³	2.76±0.56×10 ³	1.39±0.25×10 ³
	採樣點B	3.60±1.20×10 ³	3.60±1.06×10 ³	2.98±0.39×10 ³	1.06±0.11×10 ³
屠宰室	採樣點C	2.33±1.08×10 ³	2.98±0.38×10 ³	1.48±0.64×10 ³	1.17±0.32×10 ³
	採樣點D	2.11±0.54×10 ³	6.47±1.65×10 ³	1.20±0.23×10 ³	2.12±0.00×10 ²
雜碎處理洗滌室	採樣點E	5.30±0.95×10 ³	2.33±0.49×10 ³	1.954±0.11×10 ³	7.42±0.09×10 ³
	採樣點F	2.01±0.49×10 ³	2.86±0.66×10 ³	1.38±0.53×10 ³	9.54±0.09×10 ³
分切包裝區	採樣點G	6.68±1.08×10 ³	2.65±0.53×10 ³	1.20±0.22×10 ⁴	1.38±0.41×10 ³
	採樣點H	8.27±0.96×10 ³	2.75±0.73×10 ³	8.35±0.32×10 ⁴	1.80±0.15×10 ³
	採樣點I	2.56±0.51×10 ³	<2.12×10 ²	5.38±0.39×10 ³	1.17±0.52×10 ³
用具及容器清洗區	採樣點J	2.97±0.47×10 ³	4.45±1.25×10 ³	4.03±1.03×10 ³	6.36±2.10×10 ²
	採樣點K	5.43±1.21×10 ²	2.31±0.55×10 ²	6.49±1.54×10 ²	2.12±0.00×10 ²

*單位為CFU/m³ (採樣單位體積所採集到的菌落數) ; n=132 (11個採樣點, 每次3重複, 1共4次)

表6 家禽屠宰場1 採樣環境條件

採樣點	採樣點	第一次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	採樣點A	28.5	68	823	0.06	26.8	69	726	0
	採樣點B	29.3	71	870	0.08	26.6	72	738	0
屠宰室	採樣點C	33.0	83	920	00.1	26.0	85	810	0
	採樣點D	31.1	86	881	0.02	25.2	82	705	0
雜碎處理洗滌室	採樣點E	28.0	91	815	0.01	24.1	82	628	0.01
	採樣點F	28.1	96	726	0.01	22.0	90	638	0
分切包裝區	採樣點G	23.1	81	705	0.03	21.5	99	515	0
	採樣點H	22.1	76	615	0.14	22.8	76	526	0
	採樣點I	21.5	83	628	0.01	18.8	75	503	0
用具及容器清洗場所	採樣點J	21.0	84	721	0.01	17.7	85	476	0
	採樣點K	33.5	72	391	0.15	33.2	78	396	0.16
採樣點	採樣點	第二次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	採樣點A	26.6	83	767	0	26.5	75	689	0
	採樣點B	26.6	83	767	0	26.1	78	713	0
屠宰室	採樣點C	31.2	97	863	0	26.2	81	788	0
	採樣點D	27.1	97	857	0	25.1	88	721	0
雜碎處理洗滌室	採樣點E	26.1	97	857	0	24.2	85	633	0.01
	採樣點F	27.1	97	860	0	22.5	90	631	0
分切包裝區	採樣點G	13.5	86	938	0	21.1	99	510	0
	採樣點H	16.4	97	1375	0	22.1	76	558	0
	採樣點I	16.4	97	1375	0	18.1	71	478	0
用具及容器清洗場所	採樣點J	18	98	1370	0	18.0	81	437	0
	採樣點K	33.5	72	391	0.15	33.1	71	391	0.18

*n=88(11個採樣點, 量測4種環境因子, 分別量測作業中與清理後)

在菌種鑑定部分，結果中，細菌部分主要包含*Bacillus* spp. (2.19%)、*Staphylococcus* spp. (77.18%)、*Stenotrophomonas* spp. (0.86%)、*Exiguobacterium* spp. (0.86%)、*Micrococcus* spp. (2.61%)、*Wautersiella* spp. (1.43%)、*Moraxella* spp. (10.85%)、*Thermomonas* spp. (0.21%)、*Pseudoxanthomonas* spp. (0.10%)、*Chryseobacterium* spp. (0.05%)、*Rothia* spp. (3.65%)。由鑑定結果中可發現*Staphylococcus*菌屬佔大多數，其次為*Moraxella*菌屬，為人畜共通之菌種。

在真菌主要為*Curtobacterium* spp. (14.81%)、*Penicillium* spp. (2.34%)、*Pseudozyma* spp. (55.58%)、*Acremonium* spp. (1.04%)、*Enterococcus* spp. (17.14%)、*Fusarium* spp. (1.30%)、*Aspergillus* spp. (0.52%)、*Eurotiales* spp. (0.26%)、*Meira* spp. (3.64%)、*Meyerozyma* spp. (1.04%)、*Cladophialophora* sp. (1.04%)。由鑑定結果中可發現*Pseudozyma*菌屬佔大多數為類酵母真菌。

2. 家禽屠宰場2細菌與真菌生物氣膠分佈特性

家禽屠宰場2為中部一中型家禽屠宰場，表7與8為在場1針對11個採樣點在兩次採樣下之細菌及真菌類生物氣膠濃度分佈統計表，結果顯示在2次的採樣下，家禽屠宰場2場外採樣點細菌生物氣膠濃度在 $1.08 \pm 0.23 \times 10^3$ - $1.91 \pm 0.11 \times 10^3$ CFU/m³ 間，在場內採樣點部分細菌生物氣膠濃度在 $1.70 \pm 0.41 \times 10^3$ - $5.39 \pm 1.14 \times 10^4$ CFU/m³ 間（作業中），場內中在清理後細菌生物氣膠濃度最低則為 $7.42 \pm 0.87 \times 10^2$ CFU/m³。最高濃度出現於採樣屠宰室（採樣點E）之作業中時，最低濃度出現於分切包裝區（採樣點I）之清理後時。在真菌生物氣膠部分，結果顯示在2次的採樣下，家禽屠宰場2場外採樣點真菌生物氣膠濃

度在 $8.12 \pm 1.27 \times 10^2$ - $1.80 \pm 0.29 \times 10^3$ CFU/m³ 間，在場內採樣點部分真菌生物氣膠濃度在 $1.12 \pm 0.19 \times 10^3$ - $1.92 \pm 0.75 \times 10^4$ CFU/m³ 間（作業中），場內中在清理後真菌生物氣膠濃度則可低於偵測極限（ $< 2.12 \times 10^2$ CFU/m³）。最高濃度出現於採樣繫留場（採樣點A）之作業中時，最低濃度出現於分切包裝區（採樣點I）之清理後時。

整體而言，以Wilcoxon Signed Rank test分析結果顯示，場內細菌生物氣膠濃度是高於場外細菌生物氣膠濃度（ $p < 0.05$, $n = 132$ ），作業中細菌生物氣膠濃度也高於清理後（ $p < 0.05$, $n = 132$ ）；利用Kruskal-Wallis Test分析場內不同區域中之細菌生物氣膠濃度顯示，在不同區域沒有明顯差異（ $p > 0.05$, $n = 132$ ）。在真菌部分，以Wilcoxon Signed Rank test分析結果顯示，場內真菌生物氣膠濃度是高於場外真菌生物氣膠濃度（ $p < 0.05$, $n = 132$ ），作業中真菌生物氣膠濃度與清理後無明顯差異（ $p > 0.05$, $n = 132$ ）；利用Kruskal-Wallis Test分析場內不同區域中之真菌生物氣膠濃度顯示，真菌生物氣膠濃度在不同區域沒有明顯差異（ $p > 0.05$, $n = 132$ ）。根據表2之不同區域之作業人數與細菌及真菌生物氣膠濃度進行Wilcoxon Signed Rank test分析，結果顯示作業人數對細菌與真菌生物氣膠濃度皆無顯著影響（ $p > 0.05$, $n = 132$ ）。

利用Spearman correlation coefficient進行分析環境條件（如表9所示）對於細菌與真菌生物氣膠濃度之相關性分析，由分析結果可知，二氧化碳濃度對於細菌生物氣膠分佈有顯著相關性（相關係數 $r = 0.146$, $p < 0.05$, $n = 132$ ），由相關係數可知二氧化碳濃度與細菌生物氣膠濃度是屬微弱相關，而其他環境因子對細菌與真菌生物氣膠之相關性分析皆無顯著性。

表7 家禽屠宰場2 細菌生物氣膠濃度分佈

採樣區域		第一次		第二次	
		作業中	清理後	作業中	清理後
繫留場	採樣點A	1.35±0.16×10 ⁴	2.00±0.91×10 ⁴	2.16±0.38×10 ⁴	9.44±3.29×10 ³
	採樣點B	1.07±0.44×10 ⁴	1.48±0.30×10 ³	6.45±1.44×10 ⁴	1.65±0.70×10 ⁴
屠宰室	採樣點C	1.24±0.52×10 ⁴	2.01±0.54×10 ³	2.15±0.84×10 ⁴	1.55±0.53×10 ⁴
	採樣點D	4.34±0.67×10 ⁴	9.54±2.10×10 ²	2.57±0.04×10 ⁴	2.44±0.31×10 ³
	採樣點E	5.39±1.14×10 ⁴	1.80±1.05×10 ³	6.25±0.11×10 ³	1.38±0.29×10 ³
	採樣點F	3.14±0.85×10 ⁴	3.18±1.00×10 ³	5.30±0.12×10 ³	1.91±0.64×10 ³
	採樣點G	2.05±0.72×10 ⁴	2.54±0.56×10 ³	4.56±1.80×10 ³	2.44±0.38×10 ³
雜碎處理洗滌室	採樣點H	2.14±0.39×10 ⁴	2.99±0.39×10 ³	6.25±0.03×10 ³	1.17±0.11×10 ³
分切包裝區	採樣點I	9.54±3.11×10 ³	7.42±0.87×10 ²	1.12±0.13×10 ⁴	4.35±0.63×10 ³
用具及容器清洗區	採樣點J	1.70±0.41×10 ³	1.24±0.42×10 ³	4.35±0.18×10 ³	9.54±0.92×10 ²
室外	採樣點K	1.08±0.23×10 ³	1.49±0.36×10 ³	1.91±0.11×10 ³	1.17±0.46×10 ³

*單位為CFU/m³ (採樣單位體積所採集到的菌落數) ; n=132 (11個採樣點, 每次3重複, 1共4次)

表8 家禽屠宰場2 真菌生物氣膠濃度分佈

採樣區域		第一次		第二次	
		作業中	清理後	作業中	清理後
繫留場	採樣點A	3.71±1.05×10 ³	2.54±1.12×10 ³	1.92±0.75×10 ⁴	4.35±0.95×10 ³
	採樣點B	3.60±1.20×10 ³	3.60±0.96×10 ³	7.42±1.91×10 ³	6.36±1.27×10 ³
屠宰室	採樣點C	2.33±2.10×10 ³	2.54±0.47×10 ³	1.17±0.85×10 ⁴	5.62±1.17×10 ³
	採樣點D	3.02±0.27×10 ³	6.47±1.65×10 ³	1.11±0.14×10 ⁴	2.76±0.53×10 ³
	採樣點E	5.54±1.08×10 ³	2.33±0.29×10 ³	7.10±0.74×10 ³	1.80±0.31×10 ³
	採樣點F	2.01±0.40×10 ³	2.86±1.05×10 ³	9.44±1.17×10 ³	6.78±0.78×10 ³
	採樣點G	6.68±1.05×10 ³	2.65±0.53×10 ³	1.11±0.31×10 ⁴	3.82±0.58×10 ³
雜碎處理洗滌室	採樣點H	8.27±2.31×10 ³	2.65±1.35×10 ³	1.58±0.27×10 ⁴	4.35±0.53×10 ³
分切包裝區	採樣點I	2.33±0.55×10 ³	<2.12×10 ²	1.12±0.19×10 ³	3.99±0.69×10 ³
用具及容器清洗區	採樣點J	2.97±0.98×10 ³	4.45±1.10×10 ³	1.70±0.36×10 ³	3.39±1.06×10 ³
室外	採樣點K	8.12±1.27×10 ²	1.28±0.24×10 ³	1.80±0.29×10 ³	1.38±0.38×10 ³

*單位為CFU/m³ (採樣單位體積所採集到的菌落數) ; n=132 (11個採樣點, 每次3重複, 1共4次)

表9 家禽屠宰場2採樣環境條件

採樣點		第一次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	採樣點A	34.3	68	432	0.01	27.8	77	579	0.02
	採樣點B	33.1	72	735	0.03	27.5	72	862	0
	採樣點C	32.0	78	789	0.01	32	76	720	0.01
	採樣點D	30.2	79	856	0.01	31.3	79	742	0
屠宰室	採樣點E	30.1	82	893	0.01	29.9	83	783	0
	採樣點F	29.2	84	852	0.01	30.5	83	821	0
	採樣點G	31.0	81	886	0.01	29.7	85	809	0
雜碎處理洗滌室	採樣點H	31.1	81	927	0.02	29.5	77	782	0
分切包裝區	採樣點I	31.2	78	562	0.01	31.2	77	754	0
用具及容器清洗場所	採樣點J	31.0	79	805	0.03	17.7	85	794	0.10
室外	採樣點K	32.3	65	397	0.15	32.1	72	398	0.16
採樣點		第二次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	採樣點A	23.8	92	572	1.6	27.8	77	579	0.02
	採樣點B	24.5	93	552	0.1	27.5	72	862	0
	採樣點C	24.4	94	636	0.2	32	76	720	0.01
	採樣點D	24.7	93	562	0.1	31.3	79	742	0
屠宰室	採樣點E	24.6	92	627	0.1	29.9	83	783	0
	採樣點F	26.6	93	638	0.1	30.5	83	821	0
	採樣點G	24.5	91	615	0.3	29.7	85	809	0

採樣點		第二次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
雜碎處理洗滌室	採樣點H	24.3	91	645	0.1	29.5	77	782	0
分切包裝區	採樣點I	24	75	695	0.1	31.2	77	754	0
用具及容器清洗場所	採樣點J	24	94	808	0.2	17.7	85	794	0.10
室外	採樣點K	31.5	68	411	0.16	30.5	72	433	0.12

n=88 (11個採樣點, 量測4種環境因子, 分別量測作業中與清理後)

在菌種鑑定部分, 細菌部分主要包含 *Staphylococcus* spp. (4.94%)、*Dietzia* sp. (4.36%)、*Exiguobacterium* spp. (6.30%)、*Micrococcus* spp. (7.95%)、*Bacillus* spp. (28.78%)、*Kocaria* spp. (2.42%)、*Wautersiella* spp. (9.50%)、*Moraxella* spp. (23.35%)、*Pseudoxanthomonas* spp. (4.55%)、*Rothia* spp. (0.10%)、*Brevibacterium* spp. (0.10%)、*Chryseobacterium* spp. (5.23%)、*Stenotrophomonas* spp. (1.94%)、*Thermomonas* spp. (0.48%)。由鑑定結果中可發現 *Bacillus* 菌屬佔大多數, 為桿菌屬, 其次為 *Moraxella* 菌屬, 屬人畜共通菌種。

在真菌主要為 *Cladosporium* spp. (67.36%)、*Acremonium* spp. (2.73%)、*Pseudozyma* spp. (7.17%)、*Cladophialophora* spp. (8.30%)、*Penicillium* spp. (6.03%)、*Aspergillus* spp. (0.68%)、*Rothia* spp. (0.68%)、*Alternaria* spp. (0.23%)、*Curtobacterium* spp. (0.23%)、*Cochliobolus* spp. (3.53%)、*Fusarium* spp. (1.93%)、*Sporidiobolus* spp. (1.14%)。由結果中可發現 *Cladosporium* 菌屬佔大多數, 其次為 *Cladophialophora* 菌屬。

3. 家禽屠宰場3細菌與真菌生物氣膠之分佈特性

家禽屠宰場3為中南部一中型家禽屠宰場, 表10與11為在場1針對11個採樣點在兩次採樣下之細菌及真菌類生物氣膠濃度分佈統計表, 結果顯示在2次的採樣下, 家禽屠宰場3場

外採樣點細菌生物氣膠濃度在 $1.87 \pm 0.30 \times 10^3$ - $3.71 \pm 1.60 \times 10^3$ CFU/m³ 間, 在場內採樣點部分細菌生物氣膠濃度在 $1.48 \pm 1.06 \times 10^3$ - $4.17 \pm 2.11 \times 10^4$ CFU/m³ 間 (作業中), 場內中在清理後細菌生物氣膠濃度最低則為 $3.67 \pm 0.56 \times 10^2$ CFU/m³。最高濃度出現於採樣分切包裝區 (採樣點E) 之作業中時, 最低濃度出現於雜碎處理洗滌室 (採樣點D) 之清理後時。在真菌生物氣膠部分, 結果顯示在2次的採樣下, 家禽屠宰場3場外採樣點真菌生物氣膠濃度在 $2.72 \pm 0.79 \times 10^3$ - $9.12 \pm 2.91 \times 10^3$ CFU/m³ 間, 在場內採樣點部分真菌生物氣膠濃度在 $1.18 \pm 0.30 \times 10^3$ - $1.56 \pm 0.18 \times 10^4$ CFU/m³ 間 (作業中), 場內中在清理後真菌生物氣膠濃度最低濃度為 $1.06 \pm 0.40 \times 10^3$ CFU/m³。最高濃度出現於採樣分切包裝區 (採樣點F) 之作業中時, 最低濃度出現於屠宰室 (採樣點C) 之清理後時。

整體而言, 以 Wilcoxon Signed Rank test 分析結果顯示, 場內細菌生物氣膠濃度是高於場外細菌生物氣膠濃度 ($p < 0.05$, $n = 96$), 作業中細菌生物氣膠濃度也高於清理後 ($p < 0.05$, $n = 96$); 利用 Kruskal-Wallis Test 分析場內不同區域中之細菌生物氣膠濃度顯示, 在不同區域有明顯差異 ($p < 0.05$, $n = 96$)。在真菌部分, 以 Wilcoxon Signed Rank test 分析結果顯示, 場內真菌生物氣膠濃度與場外真菌生物氣膠濃度無明顯差異 ($p > 0.05$, $n = 96$), 作業中真菌生物氣膠濃度與清理後無明顯差異 ($p > 0.05$, $n = 96$);

利用Kruskal-Wallis Test分析場內不同區域中之真菌生物氣膠濃度顯示，真菌生物氣膠濃度在不同區域沒有明顯差異 ($p>0.05$, $n=96$)。根據表3之不同區域之作業人數與細菌及真菌生物氣膠濃度進行Wilcoxon Signed Rank test分析，結果顯示作業人數對細菌與真菌生物氣膠濃度皆無顯著影響 ($p>0.05$, $n=96$)。

利用Spearman correlation coefficient進行分

析環境條件（如表9所示）對於細菌與真菌生物氣膠濃度之相關性分析，由分析結果可知，二氧化碳濃度對於真菌生物氣膠分佈有顯著相關性（相關係數 $r=0.267$, $p<0.05$, $n=96$ ），由相關係數可知二氧化碳濃度與真菌生物氣膠濃度是屬微弱相關，而其他環境因子對細菌與真菌生物氣膠之相關性分析皆無顯著性。

表10 家禽屠宰場3細菌生物氣膠濃度分佈

採樣區域	採樣點	第一次		第二次	
		作業中	清理後	作業中	清理後
繫留場	採樣點A	$2.92 \pm 0.55 \times 10^4$	$2.39 \pm 0.88 \times 10^4$	$1.76 \pm 0.23 \times 10^4$	$1.91 \pm 0.49 \times 10^3$
	採樣點B	$2.80 \pm 0.53 \times 10^4$	$2.47 \pm 0.92 \times 10^4$	$1.59 \pm 0.05 \times 10^4$	$1.48 \pm 0.39 \times 10^3$
屠宰室	採樣點C	$3.50 \pm 0.13 \times 10^4$	$2.05 \pm 0.56 \times 10^4$	$3.30 \pm 0.14 \times 10^4$	$2.02 \pm 0.32 \times 10^4$
	採樣點D	$1.82 \pm 0.15 \times 10^4$	$1.03 \pm 0.71 \times 10^3$	$1.48 \pm 1.06 \times 10^3$	$3.67 \pm 0.56 \times 10^2$
雜碎處理洗滌室	採樣點E	$1.09 \pm 0.58 \times 10^4$	$1.91 \pm 0.22 \times 10^3$	$4.17 \pm 2.11 \times 10^4$	$4.24 \pm 2.10 \times 10^3$
	採樣點F	$2.01 \pm 0.53 \times 10^3$	$1.13 \pm 0.41 \times 10^3$	$2.44 \pm 0.74 \times 10^3$	$3.92 \pm 1.03 \times 10^3$
用具及容器清洗區	採樣點G	$3.07 \pm 0.72 \times 10^3$	$2.55 \pm 1.22 \times 10^3$	$2.54 \pm 0.63 \times 10^4$	$5.30 \pm 1.29 \times 10^3$
	採樣點H	$2.33 \pm 0.61 \times 10^3$	$3.71 \pm 1.60 \times 10^3$	$1.99 \pm 0.45 \times 10^3$	$1.87 \pm 0.30 \times 10^3$

*單位為CFU/m³（採樣單位體積所採集到的菌落數）；n=96（8個採樣點，每次3重複，1共4次）

表11 家禽屠宰場3真菌生物氣膠濃度分佈

採樣區域	採樣點	第一次		第二次	
		作業中	清理後	作業中	清理後
繫留場	採樣點A	$9.12 \pm 2.09 \times 10^3$	$2.54 \pm 1.06 \times 10^3$	$4.77 \pm 1.13 \times 10^3$	$2.72 \pm 1.77 \times 10^3$
	採樣點B	$5.41 \pm 2.01 \times 10^3$	$1.06 \pm 0.40 \times 10^3$	$2.33 \pm 0.73 \times 10^3$	$1.34 \pm 0.48 \times 10^3$
屠宰室	採樣點C	$2.51 \pm 1.49 \times 10^3$	$2.01 \pm 0.61 \times 10^3$	$1.38 \pm 0.31 \times 10^3$	$2.87 \pm 1.21 \times 10^3$
	採樣點D	$1.59 \pm 0.20 \times 10^3$	$3.99 \pm 1.59 \times 10^3$	$3.27 \pm 1.39 \times 10^3$	$1.80 \pm 0.34 \times 10^3$
雜碎處理洗滌室	採樣點E	$9.01 \pm 1.38 \times 10^3$	$5.94 \pm 2.09 \times 10^3$	$3.90 \pm 1.52 \times 10^3$	$1.27 \pm 0.21 \times 10^3$
	採樣點F	$1.56 \pm 0.18 \times 10^4$	$2.54 \pm 0.93 \times 10^3$	$4.99 \pm 2.10 \times 10^3$	$2.99 \pm 0.73 \times 10^3$
用具及容器清洗區	採樣點G	$1.18 \pm 0.30 \times 10^3$	$1.09 \pm 0.29 \times 10^3$	$6.47 \pm 1.94 \times 10^3$	$4.74 \pm 1.50 \times 10^3$
	採樣點H	$9.12 \pm 2.91 \times 10^3$	$6.54 \pm 1.07 \times 10^3$	$3.77 \pm 0.96 \times 10^3$	$2.72 \pm 0.79 \times 10^3$

*單位為CFU/m³（採樣單位體積所採集到的菌落數）；n=96（8個採樣點，每次3重複，1共4次）

表12 家禽屠宰場3採樣環境條件

採樣點	採樣點	第一次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	採樣點A	30	74	593	0	26.8	82	571	0
	採樣點B	29.4	73	1244	0	27.7	72	1498	0
屠宰室	採樣點C	27.3	73	1283	0	26.1	69	1432	0
	採樣點D	25.4	78	1432	0	26.4	73	1436	0
雜碎處理洗滌室	採樣點E	24.9	59	1210	0	23.5	59	1345	0
	採樣點F	23.3	53	1260	0	23.8	65	1210	0
用具及容器清洗場所	採樣點G	27.5	85	570	0.07	26.5	82	676	0
	採樣點H	27.7	85	545	0.08	27.5	83	563	0.04

採樣點		第二次							
		作業中				清理後			
		溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	濕度 (%)	CO ₂ (ppm)	風速 (m/s)
繫留場	採樣點A	26.6	88	1050	0	24.7	92	808	0
	採樣點B	25.2	97	1535	0	24.1	94	1108	0
屠宰室	採樣點C	24	98	1970	0	23.5	95	964	0
雜碎處理洗滌室	採樣點D	21.6	98	1570	0	23.2	82	992	0
分切包裝區	採樣點E	17.6	73	1570	0	19.2	79	1274	0
	採樣點F	23	54	1215	0	21	67	1014	0
用具及容器清洗場所	採樣點G	23.2	97	1180	0	25.5	88	951	0
室外	採樣點H	26.2	84	454	0	26.5	75	461	0

n=64 (8個採樣點, 量測4種環境因子, 分別量測作業中與清理後)

菌種鑑定結果顯示細菌部分主要包含 *Chryseobacterium* spp. (1.26%)、*Pseudoxanthomonas* spp. (4.76%)、*Staphylococcus* spp. (30.25%)、*Bacterium* spp. (1.82%)、*Micrococcus* spp. (8.26%)、*Exiguobacterium* spp. (14.99%)、*Jeotgalicoccus* spp. (2.38%)、*Dietzia* spp. (0.70%)、*Wautersiella* spp. (1.26%)、*Thermomonas* spp. (31.93%)、*Brevibacterium* spp. (0.14%)、*Cladosporium* spp. (0.28%)、*Bacillus* spp. (1.96%)。由鑑定結果中可發現 *Thermomonas* 及 *Staphylococcus* 菌屬佔大多數, 為熱單胞菌屬及葡萄球菌屬, 其次為 *Exiguobacterium* 菌屬, 為微小桿菌屬。

在真菌主要為 *Cladosporium* spp. (70.66%)、*Penicillium* spp. (4.44%)、*Fusarium* spp. (9.27%)、*Eurotiales* spp. (3.09%)、*Aspergillus* spp. (1.16%)、*Cochliobolus* spp. (2.32%)、*Penicillium* spp. (0.77%)、*Cladophialophora* spp. (0.39%)、*Meira* spp. (0.77%)、*Meyerozyma* spp. (0.19%)、*Nectriaceae* spp. (0.39%)、*Rothia* spp. (6.56%)。由鑑定結果中可發現 *Cladosporium* 菌屬佔大多數, 為枝孢菌屬, 其次為 *Fusarium* 菌屬, 為鐮胞菌屬。

將3家禽屠宰場之採樣結果與文獻之結果 [4,7] 相比較, 發現細菌與真菌濃度分佈區域情形相似, 若與文獻 [5] 結果相比, 3場家禽屠宰場之生物氣膠濃度是低於文獻值的, 顯示台灣本土細菌與真菌生物氣膠濃度是較低的。與文獻

[7,8]比較, 結果均發現主要菌種均有葡萄球菌屬及莫拉菌屬。

另就環境因子的影響來看, 在3家家禽屠宰場之分析結果來看, 二氧化碳濃度對細菌或是真菌生物氣膠濃度有出現顯著相關性, 雖然僅是微弱相關, 不過也可以讓我們瞭解二氧化碳濃度過高對於生物氣膠濃度是有影響的, 主要原因在於二氧化碳濃度過高的時候, 顯示作業環境之空氣流通不佳, 有可能微生物的濃度高即是因為空間中微生物的累積所造成。同時二氧化碳濃度過高亦有可能是因為人員過多而造成的, 當人員過多二氧化碳濃度有可能會上升, 也會經由作業人員人數多, 而帶入更多的微生物, 造成生物氣膠量過高, 由此一結果讓我們可以瞭解到屠宰作業環境的通風換氣應要加強, 如此可以避免生物氣膠之累積。

結論

屠宰場中, 平均細菌生物氣膠濃度達到最高 $1.67 \pm 0.15 \times 10^5$ CFU/m³, 真菌生物氣膠最高可達到 $8.35 \pm 0.32 \times 10^4$ CFU/m³。菌種鑑定結果顯示, 家禽屠宰場細菌類以 *Staphylococcus*、*Moraxella*、*Bacillus*、*Thermomonas* 為主要菌屬, 真菌類以 *Pseudozyma*、*Penicillium*、*Cladosporium* 為主要菌屬。整體而言, 細菌生物氣膠較高區域會在繫留場與屠宰區, 而真菌生物氣膠較高區域則會是在屠宰區與分切包裝

區中。相較於國外文獻之結果，本研究中本土屠宰作業場所之細菌與真菌生物氣膠濃度分佈特性與國外[4,7]類似，而在濃度部分則是低於國外文獻[5]。根據採樣分析結果，屠宰作業場所應增加通風設備，增加換氣效果以降低改善環境細菌及真菌生物氣膠濃度，同時作業人員建議加強個人防護用具的配戴，並且於工作結束後加強清洗並且以消毒肥皂做為主要清潔用具，以降低微生物危害之風險。

誌謝

本研究承蒙行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所100年度研究計畫(IOSH100-H314)經費支持，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] Mead GC, Impey CS. The distribution of Clostridia in poultry processing plants. *British Poultry Science* 1970; 11: 407-14.
- [2] Hobbs BC, Roberts D. *Food Poisoning and Food Hygiene*. 6th revised ed. UK: Edward Arnold Publishers; 1993.
- [3] National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. Generic HACCP application in broiler slaughter and processing. *Journal of Food Protection* 1997; 60: 579-604.
- [4] Lues JFR, Theron MM, Venter P, Rasephei MHR. Microbial Composition in Bioaerosols of a High-Throughput Chicken-Slaughtering Facility. *Poultry Science* 2007; 86: 142-9.
- [5] Adeb F, Shooter D. Emission and Evolution of Air-Borne Microflora in Slaughter Houses. *Indoor and Built Environment* 2003; 12: 179-84.
- [6] Lutgring KR, Linton RH, Zimmerman NJ, Peugh M, Heber AJ. Distribution and Quantification of Bioaerosols in Poultry-Slaughtering Plants. *Journal of Food Protection* 1997; 60: 804-810.
- [7] Albert Hj, Peugh MW, Lutgring KR, Zimmerman NJ, Linton RH. Poultry slaughtering plants: Concentrations of microbial aerosols in poultry slaughtering and processing plants. *ASHRAE transactions* 2006; 112: 644-55.
- [8] Ellerbroek L. Airbornemicroflora in poultryslaughtering establishments. *Food Microbiology* 1997; 14: 527-31.
- [9] Donham KJ, Cumro D, Reynolds SJ, Merchant JA. Dose-Response Relationships Between Occupational Aerosol Exposures and Cross-Shift Declines of Lung Function in Poultry Workers: Recommendations for Exposure Limits. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2000; 42: 260-9.
- [10] Posch J, Feierl G, Wuest G, Sixl W, Schmidt S, Haas DU, et al. Transmission of *Campylobacter* spp. in a poultry slaughterhouse and genetic characterisation of the isolates by pulsed-field gel electrophoresis. *British poultry science* 2006; 47: 286-93.
- [11] Acinas SG, Sarma-Rupavtarm R, Klepac-Ceraj V, Polz MF. PCR-induced sequence artifacts and bias: insights from comparison of two 16S rRNA clone libraries constructed from the same sample. *Applied and Environmental Microbiology* 2005; 71: 8966-9.
- [12] Chandler DP. Redefining relativity: quantitative PCR at low template concentrations for industrial and environmental microbiology. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 1998; 21: 128-40.

Research Articles

The Characteristics of Bacteria and Fungi Bioaerosols Distribution in Poultry Slaughtering Environment

Shin-Hao Yang¹ Hsiao-Chien Huang¹ Po-Chen Hung² Chi-Yu Chuang²
Chin-Hsiang Luo³

¹ Center for General Education, Toko University

² Institute of Occupational Safety and Health, Occupational Hygiene Division

³ Department of Safety, Health and Environmental Engineering, Hungkuang University

Abstract

This study aims to investigate the airborne microorganisms and bacteria endotoxins in the poultry slaughterhouses, for understanding biological hazards in Taiwan poultry slaughterhouses. Three poultry slaughterhouses were selected as the testing subjects. The bacteria and fungi bioaerosol distributions were sampling by impactor bioaerosol sampler. The species of bioaerosol samples in the operating environment were finally purified, cultured, and further identified of molecular biology.

The results showed that in the poultry slaughterhouses, the highest average bacteria bioaerosol concentration was in the range of $1.67 \pm 0.15 \times 10^5$ CFU/m³, and the highest average fungi bioaerosols concentration was about $8.35 \pm 0.32 \times 10^4$ CFU/m³. According to the identified of molecular biology in the poultry slaughterhouses, *Staphylococcus* spp., *Moraxella* spp., *Bacillus* spp., and *Thermomonas* spp. were the major bacteria; *Pseudozyma* spp., *Penicillium* spp., and *Cladosporium* spp. were the major fungi. The sampling data showed that the major bacteria bioaerosol distribution area were mooring area and slaughter area; fungi bioaerosol were distributing in slaughter area and cutting and packing area. Thus, the poultry slaughterhouses should increase the air exchange volume for decreasing bioaerosol concentrations. And according to the questionnaire analysis, the workers were negligent in personal protection.

Keywords: Poultry, Slaughterhouse, Bioaerosols, Bacteria, Fungi

Accepted 8 December, 2014

Correspondence to: Shih-Hao Yang, Center for General Education, Toko University, E-mail: shihhaoyang@ntu.edu.tw