

家禽屠宰場空氣中人畜共通傳染病原菌之分布與特性

DISTRIBUTION AND CHARACTERISTICS OF AIRBORNE ZOO NOTIC PATHOGENIC BACTERIA
IN THE POULTRY SLAUGHTERHOUSES

長榮大學
職業安全與衛生學系

莊啓佑
Chi-Yu Chuang

中信金融管理學院
通識教育中心環境永
續研究室

何宗南
Tsung-Nan Ho

中信金融管理學院
通識教育中心環境永
續研究室

楊心豪*
Shinhao Yang

中信金融管理學院
通識教育中心環境永
續研究室

黃筱茜
Hsiao-Chien Huang

中信金融管理學院
通識教育中心環境永續研究室

徐櫻芳
Ying-Fang Hsu

勞動部
勞動及職業安全衛生研究所

洪柏宸
Po-Chen Hung

中信金融管理學院
通識教育中心環境永續研究室

劉暉廷
Wei-Ting Liu

摘要

本研究主要針對家禽屠宰作業環境空氣中，主要之人畜共通傳染病原菌分布特性進行調查，以瞭解作業人員可能之危害暴露情形。

研究主要選取 3 場家禽類屠宰場進行採樣，依作業內容，將作業環境分為繫留場、屠宰室、雜碎處理洗滌室、分切包裝區、用具及容器清洗場所等 5 區，並針對個別區域進行病原菌生物氣膠採檢。在人畜共通傳染病原菌生物氣膠採檢上，選擇人畜共通傳染病之指標微生物李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌與出血性大腸桿菌作為採樣菌種，生物氣膠是利用 AGI-30 採樣器進行採樣，並以選擇性培養基培進行個別人畜共通指標病原菌菌落培養。

採樣結果顯示，在 3 場家禽屠宰場中，李斯特菌、沙門氏菌、金黃色葡萄球菌均有檢出空氣中生物氣膠，出血性大腸桿菌生物氣膠均是未檢出。整體來看，金黃色葡萄球菌被檢出濃度最高，濃度可達 $8.64 \pm 0.70 \times 10^4$ CFU/m³。個別作業區域生物氣膠分布上，在可檢出之病原菌生物氣膠部分，李斯特菌與金黃色葡萄球菌在各區均有檢出，沙門氏菌生物主要屠宰室、雜碎處理洗滌室、分切包裝區等三區檢出。在清理後之採檢部分，仍有部分作業區域檢出李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠。整體數據顯示，家禽屠宰作業場所中，人畜共通傳染病原菌在屠宰過程中多有檢出，且濃度最高可達 10^4 CFU/m³，同時部分場所在清洗後，空氣中仍有檢出相關病原菌，故建議作業人員應加強個人防護用具的配戴(包含手套、口罩及工作服)，作業完成後應進行消毒程序，以避免感染。

關鍵詞：家禽屠宰場、人畜共通傳染病、病原菌、生物氣膠、分布。

* 通訊作者，中信金融管理學院通識教育中心教授

709 台南市安南區台江大道 3 段 600 號 · shinhaoyang@ntu.edu.tw

DISTRIBUTION AND CHARACTERISTICS OF AIRBORNE ZOOBOTIC PATHOGENIC BACTERIA IN THE POULTRY SLAUGHTERHOUSES

Chi-Yu Chuang

Department of
Occupational Safety
and Health, Chang Jung
Christian University,
Tainan, Taiwan, ROC

Tsung-Nan Ho

Environmental
Sustainability Lab,
Center for General
Education,
CTBC Business School,
Tainan, Taiwan, ROC

Shinhao Yang*

Environmental
Sustainability Lab,
Center for General
Education,
CTBC Business School,
Tainan, Taiwan, ROC

Hsiao-Chien Huang

Environmental
Sustainability Lab,
Center for General
Education,
CTBC Business School,
Tainan, Taiwan, ROC

Ying-Fang Hsu

Environmental Sustainability
Lab, Center for General
Education, CTBC Business
School, Tainan, Taiwan, ROC

Po-Chen Hung

Institute of Labor, Occupational
Safety And Health,
Ministry of Labor, Taipei,
Taiwan, ROC

Wei-Ting Liu

Environmental Sustainability
Lab, Center for General
Education, CTBC Business
School, Tainan, Taiwan, ROC

ABSTRACT

This study aims to investigate the distribution characteristics of the main zoonotic pathogenic bacteria in the air of the poultry slaughter working environment. Three poultry slaughterhouses were selected as the sampling sites. In each site, the operating environment could be divided, into 5 areas.

In this work, *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Escherichia coli* O157: H7, was chosen as the sampling targets. The bioaerosol was sampled by the AGI-30 sampler, and a selective medium was used to cultivate individual bacterial colonies that are indicator of zoonotic pathogenic bacteria.

The sample results show that in the three poultry slaughterhouses, *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* are all detected, *Escherichia coli* O157: H7 is not detected. On the whole, *Staphylococcus aureus* is detected at the highest concentration, $8.64 \pm 0.70 \times 10^4$ CFU/m³. In terms of distribution in individual areas, in the bioaerosol section of the pathogenic bacteria that can be detected, *Listeria* and *Staphylococcus aureus* are detected in each area. *Salmonella* bioaerosol was mainly found in these three areas: slaughter room, offal treatment washing room, and slitting and packaging area. After the cleaning, *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* are still detected in some work areas.

Keywords: Poultry slaughterhouse, Zoonotic, Pathogenic bacteria, Bioaerosol, Distribution.

一、前言

屠宰作業流程中，主要之生物性污染來源包含生產階段之育種、孵化與飼養環境等，以及屠宰時放血、脫毛、取內臟及分切等。動物在到達屠宰場之前，部分腸道菌與環境中微生物已沾覆在屠體表面，屠宰過程則是將屠體內部血液、內臟與腸道中之微生物帶出，由此可知屠宰作業場所中可能存有大量微生物。

屠宰過程中，可能的生物性污染包含有，屠刀將屠體沾覆之生物性污染物帶入血中、作業人員擠出屠體腸道內容物或刺破腸道。生物性污染擴散則是藉由人員操作機具設備，以及血液或內臟噴濺而造成，這些生物性污染均有可能因屠宰程序，而由平面的污染轉入作業環境空氣中，進而增加作業人員生物性危害暴露。

雖然國外屠宰廠生物性危害之相關研究頗多，但由於台灣地區之氣候以及豢養環境特性的不同，各項污染來源，與歐美等國家有所差異。國內屠宰作業環境之生物危害調查資料非常有限，尤其是空氣面向。

過去許多文獻均針對屠宰場作業環境空氣中細菌與真菌生物氣膠分布特性進行探討[1-3]，研究團隊過去針對國內家禽作業環境中總細菌與總真菌生物氣膠進行調查，發現細菌生物氣膠濃度可達到 10^5 等級，顯示國內家禽屠宰作業環境是極高生物氣膠暴露作業環境[4]。

本研究則是將家禽屠宰作業環境生物氣膠分布特性延伸至對人體健康具有危害性之人畜共通傳染病(zoonoses)病原菌生物氣膠分布之調查。Lues *et al.* (2007)與 Liang *et al.* (2013)均針對家禽屠宰場作業環境進行人畜共通傳染病病原菌生物氣膠調查[5-6]，兩者結果有明顯上的不同，Lues *et al.* (2007)發現李斯特菌、金黃色葡萄球菌以及沙門氏菌生物氣膠濃度可達 10^4 CFU/m³ 等級，Liang *et al.* (2013)研究結果則顯示金黃色葡萄球菌在 10^3 CFU/m³ 等級，而李斯特菌與沙門氏菌生物氣膠則是在多許數作業區域中未被檢出。這表示不同國家環境之豢養條件不同，其屠宰作業場所之人畜共通傳染病病原菌分布特性可能有明顯之差異，台灣地區之氣候以及豢養環境特性的不同，各項污染來源，與其他國家有所差異。因此實有必要對於國內屠宰作業環境之人畜共通傳染病病原菌生物氣膠分布進行調查。

本研究選擇常見的人畜共通傳染病病原菌進行家禽屠宰作業病原菌生物氣膠調查標的，包含有李斯特菌(*Listeria monocytogenes*) [7]、沙門氏菌(*Salmonella*

spp.) [8-9]、金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*) [10-11]、腸出血性大腸桿菌 O157:H7 (*enterohemorrhagic Escherichia coli* O157:H7) [12]，文獻也指出上述 4 種病原菌為主要人類食物中毒相關的特定病原菌 [13]。

李斯特菌主要污染途徑是藉由肉污染的水、蔬菜或肉品[14]，研究指出獸醫、屠宰師和養雞場作業人員，為感染李斯特菌之高風險族群[15]。沙門氏菌主要污染途徑是食用受物染的肉品及其肉製品，包含是雞、豬、牛等[9]。金黃色葡萄球菌主要感染途徑同為食用受感染水或肉品，其毒機制主要是細胞外泌之腸毒素，中毒的特徵是攝入毒素後 2~6 小時會產生噁心、嘔吐、腹痛和腹瀉，另外還可引起廣泛之腸外感染如創傷與燙傷感染、癩、膿胞、肺炎、假膜性腸胃炎、脫皮性皮膚症候群、菌血症、腦膜炎及毒性休克症候群 [10-11]。出血性大腸桿菌 O157:H7 會產生細胞毒性，所引起之各種症狀統稱為 O157 大腸菌感染症。腸出血性大腸桿菌感染可引起輕瀉、出血性結腸炎、溶血性尿毒症候群等輕重不等之症狀。其感染途徑絕大部分與飲食有關[12]。

依據上述，本研究針對家禽屠宰作業環境調查其作業環境空氣中人畜共通傳染病原菌生物氣膠進行調查，瞭解不同作業區域此類型生物氣膠分布特性，並瞭解屠宰過程與屠宰後清潔完成作業環境中此類型生物氣膠分布差異。

二、研究方法

2.1 家禽屠宰作業環境之採樣規劃

本研究針對家禽屠宰作業場所中人畜共通傳染病病原菌生物氣膠進行採樣調查，研究中選取 3 場家禽屠宰作業場所作為目標採樣場域，並將作業環境依工作內容劃分為繫留場、屠宰室、雜碎處理洗滌室、分切包裝區、用具及容器清洗場所等 5 區(如圖 1 至圖 3)。採樣規劃主要依據屠宰作業場所作業區域種類進行分區採樣，並評估作業區域面積大小設立採樣點。

同時為了解作業人員可能暴露之風險，也針對個別型態作業區域之作業人數進行調查。表 1 至表 3 為 3 場屠宰作業場所之個別作業區域作業人數。

屠宰場內部作業環境之採樣點設置，為依照環保署 NIEA E301.13C「空氣中細菌濃度檢測方法」規範，採樣位置應距離其區隔或角落至少 50 公分以上，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。採樣位置數目之規劃原則上以每 500~

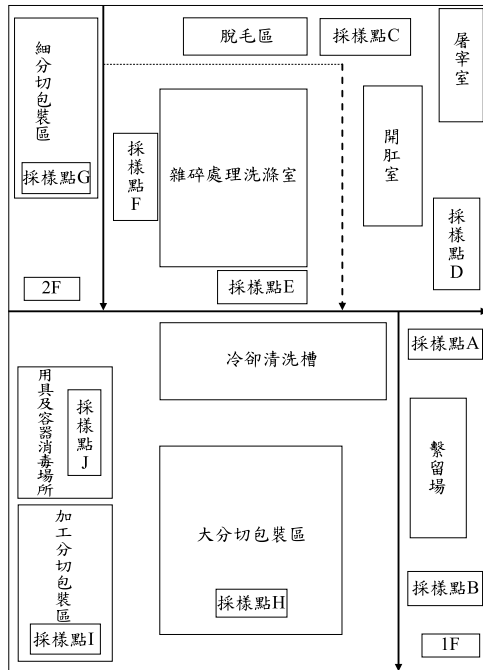


圖 1 家禽屠宰場 1 採樣環境平面圖

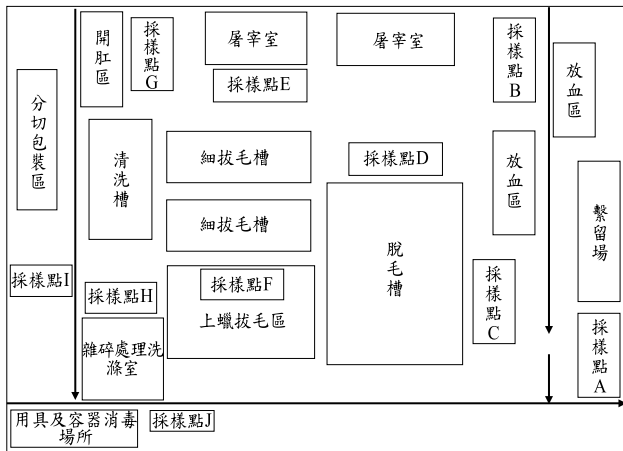


圖 2 家禽屠宰場 2 採樣環境平面圖

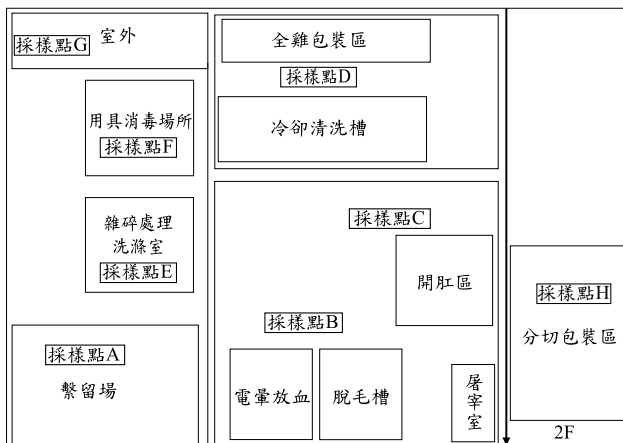


圖 3 家禽屠宰場 3 採樣環境平面圖

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

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
屠宰室	採樣點 B	4	屠體電暈、割喉放血
	採樣點 C	4	燙毛、脫毛
繫留場	採樣點 D	4	燙毛、脫毛
	採樣點 E	31	拔毛
繫留場	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

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
	採樣點 B	11	屠體電暈、割喉放血
屠宰室	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
用具及容器清洗場所	採樣點 G	5	消毒用具

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，以利取得屠宰場內部具代表性之生物性氣膠樣本。

本研究採樣作業分別於屠宰「作業中」，以及屠宰作業完成後之「清理後」進行之，「作業中」即是於屠宰作業過程中，「清理後」則是為屠宰作業結束後，作業人員依「屠宰作業準則」規範進行場區清潔，清潔後之作業場所。藉由兩者採樣結果之比對，可了解屠宰作業之「作業中」與「清理後」之病原菌生物氣膠濃度差異。

2.2 人畜共通指標微生物採樣與培養

本研究選擇李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏桿菌、O157:H7 型大腸桿菌等 4 種高風險人畜共通傳染病原菌，作為作業場所空氣中目標生物氣膠進行採樣分析。

本研究採用 AGI-30 (SKC BioSampler, SKC Inc., USA)採樣器進行採樣分析，流量設定為 12.5 L/min，採樣器之 d50 皆為 0.31 μm 。採樣前後均以紅外線皂泡計(Gilibrator, Gillian Inc.)進行流量校正。採樣前 AGI-30 採樣器之上緣部分均經 121 $^{\circ}\text{C}$ 、15 分鐘高溫高壓滅菌。採樣時內裝 20 mL 之去離子無菌水作為收集液。採樣完成後，將瓶內之收集液移入 50 mL 無菌離心試管中密封低溫保存，完成一次採樣後，AGI-30 之採樣瓶均以酒精進行滅菌，併以大量無菌水進行沖洗，在置入 20 mL 去離子無菌水於採樣瓶中以進行下一次採樣。本研究共使用 5 組 AGI-30 採樣瓶進行採樣，以方便採樣過後採樣瓶滅菌作業。正式採樣時間設定為 10 分鐘。

AGI-30 採樣後將衝擊瓶內的收集液進行系列稀釋，在分別以不同類型培養基針對李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏桿菌、O157:H7 型大腸桿菌進行培養。根據 Zhao *et al.* (2011)研究報告指出，AGI-30 之偵測極限為 $5.3 \times 10^2 \text{ CFU/m}^3$ ，生物氣膠濃度計算公式如下[9]：

$$\text{濃度}(\text{CFU} / \text{m}^3) = \frac{\text{菌落數}(\text{CFU}) \times \text{稀釋倍率}}{\text{採樣流量}(\text{L} / \text{min}) \times \text{採樣時間}(\text{min}) \times 10^{-3}(\text{m}^3 / \text{L})}$$

4 種人畜共通傳染病原菌為利用不同之培養基進行鑑別培養，以下針對個別培養基與培養方式進行說明。

O157:H7 型大腸桿菌以抹碟法進行菌種分離培養，將收集液塗抹至 sorbitol MacConkey agar (sMac)選擇性培養基，置於 30 $^{\circ}\text{C}$ 培養 18~24 小時後，再挑選可疑菌落。

李斯特菌以抹碟法進行菌種分離培養，將收集液

取 25 g 加入裝有已滅菌之 225 ml Fraser 培養液(1/2 濃度)的刀口瓶中，用均質器攪拌均質，於 30 $^{\circ}\text{C}$ 進行初次增富培養，培養時間為 24 ± 2 小時。再以無菌吸管取 0.1 ml 初次增富培養的菌液至 10 ml 滅菌的 Fraser 培養液中，於 37 $^{\circ}\text{C}$ 進行二次增富培養，培養時間為 24~28 小時。之後以無菌棉花棒沾取 Fraser 增富菌液，分別塗布於 Oxford 培養基及 PALCAM 培養基之 1/2 部分，再以滅菌接種環進行二區劃線，置於 37 $^{\circ}\text{C}$ 培養 24~48。以接種環挑取 5 個具黑圈之可疑菌落，畫線接種於 Horse Blood Overlay Medium 培養基，置於 35 $^{\circ}\text{C}$ 培養隔夜培養，並接種於 Brain Heart Infusion agar 培養基。

沙門氏桿菌以抹碟法進行菌種分離培養，將收集液塗抹至木糖離胺酸去氧膽酸鹽瓊脂培養基(Xylose lysine desoxycholate agar, XLD)，置於 30 $^{\circ}\text{C}$ 培養 18~24 小時。

金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)以抹碟法進行菌種分離培養，將收集液塗抹至 BP(Baird-Parker Medium)選擇性培養基，倒置於 35 $^{\circ}\text{C}$ 培養 45~48 小時。

三、結果與討論

3.1 家禽屠宰作業場所 1 人畜共通指標微生物生物氣膠分佈特性

家禽屠宰作業場所 1 為南部一大型屠宰場，本研究針對此作業場所 5 個作業區域及室外共規劃 11 個採樣點，其中採樣點 A 點-J 點則為室內採樣點，K 點為場外採樣點。

表 4 為家禽屠宰作業場所 1 空氣中李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌與 O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠濃度分布表，由採樣分析結果可知，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠是未檢出的，這也與過去文獻指出 O157:H7 型大腸桿菌主要感染對象為牛隻相符[12]。李斯特菌與金黃色葡萄球菌於作業環境中 5 個工作區域均有檢出，沙門氏菌除了用具清洗場所外，其餘 4 個作業區域檢有被檢出，表示在繫留場即可檢出，也就是本屠體本身在養殖場中或運送過程中表面即以沾覆有李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌。

比較病原菌生物氣膠濃度分布，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠在 5 個工作區域均是未檢出，李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠之濃度區間分布在 $10^3 \sim 10^4$ 間，李斯特菌生物氣膠濃度最高達到

表 4 家禽屠宰作業場所 1 病原菌生物氣膠之分佈

採樣區域 與點位	李斯特菌		金黃色葡萄球菌		沙門氏菌		O157:H7 型 大腸桿菌		
	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後	
繫留場	A	7.20±0.00×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	B	1.60±0.30×10 ⁴	6.40±0.00×10 ³	8.64±0.70×10 ⁴	1.12±0.00×10 ⁴	1.60±0.00×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.
屠宰室	C	1.04±0.08×10 ⁴	N.D.	1.92±0.32×10 ⁴	9.20±2.73×10 ³	7.20±1.50×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.
	D	7.20±1.25×10 ³	N.D.	4.08±0.23×10 ⁴	7.20±3.31×10 ³	1.20±0.00×10 ⁴	N.D.	N.D.	N.D.
雜碎處理洗 滌室	E	2.86±0.31×10 ⁴	N.D.	4.56±0.51×10 ⁴	N.D.	6.40±0.80×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.
	F	1.24±0.12×10 ⁴	N.D.	4.28±0.43×10 ⁴	5.20±0.00×10 ³	0.80±0.80×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.
分切包裝區	G	2.24±0.63×10 ⁴	4.80±0.00×10 ³	1.96±0.52×10 ⁴	4.40±0.00×10 ³	4.80±0.80×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.
	H	N.D.	N.D.	2.52±0.08×10 ⁴	5.20±3.01×10 ³	3.20±0.00×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.
	I	6.4±0×10 ³	N.D.	9.60±6.15×10 ³	5.60±0.00×10 ³	6.40±1.20×10 ³	5.30±0.00×10 ²	N.D.	N.D.
用具及容器 清洗場所	J	8.8±3.16×10 ³	6.40±0.00×10 ⁴	5.60±0.80×10 ³	3.60±0.00×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	室外	K	N.D.	N.D.	6.40±0.80×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

*偵測極限(LOD)為 530 CFU/m³ 單位：CFU/m³，n=66

2.86×10⁴ CFU/m³，出現在雜碎處理洗滌室；金黃色葡萄球菌生物氣膠濃度最高達到 8.64×10⁴ CFU/m³，出現於繫留場；沙門氏菌生物氣膠濃度最高達到 7.20×10³ CFU/m³。

另，針對清理後之作業環境進行調查，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠在 5 個工作區域仍是未檢出，在李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠部分，幾乎所有點位生物氣膠濃度都呈現下降情形，多數也呈現未檢出，僅李斯特菌生物氣膠濃度於用具及容器清洗場所出現上升，這表示屠宰場的清理作業對於作業環境內病原菌生物氣膠之去除是有顯著效果的。

3.2 家禽屠宰場 2 人畜共通指標微生物生物氣膠分佈特性

家禽屠宰作業場所 2 為中部家禽屠宰場，本研究針對此作業場所 5 個作業區域及室外共規劃 11 個採樣點，其中採樣點 A 點-J 點則為室內採樣點，K 點為場外採樣點。

表 5 為家禽屠宰作業場所 2 空氣中李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌與 O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠濃度分布表，由採樣分析結果可知，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠仍是未檢出的。李斯特菌、金黃

表 5 家禽屠宰作業場所 2 病原菌生物氣膠之分佈

採樣區域 與點位	李斯特菌		金黃色葡萄球菌		沙門氏菌		O157:H7 型 大腸桿菌		
	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後	
繫留場	A	5.20±0.00×10 ³	N.D.	1.60±0.00×10 ⁴	4.80±0.00×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	B	N.D.	N.D.	1.56±0.53×10 ⁴	1.12±0.20×10 ⁴	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C	1.08±0.00×10 ⁴	3.60±2.20×10 ³	9.20±3.08×10 ³	2.40±0.00×10 ³	9.60±0.00×10 ³	5.20±0.00×10 ³	N.D.	N.D.
屠宰室	D	1.12±0.00×10 ⁴	N.D.	2.48±0.38×10 ⁴	6.80±0.00×10 ³	1.02±0.00×10 ⁴	0.80±0.80×10 ³	N.D.	N.D.
	E	2.88±0.33×10 ⁴	2.12±0.71×10 ⁴	1.68±0.31×10 ⁴	1.36±0.33×10 ⁴	6.40±0.00×10 ³	0.80±0.80×10 ³	N.D.	N.D.
	F	1.24±0.00×10 ⁴	N.D.	6.88±0.53×10 ⁴	2.56±0.50×10 ⁴	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G	1.32±0.00×10 ⁴	N.D.	2.48±0.00×10 ⁴	1.56±0.43×10 ⁴	3.48±0.68×10 ⁴	4.80±0.80×10 ³	N.D.	N.D.
雜碎處理洗 滌室	H	7.20±1.60×10 ³	N.D.	3.24±0.62×10 ⁴	8.40±0.80×10 ³	4.64±0.50×10 ⁴	1.64±0.60×10 ⁴	N.D.	N.D.
分切包裝區	I	4.80±0.80×10 ³	3.20±0.00×10 ³	3.76±0.20×10 ⁴	4.80±0.80×10 ³	4.88±0.50×10 ⁴	2.31±0.35×10 ⁴	N.D.	N.D.
用具及容器 清洗場所	J	5.60±0.80×10 ³	N.D.	4.80±0.00×10 ³	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
室外	K	N.D.	N.D.	3,200	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

*偵測極限(LOD)為 530 CFU/m³ 單位：CFU/m³，n=66

葡萄球菌以及沙門氏菌生物氣膠於各作業區域的分布特性與作業場所 1 相同，李斯特菌與金黃色葡萄球菌生物氣膠在 5 各作業區域均被檢出，沙門氏菌生物氣膠則是僅在屠宰作業 3 個作業區被檢出。

在病原菌生物氣膠濃度分布部分，與作業場所 1 分布特性類似，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠在 5 個工作區域均是未檢出，李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠之濃度區間分布在 $10^3 \sim 10^4$ 間。李斯特菌生物氣膠濃度最高達到 2.88×10^4 CFU/m³，出現在屠宰室；金黃色葡萄球菌生物氣膠濃度最高達到 6.88×10^4 CFU/m³，出現於屠宰室；沙門氏菌生物氣膠濃度最高達到 4.88×10^4 CFU/m³。

於清理後之作業環境，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠在 5 個工作區域仍是未檢出，在李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠部分，幾乎所有點位生物氣膠濃度都呈現下降情形，多數也呈現未檢出，這表示本作業場所的清理作業確實有達到清理的效果。

3.3 家禽屠宰場 3 人畜共通指標微生物生物氣膠分佈特性

家禽屠宰作業場所 3 為中部家禽屠宰場，本研究針對此作業場所 5 個作業區域及室外共規劃 8 個採樣點，其中採樣點 A 點-G 點則為室內採樣點，H 點為場外採樣點。

表 6 為家禽屠宰作業場所 3 空氣中李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌與 O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠濃度分布表，由採樣分析結果可知，與前兩場相同，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠是未檢出的。李斯特菌生物氣膠於繫留場、屠宰室、雜碎處理洗滌室與

分切包裝區檢出；金黃色葡萄球菌生物氣膠於繫留場與屠宰室檢出；沙門氏菌於屠宰室與雜碎處理洗滌室檢出。基本上繫留場與屠宰程序 3 個作業區仍有檢出，與前兩場作業環境最大差異在於用具及容器清洗場所區域，根據表 3，此區域作業內容主要在於器具消毒，這顯示作業場所 3 在器具消毒有達到其目標功能。

在病原菌生物氣膠濃度分布部分，與前兩場分布特性類似，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠在 5 個工作區域均是未檢出，李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠之濃度區間分布在 $10^3 \sim 10^4$ 間。李斯特菌生物氣膠濃度最高達到 8.40×10^3 CFU/m³，出現在分切包裝區；金黃色葡萄球菌生物氣膠濃度最高達到 1.04×10^4 CFU/m³，出現於繫留場；沙門氏菌生物氣膠濃度最高達到 8.40×10^4 CFU/m³，於雜碎處理洗滌室檢出。

清理後之作業環境生物氣膠檢測部分，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠仍是未被檢出，與前兩場最大差異，李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠均未被檢出，前兩場清理作業能將生物氣膠濃度降低或完全清除，而作業場所 3 則是在清理後病原菌生物氣膠均未被檢出，這表示本場清理作業的確做到完全消毒目標。

四、討論

針對 4 種人畜共通傳染病原菌生物氣膠檢出之情形進行探討，O157:H7 型大腸桿菌生物氣膠在 3 個作業場所中均是未檢出，此與 Akashi *et al.* (1994) 年指出 O157:H7 型大腸桿菌多是主要感染對象為牛隻相符 [12]，雖國外文獻指出牧場牛隻與雞隻或其他動物共同養亦會感染其他動物 [16]，然台灣家禽養殖場均是獨立場房為主，故不會出現這樣的現象。另 3 種病

表 6 家禽屠宰作業場所 3 病原菌生物氣膠之分佈

採樣區域 與點位	李斯特菌		金黃色葡萄球菌		沙門氏菌		O157:H7 型 大腸桿菌		
	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後	
繫留場	A	$0.80 \pm 0.80 \times 10^3$	N.D.	$1.04 \pm 0.24 \times 10^4$	N.D.	$5.60 \pm 0.80 \times 10^3$	N.D.	N.D.	N.D.
屠宰室	B	$0.80 \pm 0.80 \times 10^3$	N.D.	$1.60 \pm 0.00 \times 10^3$	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C	$1.60 \pm 0.00 \times 10^3$	N.D.	$7.20 \pm 0.80 \times 10^3$	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
雜碎處理洗 滌室	D	$2.40 \pm 0.80 \times 10^3$	N.D.	N.D.	N.D.	$8.40 \pm 1.60 \times 10^3$	N.D.	N.D.	N.D.
分切包裝區	E	$8.40 \pm 1.60 \times 10^3$	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
用具及容器 清洗場所	G	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
室外	H	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

*偵測極限(LOD)為 530 CFU/m³ 單位：CFU/m³，n=48

原菌生物氣膠均有檢出，這也過去文獻相符，李斯特菌、金黃色葡萄球菌以及沙門氏菌均是肉品中常見病原菌[9-11, 17]。

另，在李斯特菌、金黃色葡萄球菌以及沙門氏菌生物氣膠分布現象也發現在許多作業區域部分點位有檢出，理論上屠體表面與血液或內臟均帶有病原菌，但作業區域中確實有部分點位出現未檢出病原菌生物氣膠，Oliveira *et al.* (2006)指出動物中血液病原菌要氣膠化至空氣中比例並不高[18]，這也就表示病原菌生物氣膠在作業環境中被檢出，病原菌應是受到作業人員作業內容，如燙毛、清洗、分切而氣膠化進入環境中空氣，單純血液噴濺氣膠化之病原菌較少，因此造成作業環境中部分點位會有未檢出病原菌生物氣膠現象。

比較本研究中 3 個作業場所李斯特菌、金黃色葡萄球菌與沙門氏菌生物氣膠濃度與國外研究成果，Luc *et al.* (2007)針對雞隻屠宰場進行調查，發現金黃色葡萄球菌生物氣膠濃度最高可達 1.6×10^4 CFU/m³；沙門氏菌生物氣膠濃度可達 1.5×10^4 CFU/m³；李斯特菌生物氣膠濃度可達 1.6×10^4 CFU/m³，濃度最高在接受區與解體區，濃度遞減則出現於內臟區與包裝區。Liang *et al.* (2013)同樣針對雞隻屠宰場進行調查，其發現金黃色葡萄球菌生物氣膠濃度在 $10 \sim 10^3$ CFU/m³ 區間，李斯特菌與沙門氏菌則是鮮被檢出於屠宰作業中。以本研究 3 家家禽屠宰作業場所來看，金黃色葡

萄球菌生物氣膠濃度最高達 8.64×10^4 CFU/m³；李斯特菌生物氣膠濃度可達 2.88×10^4 CFU/m³；沙門氏菌生物氣膠濃度可達 4.88×10^4 CFU/m³，比較與國外之文獻，3 種病原菌生物氣膠濃度是明顯高於國外數據的。另，在 Luc *et al.* (2007)之研究結果中，內臟區與包裝區之病原菌生物氣膠濃度已開始遞減，然在本研究 3 個作業場所中這些區域仍出現最高濃度的分布。這都顯示台灣家禽屠宰作業場所應對於人畜共通傳染病原菌生物氣膠進行控制，以及提升作業人員防護。

進一步將 4 種人畜共通傳染病原菌生物氣膠於個作業區域分布特性彙整於表 7 中，在作業場所 1 與 2 中，李斯特菌與金黃色葡萄球菌在 5 個作業區域均有檢出，沙門氏菌則在屠宰作業之屠宰區、雜碎處理洗滌室以及分切區檢出；在作業場所 3 中，李斯特菌在繫留場、屠宰區、雜碎處理洗滌室以及分切區檢出、金黃色葡萄球菌在在繫留場與屠宰區檢出、沙門氏菌在繫留場與屠宰區檢出。細部分析這些區域，繫留場多能檢出人畜共通傳染病原菌，表示在繫留場應考慮進行屠體清洗與消毒作業；在屠宰程序 3 個作業區域中檢出，表示作業人員應有適當的作業人員防護以及強制作業環境通風設備以保護作業人員暴露安全；在用具清洗場所部分除了作業場所 3，病原菌生物氣膠是未檢出外，作業場所 1 與 2 均有間出病原菌，這表示這區域清理用具之消毒程序，並無法去除空氣中病原菌，作業人員防護與強制通風仍應是此區域考量

表 7 病原菌於各作業區域之分布情形

	家禽屠宰場					
	作業場所 1		作業場所 2		作業場所 3	
	作業中	清理後	作業中	清理後	作業中	清理後
李斯特菌	繫留場 AB 屠宰區 CD 雜碎處理洗滌室 EF 分切區 GI 用具清洗場所 J	繫留場 B 分切區 G 用具清洗場所 J	繫留場 A 屠宰區 CDEFG 雜碎處理洗滌室 H 分切區 I 用具清洗場所 J	屠宰區 CE 分切區 I	繫留場 A 屠宰區 BC 雜碎處理洗滌室 D 分切區 E	未檢出
金黃色葡萄球菌	繫留場 B 屠宰區 CD 雜碎處理洗滌室 EF 分切區 GHI 用具清洗場所 J	繫留場 B 屠宰區 CD 雜碎處理洗滌室 F 分切區 GHI 用具清洗場所 J	繫留場 A 屠宰區 BCDEFG 雜碎處理洗滌室 H 分切區 I 用具清洗場所 J	繫留場 A 屠宰區 BCDEFG 雜碎處理洗滌室 H 分切區 I	繫留場 A 屠宰區 BC	未檢出
沙門氏菌	繫留場 B 屠宰區 CD 雜碎處理洗滌室 EF 分切區 GHI	分切區 I	屠宰區 CDEG 雜碎處理洗滌室 H 分切區 I	屠宰區 CDEG 雜碎處理洗滌室 H 分切區 I	繫留場 A 雜碎處理洗滌室 D	未檢出
O157:H7 型大腸桿菌	未檢出	未檢出	未檢出	未檢出	未檢出	未檢出

防護作為。

針對清理後之生物氣膠調查部分，過去國外文獻對於此部分顯有調查，本研究特別針對清理消毒後，作業環境中病原菌生物氣膠濃度進行調查，結果發現除了作業場所 1 中用具及容器清洗場所點位李斯特菌生物氣膠濃度高於清理後，其餘病原菌生物氣膠濃度均有下降，多已達到未檢出等級，尤其是作業場所 3 均為未檢出，這表示清理作業對於屠宰作業場所的重要性。

針對屠宰作業環境人畜共通傳染病生物氣膠濃度標準嘗試進行探討，國內外並無針對屠宰作業環境人畜共通傳染病病原菌生物氣膠濃度訂定標準，不過若以目前台灣食品中微生物衛生標準(2020)來看[19]，在其附表中生鮮即食食品及生熟食混和即食食品類之表標準來看，對於李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌及 O157:H7 型大腸桿菌的要求均是未檢出，這表示只要有接觸可能性即有可能造成感染。

依據上述比較內容，基本上從繫留場到屠宰作業 3 區，乃至器具清洗區域，基本上作業環境中都會檢出李斯特菌、金黃色葡萄球菌、以及沙門氏菌等病原菌生物氣膠，因此對於作業人員的防護對策應認真看待，首先基本上繫留場為半開放空間理論上，通風換氣應是在可接受範圍內，但由於禽類聚集，因此環境中病原菌生物氣膠濃度仍高，作業人員應確實配戴手套、口罩及全身式防護衣(目前屠宰作業人員多是著工作服或是半身式防護衣)，以避免與病原菌接觸，並落實消毒程序；在室內的作業環境中，除了作業人員應維持上述防護方式外，作業環境內應加強換氣次數，若可能的話，在實際作業範圍內，應有強制通風設備，藉以將作業環境中病原菌生物氣膠移除；在清理程序後部分作業環境仍可檢出病原菌生物氣膠，因此屠宰作業後之環境清潔與消毒應更確實，藉以避免病原菌生物氣膠累積；應定期提供安全衛生教育加強員工對於安全衛生之認知，以提高員工的配合度及降低感染之風險。

謝誌

感謝行政院勞動部勞動及職業安全衛生研究所提供經費贊助此研究，研究團隊謹此敬表謝忱。

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), 179-184, 2003.
2. Lutgring, K.R., Linton, R.H., Zimmerman, N.J., Peugh, M., and Heber, A.J. "Distribution and Quantification of Bioaerosols in Poultry Slaughter Plants", *Journal of Food Protection*, 60(7), 804-810, 1997.
3. Albert, H.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, 644-55, 2006.
4. 楊心豪、黃筱茜、洪柏宸、莊啟佑、羅金翔，「家禽屠宰作業環境空氣中細菌與真菌之分佈與特性」，勞動及職業安全衛生研究季刊，23(1)：1-15，2015。
5. 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(1), 142-149, 2007.
6. Liang, R.P., Tian, J.J., She, R.P., Meng, H., Xiao, P., and Chang, L.L., "Airborne Microbial Composition in a High-Throughput Poultry Slaughtering Facility", *Journal of Food Protection*, 76(3), 413-419, 2013.
7. Schuchat, A., Swaminathan, B., and Broome, C.V. "Epidemiology of human listeriosis", *Clinical microbiology reviews*, 4(2), 169-183, 1991.
8. Tauxe, R.V. "Emerging foodborne diseases: an evolving public health challenge", *Emerging Infectious Diseases*, 3(4), 425-434, 1997.
9. Zhao C, Ge B, De Villena J, Sudler R, Yeh E, Zhao S, White DG, Wagner D, Meng J. Prevalence of *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, and *Salmonella* serovars in retail chicken, turkey, pork, and beef from the greater Washington DC area. *Applied and Environmental Microbiology* 2001; 67: 5431-5436.
10. Quinn, P.J., Carter, M.E., Markey, B.K., and Carter, G.R. "Staphylococcus species. In: Clinical veterinary microbiology". Wolfe, Virginia, 118-126, 1994.
11. Halpin-Dohnalek, M.I., and Marth, E.H. "Staphylococcus aureus: production of extracellular compounds and behavior in foods-a review", *Journal of food protection*, 52(4), 267-282, 1989.
12. Akashi, S., John, K., and Tsuji, A. "A severe outbreak of haemorrhagic colitis and haemolytic uremic syndrome associated with *Escherichia coli* O157:H7 in Japan". *European Journal of Pediatrics*, 153(9), 650-655, 1994.

13. Mead, G.C., and Impey, C.S., "The distribution of Clostridia in poultry processing plants", *British Poultry Science*, 11(3), 407-14, 1970.
14. Pamer, E.G. "Immune responses to *Listeria monocytogenes*", *Nature Reviews Immunology*, 4(10), 812-823, 2004.
15. Low, J.C., and Donache, W. "A review of *Listeria monocytogenes* and listeriosis", *The Veterinary Journal*, 153(1), 9-29, 1997.
16. Bolton, F.J., Crozier, L., and Williamson, J.K. "Isolation of *Escherichia coli* O157 from raw meat products", *Letters in Applied Microbiology*, 23(5), 317-321, 1994.
17. McClain, D., and Lee, W.H. "Development of USDA-FSIS method for isolation of *Listeria monocytogenes* from raw meat and poultry", *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71(3), 660-664, 1988.
18. Oliveira, C.J.B., Carvalho, L.F.O.S., and Garcia, T.B. "Experimental airborne transmission of *Salmonella Agona* and *Salmonella Typhimurium* in weaned pigs", *Epidemiology & Infection*, 134(1), 199-209, 2006.
19. 衛生福利部, 「食品中微生物衛生標準」, 2020。

收稿日期：民國 110 年 04 月 12 日

修改日期：民國 110 年 05 月 18 日

接受日期：民國 110 年 06 月 30 日