

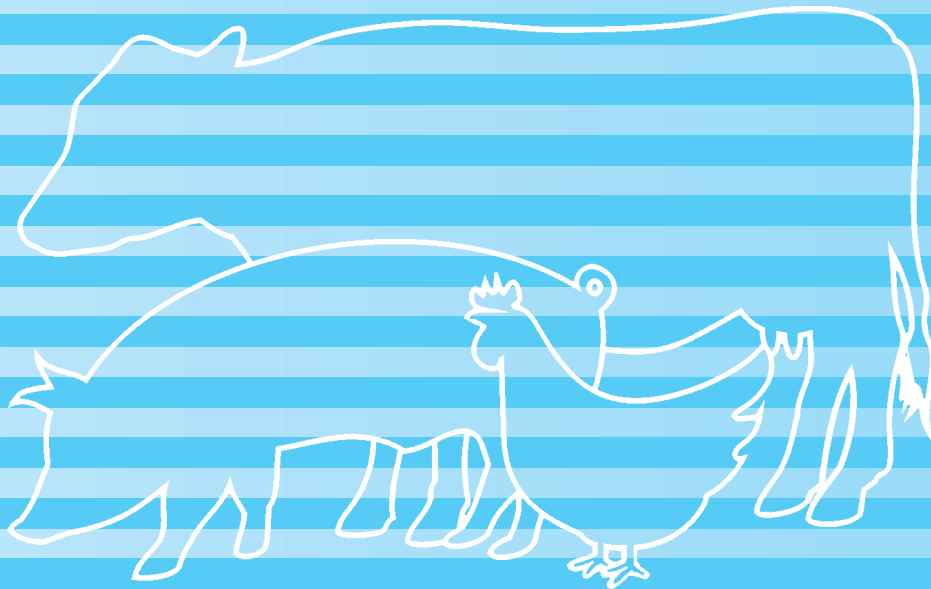
ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR

畜產研究

第五十六卷 第三期 中華民國一一二年 九月 季 刊

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 56 No. 3 September 2023



農業部畜產試驗所

TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
MINISTRY OF AGRICULTURE

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

審查委員：方珍玲 王佩華 王尚禮 王政騰 王紓愍 王淑音 王勝德 王聖耀
王瀚聰 朱有田 朱志成 余 祺 余 碧 吳信志 吳勇初 吳建平
吳錫勳 李固遠 李欣蓉 李姿蓉 李恒夫 李國華 李淵百 李滋泰
沈朋志 周明顯 林幼君 林正斌 林正鏞 林怡君 林美峰 林義福
林德育 邱智賢 施意敏 洪靖崎 范耕榛 唐品琦 徐濟泰 張世融
張伸彰 張秀鑾 張怡穎 張啟聖 梁筱梅 章嘉潔 莊士德 許振忠
許晉賓 郭彥甫 郭卿雲 郭錕德 陳文賢 陳立人 陳志峰 陳志銘
陳怡兆 陳明汝 陳洵一 陳秋麟 陳嘉昇 陳億乘 黃大駿 黃永芬
黃英豪 楊國泰 楊深玄 楊鎮榮 萬一怒 萬添春 廖御靜 劉秀洲
劉振發 練慶儀 鄭永祥 鄭裕信 蕭振文 魏良原 譚發瑞 蘇天明
蘇忠楨

(以姓名筆劃為序)

編輯委員：李欣蓉 林幼君 林德育 洪哲明 張世融 郭卿雲 陳翠妙 廖御靜
(以姓名筆劃為序)

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

J. F. HUANG, EDITOR-IN-CHIEF,
DIRECTOR GENERAL,

TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE, MINISTRY OF AGRICULTURE
HSINHUA, TAINAN, TAIWAN

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

C. L. FANG	P. H. WANG	S. L. WANG	C. T. WANG	S. M. WANG
S. Y. WANG	S. D. WANG	S. Y. WANG	H. C. WANG	Y. T. JU
C. C. CHU	C. YU	P. YU	H. C. WU	Y. C. WU
C. P. WU	H. H. WU	G. Y. LEE	S. S. LEE	T. R. LEE
H. F. LEE	K. H. LEE	Y. P. LEE	T. T. LEE	P. C. SHEN
M. H. CHOU	Y. C. LIN	J. B. LIN	C. Y. LIN	Y. C. LIN
M. F. LIN	Y. F. LIN	D. Y. LIN	C. H. CHIU	Y. M. SHY
C. C. HUNG	G. J. FAN	P. C. TANG	C. T. HSU	S. R. CHANG
S. C. CHANG	H. L. CHANG	Y. I. CHANG	C. S. CHANG	H. M. LIANG
C. C. CHANG	S. T. CHUANG	C. C. HSU	C. B. HSU	Y. F. KUO
C. Y. KUO	M. D. KUO	W. S. CHEN	L. R. CHEN	C. F. CHEN
C. M. CHEN	Y. C. CHEN	M. J. CHEN	H. I. CHEN	T. L. CHEN
C. S. CHEN	Y. C. CHEN	D. J. HUANG	Y. F. HUANG	I. H. HWANG
G. T. YANG	S. S. YANG	J. R. YANG	Y. N. WAN	T. C. WAN
Y. J. LIAO	H. C. LIU	J. F. LIU	C. Y. LIEN	Y. H. CHENG
Y. S. CHENG	J. W. SHIAU	L. Y. WEI	F. J. TANG	T. M. SU
J. J. SU				

EDITORS:

S. S. LEE	Y. C. LIN	D. Y. LIN	C. M. HUNG	S. R. CHANG
C. Y. KUO	T. M. CHEN	Y. J. LIAO		



畜產研究

編者：農業部畜產試驗所
發行人：黃振芳
發行所：農業部畜產試驗所
地址：臺南市新化區牧場 112 號
電話：(06) 5911211
網址：www.tlri.gov.tw
編輯\印製者：沐福商行
電話：0985-187287
出版日期：中華民國 112 年 9 月出版
定價：新台幣 200 元

展售處：

國家書店松江門市：臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

五南文化廣場：臺中市北屯區軍福 7 路 600 號

國家網路書店：www.govbook.com.tw

GPN : 2005200015

ISSN : 0253-9209

DOI : 10.6991/JTLR

畜產研究

第 56 卷第 3 期

中華民國 112 年 9 月

目 錄

	頁
1. 醋酸處理對雞蛋殼鹽滲透性與顯微構造之影響 吳鈴彩、王錦盟、葉瑞涵、陳怡兆	154
2. 花畜鬥雞產蛋性能與繁殖性能之探討 李雁鈴、楊深玄、謝佳容、郭廷雍、蘇安國	165
3. 飼糧中添加牧草炭醋液對生長—肥育期黑豬生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響 李秀蘭、林正鏞、張伸彰、許晉賓、王紓愍	174
4. 性別對蘭嶼豬屠體與肉質性狀之影響 吳昇陽、李士昕、黃昱翎、章嘉潔	182
5. 飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長性狀、血液參數及下痢發生率的影響 劉芳爵、林幼君、李秀蘭	190
6. 駝鳥於涼熱季環境之生理值、血液生化及血液學調查 莊璧華、陳蕙婷、徐慈君、蘇安國	199
7. 水簾式肉豬舍熱季微氣候與空氣品質調查 蘇天明、劉威志、翁義翔、蕭庭訓	208
8. 抗脂肪酶 IgY 之生產與小鼠減重研究 劉振發、曲鳳翔、陳立人	220

醋酸處理對雞蛋殼鹽滲透性與顯微構造之影響⁽¹⁾

吳鈴彩⁽²⁾ 王錦盟⁽³⁾ 葉瑞涵⁽²⁾⁽⁴⁾ 陳怡兆⁽²⁾

收件日期：111 年 9 月 29 日；接受日期：112 年 4 月 30 日

摘 要

本研究旨在探討雞蛋經醋酸處理對蛋殼鹽滲透性的影響，以作為殼蛋加工產品開發之參考。以白殼來航雞雞蛋為試驗材料，逢機分為醋酸組（經 5% 醋酸浸泡 30 min）與對照組，測定其蛋殼顯微構造及蛋殼厚度與強度，結果顯示，醋酸處理造成蛋殼表面之顯微構造較不平整，且顯著降低雞蛋蛋殼強度（ $P < 0.05$ ）。將兩組之雞蛋浸泡於 20% 鹽溶液，於第 0、7、14 及 21 天測定雞蛋蛋白的鹽濃度，結果顯示，雞蛋經醋酸處理後，顯著提升鹽的滲透性（ $P < 0.05$ ）。進一步將二組雞蛋煮熟，於 5% 鹽濃度浸漬液中浸泡 15 天產製風味殼蛋產品，浸漬期間測定鹽濃度，於第 6 天起醋酸組的蛋黃與蛋白鹽濃度皆顯著高於對照組（ $P < 0.05$ ）。風味殼蛋產品之一般成分分析與感官品評，兩組間蛋白或蛋黃的水分、粗蛋白質、粗脂肪及灰分，均無顯著差異。在感官品評方面，醋酸組的總接受性有高於對照組的趨勢（ $P = 0.07$ ）。綜上所述，雞蛋經 5% 醋酸 30 min 浸泡，可提升蛋殼對鹽的滲透性，此條件可作為後續殼蛋產品加工的應用技術。

關鍵詞：蛋殼、滲透性、醋酸處理。

緒 言

近年來國內家庭社會結構改變，隨著社會型態的快速變遷，愈來愈多的女性投入就業市場，小家庭越來越普遍，單身人口日益增加，青少年的消費能力提高而且從小養成外食習慣，加上住宅郊區化與交通壅塞使上下班通勤時間拉長，促進外食與即食消費市場的消費量（林，2000）。雞蛋為營養價值高之食材，極適合做為高營養即食產品，以供外食消費市場所需，然而目前國內蛋的即食加工產品約可概分為去殼風味蛋、裂殼蛋及殼蛋等三大類加工產品。去殼風味蛋加工產品，如滷蛋、鐵蛋、溏心蛋與燻蛋；裂殼風味蛋加工產品，如茶葉蛋與酒蛋；殼蛋加工大多為傳統中式加工產品，如皮蛋與鹹蛋等，均可供直接食用。國內殼蛋加工市場已多年未增加新產品，若能開發更多即食性殼蛋製品，除了可增加蛋產品之多樣化，更可提高蛋品加工利用，增進產業收益。

鹹雞蛋的速成浸漬法，可將新鮮雞蛋以 30% 以上之食鹽（含酒 2%），於室溫 25 – 26°C 條件下，浸漬 45 日後，取出風乾並貯存於 10°C 以下，其蛋白與蛋黃之顏色、水分、食鹽及揮發性鹽基態氮含量，均與市售鹹鴨蛋無顯著差異（白等，1982）。新鮮雞蛋殼蛋浸漬於 36.5% (w/v) 之飽和食鹽水，約需一個月，可製成鹹雞蛋黃（何等，2016）。

殼蛋產品的製作，須經長時間的浸泡，然而張及林（1986）發現雞蛋經 6 倍稀釋鹽酸（約 6.25%）溶液浸漬 1 min 後，可提升鹽與香辛料之滲入，可縮短製作時間，降低殼蛋製作成本。雞蛋經食品級酸處理對提升鹽與香辛料之滲入雞蛋的相關數據尚未完備，本研究探討雞蛋經醋酸處理對蛋殼滲透性的影響，以建立相關殼蛋加工前處理之技術。

材料與方法

I. 試驗材料

(i) 蛋殼品質與鹽滲透性測試

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2743 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產加工組。
(3) 國立自然科學博物館鳳凰谷鳥園生態園區。
(4) 通訊作者，E-mail: bjo@tlri.gov.tw。

白殼來航雞洗選雞蛋 (購自先見蛋行)、食用級醋酸 5% (HEINZ, 美國)、高級碘鹽 (臺鹽公司, 臺灣)、臺糖精製細砂糖 (臺糖公司, 臺灣)、紹興酒與玫瑰紅酒 (臺酒公司, 臺灣) 及辛香料 (八角、桂皮、甘草、月桂葉及當歸等; 購自臺南市新化區延生中藥行)。

(ii) 蛋殼與殼膜微細構造觀察: 白殼來航雞新鮮雞蛋 (取自畜產試驗所)。

II. 蛋殼品質與鹽滲透性測試

(i) 蛋殼品質測試

以白殼來航雞洗選雞蛋 120 顆為試驗材料, 逢機分為 2 組, 將雞蛋置於不鏽鋼提網, 再移入不鏽鋼鍋中, 醋酸組: 雞蛋預先於 5% 醋酸溶液中浸泡 30 min, 再以自來水沖去表面酸液。對照組: 不經醋酸處理, 以一般自來水浸泡 30 min, 再以自來水沖洗表面。5% 醋酸溶液之 pH 值為 2.56, 醋酸溶液的使用量: 雞蛋重量 = 1.1 : 1.0 (w/w)。雞蛋經醋酸處理後, 各組逢機採樣 12 顆雞蛋, 以數位式蛋品質分析儀 (DET6000, Nabel, Japan) 測定蛋殼厚度與蛋殼強度。

(ii) 鹽溶液滲透試驗

將醋酸組與對照組雞蛋浸泡於 20% 鹽溶液中, 於 4°C 條件下, 置放 3 wk, 並於第 0、7、14 及 21 天, 各組隨機採樣 12 顆雞蛋, 測定蛋白 pH 值與蛋白鹽濃度, 每顆雞蛋之蛋白, 經均質機 (Homogenizer AM-11, Nissei, Japan) 以 11,000 rpm 均質 10 sec 後, 再使用酸鹼度計 (PB-10, Sartorius, Germany) 測定 pH 值, 以導電式鹽度計 (SB-2000Pro, HM Digital, Korea) 測定鹽濃度, 測定之濃度以重量百分濃度 (w/w%) 表示。

III. 蛋殼與殼膜微細構造觀察

風味殼蛋製程為煮熟後進行浸漬, 故將醋酸處理與烹煮列入蛋殼與殼膜微細構造觀察條件。以新鮮雞蛋為試驗材料, 經材料與方法 II 醋酸組與對照組之前處理後, 各組隨機採樣 6 顆, 再各取 3 顆將其煮熟, 煮熟條件為不鏽鋼鍋注水加熱至 95°C 後, 將雞蛋置於熱水中加熱 8 min, 再以冷水浴冷卻, 並進行蛋殼與殼膜微細構造觀察。觀察樣品共分為 4 組:

A: 5% 醋酸浸泡 30 min。

B: 5% 醋酸浸泡 30 min + 煮熟。

C: 不經酸處理。

D: 不經酸處理 + 煮熟。

修改自王等 (1997) 測定蛋殼膜微細構造之方法: 自蛋殼赤道板取 1 cm² 大小試樣, 經酒精脫水乾燥後, 以金屬膠帶將其黏於樣品臺, 進行鍍銀包覆後, 送至國立成功大學貴重儀器中心微奈米科技組, 以高解析熱場發射掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, JSM-7000, JEOL, Japan) 掃描與拍照。

IV. 風味殼蛋產品製作與分析

(i) 前處理

1. 雞蛋前處理

以白殼來航雞洗選雞蛋 300 顆為試驗材料, 逢機分為 2 組, 醋酸組: 雞蛋預先於 5% 醋酸溶液中浸泡 30 min, 再以自來水沖去表面酸液。對照組: 不經醋酸處理, 以一般自來水浸泡 30 min 並沖洗表面。5% 醋酸溶液之 pH 值為 2.56, 醋酸溶液的使用量: 雞蛋重量 = 1.1 : 1.0 (w/w)。

2. 浸漬液製備

取水、鹽、糖、辛香料 (八角、桂皮、甘草、月桂葉及當歸等) 及酒料煮成鹽濃度為 5% 之浸漬液。

(ii) 風味殼蛋於浸漬製程中鹽滲透監控

1. 風味殼蛋製作

將前處理完成之雞蛋置於浸漬液中以 95°C 8 min 將蛋煮熟, 立即冷水浴降至室溫, 並送入冷藏, 於 4°C 條件下, 浸泡於浸漬溶液中, 置放 15 天; 雞蛋完成浸漬後, 移除浸漬液, 每顆雞蛋個別以真空包裝, 並以 80°C 10 min 進行二次殺菌, 並立即冷水浴降至室溫, 即完成風味殼蛋產品, 並送入 4°C 冷藏貯存。

2. 風味殼蛋於浸漬過程中, 於第 0、3、6、9、12 及 15 天, 各組隨機採樣 3 顆雞蛋, 以沈澱滴定法 (李及賴, 1986) 測定蛋白與蛋黃之食鹽含量。

3. 食鹽含量測定

(1) 稱取試樣 20 克於 250 mL 燒杯, 並加入 180 mL 去離子水, 混合煮沸 10 min, 水浴冷卻後, 以濾紙 (Whatman No.1) 過濾, 取濾液 10 mL 於 125 mL 三角錐瓶中, 加入 400 μ L 10% 鉻酸鉀 (K₂CrO₄) 指示劑, 以 0.02 N 硝酸銀 (AgNO₃) 溶液滴定至溶液呈紅褐色即為滴定終點。

(2) 計算公式:

$$\text{食鹽}(\%) = 0.117 \times F_{(\text{AgNO}_3)} \times V_{(\text{AgNO}_3)} \times (1/10) \times D$$

F (AgNO₃)：加價

V (AgNO₃)：0.02N 硝酸銀溶液滴定量 mL

10：滴定試樣 10 mL

D：樣品稀釋倍數

(iii) 風味殼蛋產品之一般成分分析

由對照組與醋酸組製成之風味殼蛋各組採樣 3 顆，依據 AOAC (2005) 之方法分析蛋白與蛋黃的水分、粗蛋白質、粗脂肪及灰分含量。

(iv) 風味殼蛋產品之微生物測定與貯存試驗監控

成品貯存於 4℃ 條件下，於第 0 — 8 wk，每隔 1 wk，各組採樣 3 顆，以修改自 Maturin and Peeler(1995) 方法，測定產品之蛋殼的總生菌數與病原性微生物 (金黃葡萄球菌、沙門氏菌、大腸桿菌及大腸桿菌群等)。

1. 總生菌數：

稱量風味殼蛋產品之樣品重量後，移入無菌袋，以樣品等重的無菌水 (滅菌之 0.9% 食鹽水)，清洗蛋殼表面即為樣品液，再以無菌水做序列稀釋後，吸取適當稀釋倍數之樣品液 1 mL 接種於 Plate count agar (Himedia, India) 培養基，於 35℃ 恆溫培養箱 (Moedl 1535, VWR Scientific, USA) 中進行倒置培養 48 h，培養完成後計算其菌落數。

2. 病原性微生物檢測：

取檢測總生菌數之適當稀釋倍數樣品液 1 mL，滴入快速檢測片 (MC-Media Pad TM, JNC Corporation, Japan) 中，於 35℃ 培養箱培養 24 h，依檢測片方法判讀結果並進行計數。

(v) 風味殼蛋產品之感官品評

修改自徐 (2000) 方法，各組採樣 36 顆風味殼蛋產品，品評時提供完整殼蛋產品，由品評者自行裂殼、剝殼再進行品評，品評項目分為外觀、風味、風味喜好、鹹味、鹹味喜好及總接受性，採用 7 分制進行喜好性品評，1 分代表非常淡和非常討厭，7 分代表非常濃和非常喜歡，受測人數 36 人。

V. 統計分析

試驗採完全隨機設計 (completely randomized design)，試驗所得數值資料利用 SAS 統計套裝軟體 (Statistical Analysis System, 2002)，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure) 進行變方分析，並以最小平方方法 (Least Squares Means) 比較兩組間之差異顯著性。

結果與討論

I. 醋酸處理對生蛋蛋殼品質與鹽滲透性之影響

(i) 蛋殼品質

雞蛋經 5% 醋酸處理 30 min 後，蛋殼品質測定結果如表 1，醋酸組蛋殼強度 $3.07 \pm 0.65 \text{ kg/cm}^2$ (mean \pm SD) 顯著低於對照組的 $3.64 \pm 0.41 \text{ kg/cm}^2$ ($P < 0.05$)，表示雞蛋經 5% 醋酸前處理，造成蛋殼強度下降。在蛋殼厚度方面，醋酸組與對照組則分別為 0.32 ± 0.02 與 0.33 ± 0.02 (mm)，未達顯著差異。顯示雞蛋經 5% 醋酸處理 30 min 造成雞蛋蛋殼品質的下降。

表 1. 醋酸處理對雞蛋蛋殼品質的影響¹

Table 1. Effect of acetic acid treatment on quality of egg shell¹

Items	Acid treatment ²	Control
Egg shell strength (kg/cm ²)	3.07 ± 0.65^b	3.64 ± 0.41^a
Egg shell thickness (mm)	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.02

¹ Mean \pm SD (n = 12).

² Eggs were treated with 5% acetic acid for 30 min.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

雞蛋蛋殼主要成分為碳酸鈣，若將雞蛋長期浸泡於醋酸中，蛋殼之碳酸鈣會與醋酸反應，並產生醋酸鈣與二氧化碳，進而使蛋殼變薄甚至消失 (黃等，2014)。相較於黃等 (2014) 以 10% 醋酸浸泡 7 天，本研

究僅以 5% 醋酸浸泡 30 min，因醋酸處理條件較不嚴苛，因此僅蛋殼強度顯著降低，而蛋殼厚度無顯著影響。

(ii) 浸漬期間生蛋之蛋白 pH 值的變化與對鹽的滲透性之影響

醋酸組與對照組之雞蛋，於 4℃ 下浸泡於 20% 鹽溶液中，每隔 7 天測定蛋白 pH 值，結果如表 2，第 0、7、14 及 21 天，醋酸組和對照組之蛋白 pH 值分別為 8.76、8.59、8.52、8.45 與 8.79、8.61、8.55、8.46，兩組間於浸漬期間之 pH 值沒有差異，顯示雞蛋經醋酸前處理對蛋白 pH 值並無影響，而兩組之 pH 值隨著浸漬時間的增加而降低，分別自 pH 8.76 降至 8.45 與自 pH 8.79 降至 8.46。雞蛋蛋白之 pH 值會隨著貯存期間蛋白中的二氧化碳逸散而隨之上升，於貯存溫度較低則可減緩其作用，因此冷藏雞蛋 (4℃) 之 pH 顯著低於室溫貯存雞蛋 (29℃) (Jacob *et al.*, 2013)。然而，於鹹鴨蛋醃漬期間，蛋殼上的氣孔被鹽漬泥層包覆，蛋的呼吸作用所產生的二氧化碳與蛋白水分相互作用形成碳酸，而使鴨蛋白的 pH 值下降，且隨著醃漬期愈久，pH 值愈低 (黃，2002；Karthikeyan, 2018)。本試驗因雞蛋浸漬於 20% 鹽溶液中，致使二氧化碳自蛋殼氣孔逸散速率較慢，產生相似於塗敷法鹹鴨蛋於醃漬時 pH 值下降之現象，然而，本試驗於 4℃ 下進行，雞蛋的呼吸作用慢，故 pH 值下降幅度不大。

表 2. 醋酸處理對雞蛋於浸漬期間蛋白 pH 值與鹽濃度的影響¹

Table 2. Effect of acetic acid treatment on pH value and salt concentration of egg white during soaking period¹

Soaking period	pH value of egg white		Salt concentration of egg white (%)	
	Acid treatment ²	Control	Acid treatment	Control
0 day	8.76 ± 0.28	8.79 ± 0.23	0.44 ± 0.01	0.43 ± 0.02
7 days	8.59 ± 0.12	8.61 ± 0.16	1.39 ± 0.17 ^a	0.98 ± 0.13 ^b
14 days	8.52 ± 0.13	8.55 ± 0.19	2.62 ± 0.20 ^a	1.79 ± 0.40 ^b
21 days	8.45 ± 0.21	8.46 ± 0.19	3.02 ± 0.36 ^a	2.36 ± 0.43 ^b

¹ Mean ± SD (n = 12).

² Eggs were treated with 5% acetic acid for 30 min.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

蛋白鹽濃度測定結果如表 2，第 0 天兩組之蛋白鹽濃度無顯著差異，於第 7、14 及 21 天，醋酸組之蛋白鹽濃度分別為 1.39、2.62 及 3.02%，顯著高於對照組的 0.98、1.79 及 2.36% (P < 0.05)，其中醋酸組第 14 天之鹽濃度為 2.62% 高於對照組第 21 天之鹽濃度為 2.36%，顯示雞蛋經醋酸處理可增加浸泡液中鹽滲透進入蛋白內的速度。張等 (1986) 將雞蛋以稀釋 6 倍濃鹽酸 (約 6.25%) 浸漬泡 1 min，洗去蛋殼表面酸後，將雞蛋置入 25% 鹽溶液中，於 25℃ 浸漬 20 天，測定酸處理與未經酸處理組之蛋白鹽含量，分別為 3.73 與 2.87%，蛋殼經酸處理後食鹽進入速率較未經酸處理者高，此結果與本試驗相似。

II. 蛋殼與殼膜微細構造

蛋殼表面掃描式電子顯微鏡微細構造如圖 1，醋酸組未加熱之蛋殼表面 (圖 1A) 與醋酸組加熱之蛋殼表面 (圖 1B) 皆不平整，對照組未加熱的蛋殼表面披覆具裂紋之角質層 (圖 1C)，經加熱後其角質層有消失的現象 (圖 1D)。蛋殼主要成分為碳酸鈣，碳酸鈣與醋酸反應，產生醋酸鈣與二氧化碳 (黃等，2014)。推測酸處理造成蛋殼表面的角質層破壞而流失，並造成少部份蛋殼表面的溶解。

蛋殼之橫斷面部分如圖 2，兩組之海綿層 (spongy matrix) 皆呈現細緻結實，醋酸組 (圖 2A 與 B) 與對照組 (圖 2C 與 D) 之乳頭節 (mamillary knob) 皆規則且柱狀突起平整，顯示酸處理與熱處理對蛋殼的橫斷面乳頭節與柱狀突起之影響不明顯。蛋殼膜內膜的顯微結構 (如圖 3)，經酸處理或加熱處理的殼膜纖維 (shell membrane fibers) 未出現斷裂等破壞的現象，醋酸組 (圖 3A 與 B) 與對照組 (圖 3C 與 D) 的顯微結構相似，顯示酸處理與熱處理對蛋殼膜內膜的影響亦不顯著。

角質層是一層覆蓋在蛋殼表面的複合層，其結構不均勻，以掃描電子顯微鏡觀察時有許多裂縫、星狀裂隙和片狀層 (Sparks, 1994)。很少有蛋殼具有完整的角質層覆蓋，且雞蛋經過洗滌可能會破壞角質層 (Samiullah *et al.*, 2013)。而圖 1D 及圖 1A 證實，本研究經水煮與醋酸處理具有破壞蛋殼角質層之效果。蛋殼結構由內而外分別為內蛋殼膜 (70 μm)、乳頭層 (約 100 μm)、海綿層 (約 300 μm)、垂直結晶層 (3 – 8 μm) 和角質層 (0.5 – 12.8 μm) 等 (Samiullah and Roberts, 2014)，其中蛋殼主要由方解石 (碳酸鈣的最穩定形式) 組成 (Dennis *et al.*, 1996)。本研究掃描電子顯微鏡結果證實，水煮與醋酸處理僅影響蛋殼角質層，而角質層厚度約占蛋殼 0.10 – 2.70%，

由於角質層在蛋殼厚度的佔比較低，因而可能導致表 1 蛋殼厚度無顯著差異。蛋殼角質層被破壞後，會造成蛋殼強度變弱 (Belyavin and Boorman, 1980)，此與表 1 醋酸組之蛋殼強度顯著降低的結果相符。

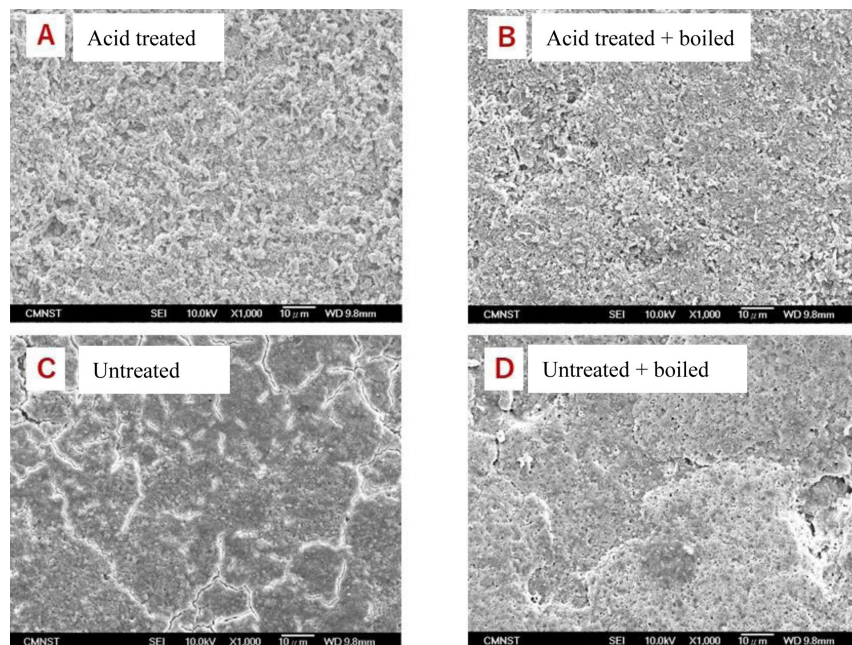


圖 1. 醋酸處理對雞蛋蛋殼表面顯微構造之影響。

Fig. 1. Microstructure of eggshell surface of acetic acid treated eggs.

A: treated with 5% acetic acid for 30 min (without boiling).

B: treated with 5% acetic acid for 30 min (with boiling).

C: untreated (without boiling).

D: untreated (with boiling).

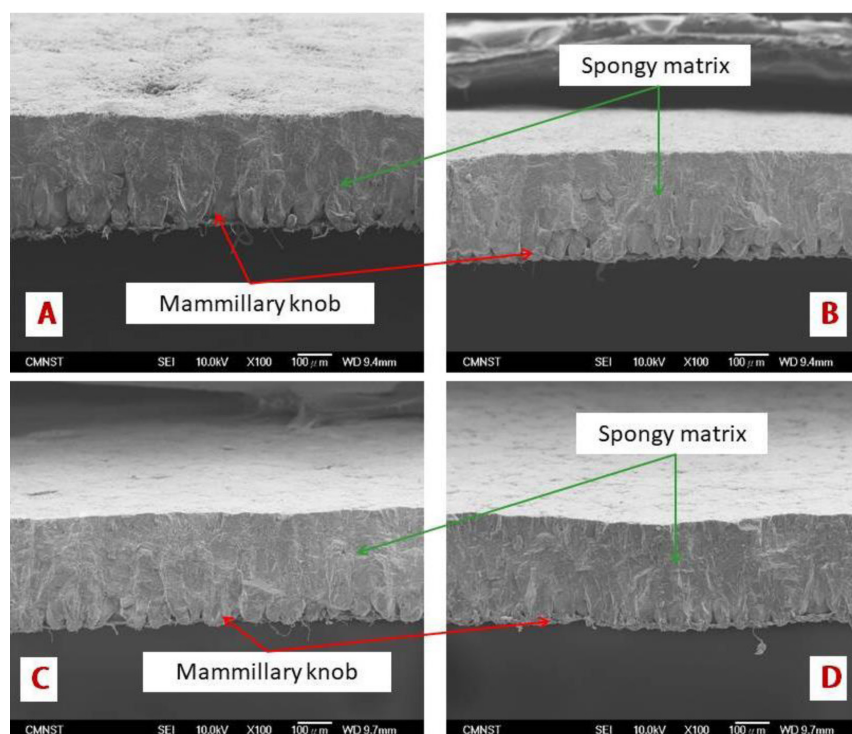


圖 2. 醋酸處理對雞蛋蛋殼橫斷面顯微構造之影響。

Fig. 2. Microstructure of eggshell cross section of acetic acid treated eggs.

A: treated with 5% acetic acid for 30 min (without boiling).

B: treated with 5% acetic acid for 30 min (with boiling).

C: untreated (without boiling).

D: untreated (with boiling).

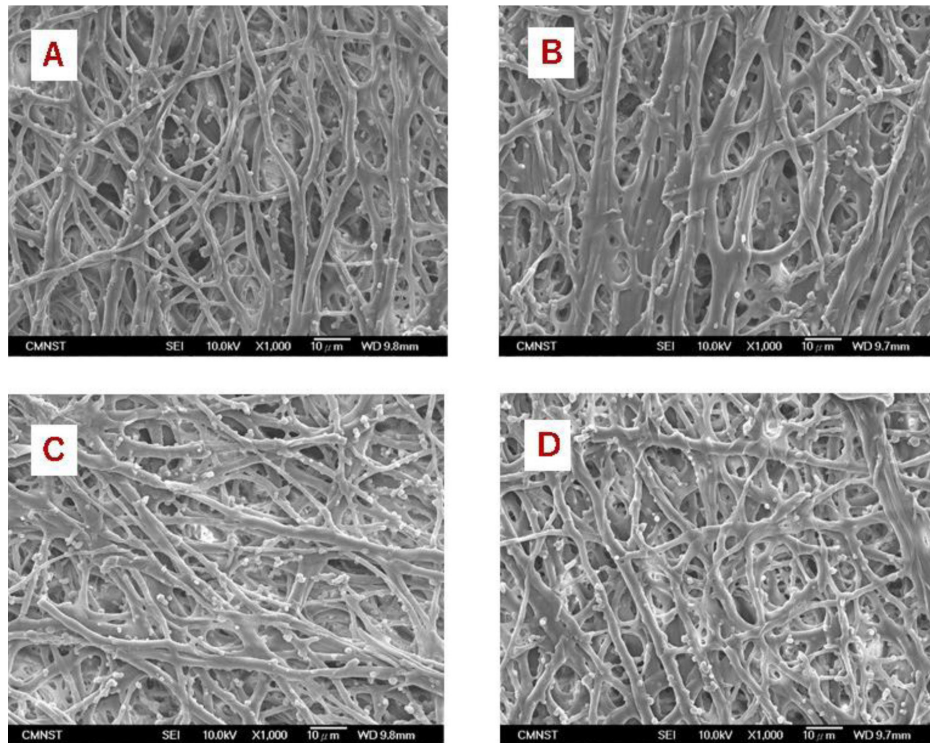


圖 3. 醋酸處理對雞蛋蛋殼膜顯微構造（纖維狀膜蛋白）之影響。

Fig. 3. Microstructure of eggshell membranes of acetic acid treated eggs.

A: treated with 5% acetic acid for 30 min (without boiling).

B: treated with 5% acetic acid for 30 min (with boiling).

C: untreated (without boiling).

D: untreated (with boiling).

III. 醋酸處理對風味殼蛋產品製作之影響

(i) 風味殼蛋於浸漬期間蛋白與蛋黃鹽濃度變化

雞蛋經 5% 醋酸前處理後，加熱煮熟與冷卻後，置於浸漬溶液中，於 4°C 進行浸漬 15 天，並於浸漬第 0、3、6、9、12 及 15 天測定殼蛋之蛋白與蛋黃的鹽濃度。結果顯示如表 3，蛋白與蛋黃之鹽濃度隨著浸漬天數的增加而上升，於第 6 天起醋酸組的蛋黃與蛋白鹽濃度皆顯著高於對照組 ($P < 0.05$)。且浸漬期間蛋白之鹽濃度變化具直線相關（如圖 4），醋酸組與對照組之回歸方程式分別為 $y = 0.0378x + 0.8457$ ($R^2 = 0.9790$) 與 $y = 0.0279x + 0.868$ ($R^2 = 0.9726$)，兩者之斜率分別為 0.0378 與 0.0279，顯示醋酸組鹽濃度上升的速率較對照組快。

表 3. 醋酸處理對風味殼蛋於浸漬期間蛋白與蛋黃鹽濃度的影響 (%)¹

Table 3. Effect of acetic acid treatment on salt concentration of flavored egg white and yolk (%) during soaking period¹

Soaking period	Salt concentration of egg white		Salt concentration of egg yolk	
	Acid treatment ²	Control	Acid treatment	Control
0 day	0.43 ± 0.01	0.43 ± 0.01	0.38 ± 0.01	0.38 ± 0.01
3 days	0.93 ± 0.01	0.91 ± 0.01	0.68 ± 0.01 ^a	0.64 ± 0.01 ^b
6 days	1.11 ± 0.01 ^a	1.06 ± 0.01 ^b	0.77 ± 0.01 ^a	0.74 ± 0.00 ^b
9 days	1.21 ± 0.00 ^a	1.16 ± 0.01 ^b	0.81 ± 0.00 ^a	0.79 ± 0.00 ^b
12 days	1.29 ± 0.04 ^a	1.23 ± 0.01 ^b	0.87 ± 0.00 ^a	0.82 ± 0.01 ^b
15 days	1.47 ± 0.00 ^a	1.31 ± 0.01 ^b	0.93 ± 0.01 ^a	0.85 ± 0.01 ^b

¹ Mean ± SD (n = 3).

² Eggs were treated with 5% acetic acid for 30 min.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

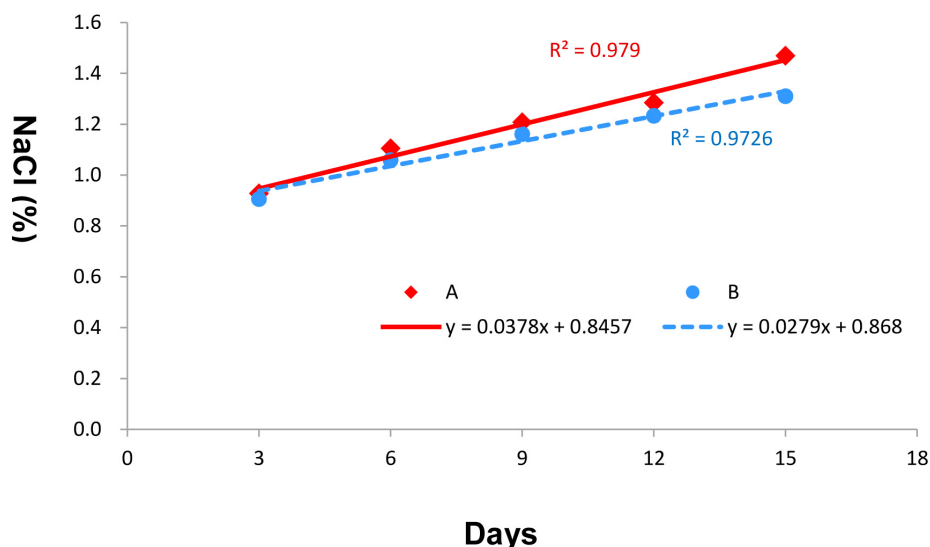


圖 4. 風味殼蛋產品於浸漬期間蛋白與蛋黃鹽濃度變化。

Fig. 4. The changes of salt concentration in egg white and yolk during soaked flavored egg products.

A: treated with 5% acetic acid for 30 min, $y = 0.0378x + 0.8457$, $R^2 = 0.9790$. y, NaCl (%); x, days.

B: un-treated, $y = 0.0279x + 0.868$, $R^2 = 0.9726$. y, NaCl (%); x, days.

(ii) 風味殼蛋一般成分分析

經浸漬 15 天之風味殼蛋產品之一般成分如表 4，醋酸組 vs. 對照組之蛋白的水分、粗蛋白、粗脂肪及灰分含量，分別為 86.30 vs. 86.52、12.05 vs. 12.00、0.13 vs. 0.13 及 1.47 vs. 1.40%，皆無顯著差異。而蛋黃的水分、粗蛋白、粗脂肪及灰分含量，分別為 54.8 vs. 55.7、15.44 vs. 14.85、26.38 vs. 26.52 及 2.62 vs. 2.57%，兩組間均無顯著差異。生鮮雞蛋蛋白 vs. 蛋黃之水分、粗蛋白質、粗脂肪與灰分含量，分別為 88.0、11.0、0.2 與 0.8% vs. 48.0、17.5、32.5 與 2.0% (陳, 1995)，本試驗產製產品的浸漬過程對風味殼蛋產品之蛋白與蛋黃的一般成分無明顯影響。與生鮮雞蛋成分相較，風味殼蛋之蛋白含水分下降、蛋黃含水分增加，乃因雞蛋於浸漬過程中，鹽滲入雞蛋中，因鹽的擴散作用造成蛋白含水分降低，蛋黃含水分增加 (Karthikeyan, 2018)。

表 4. 風味殼蛋產品一般成分分析 (%)¹

Table 4. The components analysis of flavored egg products (%)¹

Items	Egg white		Yolk	
	Acid treatment ²	Control	Acid treatment	Control
Moisture	86.30 ± 0.58	86.52 ± 0.26	54.80 ± 0.39	55.57 ± 0.32
Crude Protein	12.05 ± 0.15	12.00 ± 0.40	15.44 ± 0.35	14.85 ± 0.59
Crude Fat	0.13 ± 0.03	0.13 ± 0.42	26.38 ± 0.42	26.52 ± 0.31
Ash	1.47 ± 0.04	1.40 ± 0.08	2.62 ± 0.16	2.57 ± 0.14

¹ Mean ± SD (n = 3).

² Eggs were treated with 5% acetic acid for 30 min.

(iii) 風味殼蛋之微生物測定與保存試驗監控

對照組與處理組經浸漬完成之風味殼蛋，以真空包裝與二次殺菌處理，並置於 4°C 冷藏貯存，貯存期間其總生菌數與病原性微生物 (金黃葡萄球菌、沙門氏菌、大腸桿菌及大腸桿菌群等) 之變化如表 5。試驗結果顯示，總生菌數於各組間皆無顯著差異，且冷藏貯存 8 wk 後，總生菌數皆小於 1×10^2 CFU/g，而病原性微生物皆無檢出。依優良農產品蛋品項目驗證基準之標準 (行政院農業委員會, 2007)，皮蛋生菌數規範 5×10^4 CFU/g 以下、熟鹹蛋生菌數規範為 5×10^3 CFU/g 以下、已加熱煮熟之冷藏調理食品規範為 1.0×10^5 CFU/g 以下，而本研究之風味殼蛋產品貯存期間其微生物皆小於 1×10^2 CFU/g，符合食品安全規定。試驗產品以真空包裝、二次殺菌等條件加工並貯存於低溫下，顯示此加工與貯存條件可以維持產品之良好衛生品質。

表 5. 風味殼蛋於貯存期間之微生物分析¹Table 5. The microbiological analysis of flavored eggs during storage period¹

Storage weeks	Total plate count (log CFU/g)		Pathogenic microorganisms	
	Acid treatment ²	Control	Acid treatment	Control
0	1.56 ± 0.07	1.16 ± 0.28	ND	ND
1	1.52 ± 0.07	1.42 ± 0.10	ND	ND
2	1.46 ± 0.41	1.10 ± 0.17	ND	ND
3	1.10 ± 0.17	1.26 ± 0.24	ND	ND
4	1.16 ± 0.28	1.10 ± 0.17	ND	ND
5	1.10 ± 0.17	1.00 ± 0.00	ND	ND
6	1.26 ± 0.24	1.53 ± 0.40	ND	ND
7	1.53 ± 0.13	1.49 ± 0.20	ND	ND
8	1.68 ± 0.60	1.74 ± 0.28	ND	ND

¹ Mean ± SD (n = 3).² Eggs were treated with 5% acetic acid for 30 min.

ND: No detected.

(iv) 酸處理對風味殼蛋感官品評之影響

醋酸組與對照組製成之風味殼蛋之感官品評結果如表 6，風味殼蛋外觀兩者間無顯著差異。醋酸組風味殼蛋之外觀較無光澤、色澤較不均勻，且剝殼後雞蛋白與蛋殼膜上有明顯斑點如圖 5，推測此乃因醋酸處理後，造成蛋殼表面不光滑且氣孔變大，導致加工過程浸漬液的有色質集中在蛋殼氣孔，以致蛋殼膜上深色斑點明顯。

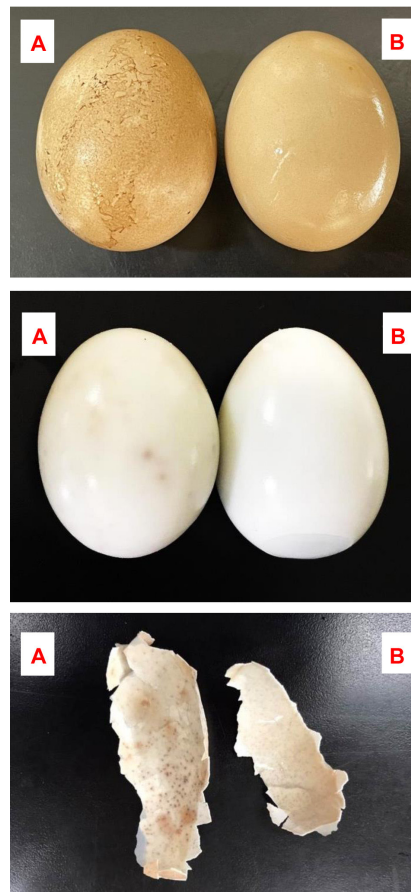


圖 5. 風味殼蛋外觀 (上) 剝殼後蛋白外觀 (中) 與蛋殼內部 (下)。

Fig. 5. The appearance of flavored eggs (top), the egg white after peeling (middle), and the inside of eggshell (bottom).

A: treated with 5% acetic acid for 30 min.

B: un-treated.

風味、風味喜好性、鹹味及鹹味喜好性方面，兩組間亦無顯著差異。在總接受性，以醋酸組 5.56 分較高，且有高於對照組 5.14 的趨勢 ($P = 0.07$)。綜上所述，品評員對醋酸組風味殼蛋產品的總接受性，有高於對照組產品的趨勢。

表 6. 風味殼蛋品評分析¹

Table 6. The sensory evaluation of flavored eggs¹

Items	Acid treatment ²	Control	P value
Appearance	5.19 ± 1.01	5.25 ± 1.00	0.82
Flavor	5.36 ± 1.18	4.94 ± 1.31	0.16
Flavor Preference	5.50 ± 1.06	5.17 ± 1.11	0.20
Salty	4.69 ± 0.82	4.44 ± 0.81	0.20
Salty Preference	5.47 ± 1.03	5.14 ± 1.02	0.17
Acceptability	5.56 ± 1.00	5.14 ± 0.93	0.07

¹ Mean ± SD (n = 36).

² Eggs were treated with 5% acetic acid for 30 min.

結 論

雞蛋以 5% 醋酸浸泡 30 min 會破壞蛋殼，致使蛋殼強度降低，但對蛋殼厚度影響不大。醋酸處理後之雞蛋，不論是以生蛋浸泡於 20% 鹽水 3 wk，或於 5% 鹽濃度之浸漬液煮熟後再低溫浸漬 15 天，兩者之蛋白或蛋黃的鹽濃度皆顯著增加，此顯示能提升蛋殼鹽滲透性，有助於縮短殼蛋產品的加工製作時間。將醋酸處理後之雞蛋製成風味殼蛋產品，其感官品評之總接受度較未處理之雞蛋有較佳之趨勢，且經過真空包裝與二次殺菌後可於 4℃ 冷藏保存 8 wk，具有商品化之潛力。然而醋酸處理亦造成浸漬液的有色物質集中在蛋殼氣孔，致使蛋殼膜產生深色斑點，未來有必要進一步探討改良。

誌 謝

本研究由畜產試驗所加工組同仁協助完成，特此誌謝。

參考文獻

- 王政騰、萬添春、潘金木、鄭永祥。1997。褐色菜鴨青白殼蛋之理化性及其鹼化過程比較。中國農業化學 35：263-272。
- 白火城、張勝善、李雙林。1982。鹹雞蛋製造之研究。中畜會誌 11：45-58。
- 李秀、賴滋漢。1986。食品分析與檢驗。富林出版社。臺北市。
- 何若瑄、蘇烈頌、李丹昂、周景銘、蘇和平。2016。利用快速浸漬法製成分離雞蛋鹹蛋黃之研究。中畜會誌 45：301-313。
- 林育慈。2000。外食型態轉變與速食消費的形成。中國飲食文化基金會會訊 200002：51-58。
- 徐志忠。2000。冷卻及被覆處理對水煮蛋貯存品質之影響。碩士論文，國立中興大學畜產學系。
- 陳明造。1995。畜產加工（初版）。三民書局。臺北市。
- 張勝善、林淑美。1986。調味雞蛋製造之研究。中畜會誌 15：71-82。
- 黃滇鈺、胡永輝、黃裕文、徐永鑫。2014。不同浸漬液對蛋品質之影響。華醫學報 40：29-40。
- 黃英豪。2002。醃製期間鹹鴨蛋理化性狀變化之研究。博士論文，國立臺灣大學畜產學研究所。
- 行政院農業委員會。2007。優良農產品驗證管理辦法－蛋品項目驗證基準則修正規定。<https://law.coa.gov.tw/glsnewsout/LawContent.aspx?id=FL043388>。
- AOAC. 2005. Official methods of analysis, 18th ed. Association of official analytical chemistry, Washington, DC.

- Belyavin, C. G. and K. N. Boorman. 1980. The influence of the cuticle on egg-Shell strength. Brit. Poult. Sci. 21: 295-298.
- Dennis, J. E., S. Q. Xiao, M. Agarwal, D. J. Fink, A. H. Heuer, and A. I. Caplan. 1996. Microstructure of matrix and mineral components of eggshell from white leghorn chickens (*Gallus gallus*). J. Morphol. 228: 287-306.
- Jacob, K. T., K. Bahe, B. Kamers, and K. Mertens. 2013. Effects of egg storage conditions on eggshell resonant frequency and albumen characteristics. Int. J. Poult. Sci. 12: 130-134.
- Karthikeyan, V. 2018. Influence of prolonged salting on the physicochemical properties of duck egg white. Food Sci. Technol. 61: 1-11.
- Maturin, L. and J. Peeler. 1995. Aerobic plate count. In: Bacteriological analytical manual (AOAC Int. ed.). AOAC Int., Gaithersburg, USA. Pp. 3.01-3.10.
- Samiullah, S., K. K. Chousalkar, J. R. Roberts, M. Sexton, D. May, and A. Kiermeier. 2013. Effects of eggshell quality and washing on *Salmonella Infantis* penetration. Int. J. Food Microbiol. 165: 77-83.
- Samiullah, S. and J. R. Roberts. 2014. The eggshell cuticle of the laying hen. World Poult. Sci. J. 70: 693-708.
- Statistical Analysis System. 2002. Guide for personal computers. Version 8.0.1, SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Sparks, N. H. C. 1994. Shell accessory materials: structure and function, in: Board, R. G. & Fuller, R. (Eds) Microbiology of the Avian Egg, pp. 25-42 (Chapman and Hall London).

Effect of acetic acid treatment on salt permeability and microstructure of egg shells ⁽¹⁾

Ling-Tsai Wu ⁽²⁾ Chin-Meng Wang ⁽³⁾ Ruei-Han Yeh ⁽²⁾⁽⁴⁾ and Yi-Chao Chen ⁽²⁾

Received: Sep. 29, 2022; Accepted: Apr. 30, 2023

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of acetic acid treatment on the salt permeability of egg shells, and to establish a technique of egg processing. White Leghorn chicken eggs were used. The eggs were randomly divided into an experimental group treated with 5% acetic acid for 30 min and a control group, and eggshell microstructure and quality were determined. The results showed that microstructure of the eggshell surface experimental group was relatively uneven, and the eggshell strength was significantly decreased ($P < 0.05$). Then, the eggs of two groups were soaked in 20% salt solution. The salt concentrations of egg white were detected at days 0, 7, 14, and 21. The results showed that the salt permeability of the eggs, treated with 5% acetic acid, was significantly increased ($P < 0.05$). The eggs of two groups were boiled and soaked in pickling solution for 15 days under 4°C to produce flavored eggs. From the 6th day of soaking, the salt concentration of egg yolk and egg white in the acetic acid group was significantly higher than the control group ($P < 0.05$). Analyzed the components and detected the sensory evaluation of the flavored egg. The results showed that the components were no significant difference between the two groups. In the sensory evaluation, the total acceptance of the experimental group tended to be higher than the control group ($P = 0.07$). In conclusion, the egg pre-treated with 5% acetic acid for 30 min could increase the permeability of salt for eggshell. The manufacturing procedure can be used in shell egg processing.

Key words: Eggshell, Permeability, Acetic treatment.

(1) Contribution No. 2743 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Animal Products Processing Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) The Fonghuanggu Bird and Ecology Park, National Museum of Natural Science, Taichung City, 404023, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: bjo@tlri.gov.tw.

花畜鬥雞產蛋性能與繁殖性能之探討⁽¹⁾

李雁鈴⁽²⁾ 楊深玄⁽²⁾ 謝佳容⁽³⁾ 郭廷雍⁽³⁾ 蘇安國⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：111 年 8 月 5 日；接受日期：112 年 4 月 30 日

摘 要

本試驗旨在探討經多世代繁殖選育之花畜鬥雞 (Hualien Animal Propagation Station Cockfighting, 以下簡稱 HLAPS Cockfighting), 其選育期間種雞產蛋性能與繁殖性能之結果。於 2017 – 2021 年間, 共計蒐集 306 隻種母雞與 114 隻種公雞性能檢定資料顯示, 花畜鬥雞產蛋性能初產日齡介於 173 – 187 天, 初產體重平均介於 2,920 – 3,126 公克, 初產蛋重介於 38 – 42 公克, 40 週齡產蛋率介於 48 – 61%, 40 週齡產蛋數介於 58 – 64 枚, 50 週齡產蛋率介於 46 – 56%。在公雞繁殖性能方面, 30 週齡種公雞的平均精液濃度 $5.25 - 7.04 \times 10^9/\text{mL}$ 、精子活力 75.8 – 86.2%、精子存活率 61.5 – 82.8%。而 33 – 35 週齡種母雞受精率為 52 – 88%, 種蛋出雛率為 39 – 68%, 花畜鬥雞於 2021 年受精率與出雛率分別為 88% 與 68%, 育成率也達 95%。資料顯示經由選育出的花畜鬥雞種雞的產蛋性能與繁殖性能已有改進, 其公雞可作為民間生產優質鬥雞母之公系種雞, 而結果可作供研究臺灣鬥雞性能之基礎, 並提供臺灣鬥雞種雞場種原擇選之參考, 成為未來進行研究之依據, 了解性狀之改進情形。

關鍵詞：臺灣鬥雞、產蛋性能、繁殖性能。

緒 言

鬥雞普遍存在於亞洲與中南美洲, 而中國是世界上馴養鬥雞的古老國家之一, 其民間有中原鬥雞、漳州鬥雞、吐魯番鬥雞、西雙版納鬥雞等“中國四大鬥雞”, 臺灣則可能於西元 1912 – 1915 年間由日本引進鬥雞供玩賞娛樂之用, 原始來源不可考, 但可能源自於東南亞地區。中興大學於 1994 年保有臺灣花東一帶的花東雞, 其為黑色羽毛土雞, 腳脛黑, 屬於鬥雞體型 (張, 2002) 為臺灣近代鬥雞品種, 而其後並無其他文獻記載臺灣鬥雞。現行臺灣鬥雞可以體重區分為大型鬥雞與小型鬥雞, 其中行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場選育之花畜鬥雞屬大型鬥雞, 源自於彰化地區, 具有鷹嘴駝身與豆冠, 生性好鬥, 腳脛為黃色, 約在 24 週齡可達性成熟, 成熟公雞體重約 4.5 公斤, 母雞則有 3.5 公斤, 其外型與中國之吐魯番鬥雞相似, 而與花東雞外型不同, 應分屬不同品系。依據行政院農業委員會農業畜禽統計調查結果 (2021), 鬥雞主要生產地為苗栗、臺中及臺東, 謝 (2016) 研究顯示, 臺灣鬥雞具有基因多樣性, 其大致可區分 9 群, 花畜鬥雞已自成一群。目前臺灣鬥雞除玩賞用, 公鬥雞則可飼養成大型閹雞食用, 因其於食用時肉質較為堅韌, 養禽業者利用公鬥雞為父系種原雜交紅羽母土雞, 並飼養其產生之母雞子代食用, 即俗稱為「鬥雞母」, 鬥雞母肌間脂肪含量較鬥雞高, 肉質又較一般土雞緊實, 風味濃厚符合大眾食用, 現已成為花東地區養禽業飼養的特色雞種。由於臺灣鬥雞品種來源不明且品種雜亂, 導致雜交生產鬥雞母時, 因公系種雞遺傳背景參差不齊, 造成子代鬥雞母之 20 週齡上市體重整齊度差, 致使養禽業者無法以批次管理方式進行鬥雞母之生產, 且臺灣對本土鬥雞性能研究之報告極少, 種雞業者無法有效比較與掌握臺灣鬥雞產業種原品質, 故本文就花蓮種畜繁殖場世代選育之花畜鬥雞, 其產蛋與繁殖性能進行分析探討, 期能瞭解臺灣鬥雞種原性能, 以提供種雞飼養者之參考。

材料與方法

I. 試驗動物

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2744 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

(3) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。

(4) 通訊作者, E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw。

- (i) 農業部畜產試驗所東區分所花蓮場區於 2016 年後，以系譜配種人工授精繁殖之花畜鬥雞做為選育族群，進行外觀篩選，同時汰除雞隻雞白痢 (Pullorum disease, PD) 抗體及家禽白血病毒 (Avian leukosis J virus, ALV-J) 陽性反應雞隻，進行自交世代之繁殖。
- (ii) 本試驗蒐集花畜鬥雞 2017 — 2021 年間 306 隻種母雞及 114 隻種公雞繁殖與產蛋性能資料，訂定後裔檢定條件進行外表特徵、生長性能、繁殖性能及產蛋性能選拔。
- (iii) 本研究所涉及之動物試驗於行政院農業委員會畜產試驗所東區分所花蓮場區執行，動物之使用、飼養及實驗內容皆依行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場實驗動物管理委員會核准之文件 (動物實驗核准編號 為 HUA1ACUC10605、HUA1ACUC10707、HUA1ACUC10802、HUA1ACUC10901 及 HUA1ACUC11003) 與試驗準則進行。

II. 試驗方法

(i) 選育與選拔標準

自 2016 年起以系譜配種人工授精繁殖，外觀篩選標準：以公雞與母雞頭冠均為豆冠，公雞頸羽呈金紅色，胸羽呈黑色，背羽與翅羽呈金紅色及黑色，尾羽呈黑色，腳脛為黃色；母雞頸羽呈金紅與黑色相間，腹部、背部與翅羽呈淺黃色，尾部與翅尾端處羽毛呈黑色，腳脛為黃色。公母雞外觀如圖 1 與圖 2。於飼養過程中繁殖性能不佳或不符外貌特徵之個體，則予以淘汰，並進行雞隻雞白痢與家禽白血病毒疾病清除。種雞選留以體重及外表特徵為選拔依據，每一世代 20 週齡公雞體重占全群公雞體重前 10% 者，且體重達 3.5 公斤，母雞體重占全群母雞體重前 50% 者，且體重達 2.5 公斤，加計外表特徵符合者為選留對象。其後淘汰 30 週齡產蛋率未達 50% 之種母雞，公雞以 30 週齡精液選留標準，精液濃度平均濃度前 50%、精子活動力達 80%、存活率達 75% 以上者選留，並輔以外觀特徵選留繁殖性能佳之花畜鬥雞，再進行繁殖子代，配種避開全、半同胞親屬關係。



圖 1. 花畜鬥雞之種公雞。

Fig. 1. Rooster of HLAPS cockfighting.



圖 2. 花畜鬥雞之種母雞。

Fig. 2. Breeder hen of HLAPS cockfighting.

(ii) 飼養管理方法

世代以系譜配種，試驗雛雞出生後，經系統登記系譜、編號及秤重，以自配飼料餵飼，育雛期 0 — 4 週齡飼料含粗蛋白質 22%，代謝能 3,100 kcal/kg，5 — 12 週齡雞隻飼料含粗蛋白質 19.5%，代謝能 3,100 kcal/kg，13 — 20 週齡雞隻飼料含粗蛋白質 15%，代謝能 3,000 kcal/kg，21 — 60 週齡產蛋母雞飼料含粗蛋白質 16%，代謝能 2,900 kcal/kg。全期之飼料與飲水均任食。0 — 8 週齡採公母平飼混養，於第 8 週齡後，依試驗設計組別公母分群平飼飼養，公母逢機分 3 組每組 40 隻，飼養至 20 週齡選拔候選種雞，並採以籠飼個別飼養，光照採 16 小時長光照 (16L : 8D)，光照強度 10 — 20 lux。飼養期防疫計畫，除遵照防疫機關所規定應注射新城雞病之疫苗外，視場內雞隻疫病防治需要，進行家禽馬立克病、家禽傳染性支氣管炎、慢性呼吸器病、傳染性華氏囊炎、雞痘、傳染性可利查及產蛋下降症候群等疫苗施打。

III. 調查與測定項目

(i) 產蛋性能

種母雞個別籠飼 (每籠高 120 cm × 寬 60 cm × 長度 70 cm)，紀錄種母雞初產體重、初產日齡及初產蛋

重。於 23 – 50 週齡期間，完成 35、40、45 及 50 週齡蛋重與產蛋數資料收集。40 週齡收集雞蛋 15 顆，測定蛋品質，包括：蛋重、蛋殼性狀、蛋形指數及蛋黃顏色等。蛋殼性狀：以蛋殼強度計 (Model HT-8116, Hung Ta Instrument Co., LTD.) 測定之。破蛋後取出蛋殼秤重，並以 FHK 蛋殼厚度計逢機選取 3 個點測量蛋殼厚度。蛋形指數 (egg shape index) 測定：以電子數位游標卡尺測量蛋之小端至大端之距離為長軸，蛋中間位置最寬之距離為短軸，依 Romanoff and Romanoff (1949) 所述以 $100 \times (\text{短軸} / \text{長軸})$ 之計算值表示之。蛋黃顏色測定：採用羅氏蛋黃比色扇 (Roche Color Fan, 1 – 15 級) 測定之，由目視判定各組之蛋黃級數，並依蛋黃顏色由淺至深，給予 1 – 15 分。

(ii) 繁殖性能

1. 種公雞於 25 週齡開始進行採精訓練，連續三週，並於 30 週齡進行精液品質檢測，以電腦輔助分析系統 iSperm (version 4.5.2; Aidmics Biotechnology Co., LTD, Taiwan) 分析精液濃度及精子活力，精子品質參數 (精子存活率、精子頭帽完整率、粒線體損傷率、精子 DNA 完整率及精子氧化損傷率) 則參考文獻建立之分析法 (Kuo and Wu, 2017)，使用流式細胞儀 (Millipore, USA) 並以 easyCyte 軟體 (IMV Technologies, France) 進行分析。
2. 種母雞於產蛋開始後，依外觀體型與 30 週齡產蛋率達 50% 以上進行選留，於 33 – 35 週齡時，經系譜之親屬關係資料編碼後，避開全同胞及半同胞進行單一公雞之精液人工授精配種繁殖，公母配種比率約 1 : 3 – 4。每 3 – 4 日進行人工採精及授精，連續收集 14 日 (3 – 16 日) 的種蛋，進行孵化作業，於入孵第 7 日檢查記錄每隻母雞種蛋之受精孵化情況，入孵第 18 日移置發生機，而後入孵第 22 日計算入孵蛋數、受精蛋數、孵化雛雞數及胚胎死亡數，以調查種母雞 33 – 35 週齡受精率與孵化率。

IV. 統計分析

試驗所得數據利用 SAS 套裝軟體 (Statistical Analysis System, 2000) 以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，比較各組間之差異顯著性。種公雞精液數據分析則以鄧肯氏新多變域測定法 (Duncan's New Multiple Range Test) 與二因子變異數分析 (Two way ANOVA) 比較各組間之差異顯著性，當 $P < 0.05$ 表差異顯著。

結果與討論

I. 產蛋性能

2017 – 2021 年試驗期共計蒐集 5 世代 306 隻花畜鬥雞種母雞與 114 隻花畜鬥雞種公雞數據進行分析，結構表如表 1。公雞之世代選留百分率為 4 – 8.1% 之間，平均為 7.7%；母雞之世代選留百分率為 13.3 – 24.5% 之間，平均為 20%。

表 1. 花畜鬥雞種雞 2017 – 2021 年族群結構表

Table 1. Population structure of HLAPS cockfighting breeder from 2017-2021

Years	Breeding number, n	Number of breeder, n	Selection ratio, %
2017	M = 198	M = 16	M = 8.1
	F = 204	F = 50	F = 24.5
2018	M = 379	M = 15	M = 4.0
	F = 388	F = 60	F = 15.5
2019	M = 223	M = 30	M = 13.5
	F = 259	F = 56	F = 21.6
2020	M = 374	M = 28	M = 7.5
	F = 360	F = 76	F = 21.0
2021	M = 307	M = 25	M = 8.1
	F = 316	F = 64	F = 20.3
Total	M = 1,481	M = 114	M = 7.7
	F = 1,527	F = 306	F = 20.0

M = male, F = Female.

花畜鬥雞種母雞產蛋性能數據進行分析，結果列如表 2 所示，平均初產日齡介於 173 – 187 日，平均初產體重介於 2,920 – 3,126 公克，平均初產蛋重介於 38 – 42 公克。於 2021 年，花畜鬥雞經 5 世代選育後初產日齡平均為 178 日已漸趨穩定，而其平均初產體重因世代選拔而稍遞減，推測其可能與產蛋率相關，因選拔留選產蛋率高者，高產蛋雞隻可影響其增重所致 (Bish *et al.*, 1985)。而世代間初產日齡越早，其初產蛋重越輕，此與林 (2004) 研究結果相一致。經由世代選育花畜鬥雞產蛋率與產蛋數等產蛋性能已表現穩定。

表 2. 花畜鬥雞 2017 至 2021 年產蛋性能分析

Table 2. Comparison laying performance of HLAPS cockfighting from 2017-2021

Items\Years	2017	2018	2019	2020	2021
Number	50	60	56	76	64
Body weight at first egg, g	2,975 ± 310 ^b	3,126 ± 302 ^a	3,024 ± 483 ^a	2,920 ± 310 ^b	2,920 ± 192 ^b
Age at first egg, days	187 ± 27 ^a	173 ± 13 ^c	177 ± 15 ^b	177 ± 15 ^b	178 ± 16 ^b
First egg weight, g	42 ± 7 ^a	41 ± 9 ^a	41 ± 9 ^a	38 ± 5 ^b	39 ± 5 ^b
35-week-old					
Egg number	45 ± 18 ^a	42 ± 6 ^b	42 ± 8 ^b	43 ± 14 ^b	44 ± 16 ^a
Egg production rate, %	38 ± 16 ^d	59 ± 9 ^b	57 ± 15 ^c	61 ± 15 ^b	65 ± 21 ^a
Average egg weight, g	50 ± 4 ^a	49 ± 3 ^b	50 ± 3 ^a	47 ± 4 ^b	46 ± 3 ^b
40-week-old					
Egg number	58 ± 16 ^b	64 ± 9 ^a	63 ± 12 ^a	64 ± 18 ^a	63 ± 23 ^a
Egg production rate, %	48 ± 13 ^b	61 ± 9 ^a	60 ± 11 ^a	61 ± 14 ^a	61 ± 11 ^a
Average egg weight, g	50 ± 4	50 ± 3	50 ± 3	49 ± 3	48 ± 3
45-week-old					
Egg number	61 ± 19 ^c	82 ± 13 ^a	71 ± 18 ^b	82 ± 22 ^a	82 ± 31 ^a
Egg production rate, %	40 ± 13 ^c	58 ± 13 ^a	51 ± 13 ^b	59 ± 14 ^a	59 ± 10 ^a
Average egg weight, g	50 ± 3	50 ± 3	51 ± 3	50 ± 3	49 ± 3
50-week-old					
Egg number, n	80 ± 19 ^c	100 ± 20 ^b	109 ± 18 ^a	97 ± 26 ^b	96 ± 40 ^b
Egg production rate, %	46 ± 11 ^c	52 ± 14 ^b	56 ± 10 ^a	55 ± 14 ^a	56 ± 9 ^a
Average egg weight, g	51 ± 3	51 ± 3	51 ± 3	50 ± 3	49 ± 3

^{a, b, c, d} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). Values are mean ± SD.
HLAPS: Hualien Animal Propagation Station.

以地緣關係較近之中國中原鬥雞、吐魯番鬥雞、臺灣地方雞種及花畜鬥雞進行比較。中原鬥雞母雞初產日齡一般為 240 日，初產體重為 2,500 公克；吐魯番鬥雞初產日齡則為 210 – 270 日，初產體重為 2,750 公克，臺灣地方雞種初產日齡為 144 – 173 日 (李等, 2005)；黑羽與紅羽土雞初產日齡分別為 166.3 與 185.5 日 (黃, 2003)，花東雞初產日齡為 159 日 (張, 2002)，而花畜鬥雞初產日齡約為 173 – 187 日早於前述中國中原鬥雞與吐魯番鬥雞，且初產體重較重，但與地方土雞相比則初產日齡較晚，且初產日齡相近於紅羽土雞，另晚於花東雞，推測花東雞其成熟約 18 週齡，體重約 2.1 公斤，其屬小型鬥雞品系 (張, 2002)，而花畜鬥雞成熟期為 22 週齡，所以其初產日齡較晚，此兩種鬥雞分屬於不同品系，故品種與品系

不同可能影響初產日齡。

目前臺灣商業用有色肉雞包括紅羽土雞、黑羽土雞、烏骨雞、鬥雞、珍珠雞與畜試土雞等，其中以紅羽土雞與黑羽土雞為市場大宗。然而，無論紅羽土雞或黑羽土雞都有產蛋性能低落的問題(林等, 2005)，產蛋數在個體間仍存在很大的變異。影響產蛋性能的因素眾多包括品種、體重、母雞營養水準、育成期與產蛋期之飼養方式等，而利用光照時間刺激則可使雞隻提早產蛋影響初產日齡(Shi *et al.*, 2019)，繼而影響後續產蛋期。花畜鬥雞產蛋試驗期間，採飼料及飲水任食，並給予照度 10 – 20 lux 之 16 小時長光照 (16L : 8D)，其週間產蛋性能如下，35 週齡產蛋率介於 38 – 65%，35 週齡產蛋數介於 42 – 45 枚，40 週齡產蛋率介於 48 – 61%，40 週齡產蛋數介於 58 – 64 枚，45 週齡產蛋率介於 40 – 59%，45 週齡產蛋數介於 61 – 82 枚，50 週齡產蛋率介於 46 – 56%，50 週齡產蛋數介於 80 – 109 枚。其中 35 週齡產蛋率由 38% 提高至 65%，提升 27%；40 週齡產蛋率由 48% 提高至 61%，提升 13%；45 週齡產蛋率由 40% 提高至 59%，提升 19%；50 週齡產蛋率由 46% 提高至 56%，提升 10%，由此可知經由多世代選育花畜鬥雞，除產蛋率與產蛋數等產蛋性能穩定外，已有效提升其各週間產蛋率，分析列如表 2。另產蛋數分析結果與李等(2005)指出商用紅羽或黑羽土雞 40 週齡產蛋數介於 61 – 85 枚相比較略低，若與花東雞 40 週齡產蛋數 49 枚相比，則有明顯較高之產蛋數，推測受品種品系所影響，且由於花畜鬥雞體型較一般土雞大，體重越大之個體對熱緊迫較敏感，所以亦可能受季節氣候影響產蛋性能，有待進行細項分析研究。

花畜鬥雞 40 週齡蛋品質分析如表 3，花畜鬥雞蛋平均蛋重約 49 – 51 公克，蛋殼淺褐色，蛋形指數為 77，顯示為橢圓形，蛋黃顏色為 7，蛋黃色偏黃色，花畜鬥雞蛋品質檢測項目各世代間並無顯著差異，顯示經由選育在蛋品質表現已趨穩定。依據文獻中國之中原鬥雞平均蛋重為 58 公克，蛋殼淺褐色；吐魯番鬥雞蛋重大，平均蛋重為 65 公克，蛋殼淺褐色，因花畜鬥雞較前述兩品種鬥雞成熟期較早故蛋重較輕，此與雞隻成熟期不同會影響產蛋重(林, 2004；Leeson and Summers, 1987)之論述相符。

表 3. 花畜鬥雞 2017 至 2021 年 40 週齡蛋品質分析

Table 3. Analysis of 40-week-old egg quality of HLAPS cockfighting from 2017-2021

Items\Years	2017	2018	2019	2020	2021
Number	30	30	30	30	30
Weight of egg, g	49 ± 6	51 ± 3	51 ± 3	51 ± 3	50 ± 3
Long axis of egg, mm	53 ± 3	54 ± 2	55 ± 2	55 ± 2	54 ± 2
Short axis of egg, mm	41 ± 2	42 ± 1	42 ± 1	42 ± 1	41 ± 1
Egg shape index ¹	78 ± 3	77 ± 3	77 ± 3	77 ± 3	77 ± 3
Egg shell strength, kg/cm ²	3.1 ± 0.9 ^b	3.2 ± 1.7 ^b	2.9 ± 1.0 ^b	3.0 ± 1.0 ^b	4.5 ± 0.8 ^a
Egg shell thickness, mm	0.41 ± 0.01	0.40 ± 0.04	0.40 ± 0.04	0.40 ± 0.04	0.41 ± 0.02
Yolk color ²	6 ± 1	7 ± 1	7 ± 1	7 ± 1	7 ± 1

^{a, b} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). Values are mean ± SD.

¹ Egg shape index = (Short axis of egg / Long axis of egg) × 100.

² Roche Color Fan: According to the color of the egg yolk from shallow to deep, give 1-15 points.

II. 繁殖性能

公雞的繁殖力取決於精液品質之好壞，最可信的判斷方式是直接進行授精，由授精結果來證明(黃, 2003)。臺灣土雞種雞皆以籠飼與人工授精繁殖，一般土雞的種雞，大約每 4 – 5 天進行人工授精一次，一次大約注入 3,000 – 4,000 萬精子，且在種雞週齡大時，或夏秋季時，會有降低受精率的情形(行政院農業委員會畜產試驗所, 2001)，另種蛋孵化率會受雞隻品系、種雞年齡、蛋重均勻度、種蛋儲存時間和季節之影響(Bouba *et al.*, 2021)。花畜鬥雞種以籠飼，於 2016 年後採系譜配種方式進行選育，執行雛白痢與家禽白血病 J 病毒篩除計畫，25 週齡進行採精訓練，30 週齡剔除精液品質不佳之種公雞，其後於 33 週齡每 3 – 4 天進行一次採精與人工授精，其選育方法可減少種蛋終止蛋之發生，增加孵化率與子代育成率。而經世代選育後之花畜鬥雞種蛋受精率由 52% 提升至 88%，已高於一般土雞種蛋受精率 83.5% (行政院農業委員會畜產試驗所, 2001)；另出雛率由 39% 提升至 68%，而 2021 年之育成率已達 95% (表 4)，此結果與林及徐(1998)指稱，土雞群達產蛋率 50%

時進行人工授精，總蛋數孵化率約為 70% 相近，本分析結果顯示，經由選育之花畜鬥雞受精率與出雛率已穩定良好，且子代亦穩定成長。

鬥雞之繁殖性能中精液品質之文獻闕如，一般而言，以精液顏色、濃度與活力來評估公雞的繁殖能力，精子活力與濃度為評估精液性狀的重要指標，若精子活力差，即不具備良好的授精能力，於授精前檢測精子活力與濃度為必備之檢查工作，剔除濃度低與活力不佳之種公雞，可以提升種蛋受精率。本統計顯示花畜鬥雞 30 週齡種公雞精液品質，精液顏色為珍珠白，其平均精液濃度為 $5.25 \pm 4 - 7.04 \pm 4 \times 10^9/\text{mL}$ 、精子活力 $75.8 \pm 18 - 86.2 \pm 20\%$ 、精子存活率 $61.5 \pm 18 - 82.8 \pm 8\%$ 、精子頭帽完整率 $35.9 \pm 10 - 46.4 \pm 13\%$ 、粒線體損傷率 $3.6 \pm 3 - 20.6 \pm 8\%$ 、精子 DNA 完整率 $68.5 \pm 4 - 86.1 \pm 7\%$ 及精子氧化損傷率 $2.59 \pm 1 - 13.2 \pm 6\%$ ，世代精液品質分析如表 5。依據研究結果 30 週齡之黑羽與紅羽土雞之精液濃度分別為 $5.2 - 8.1 \times 10^9/\text{mL}$ 與 $5.0 - 6.6 \times 10^9/\text{mL}$ (黃, 2003)，此與花畜鬥雞 30 週齡之平均精液濃度相去不遠，推測其精液濃度並不受品種不同之影響。花畜鬥雞 2018 年間公鬥雞各月份精液品質分析如表 6，全年平均精子活力為 82%，平均精液濃度 $6.1 \times 10^9/\text{mL}$ ，平均精子存活率 68%，分析秋冬季 (10 月至 12 月) 精子活力高於春夏季 (5 月至 8 月)，此結果顯示秋冬之氣候較有利於鬥雞精液精子之性能，此與研究指出精液品質受季節的影響很大相符 (黃, 2003)。另外花畜鬥雞精液濃度 2 - 6 月較 7 - 11 月為高，此與雞隻精液濃度自每年 12 月份起漸行增加相符 (馬, 1993)。花畜鬥雞於 7 月份時精子平均活力最低只有 69%，而於 11 月份精子平均活力可達 89%，此結果與鍾等 (1989) 提出之報告，熱季時精子活力顯著較低相符，由此可知，花畜鬥雞之精液品質與其他雞種相同，本分析數據可供後續臺灣鬥雞研究之參考。

表 4. 花畜鬥雞 2017 - 2021 年繁殖性能調查

Table 4. Comparison reproductive performance of HLAPS cockfighting from 2017-2021

Years	Time of hatching	Number of hatching eggs, n	Fertility rate ¹ , %	Hatchability rate, %	Survival rate of 22-weeks ² , %
2017	3	1,077	65 ^b	39 ^c	96
2018	5	2,011	52 ^c	40 ^c	94
2019	3	983	69 ^b	52 ^b	95
2020	3	1,181	84 ^a	65 ^a	96
2021	3	917	88 ^a	68 ^a	95

^{a, b, c} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

¹ Fertility rate = (Number of fertilized eggs / Number of hatching eggs) \times 100%.

² Survival rate = (Number of Breeding / Number of hatches) \times 100%.

表 5. 花畜鬥雞 30 週齡種公雞精液品質分析比較表

Table 5. Analysis semen quality of 30-week-old HLAPS cockfighting rooster from 2018-2021

Items\Generations	2018	2019	2020	2021
Number	15	30	28	25
Sperm concentration, $10^9/\text{mL}$	5.97 ± 2^b	7.04 ± 4^a	6.19 ± 4^b	5.25 ± 4^c
Sperm motility, %	80.4 ± 15^b	75.8 ± 18^b	84.6 ± 15^a	86.2 ± 20^a
Sperm viability, %	68.8 ± 16^b	80.8 ± 9^a	61.5 ± 18^c	82.8 ± 8^a
Sperm acrosome intact rate, %	46.4 ± 13^a	40.7 ± 14^a	35.9 ± 10^b	42.6 ± 11^b
Mitochondria damage rate, %	5.6 ± 6^b	3.6 ± 3^b	20.1 ± 10^a	20.6 ± 8^a
Sperm DNA integrity, %	73.9 ± 9^b	68.5 ± 4^c	86.1 ± 7^a	83.9 ± 8^a
Sperm oxidative damage, %	8.4 ± 6^b	13.2 ± 6^c	3.2 ± 2^a	2.59 ± 1^c

^{a, b, c} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). Values are mean \pm SD.

表 6. 花奮鬥雞 2018 年 2 月至 12 月種公雞各月份精液品質統計分析
Table 6. Analysis semen quality by month of HLAPS cockfighting rooster in 2018

Month	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Average
Semen traits	Number	18	15	30	29	28	29	22	21	21	7	17
Sperm motility, %	86 ± 7	81 ± 7	85 ± 11	77 ± 12	82 ± 10	69 ± 12 ^b	81 ± 11	87 ± 10	86 ± 12	89 ± 5	87 ± 23	82 ± 13 ^a
Sperm concentration, 10 ⁸ /mL	51 ± 13 ^b	92 ± 34 ^b	62 ± 22	69 ± 22 ^b	108 ± 44 ^b	84 ± 24 ^b	60 ± 17 ^b	42 ± 14 ^b	33 ± 13 ^b	35 ± 17 ^b	39 ± 17 ^b	61 ± 21 ^a
Sperm viability, %	67 ± 22	83 ± 13 ^b	73 ± 11	68 ± 14 ^b	72 ± 13	81 ± 10 ^b	73 ± 19	38 ± 15 ^b	50 ± 18 ^b	63 ± 15	76 ± 17	68 ± 19 ^a
Sperm acrosome intact rate, %	45 ± 10	65 ± 18 ^b	62 ± 13 ^b	54 ± 19 ^b	56 ± 13 ^b	32 ± 17 ^b	38 ± 12	29 ± 11 ^b	38 ± 13 ^b	58 ± 6	38 ± 12 ^b	46 ± 19 ^a
Mitochondria damage rate, %	6 ± 6	3 ± 1	6 ± 4	2 ± 2	7 ± 2	7 ± 4	5 ± 5	4 ± 2	6 ± 5	4 ± 1	3 ± 1	5 ± 4
Sperm DNA integrity, %	76 ± 15 ^b	90 ± 5	84 ± 8	70 ± 15 ^b	70 ± 22 ^b	88 ± 5	93 ± 5 ^b	96 ± 2 ^b	96 ± 3 ^b	94 ± 5	96 ± 1 ^b	85 ± 15 ^a
Sperm oxidative damage, %	3 ± 2	3 ± 3	7 ± 5	8 ± 5	10 ± 6	9 ± 5	6 ± 5	4 ± 5	13 ± 10	8 ± 4	5 ± 1	8 ± 6

^{a, b} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$) compare month average with each month . Values are mean ± SD.

結 論

本分析結果可作為研究臺灣鬥雞性能之基礎，提供臺灣鬥雞種雞場種原擇選之依據，歷經多年之選育花畜鬥雞已申請命名，選育出的種雞具有穩定的產蛋性能與繁殖性能，優良的大體型公鬥雞可作為生產具花東地區特性之鬥雞母之公系種雞，提供種雞業者更多優良的種原選擇，減少雞農飼養成本並解決產業困境。

參考文獻

- 李淵百、林旻蓉、鄭裕信、蘇夢蘭、趙清賢。2005。應用畜試所與興大的選育土雞以改進商用土雞之繁殖性能 2. 種母雞的產蛋性能。畜產新知 37(4)：257-272。
- 林正鏞。2004。種母土雞之初產日齡與產蛋性狀之關係。畜產研究 37(1)：63-70。
- 林正鏞、徐阿里。1998。臺灣種母土雞初始孵化蛋重之探討。中畜會誌 27(3)：347-354。
- 林旻蓉、趙清賢、鄭裕信、蘇夢蘭、李淵百。2005。應用畜試所與興大的選育土雞以改進商用土雞之繁殖性能 1. 小母雞在限飼下的生長與性成熟。中畜會誌 34(3)：163-174。
- 行政院農業委員會。2021。農業資料統計查詢。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 行政院農業委員會畜產試驗所。2001。臺灣商用土雞性能介紹。<https://www.angrin.tlri.gov.tw/chicken/chickenbook/index.htm>。
- 馬春祥。1993。家禽學。黎明文化事業有限公司。臺北市。
- 黃雅梅。2003。臺灣商用土雞繁殖性能研究。國立中興大學畜產學系。碩士論文，臺中市。
- 張凱煌。2002。地方雞種之生長、免疫、繁殖性狀與耐熱能力之調查研究。國立中興大學畜產學系。碩士論文，臺中市。
- 鍾秀枝、黃吉祥、戴謙。1989。各品系來亨雞精液性狀與季節之關係。畜產研究 22(1)：69-77。
- 謝佳容。2016。鬥雞種雞基因多樣性分析研究－花蓮種畜繁殖場鬥雞種雞群基因多樣性分析。中畜會誌 45 (增刊)：145。
- Bish, C. L., W. L. Beane, P. L. Ruszle, and J. A. Cherry. 1985. Body weight influence on egg production. Poult. Sci. 64: 2259-2262.
- Bouba, I., B. Visser, B. Kemp, T. B. Rodenburg, and H. Brand. 2021. Predicting hatchability of layer breeders and identifying effects of animal related and environmental factors. Poult. Sci. 100: 101394.
- Kuo, T. Y. and M. C. Wu. 2017. Screening on Sperm Chromosomal Breakage of Young Breeding Boars. Seminar on boar semen application for pork quality improvement. pp.61-67. National Ha-Noi Agriculture University, Ha Noi, Vietnam.
- Leeson, S. and J. D. Summers. 1987. Effect of immature body weight on laying performance. Poult. Sci. 66: 1924-1928.
- Romanoff, A. L. and A. J. Romanoff. 1949. The avian egg. New York : John Wiley & Sons, Inc., London: Chapman & Hall, Ltd. pp. 918.
- Shi, L., Y. Sun, H. Xu, Y. Liu, Y. Li, Z. Huang, A. Ni, C. Chen, P. Wang, J. Ye, H. Ma, D. Li, and J. Chen. 2019. Effect of age at photostimulation on reproductive performance of Beijing-You Chicken breeders. Poult. Sci. 98: 4522-4529.
- Statistical Analysis System. 2000. Version 8.01. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary, N.C. USA.

Investigation of the reproduction and egg production performances of the HLAPS cockfighting⁽¹⁾

Yen-Ling Lee⁽²⁾ Shen-Shyuan Yan⁽²⁾ Chia-Jung Hsieh⁽³⁾ Ting-Yung Kuo⁽³⁾ and An-Kuo Su⁽²⁾⁽⁴⁾

Received: Aug. 5, 2022; Accepted: Apr. 30, 2023

Abstract

The purpose of this experiment was to study the reproduction and egg production performance of Taiwan HLAPS cockfighting during the breeding period, which came from the Hualien Animal Propagation Station. A total of 306 breeding females and 114 breeding males were collected in this selection. The results showed that in terms of egg production performance at 40 weeks of age. The body weight at first egg, age at first egg, and egg weight at first egg of the cockfighting hens were 2,920-3,126 g, 173-187 days, and 38-42 g. At 40 weeks of age, the laying eggs rate was 48-61%, hens were laying 58-64 eggs. At 50 weeks of age, the laying eggs rate was 46-56%. The body weight at first egg and age at first egg of the cockfighting hens were 2,920 g and 178 days in 2021, respectively. In terms of reproductive performance, semen quality of 30-week-old HLAPS cockfighting roosters was analyzed. The concentration of sperm was $5.25-7.04 \times 10^9/\text{mL}$, the sperm motility was 75.8-86.2% and the sperm survival rate was 61.5-82.8%, respectively. The rate of fertilization and the hatching at 33-35 weeks of age were 88% and 68%, respectively. Meanwhile, the breeding rate of 22-weeks was 95% in 2021. It is shown that the breeding birds of the HLAPS cockfighting cock have excellent egg-laying performance and reproductive performance. Their performances became steadily. This data will become the basis for studying the performance of Taiwan cockfighting and provide a reference for the selection of the original quality of Taiwan cockfighting breeding farms. It can also be used as a basis for researching to understand the improvement of the herd of Taiwan cockfighting in the future.

Key words: Taiwan cockfighting, Laying performance, Reproductive performance.

(1) Contribution No. 2744 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Eastern Region Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.

(3) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw.

飼糧中添加牧草炭醋液對生長—肥育期黑豬生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響⁽¹⁾

李秀蘭⁽²⁾⁽³⁾ 林正鏞⁽⁴⁾ 張伸彰⁽⁵⁾ 許晉賓⁽⁶⁾ 王舒愷⁽⁵⁾⁽⁷⁾

收件日期：111 年 1 月 5 日；接受日期：112 年 4 月 30 日

摘 要

本研究旨在探討飼糧中添加牧草炭醋液對黑豬生長及肥育階段生長及屠體性狀之影響。試驗選用 48 頭平均體重約 30 kg 之高畜黑豬雜交豬，公母各半，逢機分置於 4 個處理組，飼糧係以玉米—大豆粕為主要飼料原料所調配，處理組為飼糧中添加 0.5、0.75 及 1% 牧草炭醋液，試驗開始豬隻平均體重 30 kg，試驗分為生長期（體重 30 — 75 kg）和肥育期（體重 75 — 125 kg），生長期對照組飼料含粗蛋白質 15%、可消化能 3,250 kcal/kg，肥育期飼料含粗蛋白質 13%、可消化能 3,250 kcal/kg，試驗至平均體重達 125 kg 結束。試驗使用之牧草炭醋液為經靜置貯放一年之盤固草乾餾液，酸度為 1.73%、pH 值 4.79、總酚含量 2836.7 ppm 及總類黃酮含量 430.8 ppm。試驗期間日糧與飲水均採任食，豬隻飼養至體重 125 kg 時，每處理組逢機取 8 頭豬測定屠體性狀。試驗期間收集豬隻生長性能、血液生化值及屠體性狀資料，並作為衡量指標。結果顯示，飼糧中添加不同比例牧草炭醋液對生長—肥育期黑豬之平均日增重、飼料攝食量、飼料利用效率、血液生化值及屠體性狀，均與對照組豬隻，無顯著差異。綜合上述結果，飼糧中添加 0.5 — 1% 牧草炭醋液對生長—肥育期黑豬生長性能、血液生化值及屠體性狀等，無顯著影響。

關鍵詞：黑豬、牧草炭醋液、生長性能。

緒 言

自 1950 年以來，抗生素已被廣泛使用於提高動物生長效率及減少畜禽發病率 (Gaskins *et al.*, 2002; Thacker, 2013)。然隨意添加抗生素所衍生抗藥性問題日趨嚴重，歐盟早在 2006 年就明令禁止在飼料中添加抗生素作為生長促進劑，2018 年越南及印尼全面禁用生長促進類抗生素。臺灣雖未全面停用，然亦已停用 36 項抗生素，現階段仍有 9 項在國內可合法使用，隨著國際對於含藥物飼料添加物的管理趨嚴，許多替代抗生物質之飼料添加物之相關研究隨之崛起，其中包含益生菌 (Jacela *et al.*, 2010)、酸化劑、微生物 (Isaacson and Kim, 2012)、胜肽、酵素、核酸及天然植物等替代性產品。

生物炭 (Biochar) 是指有機物在不完全燃燒或缺氧環境下，經高溫熱裂解 (Pyrolysis) 後的固體產物 (EBC, 2012)。整個高溫熱裂解過程即所謂的「炭化」或「乾餾」，除了產生固體的炭之外，同時也會產生液體與氣體，產生的液體包含乾餾液（或稱醋液）及焦油等。燒炭的歷史起源極早，主要為取得能源，但近年在減緩全球暖化議題的推升下，研究發展快速，應用層面除能源外也已擴展至環境維護、農業生產等多元化利用 (Chen *et al.*, 2010; Windeatt *et al.*, 2014; Purakayastha *et al.*, 2015)。生物炭具有多孔性及高比表面積，在污染物質吸附及除臭等方面可發揮明顯效果 (Chen *et al.*, 2010; Agyarko-Mintah *et al.*, 2016)。炭醋液為炭化過程的副產物 (Wu *et al.*, 2015)，內含 200 多種物質，包括乙酸與酚類等物質。Watarai and Koiwa (2008) 研究發現樹皮炭與炭醋產品具抗隱孢子蟲能力，可減少仔牛下痢。Parauda *et al.* (2011) 同樣發現商業產品 Obione[®] (含活性炭與木醋液) 具抗隱孢子蟲能力，有效應

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2745 號。

(2) 農業部畜產試驗所技術服務組。

(3) 國立屏東科技大學農學院生物資源博士班。

(4) 農業部畜產試驗所產業經營組。

(5) 農業部畜產試驗所南區分所。

(6) 農業部畜產試驗所動物營養組。

(7) 通訊作者，E-mail: smwang@tlri.gov.tw。

用於仔羊現場。Choi *et al.* (2009) 及 Wang *et al.* (2012) 分別以木醋液與竹醋液添加於離乳仔豬飼料，二項研究均顯示炭醋液具替代抗生素效果，可以增進飼養效率。Huo *et al.* (2016) 的試驗則發現添加竹醋液不僅改善保育豬之生長表現，並且影響仔豬免疫器官的基因表現。Yan *et al.* (2012) 則發現添加竹醋液處理較對照組 (不添加) 對育成豬的增重佳，添加竹醋處理組的養分消化率也較對照組佳，同時，由腸道菌相比較發現處理組的乳酸菌數較多，而大腸桿菌較少。Leng *et al.* (2012) 表示添加生物炭可以改善黃牛的生長，同時也降低甲烷排放。

畜產試驗所恆春分所已開發出牧草炭化技術，可產出草炭與草醋液 (王等, 2018)，本研究旨在探討飼糧中添加牧草炭醋液對黑豬生長肥育期之生長性能與屠體性狀影響。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

- (i) 本研究之生長試驗在行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場進行，動物之使用、飼養及實驗內容，經該場「動物實驗管理小組」審查通過 (同意書編號：高實 108-7)。
- (ii) 選取 48 頭體重約 30kg 之高畜黑豬雜交黑豬 (含 25% 梅山豬與 75% 杜洛克)，閹公豬與女豬各半，試驗期間內飼糧任飼與自由飲水。
- (iii) 牧草炭醋液品質分析：本次使用之牧草炭醋液由畜產試驗所恆春分所提供，為經靜置貯放一年之盤固草乾餾液，炭化方法如王等 (2021) 所述，原料為盤固草乾草包，以自行設計的炭化窯進行炭化，設計原則參考慢速熱裂解方式 (Brown, 2009)。炭化最高溫度 (highest treatment temperature, HTT) 約 400 – 500°C，炭化時間約 10 h，本設施除可製備草炭外，尚可收集熱裂解過程的揮發氣體冷凝為牧草醋液。本批材料的酸度為 1.73%、pH 值 4.79、總酚含量 2,836.7 ppm 及總類黃酮含量 430.8 ppm。
- (iv) 豬隻依體重與性別逢機分配至 4 種飼糧處理組，即對照組 (以玉米—大豆粕為主原料)，對照組飼糧添加 0.5、0.75 及 1% 之牧草炭醋液等 4 種，試驗飼糧組成如表 1 所示。牧草炭醋液是以百分比方式添加，於飼料混合時加入並以粒狀料方式餵飼。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Ingredients, %	Grower stage	Finisher stage
Yellow corn, CP 7.2%	66.51	73.39
Soybean meal, CP 43%	22.20	16.40
Wheat bran	3.00	3.00
Soybean oil	2.78	2.26
Limestone, pulverized	1.01	0.77
Dicalcium phosphate	0.60	0.43
Molasses	3.00	3.00
Salt	0.30	0.30
Vitamin premix ^a	0.10	0.10
Mineral premix ^b	0.15	0.15
L-Lysine, HCl 98%	0.35	0.20
Total	100.00	100.00
Calculated value		
Crude protein, %	15.00	13.00
Digestible energy, kcal/kg	3,250	3,250

^a Vitamin premix provided per kilogram of diet: Vitamin A, 6,000 IU; Vitamin D₃, 400 IU; Vitamin E, 40 IU; Vitamin K₃, 2 mg; Vitamin B₂, 2 mg; Pantothenic acid, 30 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; Folic acid, 0.6 mg; Biotin, 0.2 mg.

^b Mineral premix provided per kilogram of diet: Fe (FeSO₄ · 7H₂O, 20.09% Fe), 80 mg; Cu (CuSO₄ · 5H₂O, 25.45% Cu), 5 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O, 32.49% Mn) 6 mg; Zn (ZnSO₄, 80.35% Zn) 45 mg; I (KI) 0.2 mg; Se (NaSeO₃, 45.56% Se) 0.1 mg; Co (CoSO₄ · H₂O, 32% Co) 0.35 mg.

II. 測定項目

(i) 生長性能

試驗期間試驗豬隻採個別餵飼，每三週秤重一次，並記錄飼料攝食量，供計算每日平均飼料採食量、日增重及飼料利用效率 (G/F)。

(ii) 血液生化值檢測

於生長期與肥育期開始及試驗結束時，全部豬隻由頸靜脈採集血液 10 mL，靜置 1 小時後置入離心機，以 450 × g 轉速、離心 30 分鐘後，凍存於 -20℃ 冷凍庫備檢。以血液生化分析儀 (Hitachi 7150, Japan) 分析血清中之尿素氮 (urea nitrogen)、肌酸酐 (creatinine)、三酸甘油酯 (triglyceride) 及膽固醇 (cholesterol) 濃度。

(iii) 屠體性狀

試驗結束後，每處理組選取 8 頭豬送臺灣農畜產工業股份有限公司進行屠宰分切，屠宰前停止餵食一日，供應清潔飲水，秤活體重。豬隻經電昏、放血、剥皮、去內臟及去四肢加以量測；之後再以脊椎骨為中心剖鋸成半邊屠體後量測屠體長與背脂厚度，並將屠體移入 0 — 4℃ 之冷藏庫冷藏 24 小時後，依方等 (2010) 編印之「肉豬屠體部位肉分切規格手冊」進行屠體部位肉分切。測定屠體性狀如下：

1. 活體重：於屠前秤活體重量。
 2. 屠體重：電昏放血與摘除內臟及去頭與四肢後秤取屠體重量 (kg)。
 3. 屠體長：量測自第 1 肋骨至恥骨前端之長度 (cm)。
 4. 背脂厚度：屠體去皮後，分別量測第 1 肋骨、最後肋骨及最後腰椎之脊椎骨突起處，自結締組織邊緣量起至脂肪外層止，垂直厚度之平均值 (cm)。
 5. 瘦肉率 (%) = [(肩胛肉 + 前腿肉 + 後腿肉 + 背脊肉 + 小里肌 + 腹脇肉 + 腱) 重 / 屠體重] × 100。
 6. 脂肪率 (%) = [(脂肪 + 板油) 重 / 屠體重] × 100。
 7. 骨頭率 (%) = (骨頭重 / 屠體重) × 100。
 8. 腰眼面積：於第 10 與 11 肋骨處切開之背最長肌之橫切面，以描圖紙繪之，再以葉面積測定儀 (Portable Area Meter, LI-3000, U.S.A) 測定面積，單位為平方公分。
- (iv) 依美國國家豬生產協會 (NPPC, 1991) 之豬肉品質鑑定圖譜，測定背最長肌之肉色、緊實度 (firmness) 及大理石紋 (marbling) 評分。緊實度分數區分為 5 級，1 表示非常軟與滲水嚴重；2 表示軟及滲水；3 表示微軟及滲水輕微；4 表示具適中的硬度及乾燥度；5 表示硬度及乾燥度高。大理石紋的分數亦區分 10 級，1 表示幾乎無大理石紋；2 表示有少量大理石紋；3 表示有中度量大理石紋；4 表示稍具多量大理石紋；10 表示具有多量大理石紋。
- (v) 感官品評：切取試驗豬之背最長肌約 200 g，放置真空袋內，略微真空封袋後置入恆溫槽內，75℃，30 分鐘，取出分切成約 1.5 cm³，供 12 位品評人員進行評分。風味、色澤、嫩度及總接受度等項目評分，評分方式採用為 1 至 5 評分表，5：表示非常具有風味、色澤良好、柔嫩及喜好；而 1：表示風味及色澤不佳、堅硬，不喜好。

III. 統計分析

本試驗以統計分析系統套裝軟體 (Statistical Analysis System, SAS, 2002) 進行統計分析，使用一般線性模式 (General Linear Models, GLM) 進行變方分析，再以鄧肯氏新多次變域法 (Duncan's new multiple range test) 比較各處理組間差異之顯著性。

結果與討論

I. 生長性能

飼糧中添加牧草炭醋液對高畜黑豬雜交黑豬之生長性能影響，列於表 2。在生長及肥育階段，添加 0.5 — 1% 牧草炭醋液三組之平均日增重、飼料採食量及飼料利用效率與對照組無顯著性差異 ($P > 0.05$)。牧草炭醋液為生物炭燒製過程的副產物，是含有多種有機質的複雜混合物 (Wu *et al.* 2015)。生物炭在畜牧業中作為飼料添加物的使用日益增加，以改善動物健康，提高飼料效率，提高生產能力 (Schmidt *et al.*, 2019)。Nakaia *et al.* (2007) 研究顯示木醋液可抑制真菌的生長，不同原料 (木材及板材) 及製程下得到的木醋液化學組成不同，抑制能力也不同。Schubert *et al.* (2021) 研究指出，飼糧中添加竹醋液生菌或木質炭與否，其對豬隻生長無顯著性影響，與本試驗結果相似。在飼料採食量方面，添加 0.5 — 1% 牧草炭醋液各組，在生長及肥育階段各組間無差異，這表示牧草炭醋組不會對飼料的適口性產生負面影響。研究指出，飼糧中添加 0.3 和 0.6% 的木炭或竹炭對平均每日攝

食量沒有影響 (Choi *et al.*, 2012; Chu *et al.*, 2013a, b)。Choi *et al.* (2009) 與 Wang *et al.* (2012) 分別以木醋液及竹醋液添加於離乳仔豬飼料，二項研究均顯示生物炭具替代抗生素效果，可以增進飼料效率。本試驗結果顯示，牧草炭醋液對黑豬之生長及肥育期之生長性能無顯著性差異，此可能是因黑豬在生長與肥育期，消化道發育已完全且胃酸分泌足夠，故日糧中添加 0.5 – 1% 牧草炭醋液對生長性能無影響。

表 2. 飼糧添加牧草炭醋液對高畜黑豬雜交豬生長性能影響

Table 2. Effects of adding forage vinegar in diet on growth performances of KHAPS-Duroc hy-brids black pig

Items	Control	Forage vinegar, %			SEM
		0.50	0.75	1.00	
No. of animal	12	12	12	12	
Initial weight (kg)	29.64	29.38	30.67	29.35	3.38
Final weight (kg)	125.50	124.60	125.70	122.60	1.61
Grower period (30 – 75 kg BW)					
ADG, kg/d	0.81	0.77	0.79	0.74	0.08
ADFI, kg/d	2.09	2.01	2.26	2.03	0.31
G/F	0.39	0.39	0.35	0.37	0.05
Finisher pig (75 – 125 kg BW)					
ADG, kg/d	0.74	0.73	0.74	0.75	0.48
ADFI, kg/d	2.85	2.73	2.73	2.81	0.14
G/F	0.26	0.27	0.28	0.27	0.15

ADG: Average daily gain; ADFI: Average daily feed intake; G/F: Gain/feed.

II. 血清生化值

豬隻在不同生長階段的試驗開始及結束前，採集全部豬隻的血液樣品，進行血清生化值測定，其結果列於表 3。結果顯示，飼糧中不同比例的牧草炭醋對豬隻血液肌酸酐、三酸甘油酯及膽固醇濃度外，各處理組間均無顯著差異，其濃度分別介於 1.10 – 1.52 mg/dL、21.71 – 43.56 mg/dL 及 96.16 – 134.55 mg/dL。此濃度除三酸甘油酯高於白等 (1996) 敘述之豬隻正常生理濃度，其餘血清生化值均介於正常生理濃度範圍。由於血清生化指標能夠反映出動物對於物質的吸收和代謝情況，並反映健康狀況，顯示牧草炭醋液添加對高畜黑豬雜交黑豬健康狀況並無不良影響。

表 3. 飼糧添加牧草炭醋液對高畜黑豬雜交黑豬血液生化值之影響

Table 3. Effects of adding forage vinegar in diet on the blood biochemical values of KHAPS-Duroc hybrids black pig

Items	Control	Forage vinegar, %			SEM
		0.5	0.75	1	
No. of animal	6	6	6	6	
Initial					
Creatinine, mg/dL	0.96	1.07	0.93	0.98	0.03
Triglyceride, mg/dL	40.00	49.80	51.80	46.40	2.46
Cholesterol, mg/dL	92.40	94.40	96.40	99.40	3.53
End of grower period					
Creatinine, mg/dL	1.27	1.94	1.28	1.19	0.03
Triglyceride, mg/dL	59.00	62.80	54.83	61.67	6.80
Cholesterol, mg/dL	109.14	108.20	118.50	116.00	3.09
End of finisher period					
Creatinine, mg/dL	1.54	1.61	1.60	1.66	0.04
Triglyceride, mg/dL	55.50	55.00	65.20	52.80	2.31
Cholesterol, mg/dL	101.50	107.86	114.40	114.80	2.50

III. 屠體性狀

飼糧中添加不同比例之牧草炭醋液對高畜黑豬雜交黑豬屠體性狀、肌肉性狀及官能品評之影響列於表 4 至表 6，結果顯示，飼糧中添加不同量牧草炭醋液對黑豬之屠體性狀、肌肉性狀及官能品評各項性狀與對照組間，均無顯著差異。林 (1987) 指出動物的生長過程中，骨骼的發育是最先開始，肌肉繼骨骼生長之後而生長，體脂肪隨著年齡增加。Chu *et al.* (2013a) 研究發現，日糧中添加 0.3 或 0.6% 竹炭，其背最長肌之粗脂肪含量亦有增加。而本試驗隨著牧草醋液添加，其背脂厚度及屠體脂肪含量有增加之趨勢。

表 4. 飼糧添加牧草炭醋液對高畜黑豬雜交黑豬屠體性狀之影響

Table 4. Effects of adding forage vinegar in diet on the carcass characteristics of KHAPS-Duroc hybrids black pig

Items	Control	Forage vinegar, %			SEM
		0.50	0.75	1.00	
No. of animal	8	8	8	8	
Slaughter weight, kg	120.5	119.6	121.7	118.6	3.34
Carcass weight, kg	104.4	103.8	106.1	102.9	3.47
Dressing percentage, %	86.6	86.8	87.2	86.8	0.01
Carcass length, cm	92.6	90.6	88.8	98.3	8.17
Back fat thickness, cm	2.6	2.9	2.8	3.2	0.55
Lean percentage, %	45.6	43.8	44.0	43.3	0.02
Fat percentage, %	16.9	19.9	19.9	20.9	0.03
Bone percentage, %	14.6 ^b	14.0 ^{ab}	13.6 ^{ab}	13.4 ^a	0.01
Loin eye area, cm ²	48.5	51.5	47.0	50.1	9.49

表 5. 飼糧添加牧草炭醋液對高畜雜交黑豬肉背最長肌肌肉性狀之影響

Table 5. Effects of adding forage vinegar in diet on the *Longissimus dorsi* muscle meat quality characteristics of KHAPS-Duroc hybrids black pig

Items	Control	Forage vinegar, %			SEM
		0.50	0.75	1.00	
Color score	3.50	3.44	3.69	2.88	0.67
Firmness score	2.69	2.69	2.94	3.19	0.82
Marbling score	3.38	3.69	3.75	3.56	0.61

表 6. 飼糧添加牧草炭醋液對高畜雜交黑豬肉背最長肌官能品評之影響

Table 6. Effects of adding forage vinegar in diet on the *Longissimus dorsi* muscle panel test of KHAPS-Duroc hybrids black pig

Items	Control	Forage vinegar, %			SEM
		0.50	0.75	1.00	
Flavor	3.34	3.41	3.48	3.60	0.23
Juiciness	3.13	3.10	3.15	3.24	0.47
Tenderness	3.36	3.35	3.62	3.45	0.41
Overall acceptability	3.31	3.30	3.23	3.48	0.412

表 5 顯示日糧中添加炭醋液對黑豬肉背最長肌肌肉性狀與緊實度及大理石紋評分之影響，結果顯示，飼糧中添加不同比例牧草炭醋液組之黑豬背最長肌肌肉性狀與對照組，無顯著性差異。大多數消費者選購屠肉顏色順序為紅色、粉紅色及蒼白色。而大理石紋是衡量豬肉品質的重要指標，與豬肉的嫩度和風味呈密切正相關。蘇等 (2004) 指出肌間脂肪比例與屠肉脂肪含量有關。本研究處理組之肌肉大理石紋評分及屠肉脂肪，有較對照組為高之趨勢。

Maltin *et al.* (1997) 指出，影響肉類在吃的品質 (eating quality) 中，較為重要的因素為風味 (flavor)、嫩度 (tenderness) 與多汁性 (juiciness) 三項，本試驗結果顯示當飼糧中添加牧草炭醋液其豬肉感官品評之風味、多汁性及總可接受性與對照組皆無顯著性差異，故飼糧中添加炭醋液不會影響豬肉感官品評評分。

結 論

本試驗結果顯示，飼糧中添加 0.5 – 1% 牧草炭醋並不會影響生長—肥育期黑豬生長性能及屠體性狀，本結果可供未來研究參考。

誌 謝

本計畫執行期間承行政院農業委員會之經費補助，試驗期間承行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場畜產科技系同仁協助現場飼養管理，特此感謝。

參考文獻

- 王紓愍、劉信宏、游翠凰、鍾承訓、李秀蘭。2021。盤固草生物炭或雞糞墊料生物炭對畜禽糞堆肥異味去除研究。畜產研究 54：106-115。
- 王紓愍、劉信宏、游翠凰、陳嘉昇。2018。盤固草生物炭的特性研究與對牧草生長的影響。畜產研究 51：209-216。
- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學。立字出版社，臺南市。P. 137。
- 方清泉、許欽松、高銘穗、朱峰平、吳勇初、陳志銘、邱錦英、吳加憶。2010。肉豬屠體部位肉分切規格手冊。行政院農業委員會。臺北市。
- 林慧生。1987。肉與肉製品，第四與第五章。華香園出版社，臺北市。
- 蘇天明、劉建甫、蔡金生、廖宗文。2004。畜試黑豬一號肉豬生長性能與不同屠宰體重之屠體性狀之探討。中畜會誌 33(3)：165-174。
- Agyarko-Mintah, E., A. Cowie, L. Van Zwieten, B. P. Singh, R. Smillie, S. Harden, and F. Fornasier. 2016. Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. Waste Manag. 61: 129-137.
- Brown, R. 2009. Biochar production technology. Biochar for environmental management: science and technology. MPG Books, pp. 127-146. UK.
- Chen, Y. X., X. D. Huang, Z. Y. Han, X. Huang, B. Hu, D. Z. Shi, and W. X. Wu. 2010. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. Chemosphere 78: 1177-1181.
- Choi, J. Y., P. L. Shinde, I. K. Kwon, Y. H. Song, and B. J. Chae. 2009. Effect of wood vinegar on the performance, nutrient digestibility and intestinal microflora in weanling pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22: 267-274.
- Choi, J. S., D. S. Jung, J. H. Lee, Y. I. Choi, and J. J. Lee. 2012. Growth performance, immune response, and carcass characteristics of finishing pigs by feeding stevia and charcoal. Food Sci. Anim. Resour. 32: 228-233.
- Chu, G. M., C. K. Jung, H. Y. Kim, J. H. Ha, J. H. Kim, M. S. Jung, S. J. Lee, Y. Song, R. I. H. Ibrahim, J. H. Cho, S. S. Lee, and Y. M. Song. 2013a. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar as antibiotic alternatives on growth performance, immune responses, and fecal microflora population in fattening pigs. Anim. Sci. J. 84: 113-120.
- Chu, G. M., J. H. Kim, H. Y. Kim, J. H. Ha, H. Ha, J. H. Kim, M. S. Jung, S. J. Lee, Y. Song, R. I. H. Ibrahim, J. H. Cho, S. S. Lee, and Y. M. Song. 2013b. Effects of bamboo charcoal on the growth performance, blood characteristics, and noxious gas emission in fattening pigs. J. Appl. Anim. Res. 41: 48-55.
- EBC. 2012. European Biochar Certificate-Guidelines for A Sustainable Production of Biochar. Arbaz: European Biochar Foundation (EBC).
- Gaskins, H. R., C. T. Collier, and D. B. Anderson. 2002. Antibiotics as growth promotants: mode of action. Anim. Biotechnol. 13: 29-42.

- Huo, Y., Z. Liu, H. Xuan, C. Lu, L. Yu, W. Bao, and G. Zhao. 2016. Effects of bamboo vinegar powder on growth performance and mRNA expression levels of interleukin-10, interleukin-22, and interleukin-25 in immune organs of weaned piglets. *Anim. Nutr.* 2: 111-118.
- Isaacson, R. and H. B. Kim. 2012. The intestinal microbiome of the pig. *Anim. Health Res. Rev.* 13: 100-109.
- Jacela, J. Y., J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, R. D. Goodb, and J. L. Nelssen, D. G. Renter, and S. S. Dritz. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets - prebiotics and probiotics, and phytogenics. *J. Swine Health Prod.* 18: 132-136.
- Leng, R. A., T. R. Preston, and S. Inthapanya. 2012. Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local “Yellow” cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livest. Res. Rural Developm.* 24: 1-13.
- Maltin, C. A., C. C. Warkup, K. R. Matthews, C. M. Grant, A. D. Porter, and M. I. Delday. 1997. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Sci.* 47: 237-248.
- Nakaia, T., S. N. Kartalb, T. Hatac, and Y. Imamurac. 2007. Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency. *Build. Environ.* 42: 1236-1241.
- National Pork Producers Council (NPPC). 1991. Procedures to evaluate market hogs. Des Moines, Iowa. 3rd ed.
- Parauda, C., I. Porsa, J. P. Journalc, P. Besnierb, L. Reisdorfferb, and C. Chartiera. 2011. Control of cryptosporidiosis in neonatal goat kids: Efficacy of a product containing activated charcoal and wood vinegar liquid (Obionekk®) in field conditions. *Vet. Parasitol.* 180: 354-357.
- Purakayastha, T. J., S. Kumari, and H. Pathak. 2015. Characterisation, stability, and microbial effects of four biochars produced from crop residues. *Geoderma* 293-303.
- SAS Institute. 2002. Guide for Personal Computers. Version 8.0.1, SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Schmidt, H. P., N. Hagemann, K. Draper, and C. Kammann. 2019. The use of biochar in animal feeding. *Peer J.* 7: e7373.
- Schubert, D. C., B. Chuppava, F. Witte, N. Terjung, and V. Christian. 2021. Effect of two different biochars as a component of compound feed on nutrient digestibility and performance parameters in growing pigs. *frontiers Anim. Sci.* 2: 1-10.
- Thacker, P. A. 2013. Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review. *J. Anim. Sci. Biotech.* 4: 35-45.
- Wang, H. F., J. L. Wang, C. Wang, W. M. Zhang, J. X. Liu, and B. Dai. 2012. Effect of bamboo vinegar as an antibiotic alternative on growth performance and fecal bacterial communities of weaned piglets. *Livestock Sci.* 144: 173-180.
- Watarai, S. and M. Koiwa. 2008. Feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (Nekka-Rich) is effective as treatment for cryptosporidiosis in calves. *J. Dairy Sci.* 91: 1458-1463.
- Windeatt, J. H., A. B. Ross, P. T. Williams, P. M. Forster, M. A. Nahil, and S. Singh. 2014. Characteristics of biochars from crop residues: Potential for carbon sequestration and soil amendment. *J. Environ. Manag.* 146: 189-197.
- Wu, Q., S. Zhang, B. Hou, H. Zheng, W. Deng, D. Liu, and W. Tang. 2015. Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process. *Bioresour. Technol.* 179: 98-103.
- Yan, L., I. H. Kim, and K. Huh. 2012. Influence of bamboo vinegar supplementation on growth performance, apparent total tract digestibility, blood characteristics, meat quality, fecal noxious gas content, and fecal microbial concentration in finishing pigs. *Livestock Sci.* 144: 240-246.

Effects of forage vinegar supplemented to diets on growth performances, blood biochemical values and carcass characteristics for Duroc × KHAPS black pig in grower and finisher period ⁽¹⁾

Hsiu-Lan Lee ⁽²⁾⁽³⁾ Cheng-Yong Lin ⁽⁴⁾ Shen-Chang Chang ⁽⁵⁾
Chin-Bin Hsu ⁽⁶⁾ and Shu-Min Wang ⁽⁵⁾⁽⁷⁾

Received: Jan. 5, 2022; Accepted: Apr. 30, 2023

Abstract

The aim of the current study was to investigate the effects of forage vinegar supplemented to diets on growth performances and carcass characteristics of Duroc × KHAPS (DK, KHAPS black pigs ♀ × Duroc ♂, 75% Duroc). A total of 48 Duroc × KHAPS black crossbred pigs, average body weight 30 kg, were used as experimental animals. Pigs were allocated into 4 treatments by body weight (BW) and fed with four diets. The basal diet (Treatment 1) based on corn-soybean meal; Treatment 2, 3 and 4 were the basal diet supplemented with 0.5%, 0.75% and 1% forage vinegar. Feed and water were provided on an *ad libitum* basis. When the BW of the pigs reached approximately 75 kg, the grower pigs' experiment was finished and growth performance was measured. Experiment was finished when the BW of pigs reached 125 kg. Pigs were fed the basal corn-soybean meal diet which contained CP 15% and DE 3,250 kcal/kg (Grower stage) and CP 13% and DE 3,250 kcal/kg (Finisher stage). The forage vinegar in the test is the dry distillation liquid of pangola grass after standing for one year, with an acidity of 1.73%, a pH value of 4.79, a total phenolic content of 2,836.7 ppm and a total flavonoid content of 430.8 ppm. Eight pigs from each treatment were slaughtered and the carcass characteristics were measured. Growth performance, blood biochemical values and carcass characteristics of loin meat were evaluated. In summary, the forage vinegar supplemented to diets did not affect the growth performances, blood biochemical values, carcass characteristics, meat characteristics and the panel test of loin meat in black pigs.

Key words: Black pig, Forage vinegar, Growth performance.

(1) Contribution No. 2745 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Technical Service Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung 912301, Taiwan, R. O. C.

(4) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(5) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(6) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, Pingtung 91247, Taiwan, R. O. C.

(7) Corresponding author, E-mail: smwang@mail.tlri.gov.tw.

性別對蘭嶼豬屠體與肉質性狀之影響⁽¹⁾

吳昇陽⁽²⁾ 李士昕⁽²⁾ 黃昱翎⁽²⁾ 章嘉潔⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 8 月 3 日；接受日期：112 年 4 月 30 日

摘 要

本試驗旨在探討性別對蘭嶼豬屠體性狀之影響，選用 18 頭 12 週齡，平均體重 13.0 ± 0.9 kg 之蘭嶼豬，閹公豬與女豬各半，飼養期為 16 週。結果顯示閹公豬之活體重、屠體重均顯著較女豬為重 ($P < 0.01$)，於腰眼面積蘭嶼女豬則顯著較閹公豬大 ($P < 0.01$)，另外在屠宰率、屠體長、背脂厚度於性別間則無顯著差異。比較屠體前、中與後段之組成，顯示閹公豬各段屠體脂肪重及總脂肪率顯著高於女豬 ($P < 0.05$)，女豬中段與後段屠體肉脂比 (Lean : Fat) 優於閹公豬 ($P < 0.01$)；在分切部位比較顯示，閹公豬之前端屠體之肩胛肉 ($P < 0.001$)、總瘦肉率 ($P < 0.01$) 及中端屠體之碎肉 ($P < 0.05$) 顯著較女豬為重，其餘前端屠體之前腿肉、腱肉、頸肉、碎肉、淋巴，中端屠體之大里肌、腹脅肉與小里肌，及後端屠體之後腿、後腱及碎肉，於性別間則無顯著差異。背最長肌之脂肪含量，閹公豬顯著較女豬為高 ($P < 0.05$)，至於水分、粗蛋白含量、灰分及滴水失重、蒸煮失重、背最長肌與後腿肉於屠後第 1 及第 24 小時之 pH 值，肌肉色澤 L^* 、 a^* 及 b^* 值測定，性別間則無顯著差異。

關鍵詞：蘭嶼豬、屠體性狀、性別。

緒 言

蘭嶼豬為臺灣特有之小體型黑毛色之豬種，民國 69 年自蘭嶼小族群引種，進行種原維護及保種工作，後完成五種小型豬新品系之命名與登記 (張等, 2012)，目的為發展生醫用之實驗動物 (朱, 2009; 吳等, 2009)。蘭嶼隨交通發展的開放，改變生活環境，外來物種的引入，影響原生種之生物多樣性，為配合行政院推動生物多樣性維護工作，自民國 110 年進行蘭嶼豬種原回流蘭嶼，執行永續利用規劃。考量生物多樣性維護之關鍵，必須融入經濟、社會和文化認同，故將當地具重要文化意涵蘭嶼豬進行保護，並規劃持續運用之策略。品種選育改良，屠體及肉質分析一直作為研擬未來開發之重要依據，另，屠體性狀亦為評估肉質特色表現之基礎，儘管屠體特徵於性別研究受到關注，但至今不同豬隻品種研究結果並無一致，而普遍認為性別確實存在差異性 (Kim *et al.*, 2018; Van den Broeke *et al.*, 2020; Razmaite *et al.*, 2021; Xia *et al.*, 2022)。本試驗旨在瞭解我國特有之原生豬種蘭嶼豬，不同性別之屠體性狀、組成、分切部位肉重、一般成分之差異，供後續研究及開發應用之參考。

材料與方法

I. 試驗材料

試驗於農業部畜產試驗所臺東場區進行，採用蘭嶼豬保種品系 (Lanyu 200) 18 頭，平均體重 13.0 ± 0.9 kg，閹公豬與女豬各半，期間每頭豬每日供應 1 kg 飼糧與任意飲水，試驗為期 16 wk 後進行屠體及肉質分析。飼料日糧組成詳如表 1，其粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量 14.4% 及代謝能 (metabolizable energy, ME) 為 3,750 Kcal/kg，本試驗程序及動物使用均通過機關之實驗動物照護小組審查核准，計畫編號 TAPS-110-7。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2746 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

(3) 通訊作者，E-mail: janices@mail.tlri.gov.tw。

表 1. 試驗飼料組成

Table 1. Composition of the experimental diet

Ingredients	%
Mashed brown rice	16.41
Yellow corn	49.24
Soybean meal	18.00
Wheat bran	10.00
Limestone, pulverized	1.00
Dicalcium phosphate	1.40
Choline	0.20
Molasses	3.00
Salt	0.50
Vitamin premix ^a	0.10
Mineral premix ^b	0.15
Total	100.00
Calculated value	
Crude Protein, %	14.42
Crude Fat, %	3.78
Metabolizable energy, Kcal/kg	3,750.00

^a Vitamin premix supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 6,000 IU; Vitamin D₃, 800 IU; Vitamin B₁₂, 0.02 mg; Vitamin E, 20 IU; Vitamin K₃, 4 mg; Vitamin B₁, 4 mg; Vitamin B₂, 6 mg; Pantothenic acid, 16 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxine, 1 mg; Folic acid, 0.5 mg; Biotin, 0.2 mg.

^b Mineral premix supplied per kilogram of diet: Fe (FeSO₄ · 7H₂O) 140 mg; Cu (CuSO₄ · 5H₂O), 7 mg; Mn (MnSO₄), 20 mg; Zn (ZnO), 70 mg; I (KI), 0.45 mg.

II. 屠體及肉質性狀測定

試驗結束後豬隻被送往臺灣農畜產工業股份有限公司，進行屠宰、分切及採樣。依據標準程序，屠宰前一日予以禁食，僅供應飲水，將豬隻繫留秤量活體重，經人道屠宰後進行測量屠體重，屠體重為「電昏放血、去皮及摘除內臟後秤取屠體（含頭部）重量(kg)」，後屠體再移入 4℃ 之冷藏庫進行冷卻 24 h。依臺灣區肉品發展基金會 (1992) 之肉豬屠體部位肉分切規格方式，及參考 Pulkrabek *et al.* (2006) 等分切處理方式進行分切。

- (i) 屠宰率 (dressing yield) (%) = (屠體重 / 活體重) × 100。
- (ii) 屠體長 (carcass length)：量測第一肋骨前緣至恥骨前端的直線長為屠體長 (cm)。
- (iii) 背脂厚度 (backfat thickness)：量測第一肋骨 (P1)、最後肋骨 (P2) 及腰椎骨突起處兩端 (P3)，三點不同位置取其平均值。
- (iv) 腰眼面積 (loin eye area, LEA)：測定背最長肌第 10 與 11 肋骨處切開之橫切面以描圖紙繪之，再以葉面積測定儀 (portable area meter, LI-3000, LI-COR, USA) 測定面積單位為英吋 (in²)。
- (v) 前段部位重 (front part)：以前腿肉 (picnic)、肩胛肉 (shoulder)、腱肉 (shank)、頸肉 (neck meat)、碎肉 (trimming) 及淋巴 (lymph) 為主，並加總為前段部位肉重，骨頭加總為前段骨頭重，脂肪加總為前段脂肪重。
- (vi) 中段部位重 (middle part)：以大里脊肉 (loin)、腹脅肉 (belly)、小里脊 (tenderloin) 及碎肉 (trimming) 為主，並加總為中段部位肉重，骨頭加總為中段骨頭重，脂肪加總為中段脂肪重。
- (vii) 後段部位重 (rear part)：以後腿 (ham)、後腱 (rear shank) 及碎肉為主，並加總為後段部位肉重，骨頭加總為中段骨頭重，脂肪加總為中段脂肪重。
- (viii) 大部位分切肉重：以肩胛肉、前腿肉、大里脊肉、小里脊、腹脅肉及後腿肉等六個部位分切肉，經無脂肪規格整修之部位瘦肉重。
- (ix) 總瘦肉率 (total lean percentage, %)：以「(前段瘦肉重 + 中段瘦肉重 + 後段瘦肉重) / 屠體重」× 100。

(x) 總脂肪率 (%)：以 $[(\text{前段脂肪重} + \text{中段脂肪重} + \text{後段脂肪重}) / \text{屠體重}] \times 100$ 。

III. 肉質性狀測定

- (i) 一般成分分析 (proximate analysis)：採集背最長肌肉樣品 300 g 以上，以冷凍宅配方式送交財團法人中央畜產會技術服務中心，委託進行水分 (moisture)、灰分 (ash)、粗脂肪 (crude fat) 及粗蛋白質含量的化學成分分析，以 AOAC (2000) 方式測定試驗樣品。
- (ii) 滴水失重 (drip loss)：依據 Honikel (1998) 之方法修飾之。取背最長肌第 10 至 11 肋骨處之樣品，去除脂肪及結締組織，肉橫切約 2 cm 厚後，磅重懸掛於真空包裝袋中，置入 4℃ 冷藏 48 hr 後再磅重量，扣除鮮肉片並稱重量後，即為滴水失重，以 $[(\text{原始肉重} - \text{冷藏後肉重}) / \text{原始重}] \times 100$ ，重量百分比組成方式表示。
- (iii) 蒸煮失重 (cooking loss)：依據 Florene *et al.* (1994) 之方法修飾之。取背最長肌第 10 至 11 肋骨處之樣品，去除脂肪及結締組織，肉橫切約 2 cm 厚，將生鮮肉片磅重，再利用已預熱電烤盤，置於上方，初起 10 min 肉片正反翻面各一次，後續持續翻面加熱，直至中心溫度上升至 72℃ 達全熟狀態，冷卻至室溫，取出肉片後用吸水紙吸乾表面水份後再秤重，記錄生肉和熟肉的初始重量之差即為蒸煮失重，以 $[(\text{原始肉重} - \text{熟肉重}) / \text{原始重}] \times 100$ ，重量百分比組成方式表示。
- (iv) pH 值：使用微電腦 pH 值測定器 (HI8424, Hanna instruments, Italy)，參考吳 (2012) 利用穿透式探針插入第 10 至 11 肋骨間之背最長肌測 pH 值，與置於後腿肉半膜樣肌中心處測 Ham pH 值，待測定數據穩定後記錄。測定時間為屠後約 50 min 為 pH 1 值及屠後 24 hr 為 pH 24 值，每個屠體測定以三點之平均值表示。
- (v) 肌肉色澤 L^* 、 a^* 及 b^* 值測定：以色差計 (color reader, Minolta Co., Ltd., Japan) 測定屠體背最長肌第 10 至 11 肋骨間腰眼表面， L^* 值表示明亮度 (lightness)； a^* 值表示紅色程度 (redness)，正值代表偏紅色程度、負值代表偏綠色程度； b^* 值表示黃色程度 (yellowness) 正值代表偏黃色程度、負值代表偏藍色程度，每樣品重複測定 3 次不同位置取其平均值。

IV. 統計分析

試驗獲得之資料利用 SAS 統計軟體 (statistical analysis system, 2011) 分析數據，根據一般線性模式程序 (general linear model procedure) 進行變方測試，後以鄧肯氏多次變域方式 (Duncan's multiple range test) 比較各組平均值差異之顯著性。

結果與討論

I. 性別對蘭嶼豬屠體性狀之影響

比較蘭嶼閹公豬與女豬於屠體性狀之影響如表 2，結果顯示閹公豬之活體重、屠體重顯著較女豬為重 ($P < 0.01$)。本試驗閹公豬之屠體顯著較女豬重，與學者報告高畜雜交黑豬 (黃等, 2014)、商用種藍瑞斯 × 約克夏 × 杜洛克 (LYD) 品系及藍瑞斯 × 約克夏 × Woori (LYW) 品系 (Kim *et al.*, 2018)、捷克地方品種 Prestice Black-Pied (PB) 及大白 × 藍瑞斯 × 大白公系合成 (CH) 品系 (Nevrkla *et al.*, 2021) 結果一致。但吳 (2012) 研究國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種屠體重之性狀與性別間則無顯著差異。

表 2. 性別對蘭嶼豬屠體性狀之影響

Table 2. Effect of gender on carcass traits in Lanyu pigs

Items	Barrows	Gilts	Gender
Slaughter age, day	299.77 ± 26.95	289.22 ± 26.11	NS
Live weight, kg	47.37 ± 2.20	43.51 ± 2.94	**
Carcass weight, kg	39.66 ± 2.29	36.29 ± 2.56	**
Dressing yield, %	83.68 ± 1.42	83.38 ± 1.03	NS
Carcass length, cm	60.39 ± 2.50	59.44 ± 2.19	NS
Backfat thickness, cm	1.75 ± 0.45	1.72 ± 0.55	NS
Loin eye area, in ²	2.53 ± 0.35	3.06 ± 0.65	**

The data are given as mean ± SD.

** $P < 0.01$

NS, not significant.

蘭嶼豬屠宰率、屠體長、背脂厚度於性別亦無顯著差異，這與文獻 Razmaite *et al.* (2021) 研究立陶宛本土豬 LW (Lithuanian White) 與 LIW (Lithuanian Indigenous Wattle) 品種結果一致。本試驗蘭嶼豬屠宰時間兩組平均生長期相近，因此推測在屠宰率、屠體長、背脂厚度於性別之間並無顯著差異之影響。

於腰眼面積項目蘭嶼女豬顯著較閩公豬大，此結果和國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種 (吳, 2012)、波蘭藍瑞斯 (Maiorano *et al.*, 2013) 與杜洛克品種 (Xia *et al.*, 2022) 觀察相似，但黃等 (2014) 於高畜雜交黑豬腰眼面積項目探討性別間並無顯著差異。學者提出腰眼面積通常與肉量所占比例呈現正相關 (Santos *et al.*, 2014)，研究屠宰場 40 筆豬隻屠體，比較腰眼面積，結果顯示面積較小，其大理石花紋和硬度檢測值較高 ($P < 0.05$) (Pringle and Williams, 2000)。

II. 性別對蘭嶼豬屠體分切部位肉重之影響

探討性別對蘭嶼豬前、中與後段屠體組成之比較如表 3，結果顯示閩公豬前、中與後段屠體脂肪重及總脂肪率顯著較女豬為重 ($P < 0.05$)，女豬屠體中與後段肉脂比 (Lean : Fat) 優於閩公豬 ($P < 0.05$)，研究國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種，結果顯示中與後段屠體脂肪重閩公豬顯著較女豬為重 ($P < 0.05$)，女豬亦有較佳肉脂比 ($P < 0.05$) (吳, 2012)。

比較蘭嶼閩公豬與女豬屠體對分切部位肉之影響，蘭嶼豬分切部位，閩公豬之前端屠體之肩胛肉 ($P < 0.001$)、總瘦肉率 ($P < 0.01$) 及中端屠體之碎肉 ($P < 0.05$)，顯著較女豬為重，其餘前端屠體之前腿肉、腱肉、頸肉、碎肉、淋巴，中端屠體之大里肌、腹脅肉及小里肌，及後端屠體之後腿、後腱及碎肉，於性別間無顯著差異。而高畜雜交黑豬之女豬，前端屠體之肩胛肉、中端屠體之大里肌、小里肌與碎肉及後端屠體之後腱重量顯著較閩公豬為重 ($P < 0.05$)，雜交公豬中端屠體之腹脇肉及後腿碎肉重量顯著較女豬為重及高 ($P < 0.05$) (黃等, 2014)。國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏三種品種顯示，肩胛肉重、前腿肉、小里肌及腹脅肉不同性別之間並無顯著差異 (吳, 2012)。Razmaite *et al.* (2021) 發現，立陶宛本土豬 LW 及 LIW 品種分切部位肉中，背肌肉、肩胛肉重、腹脅肉及後腿肉於性別之間無顯著差異。蘭嶼閩公畜肩胛肉重量高於女豬 ($P < 0.01$)，通常肩胛肉部位一般俗稱梅花肉，其油花分布較均勻並具半筋半肉，不像腹脅肉俗稱五花肉含油脂較多，肥瘦各半分布肉質口感嫩。

蘭嶼閩公豬的總脂肪率顯著較女豬為高 ($P < 0.05$)，研究國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種 (吳, 2012)、高畜雜交黑豬 (黃等, 2014)、捷克 PB 地方品種及商用 CH 品種，閩公豬均有較高脂肪率，而瘦肉率項目女豬則顯著高於閩公豬 (Nevrkla *et al.*, 2021)。也有學者提出 Duroc 品種脂肪率及瘦肉率於性別之間並無顯著差異 (Xia *et al.*, 2022)。學者證實以手術去勢之閩公豬其屠體之脂肪量偏高 (Pérez-Ciria *et al.*, 2022)，可解釋目前蘭嶼閩公豬亦採用手術去勢後屠體性狀脂肪含量較高有關。

III. 性別對蘭嶼豬背最長肌之理化特性影響

蘭嶼閩公豬與女豬背最長肌之理化特徵顯示如表 4，試驗結果僅粗脂肪項目性別間具顯著差異 ($P < 0.05$)，至於水分、粗蛋白含量、灰分與滴水失重、蒸煮失重，背最長肌與後腿肉於屠後第 1 及第 24 小時之 pH 值，肌肉色澤 L^* 、 a^* 及 b^* 值測定結果，性別之間皆無顯著差異。

Kim *et al.* (2018) 研究顯示商用 LYD 及 LYW 品種、吳 (2012) 探討國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種之肉質水分含量，於性別間不具顯著差異與蘭嶼豬結果一致。探討背最長肌之粗脂肪含量，與國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏三種品種 (吳, 2012)、高畜雜交黑豬 (黃等, 2014)、波蘭藍瑞斯 (Maiorano *et al.*, 2013)、韓國原生種 KNP 及與杜洛克雜交品種 (Muhlisin *et al.*, 2014)，伊比利亞 × 杜洛克雜交品種 (Egea *et al.*, 2016) 之報告，閩公豬背最長肌之粗脂肪含量顯著較女豬高結果相符。

蘭嶼豬滴水失重及蒸煮失重項目於性別之間無顯著差異，此與伊比利亞 × 杜洛克雜交品種 (Egea *et al.*, 2016)，及立陶宛本土豬 LW 及 LIW 結果相同 (Razmaite *et al.*, 2021)。但於韓國原生種 KNP 及與杜洛克雜交品種，於女豬蒸煮失重項目顯著高於閩公豬 ($P < 0.05$)，滴水損失方面未有顯著差異 (Muhlisin *et al.*, 2014)。國內品種藍瑞斯、杜洛克及約克夏於女豬蒸煮失重項目顯著較低 ($P < 0.05$) (吳, 2012)。滴水失重是屠體肌原纖維收縮結果，會影響肉品之質量，另於烹飪過程中高溫導致肌原纖維收縮、蛋白質變性及脂肪損失，在本研究中蘭嶼閩公豬與女豬並無差異。

屠宰後 45 分鐘及 24 小時之 pH 值變化是決定豬肉品質關鍵因素 (Kasprzyk and Bogucka, 2020; Jankowiak *et al.*, 2021)。蘭嶼豬背最長肌之屠後 pH 變化，與國內三種品種藍瑞斯、杜洛克及約克夏 (吳, 2012)、高畜雜交黑豬 (黃等, 2014)、立陶宛本土豬 LW 與 LIW (Razmaite *et al.*, 2021)、LYD 與 LYW (Kim *et al.*, 2018)、PB 及 CH 品種 (Nevrkla *et al.*, 2021) 試驗結果呈現一致，性別之間無顯著差異。本試驗之背最長肌與後腿肉於屠宰後

pH1 值數據皆高於 6.3，pH 24 值亦達 5.7 以上，該 pH 值在豬肉屬於正常範圍內，顯示蘭嶼豬不論性別在屠宰後 24 小時肉質正常不會形成水樣肉 (pale soft exudative, PSE)。

表 3. 性別對蘭嶼豬屠體分切部位肉重之影響

Table 3. Effect of gender on the distribution of primal cuts weight in Lanyu pigs

Items	Barrows	Gilts	Gender
Front part			
Picnic, kg	1.66 ± 0.16	1.57 ± 0.15	NS
Shoulder, kg	1.05 ± 0.07	0.93 ± 0.08	***
Shank, kg	0.10 ± 0.05	0.08 ± 0.01	NS
Neck, kg	0.69 ± 0.14	0.61 ± 0.13	NS
Trimming, kg	0.13 ± 0.08	0.14 ± 0.07	NS
Lymph, kg	0.03 ± 0.04	0.03 ± 0.04	NS
Lean weight, kg	3.63 ± 0.22	3.32 ± 0.22	**
Fat weight, kg	0.99 ± 0.10	0.81 ± 0.11	**
Bone, kg	1.44 ± 0.31	1.28 ± 0.20	NS
Lean: Fat	3.69 ± 0.51	4.17 ± 0.75	NS
Lean: Bone	2.62 ± 0.56	2.66 ± 0.43	NS
Middle part			
Loin, kg	0.80 ± 0.12	0.80 ± 0.08	NS
Belly, kg	1.36 ± 0.13	1.36 ± 0.17	NS
Tenderloin, kg	0.18 ± 0.02	0.19 ± 0.03	NS
Trimming, kg	0.18 ± 0.07	0.13 ± 0.05	*
Lean weight, kg	2.52 ± 0.17	2.48 ± 0.22	NS
Fat weight, kg	1.72 ± 0.41	1.32 ± 0.18	***
Bone, kg	0.89 ± 0.12	0.82 ± 0.09	NS
Lean: Fat	1.54 ± 0.36	1.90 ± 0.28	*
Lean: Bone	2.88 ± 0.37	3.05 ± 0.32	NS
Rear part			
Ham, kg	2.13 ± 0.26	2.12 ± 0.22	NS
Rear shank, kg	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.02	NS
Trimming, kg	0.16 ± 0.05	0.12 ± 0.04	NS
Lean weight, kg	2.45 ± 0.24	2.39 ± 0.23	NS
Fat weight, kg	0.97 ± 0.17	0.73 ± 0.14	*
Bone, kg	0.70 ± 0.06	0.68 ± 0.03	NS
Lean: Fat	2.60 ± 0.71	3.38 ± 0.79	*
Lean: Bone	3.51 ± 0.35	3.54 ± 0.38	NS
Total lean percentage, %	37.66 ± 2.17	39.77 ± 2.19	NS
Total fat percentage, %	18.43 ± 2.38	15.73 ± 2.13	*

The data are given as mean ± SD.

* P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001.

NS, not significant.

蘭嶼豬背最長肌之肌肉色澤 L*、a* 及 b* 值測定，性別之間無顯著差異，與高畜雜交黑豬 (黃等, 2014)、伊比利×杜洛克雜交品種 (Egea *et al.*, 2016)、立陶宛本土豬 LW 與 LIW (Razmaitė *et al.*, 2021)、LYD 與 LYW (Kim *et al.*, 2018) 結果一致。吳 (2012) 探討國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種肉之色澤檢測，亮度項目 L* 值性別之間無顯著差異，於 a* 值紅色度項目女豬顯著高於閹公豬 (P < 0.05)，b* 值項目黃色度閹公豬顯著高於女豬 (P <

0.05)。蘭嶼閩公豬與女豬的顏色亮度 L^* 值非常相近。Muhlisin *et al.* (2014) 研究指出，韓國原生種 KNP 及與杜洛克雜交品種，於 a^* 值紅色度 (redness) 及 b^* 值黃色度 (yellowness) 測定項目呈顯著差異。Franco and Lorenzo (2013) 研究 Celta 品種及 Nevrkla *et al.* (2021) 於 PB 及 CH 品種之肌肉色澤，指出 L^* 值明亮度 (lightness) 及 b^* 值黃色度具顯著差異。

表 4. 性別對蘭嶼豬背最長肌理化特性之影響

Table 4. Effect of gender on physicochemical traits in the *Longissimus lumborum* muscle on Lanyu pigs

Items	Barrows	Gilts	Gender
Moisture, %	72.93 ± 0.85	73.06 ± 0.34	NS
Crude protein, %	23.20 ± 0.60	23.44 ± 0.64	NS
Crude fat, %	2.80 ± 0.23	2.39 ± 0.30	*
Ash, %	1.08 ± 0.07	1.10 ± 0.08	NS
Drop loss, %	3.18 ± 0.12	3.28 ± 0.24	NS
Cooking lose, %	25.31 ± 4.61	20.81 ± 3.92	NS
Ham pH ₁	6.37 ± 0.20	6.53 ± 0.113	NS
Ham pH ₂₄	5.76 ± 0.14	5.78 ± 0.07	NS
Loin pH ₁	6.35 ± 0.18	6.37 ± 0.25	NS
Loin pH ₂₄	5.78 ± 0.06	5.80 ± 0.14	NS
L^* (lightness) value	51.07 ± 3.59	51.27 ± 3.16	NS
a^* (redness) value	10.02 ± 2.87	9.87 ± 3.27	NS
b^* (yellowness) value	8.85 ± 1.35	8.38 ± 1.53	NS

The data are given as mean ± SE.

* $P < 0.05$.

NS, not significant.

結 論

綜合上述，研究蘭嶼豬的屠體品質和肉質理化特性，蘭嶼閩公豬活體重、屠體重、肩胛肉、各段屠體脂肪含量及總脂肪率均顯著較女豬高；而女豬的腰眼面積、中及後段屠體之肉脂比含量顯均著較閩公豬高。但背長肌肉中脂肪含量則閩公豬顯著高於女豬。此結果提供後續開發利用參考依據。

誌 謝

本試驗承農委會科技計畫 (110 農科 -2.6.1- 畜 -L1) 經費補助，特此致謝，試驗期間並承臺灣農畜產工業股份有限公司黃存后副總經理及員工協助豬隻屠宰、屠體分切及屠肉品評團隊，謹此一併致謝。

參考文獻

- 朱賢斌。由蘭嶼豬談種原多樣性的維護。2009。保育季刊 66：3-9。
- 吳明哲、朱賢斌、陳坤照。蘭嶼豬由被保種轉型為生醫產業用新品種。2009。科技發展政策報導 5：88-92。
- 吳家輔。2012。豬隻品種、性別與屠宰時活體重對其屠體性狀與屠肉品質之影響。東海大學。碩士論文。臺中市。
- 黃憲榮、許晉賓、李秀蘭、王漢昇、李春芳、許岩得、林正鏞。2014。高畜雜交黑豬之性別對屠體分切率、肌肉組成及肉質之比較。畜產研究 47(1)：51-60。
- 張之維、洪俊偉、張俊達、朱有田、林正鏞、吳明哲、朱賢斌。2012。賓朗豬之毛色遺傳與繁殖及生長性能。中國畜牧學會會誌 41(2)：89-99。
- 臺灣區肉品發展基金會。肉豬屠體部位肉分切規格。1992。臺北市。中華民國。

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (14th Ed.). Association of Official Chemists, Washington, D.C.
- Egea, M., M. B. Linares, M. D. Garrido, J. Madrid, and F. Hernández. 2016. Feeding Iberian × Duroc cross pigs with crude glycerine: Effects of diet and gender on carcass and meat quality. *Meat Sci.* 111: 78-84.
- Franco, D. and J. M. Lorenzo. 2013. Effect of gender (barrows vs. females) on carcass traits and meat quality of Celta pig reared outdoors. *J. Sci. Food Agric.* 93: 727-734.
- Florene, G., C. Touraille, A. Oual, M. Renerre, and G. Moni. 1994. Relationships between postmortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. *Meat Sci.* 37: 315-325.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49: 447-457.
- Jankowiak, H., A. Cebulska, and M. Bocian. 2021. The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs. *Eur. Food Res. Technol.* 247: 2813-2820.
- Kasprzyk, A. and J. Bogucka. 2020. Meat quality of Pulawska breed pigs and image of longissimus lumborum muscle microstructure compared to commercial DanBred and Naima hybrids. *Arch Anim. Breed* 63: 293-301.
- Kim, Y. M., T. J. Choi, K. H. Cho, E. S. Cho, J. J. Lee, H. J. Chung, S. Y. Baek, and Y. D. Jeong. 2018. Effects of sex and breed on meat quality and sensory properties in three-way crossbred pigs sired by duroc or by a synthetic breed based on a Korean native breed. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 38: 544-553.
- Maiorano, G., W. Kapelański, M. Bocian, R. Pizzuto, and J. Kapelańska. 2013. Influence of rearing system, diet and gender on performance, carcass traits and meat quality of Polish Landrace pigs. *Animal* 7: 341-347.
- Muhlisin., Panjono, S. J. Lee, J. K. Lee, and S. K. Lee. 2014. Effects of crossbreeding and gender on the carcass traits and meat quality of Korean native black pig and duroc crossbred. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 27: 1019-1025.
- Nevrkla, P., E. Václavková, and M. Rozkot. 2021. The indigenous prestige black-pied pig breed differs from a commercial hybrid in growth intensity, carcass value and meat quality. *Agriculture* 11: 331.
- Pérez-Ciria, L., F. J. Miana-Mena, J. Álvarez-Rodríguez, and M. A. Latorre. 2022. Effect of Castration type and diet on growth performance, serum sex hormones and metabolites, and carcass quality of heavy male pigs. *Animals* 2: 1004.
- Pringle T. D. and S. E. Williams. 2000. Fat thickness and loin eye area effects on pork carcass quality measures. *J. muscle foods* 11: 307-318.
- Pulkrabek, J., J. Pavlik, L. Valis, and M. Vitek. 2006. Pig carcass quality in relation to carcass lean proportion. *Czech J. Anim. Sci.* 51: 18-23.
- Razmaitė, V., R. Juska, R. Leikus, and V. Jatkauskienė. 2021. Pork quality of two lithuanian breeds: effects of breed, gender and feeding regimen. *Animals* 11: 1103.
- Santos, L. S., F. R. Caldara, R. K. S. Santos, and I. A. Nääs. 2014. Comparison of methodologies for assessment of pork loin eye area. *Boletim de Indústria Animal* 71: 211-216.
- SAS. 2011. SAS user guide: Statistics, SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Van den Broeke, A., F. Leen, M. Aluwé, J. Van Meensel, and S. Millet. 2020. The effect of sex and slaughter weight on performance, carcass quality and gross margin, assessed on three commercial pig farms. *Animal* 14: 1546-1554.
- Xia, J. Q., D. Y. Liu, J. Liu, X. P. Jiang, L. Wang, S. Yang, and D. Liu. 2022. Sex effects on carcass characteristics, meat quality traits and meat amino acid and fatty acid compositions in a novel Duroc line pig. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr (Berl)*. 10: 13680.

Effect of gender on carcass traits and meat quality of Lanyu pigs ⁽¹⁾

Sheng-Yang Wu ⁽²⁾ Shin-Hsin Lee ⁽²⁾ Yu-Ling Huang ⁽²⁾ and Chia-Chieh Chang ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Aug. 3, 2022; Accepted: Apr. 30, 2023

Abstract

The purpose of this experiment was to investigate the effect of gender on the carcass traits of Lanyu pigs. Eighteen 12-week-old Lanyu pigs with an average body weight of 13 ± 0.9 kg were assigned to either barrows or gilt groups. The feeding period was 16 weeks. The results showed that the live weight and carcass weight of the barrows were significantly heavier than the gilts ($P < 0.01$), and the loin eye area of the Lanyu gilts was significantly larger than the barrows ($P < 0.01$). There was no significant difference in terms of dressing yield, carcass length, and back fat thickness between the genders ($P > 0.05$). The analysis of the front, middle, and rear partitions of the carcass showed that the fat weight and total fat percentage of the barrows' carcasses were significantly higher than those of the gilts ($P < 0.05$), and the meat fat ratio (Lean : Fat) of middle and rear carcass of gilts was better than that of barrows ($P < 0.01$); The comparison of cuts showed that the shoulder ($P < 0.001$) in the carcass front part, lean weight ($P < 0.01$) and trimming weight ($P < 0.05$) in the carcass central part were significantly heavier in barrows than in gilts. However, there was no significant difference between genders in terms of the picnic, shank, neck meat, fore chopped lymph in the carcass front part, loin, belly, tenderloin in the carcass central part, ham, rear shank, and trimming in the carcass rear part. The fat content of the *Longissimus dorsi* muscle was significantly higher in barrows than in gilts ($P < 0.05$), and there was no significant difference between genders in terms of moisture content, crude protein content, ash content, drip loss, cooking loss, PH 1 and PH 24 of the loin and ham, and L*, a*, and b* values of muscle color.

Key words: Lanyu Pig, Carcass traits, Gender.

(1) Contribution No. 2746 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Eastern Region Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: janices@mail.tlri.gov.tw.

飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長性狀、 血液參數及下痢發生率的影響⁽¹⁾

劉芳爵⁽²⁾⁽⁴⁾ 林幼君⁽²⁾ 李秀蘭⁽³⁾

收件日期：112 年 1 月 9 日；接受日期：112 年 4 月 30 日

摘 要

本試驗以小型醱酵槽，經由醱酵培養、誘發產孢、菌液分離以及菌體冷凍乾燥等處理步驟產生凝結芽孢桿菌菌粉，經測定凝結芽孢桿菌菌粉活菌數可達 1×10^{11} cfu/kg。試驗動物採用 26 – 30 日齡離乳二品種 LD 雜交仔豬 48 頭，每欄飼養 4 頭，每處理 4 重複。飼糧處理分為空白組（保育期飼料為對照組）、市售凝結芽孢桿菌組，保育料添加菌株編號 BC1031 之市售凝結芽孢桿菌粉 (commercial *Bacillus coagulans*, CBC) 與凝結芽孢桿菌組，傳統保育料添加桿菌粉 (*Bacillus coagulans*, BC)，飼糧中添加菌數均為 1×10^8 cfu/kg，共進行 4 週生長試驗。結果顯示，在生長性狀方面，餵飼添加 BC 組對離乳仔豬第 3 和 4 週的增重與第 3 週的飼料轉換率，顯著優於對照組與添加 CBC 組。在試驗開始日與結束日，餵飼對照組、添加 CBC 或 BC 飼糧對仔豬血液參數、白血球數量與白血球百分比，沒有顯著差異。另外在下痢發生率部分，餵飼添加 BC 比對照組與添加 CBC 飼糧，分別減少 19% 與 6.2%。綜上所述顯示，餵飼添加 BC 飼糧在改善離乳仔豬增重與降低下痢發生率的效果，比對照組或添加 CBC 飼糧為佳。

關鍵詞：凝結芽孢桿菌、下痢發生率、飼料添加物、離乳仔豬、生長性狀。

緒 言

近十幾年來，用於促進動物生長作用的含藥添加物，由於會導致畜禽腸道微生物產生抗藥性或屠體藥物殘留量等問題 (Falkow and Kennedy, 2001)，直接影響消費者對畜禽產品的衛生安全與信心。依據食品藥物管理署中區管理中心於 107 年禽畜水產品中動物用藥殘留監測報告指出。當年度合格率为 97.7%，顯示仍有部分畜禽產品不符合規定 (傅等, 2019)。歐盟亦於 2006 年起全面禁用預防性藥物飼料添加物，美國也於 2017 年起逐漸降低使用抗生素品項與數量 (余及李, 2015)。顯見世界各國逐漸減少抗生素做為動物的生長促進劑，國內亦然，逐年縮減可添加於畜禽飼料中的抗生素種類。

豬隻後腸 (特別是盲腸與結腸) 的發酵作用，產生揮發性短鏈脂肪酸，可提供豬隻生長所需能量的 5 – 28% (Kass *et al.*, 1980)。同時後腸之微生物菌相，亦對豬隻健康與免疫調節扮演非常重要角色，主要是由於經由大腸微生物發酵作用產生的代謝物 (如乳酸或抗菌肽)，具有保護結腸與直腸的作用，降低有害微生物的影響 (Hillman *et al.*, 1994; Blottiere *et al.*, 2003; Biagi *et al.*, 2006)。由於飼料中的纖維素在後腸中可以成為後腸微生物之營養素來源 (Schnabel *et al.*, 1983)，有助於增加大腸內多種的微生物數量，包括好氧性與厭氧性菌種 (William *et al.*, 1991)。

由於植物細胞壁的生化組成，既複雜又多變，且代謝物產生的影響亦不同。就飼料而言，「粗纖維」為木質素及非澱粉類多醣體 (non-starch polysaccharides, NSP) 的總稱 (Cummings, 1981)。豬隻腸道微生物發酵粗纖維產生乳酸的過程中，通常無法有效將粗纖維分解。此乃因豬隻腸道微生物，無法有效分解五碳糖如木糖 (xylose) 的組成成分 (Mussatto and Teixeira, 2010)。微生物產生纖維分解酵素，通過磷酸乙酮醇酶代謝路徑 (phosphoketolase pathway) 時，可以產生等當量之醋酸與左旋乳酸，產生效率大約 60%。當是纖維分解酵素通過磷酸戊糖代謝路徑 (pentose phosphate) 時，可以代謝木糖產生之醋酸與左旋乳酸，其效率高於 90%。文獻中亦發現凝結芽孢桿菌 (*Bacillus coagulans*) 可以通過 pentose phosphate 代謝路徑，有效進行粗纖維的發酵作用，產生揮發性短鏈脂肪酸效率高 (Patel

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2747 號。

(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。

(3) 農業部畜產試驗所技術服務組。

(4) 通訊作者，E-mail: fcliu@mail.tlri.gov.tw。

et al., 2006)。

仔豬發生下痢的原因，主要因細菌感染造成消化道功能紊亂的綜合症狀，直接導致仔豬的生長明顯下降。細菌感染如沙門氏菌、大腸桿菌及梭菌等，這些細菌會導致仔豬發生黃、白及紅痢 (Ruiz *et al.*, 2016)。業者常用抗生素預防仔豬下痢，但腸道中的微生物容易因此而產生抗藥性 (Shahana *et al.*, 2021)。經常使用抗菌藥物，雖然容易實施，但是亦會增加 8 – 15% 的飼養成本 (Thomson and Friendship, 2019)。Payot *et al.* (1999) 指出，凝結芽孢桿菌具有產乳酸、形成孢子及運動等特性，對外界環境耐受力強，並且可以在腸道中發芽和增殖 (Hung *et al.*, 2012)，進而在腸道內產生發揮性短鏈脂肪酸與代謝物如抗菌肽乳孢菌素 (Lactosporin)，抑制腸道有害細菌包括如桿菌 (*Bacillus*)、李斯特菌 (*Listeria*)、葡萄球菌 (*Staphylococcus*)、鏈球菌 (*Streptococcus*)、腸球菌 (*Enterococcus*) 及梭菌 (*Clostridium*) 等 (Riazi *et al.*, 2009)，改善仔豬腸道健康與提升生長性能 (Riazi *et al.*, 2012; Wu *et al.*, 2018)，但是在降低離乳仔豬下痢發生率的相關研究甚少。因此，本試驗旨在探討添加凝結芽孢桿菌對提升離乳仔豬的生長性狀與降低下痢發生率的效果，供作為離乳仔豬保健用飼料添加物，以減少抗生素的使用。

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所營養組試驗豬舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所實驗動物管理小組以畜試動字 110-17 號申請核准在案。

I. 試驗動物及飼糧處理

凝結芽孢桿菌菌粉製作，採用劉與林 (2021) 篩選凝結芽孢桿菌接種於 5 公升小型醱酵槽。醱酵培養液為 MRS broth (No. 110660, Millipore in USA)，醱酵條件為 37°C 培養 24 小時後，再經 24 小時誘發產生凝結芽孢桿菌孢子，接續以 12,000 rpm 連續式離心機分離菌體與上清液，再將菌體加入玉米澱粉後冷凍乾燥，完成凝結芽孢桿菌菌粉製作。同時以 MRS 培養基分析與以玉米粉調整每 1 kg 菌粉，含有凝結芽孢桿菌菌數達 1×10^{11} cfu，並儲放於 -20°C 冰箱中備用。

試驗動物採用 26 – 30 日齡離乳二品種 LD 雜交仔豬 48 頭，每欄飼養 4 頭 (公母各半，飼養面積為 0.35 m²/頭)，每處理 4 重複，共進行 4 週。飼糧處理，空白組 (保育期飼料為對照組，control group)、市售凝結芽孢桿菌組 (保育料添加市售凝結芽孢桿菌粉，購自商用菌株編號 BC1031，CBC group) 與凝結芽孢桿菌組 (保育料添加凝結芽孢桿菌粉，BC group)，飼糧添加菌數均為 1×10^8 cfu/kg feed，如表 1 所示。試驗期間採任食，並充分供應清潔飲水，畜舍溫度保持在 26 – 30°C，裝設風扇定時進行畜舍通風換氣。菌粉於飼料混合時加入，混合好飼料含試驗期間儲存時間共 5 週，於 4 週實驗期間僅配製 1 批次飼料。

II. 測定項目

每週秤量與記錄仔豬體重和飼料採食量，計算試驗仔豬的生長性狀。分別在試驗開始日與結束日，分別採集 48 頭試驗仔豬血液樣品 5 mL (採樣前禁食 4 – 6 小時，使用含 EDTA 的 10 mL 採血管由頸部靜脈竇採集血液樣品) 供分析血液性狀、白血球數量與白血球種類等濃度。

- (i) 糞便評分指數與下痢發生率的估算方法，糞便評分指數主要依據 Hart and Dobb (1988) 與 Marquardt *et al.* (1999) 的評分方法。從試驗開始日至第 7 天，每日上午 09:00 至 11:00 記錄一次糞便評分指數。糞便評分標準為 4 級分，指數「0」表正常成型糞便 (水分含量 < 70%)、「1」表輕微軟便 (水分含量 70 – 75%)、「2」表中度軟便 (水分含量 75 – 80%) 與「3」表嚴重軟便 (水分含量 > 80%)，供評估仔豬下痢的嚴重程度。另外下痢發生率的計算方法，主要參考 Sun *et al.* (2022) 文獻所列之方法，計算公式如下：

$$\text{下痢發生率 (\%)} = \frac{\text{下痢仔豬頭數}}{\text{試驗仔豬總頭數} \times 7 (\text{觀察天數})} \times 100\%$$

*當仔豬糞便外觀評分指數等於或大 2 時，定義為發生下痢。

- (ii) 血液性狀分析

分別於試驗第一天與結束日，採集血液樣品供分析血液之總蛋白質、總膽固醇、三酸甘油酯、血液尿素氮及肌酸酐等性狀含量。分析儀器為 Hitach 血清生化分析儀 (Hitach 7170, Japan) 並以血液生化值套組分析總蛋白值 (No. 993-52901)、總膽固醇 (No. 21.862.1175)、三酸甘油酯 (No. 21.862.1705) 以及肌酸酐 (No. 277-10501) 等含量 (Wako Chemical Com., Japan)。

表 1. 試驗飼糧的配方組成

Table 1. The composition of the experimental diet

Ingredients, kg	Trial diets		
	Control group	CBC group	BC group
Yellow corn, CP 7.5%	677.5	676.5	676.5
Soybean meal, CP 43.5%	190	190	190
Limestone (pulverized)	8	8	8
Dicalcium phosphate	16	16	16
Fish meal, CP 65%	50	50	50
Skim milk	20	20	20
Whey powder	20	20	20
Soybean oil	10	10	10
Choline-Cl, 50%	1	1	1
Salt (iodized)	5	5	5
Vitamin premix ^a	1	1	1
Mineral premix ^b	1.5	1.5	1.5
CBC	0	1	0
BC	0	0	1
Total	1,000	1,000	1,000
Calculated value			
Crude protein, %	18.2	18.1	18.1
Metabolism energy, kcal/kg	3,217	3,210	3,210
Lysine, %	1.14	1.14	1.14
Analyzed value			
Crude protein, %	18.1	18.3	18.4
Lysine, %	1.15	1.16	1.15
Calcium, %	1.16	1.17	1.17
Total phosphorus	0.75	0.75	0.75

^a Supplied per kg of diet: Vitamin A, 6,000 IU; Vitamin D₃, 800 IU; Vitamin E, 20 IU; Vitamin K₃, 4 mg; Vitamin B₁, 2 mg; Vitamin B₂, 4 mg; Vitamin B₆, 1 mg; Vitamin B₁₂, 0.02 mg; Niacin, 30 mg; Calcium pantothenate, 16 mg; Folic acid, 0.6 mg; Biotin, 0.01 mg.

^b Supplied the following minerals per kg of diet: Fe, 140 mg; Cu, 7 mg; Mn, 20 mg; Zn, 120 mg; Se, 0.15 mg; I, 0.45 mg.

(iii) 血液白血球數量與白血球種類百分比分析

血液樣品經血球分析儀 (Sysmex XN-1000, Japan) 測定白血球數量、嗜酸性白血球、嗜鹼性白血球、淋巴球、單核球及嗜中性白血球百分比。

III. 統計分析

試驗收集之各項資料，利用 SAS (2005) 的套裝統計軟體，依一般線性模式 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，並以鄧肯氏多變域測定法 (Duncan's multiple range test) 進行處理組平均值間之差異顯著性分析，當 $P < 0.05$ 表差異顯著，而 $P < 0.01$ 表差異極顯著。

結果與討論

I. 飼料添加凝結芽孢桿菌飼糧對離乳仔豬生長性狀的影響

飼料添加 CBC 或 BC 飼糧對離乳仔豬的體重與生長性狀之影響，如表 2 與 3 所示。仔豬在第 21 與 28 天的體重以及第 3 與 4 週的平均日增重，飼料添加 BC 組仔豬體重與平均日增重高於添加 CBC 組與對照組，而對照組與添加 CBC 組，兩組間沒有差異。結果顯示，飼糧添加 BC 凝結芽孢桿菌可提升離乳仔豬第 3 與 4 週的增重，在 Sun *et al.* (1999) 文獻亦有類似結果。此現象可能因 BC 凝結芽孢桿菌具有產生孢子與左旋乳酸代謝物的作用，有助於改善離乳仔豬的增重 (Wu *et al.*, 2018; 劉及林, 2021)。

仔豬的飼料採食量，無論在第 1、2、3、4 週或全期，各組間均沒有顯著差異。此結果顯示，飼料中添加 CBC 或 BC 與對照組之間，均不影響離乳仔豬的飼料採食量。此現象可能因添加 CBC 或 BC 於飼料中，並不影響飼料的適口性 (Mavromichalis, 2010)。飼料轉換率的部分，在第 3 週時，飼料添加 BC 組顯著優於飼料添加 CBC 組與對照組，而對照組與添加 CBC 組，兩組間沒有顯著差異。此結果亦可能因 BC 凝結芽孢桿菌菌株產生左旋乳酸代謝物的作用所致 (劉及林, 2021)，而 BC 凝結芽孢桿菌在調節與促進仔豬腸道健康與提升飼料消化率等作用較佳 (Riazi *et al.*, 2012; 2016; Sander *et al.*, 2013; Wu *et al.*, 2018)，具有類似於 *M. luteus* and *L. monocytogenes* 的促進腸道健康的作用 (Riazi *et al.*, 2009; 2012)。由前述結果顯示，飼料添加 BC 組對提升離乳仔豬第 3 與 4 週的增重以及第 3 週飼料轉換率，比對照組或添加 CBC 組效果較佳。

表 2. 飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬體重的影響 (n = 48)

Table 2. Effects of supplemental *Bacillus coagulans* on body weight of weaning pigs

Items	Trial	Control group	CBC group	BC group
Initial day, kg		7.82 ± 0.87 ^a	7.66 ± 0.36	7.95 ± 1.08
Day 7, kg		8.51 ± 0.94	8.04 ± 0.54	8.39 ± 0.88
Day 14, kg		9.91 ± 0.95	9.53 ± 0.84	9.78 ± 0.70
Day 21, kg		11.80 ± 0.85 ^b	11.38 ± 0.87 ^b	12.32 ± 1.33 ^a
Day 28, kg		14.77 ± 0.85 ^b	14.32 ± 0.88 ^b	15.63 ± 1.52 ^a

* Mean ± SD. CBC group represented dietary supplementation of 1×10^8 cfu/kg commercial *Bacillus coagulans*. BC group represented dietary supplementation of 1×10^8 cfu/kg *Bacillus coagulans*.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

II. 飼料添加凝結芽孢桿菌飼糧對離乳仔豬血液參數的影響

飼料添加 CBC 或 BC 飼糧對離乳仔豬血液參數之影響，如表 4。試驗結果在試驗開始日與結束日，在血液三酸甘油脂、總膽固醇、尿素氮、肌酸酐、總蛋白、白蛋白與球蛋白含量，各組間均沒有顯著差異。顯示飼料中添加 CBC 或 BC，並不影響仔豬血液參數。不過對比生醫產業用畜禽動物應用手冊 (2011) 之血液性狀含量，在試驗開始日之離乳仔豬尿素氮、總蛋白及球蛋白濃度有偏低現象，此可能受仔豬剛離乳，飼料採食量較低與血液中移行抗體濃度會隨仔豬日齡增加而下降所致 (Niekamp *et al.*, 2007; Estienne *et al.*, 2019)。而結束日之總蛋白與白蛋白濃度，三組均有稍微偏低現象。依據 Dvorak (1981) 文獻指出，豬隻血液總蛋白與白蛋白濃度與飼糧蛋白質含量呈正相關作用，此試驗飼料仔豬飼糧之粗蛋白質含量均為 18%，符合保育期仔豬飼糧粗蛋白質之建議用量 (行政院農業委員會編輯委員會, 1990)。不過在白蛋白與球蛋白比值，對照組、CBC 與 BC 組比值，分別 1.4 vs. 1.2 vs. 1.4，介於白蛋白與球蛋白正常比值 1.1 – 2.5 之間 (Suh *et al.*, 2014)，高於生醫產業用畜禽動物應用手冊 (2011) 比值 0.5，且試驗仔豬健康情形十分良好。

III. 飼料添加凝結芽孢桿菌飼糧對離乳仔豬白血球數量與白血球種類百分比之影響

飼料添加 CBC 或 BC 飼糧對離乳仔豬血液白血球與分類計數的影響，如表 5 所示。試驗開始日與結束日之白血球數與各類型白血球百分比 (嗜鹼性球、嗜酸紅球、嗜中性球、淋巴球與單核球)，在各處理間沒有顯著差異。不過在白血球數以飼料 CBC 飼糧，分別高於對照組 7.9% 與 BC 組 7.0%，但是白血球數仍介於 11,000 – 22,000/mL 之正常範圍內 (生醫產業用畜禽動物應用手冊, 2011)。另外嗜中性白血球與淋巴球比值 (N/L) 一般可作為仔豬中長期壓力或慢性發炎指標 (Quinonero *et al.*, 2009)，對照組、添加 CBC 組或 BC 組之 N/L 比值，分別為 0.8、0.92 及 0.75，顯示添加 BC 組仔豬的緊迫壓力或發炎指標，比對照組與添加 CBC 組低。此現象可能因 BC 凝結芽孢桿菌含有抗氧化物質 (Fu *et al.*, 2019)，有助於舒緩離乳仔豬緊迫與降低發炎的作用。

表 3. 飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長性狀的影響 (n = 48)

Table 3. Effects of supplemental *Bacillus coagulans* on growth performance of weaning pigs

Items	Trial	Control group	CBC group	BC group
Average daily gain, kg				
Week 1		0.10 ± 0.04*	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.03
Week 2		0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.04	0.20 ± 0.05
Week 3		0.27 ± 0.05 ^b	0.26 ± 0.07 ^b	0.36 ± 0.11 ^a
Week 4		0.42 ± 0.06 ^b	0.42 ± 0.07 ^b	0.47 ± 0.12 ^a
Overall		0.25 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.28 ± 0.03
Average daily feed intake, kg				
Week 1		0.19 ± 0.01*	0.11 ± 0.03	0.11 ± 0.04
Week 2		0.40 ± 0.07	0.35 ± 0.07	0.36 ± 0.06
Week 3		0.59 ± 0.08	0.55 ± 0.09	0.67 ± 0.16
Week 4		0.91 ± 0.09	0.86 ± 0.10	0.94 ± 0.13
Overall		0.52 ± 0.02	0.47 ± 0.02	0.52 ± 0.4
Feed conversion ratio (Feed/gain)				
Week 1		1.93 ± 0.12*	2.03 ± 0.05	1.72 ± 0.12
Week 2		2.01 ± 0.13	2.08 ± 0.06	1.81 ± 0.13
Week 3		2.19 ± 0.18 ^a	2.12 ± 0.07 ^a	1.85 ± 0.08 ^b
Week 4		2.17 ± 0.19	2.05 ± 0.16	1.98 ± 0.10
Overall		2.08 ± 0.11	1.96 ± 0.07	1.89 ± 0.08

* Mean ± SD. CBC group and BC group were the same as in Table 2.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

表 4. 飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬血液參數的影響 (n = 48)

Table 4. Effects of supplemental *Bacillus coagulans* on blood biochemical parameter of weaning pigs

Items	Trial	Control group	CBC group	BC group
Day 1				
Triglyceride, mg/dL		108.8 ± 37.4*	81.7 ± 32.4	77.7 ± 33.8
Total cholesterol, mg/dL		129.7 ± 28.1	136.3 ± 34.7	134.3 ± 47.1
Blood urea nitrogen, mg/dL		6.5 ± 2.6	4.7 ± 1.2	5.7 ± 2.4
Creatinine, mg/dL		1.0 ± 0.3	1.1 ± 0.2	1.0 ± 0.1
Total protein, g/dL		4.8 ± 0.4	4.4 ± 0.4	4.3 ± 0.1
Albumin, g/dL		3.8 ± 0.4	3.7 ± 0.2	3.7 ± 0.3
Globulin, g/dL		1.0 ± 0.4	0.7 ± 0.3	0.6 ± 0.2
Day 28				
Triglyceride, mg/dL		47.3 ± 33.7*	36.8 ± 5.2	44.7 ± 6.4
Total cholesterol, mg/dL		78.5 ± 23.9	78.5 ± 11.5	85.2 ± 7.8
Blood urea nitrogen, mg/dL		10.8 ± 1.7	9.8 ± 1.7	10.2 ± 1.7
Creatinine, mg/dL		1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.1 ± 0.1
Total protein, g/dL		4.3 ± 0.9	4.4 ± 0.5	4.6 ± 0.4
Albumin, g/dL		2.5 ± 0.6	2.4 ± 0.1	2.6 ± 0.2
Globulin, g/dL		1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.5	1.8 ± 0.3
Albumin/ Globulin		1.4	1.2	1.4

* Mean ± SD. CBC group and BC group were the same as in Table 2.

According to the Livestock Application Manual for the Biomedical Industry (2011), the following blood characteristics of pigs less than 3 months of age were observed per mg/dL: Triglyceride, 85 ± 55 mg/dL; Total cholesterol, 119 ± 43 mg/dL; Blood urea nitrogen, 14.6 ± 3.8 mg/dL; Creatinine, 1.0 ± 0.4 mg/dL; Total protein, 6.4 ± 0.9 g/dL; Albumin, 4.4 ± 0.8 g/dL; Globulin, 2.02 ± 0.18 g/dL.

表 5. 飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬白血球數量與白血球種類百分比影響 (n = 48)

Table 5. Effects of supplemental *Bacillus coagulans* on peripheral leukocyte count and proportion of weaning pigs

Items	Trial	Control group	CBC group	BC group
Day 1				
Total white blood cell count, cells/uL		11,508 ± 3,010*	9,762 ± 3,600	10,820 ± 3,504
Basophils, %		0.9 ± 0.5	2.0 ± 1.3	1.3 ± 0.5
Eosinophils, %		0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
Neutrophil, %		37.2 ± 11.3	38.4 ± 7.1	42.0 ± 9.3
Lymphocytes, %		58.5 ± 10.1	56.2 ± 6.7	53.1 ± 9.0
Monocytes, %		3.1 ± 1.3	3.1 ± 1.1	3.3 ± 0.9
Day 28				
White blood cell count, cells/uL		18,960 ± 6,168*	20,588 ± 2,675	19,155 ± 4,596
Basophils, %		0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.2
Eosinophils, %		0.7 ± 0.1	1.1 ± 0.5	0.9 ± 0.5
Neutrophil (N), %		42.4 ± 8.9	45.0 ± 10.9	40.4 ± 9.1
Lymphocytes (L), %		52.7 ± 10.3	49.0 ± 11.2	53.6 ± 11.6
Monocytes, %		3.9 ± 1.9	4.6 ± 3.0	4.7 ± 2.6
N/L		0.80	0.92	0.75

* Mean ± SD. CBC group and BC group were the same as in Table 2.

IV. 飼糧添加凝結芽孢桿菌飼糧對離乳仔豬下痢發生率的影響

飼糧添加 CBC 或 BC 飼糧對離乳後最初 7 天仔豬下痢比率之影響，如圖 1 所示。飼糧對照組、添加 CBC 或 BC 組仔豬下痢發生率，分別為 25.0、18.8 與 6.25%，顯示飼糧添加 BC 飼糧比對照組顯著減少下痢比率約 19%，同時也比飼糧 CBC 飼糧顯著減少下痢比率 6.2%。此現象可能因 BC 凝結芽孢桿菌較有助於維持仔豬腸道健康或是代謝物含抗菌肽，可降低仔豬下痢發生率 (Riazi *et al.*, 2009; 2012; Sander *et al.*, 2013)。不過試驗過程中，各組間育成率 100%，而且各組間下痢仔豬於離乳 1 週以後逐漸恢復正常，沒有發生持續下痢的現象。

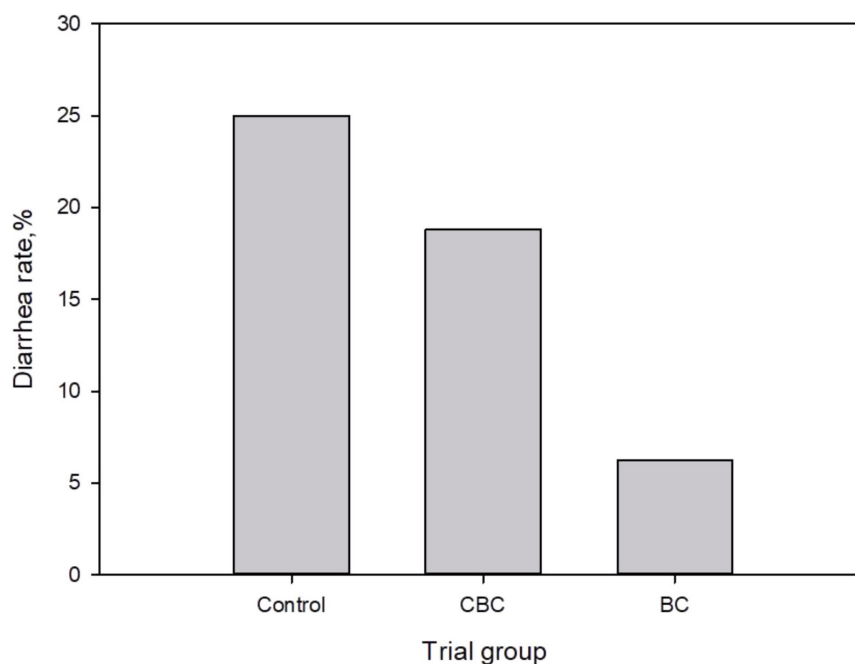


圖 1. 離乳後最初 7 天每日仔豬下痢比率 (糞便外觀 => 下痢指數 2 者)

Fig. 1. The diarrhea incidence of piglets during the first 7 days after weaning

Diarrhea incidence = (the number of diarrhea piglets/total number of piglets in the treatment) × 100%.

Diarrhea was defined as the piglet's feces present watery appearance (=> diarrhea index no.2).

CBC group and BC group were the same as in Table 2.

結 論

餵飼添加 BC 飼糧對離乳仔豬第 3 和 4 的增重與第 3 週的飼料轉換率，顯著比對照組或添加 CBC 飼糧佳。餵飼添加 CBC 或 BC 飼糧對離乳仔豬血液參數與白血球數量與白血球百分比，沒有顯著差異。另外添加 BC 組比對照組與添加 CBC 組，分別減少下痢比率約 19% 與 6.2%。因此由前述結果顯示，餵飼添加 BC 凝結芽孢桿菌具有提升離乳仔豬增重與降低下痢發生率的效果，比空白組（對照組）與添加 CBC 組較佳，可作為提升離乳仔豬生長性能與減少下痢發生率的一種可擇益生菌菌株。

誌 謝

試驗期間感謝畜產試驗所產業組二股同仁與營養組嚴世俊先生和蕭合芬小姐，試驗進行過程中之協助與相關資料之收集與分析工作，讓試驗順利完成。

參考文獻

- 生醫產業用畜禽動物應用手冊編輯委員會。2011。無特定病原豬 (Specific pathogen free, SPF)。生醫產業用畜禽動物應用手冊，中華實驗動物學會編印，臺北，pp. 2-27。
- 行政院農業委員會編輯委員會。1990。臺灣地區飼養標準—豬。行政院農業委員會出版。
- 余祁暉、李盼。2015。動物保健產品之管理法規與發展趨勢。農業生技產業季刊 44：58-66。
- 傅曉萍、黃竹珈、林宜蓉、陳姿伶。2019。107 年度市售禽畜水產品中動物用藥殘留監測。食品藥物研究年報 10：50-57。
- 劉芳爵、林幼君。2021。凝結芽孢桿菌的篩選、鑑定與性狀分析。畜產研究 54(3)：148-154。
- Biagi, G., A. Piva, M. Moschini, V. E. Ezzali, and F. X. Roth. 2006. Effect of gluconic acid on piglet growth performance, intestinal microflora, and intestinal wall morphology. J. Anim. Sci. 84: 370-378.
- Blottiere, H. M., B. Buecher, J. P. Galmiche, and C. Cherbut. 2003. Molecular analysis of the effect of short-chain fatty acids on intestinal cell proliferation. Proc. Nutr. Soc. 62: 101-106.
- Cummings, J. H. 1981. Dietary fiber. British Med. Bullet. 37: 65-70.
- Estienne, M., S. Clark-Deener, and K. Williams. 2019. Growth performance and hematology characteristics in pigs treated with iron at birth and weaning and fed a nursery diet supplemented with a pharmacological level of zinc oxide. J. Swine Health Prod. 27: 64-75.
- Dvorak, M. 1981. Determination of serum albumin concentration in pigs using bromocresol green. Vet. Med. 26(8): 481-489.
- Falkow, S. and D. Kennedy. 2001. Antibiotics, animals, and people-again! Science 291(5503): 397.
- Fu, R., D. Chen, G. Tian, P. Zheng, X. Mao, J. Yu, J. He, Z. Huang, Y. Luo, and B. Yu. 2019. Effect of dietary supplementation of *Bacillus coagulans* or yeast hydrolysates on growth performance, antioxidant activity, cytokines and intestinal microflora of growing-finishing pigs. Anim. Nutr. 5: 366-372.
- Hart, G. K. and G. J. Dobb. 1988. Effect of a fecal bulking agent on diarrhea during enteral feeding in the critically ill. J. Parenter. Enteral. Nutr. 12: 465-468.
- Hillman, K., T. A. Murdoch, S. R. Jpencer, and C. S. Stewart. 1994. Inhibition of enterotoxigenic *Escherichia coli* by the microflora of the porcine ileum, in an in vitro semicontinuous culture system. Appl. Bacteriol. 76: 294-300.
- Hung, A. T., S. Y. Lin, T. Y. Yang, C. K. Chou, H. C. Liu, J. J. Lu, B. Wang, S. Y. Chen, and T. F. Lien. 2012. Effects of *Bacillus coagulans* ATCC 7050 on growth performance, intestinal morphology, and microflora composition in broiler chickens. Anim. Prod. Sci. 52: 874-879.
- Kass, M. L., P. J. Van Soest, W. G. Pond, B. Lewis, and R. E. McDowell. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. J. Anim. Sci. 50: 175-191.
- Marquardt, R. R., L. Z. Jin, J. W. Kim, L. Fang, A. A. Frohlich, and S. K. Baidoo. 1999. Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88⁺ infection in neonatal and early-weaned piglets. FEMS Immun.

- & Medi. Microbiology 23: 283-288.
- Mavromichalis, I. 2010. Achieving a better piglet feed intake. Pig Progress 26(1): 19. <https://www.pigprogress.net/pigs/achieving-a-better-piglet-feed-intake/>.
- Mussatto, S. I. and J. A. Teixeira. 2010. Lignocellulose as raw material in fermentation processes. In: Mendez-Vilas, A. (Ed.), Current Research, Technology and Education, Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, vol. 2. pp. 897-907. Formatex Research Center, Badajoz.
- Niekamp, S. R., M. A. Sutherland, G. E. Dahl, and J. L. Salak- Johnson. 2007. Immune responses of piglets to weaning stress: impacts of photoperiod. J. Anim. Sci. 85: 93-100.
- Patel, M. A., M. S. Ou, R. Harbrucker, H. C. Aldrich, M. L. Buszko, L. O. Ingram, and K. T. Shanmugam. 2006. Isolation and characterization of acid-tolerant, thermophilic bacteria for effective fermentation of biomass-derived sugars to lactic acid. Appl. Environ. Microbiol. 72: 3228-3235.
- Payot, T., Z. Chemaly, and M. Fick. 1999. Lactic acid production by *Bacillus coagulans*-Kinetic studies and optimization of culture medium for batch and continuous fermentations. Enzyme Microb. Technol. 24: 191-199.
- Quinonero, J., C. Garcia-Santamaria, E. Maria-Dolores, and E. Armero. 2009. Physiological indicators of stress in gestating sows under different cooling systems. Pesq. agropec. Bras., Brasilia 44: 1549-1552.
- Riazi, S., R. E. Wirawan, V. Badmaev, and M. L. Chikindas. 2009. Characterization of lactosporin, a novel antimicrobial protein produced by *Bacillus coagulans* ATCC 7050. J. Appl. Microbiol. 106: 1370-1377.
- Riazi, S., S. E. Dover, and M. L. Chikindas. 2012. Mode of action and safety of lactosporin, a novel antimicrobial protein produced by *Bacillus coagulans* ATCC 7050. Appl. Microbiol. 113(3): 714-722.
- Ruiz, L. A. V., G. J. Bersano, A. F. Carvalho, M. H. B. Catroxo, D. P. Chiebao, F. Gregori, S. Miyashiro, A. F. C. Nassar, T. M. F. S. Oliveira¹, R. A. Ogata, E. P. Scarcelli, and P. O. Tonietti. 2016. Case-control study of pathogens involved in piglet diarrhea. BMC. Res Notes DOI 10.1186/s13104-015-1751-2.
- SAS. 2005. User's guide: Statistics, version 9.1 edition. SAS Inc., Cary, NC. USA.
- Sanders, M. E., F. Guarner, R. Guerrant, P. R. Holt, M. M. Quigley, R. B. Sartor, P. M. Sherman, and E. A. Mayer. 2013. An update on the use and investigation of probiotics in health and disease. Gut 62: 787-796.
- Schnabel, E., G. Bolduan, and A. Guldenpenning. 1983. Effect of a bran diet on the total passage rate and tract measurements in weanling swine. Arch. Tierernahr. 33: 371-377.
- Shahana, A., C. Hansen, A. L. Dahlkilde, A. Herrero-Fresno, K. S. Pedersen, J. P. Nielsen, and J. E. Olsen. 2021. The effect of colistin treatment on the selection of colistin-resistant *Escherichia coli* in weaner pigs. Antibiotics 10: 465.
- Suh, B., S. Park, D. W. Shin, J. M. Yun, B. Keam, H. K. Yang, E. Ahn, H. Lee, J. H. Park, and B. Cho. 2014. Low albumin-to-globulin ratio associated with cancer incidence and mortality in generally healthy adults. Ann. Oncology 125: 2260-2266.
- Sun, T., H. Miao, C. Zhang, Y. Wang, S. Liu, P. Jiao, W. Li, Y. Li, and Z. Huang. 2022. Effect of dietary *Bacillus coagulans* on the performance and intestinal microbiota of weaned piglets. Animal 16: 100561.
- Thomson, J. R. and R. M. Friendship. 2019. Digestive system. In Zimmerman, J. J., L. A. Karriker, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, and J. Zhang. Diseases of swine, 11th Edition Ames, Blackwell Publishing. Pp. 234-263.
- William, G. W., M. B. Susan, A. P. Dale, and J. L. David. 1991. 16S Ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. J. Bacteriol. 697-703.
- Wu, T., Y. Zhang, Y. Lv, P. Li, D. Yi, L. Wang, D. Zhao, H. Chen, J. Gong, and Y. Hou. 2018. Beneficial impact and molecular mechanism of *Bacillus coagulans* on piglets' intestine. Int. J. Mol. Sci. 19: 19072084.

Effect of dietary supplementation of *Bacillus coagulans* on growth performance, blood biochemical parameters and diarrhea incidence of weaning pigs ⁽¹⁾

Fang-Chueh Liu ⁽²⁾⁽⁴⁾ Yu-Chun Lin ⁽²⁾ and Siou-Lan Li ⁽³⁾

Received: Jan. 9, 2023; Accepted: Apr. 30, 2023

Abstract

In this experiment, *Bacillus coagulans* powder was yielded in a small-scale fermentor with fermentation process including induction of sporulation, separation of BC pellet from the cultures and lyophilization. The viability of BC powder products could reach 1×10^{11} cfu/kg. A total of 48 head LD crossbred weaning piglets at age of 26-30 days were used in the study, with experimental design as 4 piglets per pen and 4 pen (repeats) per each treatment (group) including the blank group (basal diet as; as a control), commercial *Bacillus coagulans* group (with supplemental commercial *Bacillus coagulans*; CBC) and *Bacillus coagulans* group (with supplemental *Bacillus coagulans*; BC), *Bacillus* were supplemented at 1×10^8 cfu/kg feed for 4 weeks. The results showed that those with the BC diet had a better body weight gain at the 3rd and 4th week and improved feed conversion rate at the 3rd week than those with the control or CBC diet. There were no significant differences among the 3 groups control in blood biochemical parameters; leukocyte counts and proportion at the beginning and the end day. In the incidence of diarrhea, BC supplementation reduced the incidence by 19% and 6.2% when compared with the control and CBC group, respectively. In conclusion, the present results showed that dietary supplementation with BC effectively improved weight gain and relieved diarrhea in weaning pigs.

Key words: *Bacillus coagulans*, Diarrhea incidence, Feed additives, Weaning pigs, Growth performance.

(1) Contribution No. 2747 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Technical Service Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: fcliu@mail.tlri.gov.tw.

駝鳥於涼熱季環境之生理值、血液生化及血液學調查⁽¹⁾

莊璧華⁽²⁾ 陳薏婷⁽³⁾ 徐慈君⁽⁴⁾ 蘇安國⁽²⁾⁽⁵⁾

收件日期：111 年 11 月 30 日；接受日期：112 年 5 月 31 日

摘 要

本研究調查 4 至 6 月齡駝鳥於涼季 (1 至 2 月) 與熱季 (6 至 8 月) 生理值及血液生化值之變化，以了解不同氣候對駝鳥性能之影響。試驗結果顯示，駝鳥舍環境溫度、濕度及 THI 值於涼季與熱季皆呈顯著性差異 ($P < 0.05$)。試驗駝鳥於涼、熱季每分鐘呼吸頻率分別為 14.6 ± 6.0 與 22.0 ± 13.9 次，兩者呈顯著性差異 ($P < 0.05$)。血液生化值檢測與血液學檢測分析結果顯示，血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、鹼性磷酸酶、鈣、醣類皮質素、免疫球蛋白 A 及免疫球蛋白 G 等 8 項數值於熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$)。白蛋白 / 球蛋白比、鉀等 2 項數值於涼季較顯著高於熱季 ($P < 0.05$)。涼、熱季血液學分析結果顯示，血容比、紅血球、血紅素、平均紅血球血紅素濃度、嗜鹼性球及血小板等 6 項數值於熱季較涼季低，呈顯著性差異 ($P < 0.05$)。異嗜球細胞 / 淋巴細胞比值熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$)。本次調查中多數生理數值表現在合理範圍內，顯示駝鳥對臺灣涼季低溫潮濕與熱季高溫乾燥的環境適應力佳。

關鍵詞：駝鳥、血液生化、血液學。

緒 言

氣候變遷是目前全球最值得關注的議題之一，極端氣候間接影響如生產原料供應匱乏 (玉米、大豆、水和電力等)，製造成本升高與生產力降低，酷熱雖然供暖能源需求減少，但冷卻用水量和電量增加，低溫影響則相反。直接影響如極端高低溫、洪災、颱風等導致畜舍設備損害、畜禽死亡、育成率降低及產蛋率降低等，皆會造成畜禽生產與相關產業之重大損失，社會經濟動盪不安 (Lamarca *et al.*, 2018; Izar-Tenorio *et al.*, 2020)。畜禽舍的飼養環境對動物健康、動物福祉和生產都是至關重要 (Yan *et al.*, 2017)，濕度異常的空氣會導致畜禽肺炎 (Pillow *et al.*, 2009)。為了考慮相對濕度和溫度的綜合影響，溫度濕度指數 (temperature- humidity index, THI) 被廣泛用於評估環境對家畜的影響 (Gates *et al.*, 1995)。當環境變化超過動物調節能力範圍時，畜禽將出現熱緊迫 (Thornton *et al.*, 2021)。駝鳥群於高溫環境下，站立行為表現顯著增加。雨天駝鳥蹲坐比率顯著較晴天高 (莊等, 2019)。在晚熟鳥類中，由於雛鳥由出生至成熟獨立時間很長，對於疾病和寄生蟲侵擾的抵抗力要更強，除了來自親代和後裔的優良遺傳基因外，血液性狀為家禽健康狀況最直接指標 (Gustafsson *et al.*, 1994; Ots *et al.*, 1998; Nadolski *et al.*, 2006)。Pech-Waffenschmidt(1995) 等人研究指出，血液系統的變化是禽類體溫調節反應的一部分，如血糖和電解質的調整，使它們能夠承受環境的緊迫。

過去幾年基於動物福祉和經濟考量，對家禽生產與環境壓力的相關資料已逐步建立，尤其是小規模農業，因為觀念不足又缺乏應對策略，農民容易受到氣候變化造成損失加劇 (Quinteiro-Filho *et al.*, 2010; Njongenhle *et al.*, 2022)。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

-
- (1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2748 號。
 - (2) 農業部畜產試驗所東區分所。
 - (3) 農業部。
 - (4) 國立屏東科技大學附設獸醫教學醫院。
 - (5) 通訊作者，E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw。

- (i) 試驗駝鳥飼養於花蓮地區某牧場。每年 (2020 與 2021) 於涼、熱季逢機選擇 4 至 6 月齡成長公、母駝鳥各 10 隻，每年 40 隻，兩年共計 80 隻。
- (ii) 半開放式飼養空間為 11 m × 4.5 m，運動場面積為 35 m × 16 m，試驗期間每天每隻飼料給予 0.7 至 1 kg 與飲用水任食。
- (iii) 2020 與 2021 年涼季 (1 至 2 月) 與熱季 (6 至 8 月) 每星期檢測一天，分別於早上 8 點 30 分及下午 13 點 30 分進行，記錄駝鳥泄殖腔溫度和每分鐘呼吸頻率。
- (iv) 本研究涉及之動物試驗於行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場執行，動物之使用、飼養及實驗內容皆依行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場實驗動物管理委員會批准之文件 (HUA1ACUC10908 和 HUA1ACUC11110 號) 與試驗準則進行。

II. 檢測項目與方法

- (i) 分析 2020 至 2021 年中央氣象局花蓮觀測站溫濕度紀錄。中央氣象局觀測資料查詢系統 (cwb.gov.tw) <https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>。
- (ii) 記錄檢測時駝鳥舍環境溫、溼度及 THI 值，進行統計分析。 $THI = (1.8 \times AT + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times AT - 26)]$ 。AT = air temperature (°C)；RH = relative humidity (%) (Habeeb *et al.*, 2018)。
- (iii) 使用不透光布面頭套將駝鳥保定和穩定後，測量泄殖腔溫度與每分鐘呼吸頻率 (1 分鐘內胸腹部起伏之次數)。
- (iv) 2020 與 2021 年分別於 2 月 (環境溫度：19.5、20°C) 與 8 月 (環境溫度：29.7、30.5°C) 最後一週，由駝鳥靜脈抽血 3 mL，加入含肝素抗凝血管 (BD Vacutainer® Lithium Heparin)，經離心後 (3,000 rpm, 10 min, 4°C) 上層血漿送至合法檢驗公司 (健康醫事檢驗所和立人醫事檢驗所) 進行血液生化值檢測。血液生化值測定 22 個項目，包含天門冬胺酸胺酶 (aspartate aminotransferase, AST)、丙胺酸轉胺酶 (alanine aminotransferase, ALT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, Alb)、球蛋白 (globulin, Glb)、白蛋白／球蛋白比值 (A / G)、總膽紅素 (total bilirubin, TBIL)、尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、肌酸酐 (creatinine, Cre)、血糖 (glucose, Glu)、血鈉 (sodium, Na)、血鉀 (potassium, K)、尿酸 (uric acid, UA)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、總膽固醇 (total cholesterol, TC)、肌酸激酶 (creatine kinase, CK)、鈣 (calcium, Ca)、磷 (phosphate, P)、醣類皮質素 (glucocorticoid)、免疫球蛋白 A (immunoglobulin A, Ig A)、免疫球蛋白 G (immunoglobulin G, Ig G)。其中醣類皮質素、免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 使用 Shanghai Coon Koon Biotech Co., Ltd. 商業套組 chicken glucocorticoid (GC)、chicken immunoglobulin A (Ig A) 及 chicken immunoglobulin G (Ig G) ELISA kit 進行酵素結合免疫吸附分析定量。
- (v) 含肝素全血送至屏東科技大學附設獸醫教學醫院進行全血細胞計數 (complete blood count, CBC) 檢測，包含血容比 (packed cell volume, PCV)、紅血球 (red blood cells, RBC)、血紅素 (hemoglobin, Hb)、紅血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、紅血球血紅素含量 (mean cell hemoglobin, MCH)、紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、白血球 (white blood cell, WBC)、異嗜球 (Heterophils)、帶狀白血球 (Bands)、淋巴球 (Lymphocytes)、單核球 (Monocytes)、嗜酸性球 (Eosinophils)、嗜鹼性球 (Basophils)、血小板 (platelet, PLT) 及纖維素原 (Fibrinogen) 等 14 項分析。

III. 統計分析

試驗資料以 IBM® SPSS® Statistics version 22 (IBM Corp., 2013) 軟體進行統計分析。

結果與討論

I. 涼、熱季環境變化對駝鳥泄殖腔溫度與呼吸頻率影響

中央氣象局花蓮氣象站 2020 至 2021 年觀測資料查詢統計，花蓮地區於 1 至 2 月月平均溫度為 18.1 至 19.6°C，THI 值為 63.7 至 66.0。6 至 8 月月平均溫度為 28.7 至 29.4°C，THI 值為 80.6 至 81.4 (圖 1)，為本試驗定義的涼季與熱季。另統計駝鳥舍環境溫度、濕度及 THI 值，三者於涼季與熱季皆呈顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 1)。THI 值與環境溫度呈極高度正相關 ($r = 0.995$)。試驗駝鳥泄殖腔平均溫度為 40.1°C，依性別或不同季節分析皆無顯著差異，顯示不論公、母鳥對不同環境泄殖腔溫度變化反應小。Schrader 等人於德國冬季 (平均溫度 2.5°C) 測量 7 至 15 月齡駝鳥，測得體溫範圍為 37.2 至 38.1°C (Schrader *et al.*, 2009)。利用植入型感測器測量駝鳥體溫，常見範圍為 38.2 至 39.8°C，以清晨 5 時體溫 (37.9°C) 最低。在環境溫度 15 – 50°C 中，駝鳥仍能維持穩定

體溫在 38 至 43.1℃ 之間 (Louw *et al.*, 1969; Schmidt-Nielsen *et al.*, 1969; Fuller *et al.*, 2003)。

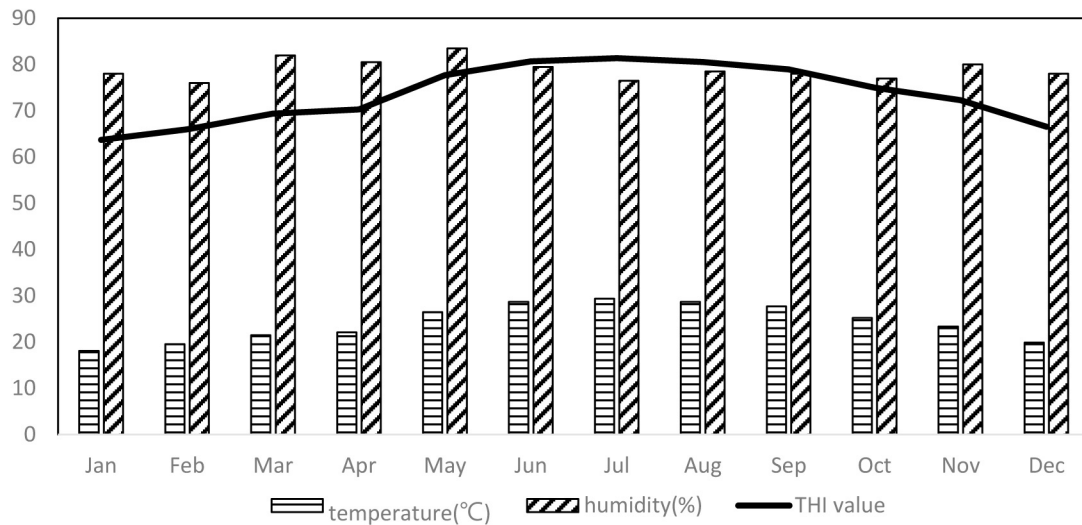


圖 1. 2020 — 2021 年每月平均溫度、濕度及 THI 值曲線圖。

Fig. 1. The mean temperature, relative humidity, and THI value curve from January to December in 2020 and 2021.

表 1. 涼、熱季禽舍溫度、溼度、THI 及鴕鳥泄殖腔溫度與每分鐘呼吸頻率

Table 1. The mean temperature, relative humidity, THI value of the barn, cloacal temperature and respiration/min of ostriches in the cool and warm seasons

Seasons	Ambient temperature (°C)	Ambient humidity (%)	THI value	Cloacal temperature (°C)	Respiration/min
Cool	18.47 ± 3.04 ^b	74.14 ± 10.60 ^a	64.09 ± 4.62 ^b	40.13 ± 0.54	14.6 ± 6.0 ^b
Warm	32.30 ± 1.99 ^a	66.64 ± 7.93 ^b	84.12 ± 2.06 ^a	40.14 ± 0.60	22.0 ± 13.9 ^a

^{a, b} Means within the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

試驗鴕鳥於涼、熱季鴕鳥每分鐘呼吸頻率分別為 14.6 ± 6.0 與 22.0 ± 13.9 次，兩者呈現顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 2)。不同性別鴕鳥於涼、熱季之呼吸頻率亦呈顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 2)，但仍在正常生理表現範圍內。Schmidt-Nielsen (1969) 觀察 63 — 104 公斤鴕鳥大多數呼吸頻率都落在大約 6 至 12 次／分鐘的低呼吸頻率或 40 至 66 次／分鐘的高呼吸頻率。90 至 114 公斤鴕鳥呼吸頻率範圍為 3 至 47 次／分 (Louw *et al.*, 1969)。因為鳥類沒有汗腺，在熱刺激下，依靠呼吸系統增加的蒸發作為散熱的主要途徑 (Schmidt-Nielsen *et al.*, 1969)。上述結果顯示，於臺灣涼季低溫潮濕與熱季高溫乾燥的環境下，4 至 6 月齡鴕鳥可維持其正常生理表現，適應良好。

表 2. 涼、熱季公與母鴕鳥泄殖腔溫度與每分鐘呼吸頻率

Table 2. The mean cloacal temperature and respiration/min of male and female ostriches in the cool and warm seasons

Seasons	Male		Female	
	Cloacal temperature (°C)	Respiration/min	Cloacal temperature (°C)	Respiration/min
Cool	40.11 ± 0.55	14.4 ± 6.3 ^b	40.16 ± 0.54	14.7 ± 5.6 ^b
Warm	40.15 ± 0.58	21.7 ± 12.9 ^a	40.13 ± 0.62	22.3 ± 14.8 ^a

^{a, b} Means within the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

II. 涼、熱季環境變化對鴕鳥血液生化值影響

涼、熱季血液生化值分析結果顯示，血糖、肌酸酐、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、鹼性磷酸酶、三酸甘油酯、鈉、鈣、醣類皮質素、免疫球蛋白 A 及免疫球蛋白 G 等 12 項檢測值，熱季較涼季高。其中血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、鹼性磷酸酶、鈣、醣類皮質素、免疫球蛋白 A 及免疫球蛋白 G 等 8 項數值熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$) (表 3)。其他 10 項檢測值以涼季較高，其中白蛋白／球蛋白比、鉀等

2 項數值於涼季顯著高於熱季 ($P < 0.05$) (表 3)。顯示環境變化對於部份血液生化值表現確實有影響性。Basuony (2011) 於埃及調查 20 隻 7 月齡駝鳥發現，季節性變化對血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、總脂質、三酸甘油酯及膽固醇等數值，在夏季都顯著增加。本次試驗結果與前人研究結果部份雷同，但多數血液生化值尚在正常生理表現範圍內，顯示駝鳥對臺灣漸進性的氣候轉變適應力佳。

表 3. 涼、熱季駝鳥血液生化值分析

Table 3. Analysis of blood biochemical parameters of ostrich in the cool and warm seasons

Parameters	Unit	Cool	Warm
Glu	mg/dL	184.65 \pm 24.67 ^b	205.26 \pm 26.45 ^a
BUN	mg/dL	1.12 \pm 0.43	1.01 \pm 0.03
Cre	mg/dL	0.10 \pm 0.10	0.12 \pm 0.12
UA	mg/dL	7.68 \pm 2.09	7.49 \pm 2.71
CK	IU/L	2,638.48 \pm 923.28	2,933.13 \pm 1,778.00
AST	U/L	333.20 \pm 81.31 ^b	384.69 \pm 80.02 ^a
ALT	U/L	6.97 \pm 3.36 ^b	11.25 \pm 8.39 ^a
TBIL	mg/dL	0.08 \pm 0.15	0.06 \pm 0.04
TP	g/dL	3.54 \pm 0.37	3.24 \pm 0.51
Alb	g/dL	1.86 \pm 0.21	1.59 \pm 0.27
Glb	g/dL	1.67 \pm 0.28	1.64 \pm 0.30
A/G		1.14 \pm 0.22 ^a	0.99 \pm 0.16 ^b
ALP	IU/L	237.28 \pm 56.17 ^b	426.43 \pm 147.58 ^a
TC	mg/dL	121.20 \pm 30.20	108.06 \pm 32.73
TG	mg/dL	93.48 \pm 55.91	129.63 \pm 45.42
Na	meq/L	136.18 \pm 5.31	139.16 \pm 5.79
K	meq/L	4.75 \pm 1.19 ^a	2.85 \pm 0.57 ^b
Ca	mg/dL	9.84 \pm 0.68 ^b	10.19 \pm 0.83 ^a
P	mg/dL	5.50 \pm 0.53	5.23 \pm 1.12
Glucocorticoid	ng/mL	3.05 \pm 0.77 ^b	3.65 \pm 0.79 ^a
Ig A	μ g/mL	28.52 \pm 3.59 ^b	57.17 \pm 12.22 ^a
Ig G	μ g/mL	664.99 \pm 310.22 ^b	850.18 \pm 220.29 ^a

^{a, b} Means within the same line with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

禽類的血糖濃度反映代謝需求，並且可能受到許多環境因素的影響。血糖是評估鳥類營養狀況的指標之一 (Kalinski *et al.*, 2014; Skwarska *et al.*, 2022)。醣類皮質素 (glucocorticoid) 由腎上腺皮質分泌，具有調節糖類、脂肪、蛋白質的合成與代謝、抑制免疫、抗炎、抗緊迫等作用。緊迫會藉由提高血糖和能量來滿足對壓力的能量需求，因此在緊迫期間腎上腺皮質活動升高，影響血糖合成和代謝途徑。除此之外，緊迫亦會增加天門冬氨酸轉胺酶和丙胺酸草酸轉胺酵素的活性，進一步增加用於糖合成各種前趨物血中濃度 (Nirupama *et al.*, 2018)。本試驗結果血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素及醣類皮質素等數值於熱季顯著高於冬季，可能與提供駝鳥較高活動能量有關。Csermely (2007) 等人研究顯示，成熟公駝鳥於秋季和成熟母駝鳥於秋、冬兩季之休息行為時間較夏季有顯著較長。

Basuony (2011) 等人研究指出，禽類因為夏季的熱緊迫導致體內水含量 (total body water, TBW) 顯著增加 15.04%，體內固形物 (total body solid, TBS) 顯著降低 20.33%，導致蛋白質，白蛋白，礦物質等減少 (Basuony, 2011)。本試驗結果，熱季總蛋白、白蛋白和 A/G 值較涼季減少，兩者結論相似。

鹼性磷酸酶與骨骼和肝臟代謝有相關，升高的鹼性磷酸酶可能代表活躍的骨生成作用 (Sharma *et al.*, 2014)。Manna (2021) 等人研究鯰魚發現，血漿鹼性磷酸酶水平在夏季顯著升高。鹼性磷酸酶水解有機磷酸鹽分子以釋放大量細胞生化過程所必需的磷酸鹽，高鹼性磷酸酶活性表示夏季體內代謝高。

Belay 和 Teeter (1996) 指出，礦物質排泄量增加是熱緊迫的結果之一，造成體內礦物質減少，如血鉀含量降低，但亦有報告是相反的結果 (Borges *et al.*, 2003)。Basuony (2011) 等人研究駝鳥夏季血鉀濃度低於冬季，與本試驗結果相似。另有研究指出，在馴化的家禽中，高溫引起總血漿鈣濃度降低情況較少 (Arad *et al.*, 1981)。在適應高溫的種母雞血液鈣離子並未降低，僅於蛋殼鈣化階段降低 (Samara *et al.*, 1996)。Basuony (2011) 等人研究駝鳥夏季血鈣濃度低於冬季，與本試驗熱季血鈣濃度顯著高於涼季結果不同。

根據前人研究分析指出，熱緊迫激活雞隻下視丘－腦下垂體－腎上腺，增加了血清皮質酮水平，降低食物攝取量、免疫器官重量及先天免疫。另可能影響腸道營養吸收，從而導致家禽體重增加降低和增加腸道感染，這可能是造成雞隻夏季高死亡率的原因之一 (Quinteiro-Filho *et al.*, 2010; Hirakawa *et al.*, 2020; Siddiqui *et al.*, 2022)。在高溫控制環境下對雞進行疫苗反應測試，免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 M 和免疫球蛋白 Y 等數值，皆因受熱緊迫產生不同影響 (Calefi *et al.*, 2016)。本次試驗是駝鳥第一次利用酵素結合免疫吸附分析法進行免疫球蛋白 A、G 分析，試驗結果顯示熱季免疫球蛋白 A 和 G 濃度顯著高於涼季。本結果可供未來進一步研究探討。

III. 涼、熱季環境變化對駝鳥血液學影響

涼、熱季血液學分析結果顯示，血容比、紅血球、血紅素、平均紅血球血紅素濃度、嗜鹼性球及血小板等 6 項數值於熱季較涼季低，呈顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 4)。異嗜球和異嗜球／淋巴球比值等 2 項數值於熱季較涼季高，呈現顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 4)。Basuony (2011) 指出因夏季因大量飲水，造成體內水含量顯著增加，固形物減少，血液學參數血容比、紅血球、血紅素及白血球減少，本試驗結果和前人研究相似。多數血液學數值尚在正常生理範圍值中，顯示駝鳥對臺灣的氣候適應佳。

表 4. 涼、熱季駝鳥血液學值分析

Table 4. Analysis of hematological parameters of ostrich in the cool and warm season

Parameters	Unit	Cool	Warm
PCV	%	35.55 ± 2.71 ^a	31.93 ± 4.30 ^b
RBC	× 10 ⁶ /μL	1.68 ± 0.14 ^a	1.46 ± 0.18 ^b
Hb	g/dL	13.90 ± 1.20 ^a	11.96 ± 1.28 ^b
MCV	fL	212.24 ± 11.38	218.25 ± 17.25
MCH	pg	82.89 ± 4.49	81.87 ± 3.84
MCHC	g/dL	39.11 ± 2.05 ^a	37.68 ± 2.69 ^b
WBC	× 10 ³ /μL	21.10 ± 4.26	23.67 ± 8.12
Heterophils	× 10 ³ /μL	12.50 ± 3.96 ^b	15.55 ± 7.01 ^a
Bands	/μL	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Lymphocytes	× 10 ³ /μL	7.80 ± 2.96	7.03 ± 3.38
Monocytes	/μL	554.91 ± 385.47	779.67 ± 671.87
Eosinophils	/μL	118.35 ± 154.79	129.68 ± 171.49
Basophils	/μL	94.95 ± 271.39 ^a	0.00 ± 0.00 ^b
PLT	× 10 ³ /μL	27.62 ± 15.52 ^a	11.50 ± 7.68 ^b
Fibrinogen	g/dL	0.15 ± 0.18	0.10 ± 0.12
H/L		1.96 ± 1.23 ^b	2.87 ± 2.12 ^a

^{a, b} Means within the same line with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

熱緊迫激活下視丘－腦下垂體－腎上腺軸反應，導致血漿皮質酮水平升高，使異嗜球細胞／淋巴細胞 (H/L) (圖 2) 比值增多，H/L 比值較單一類細胞數量增減更能代表禽類壓力，並且比皮質類固醇值更可靠，但僅適合

輕度到中度壓力時運用 (Maxwell, 1993; Ots *et al.*, 1998; Borges *et al.*, 2003; Quinteiro-Filho *et al.*, 2010)，本試驗結果 H/L 值涼熱季呈差異顯著性 ($P < 0.05$)，推斷駝鳥於熱季會因應溫度改變，進行體內免疫系統調適。

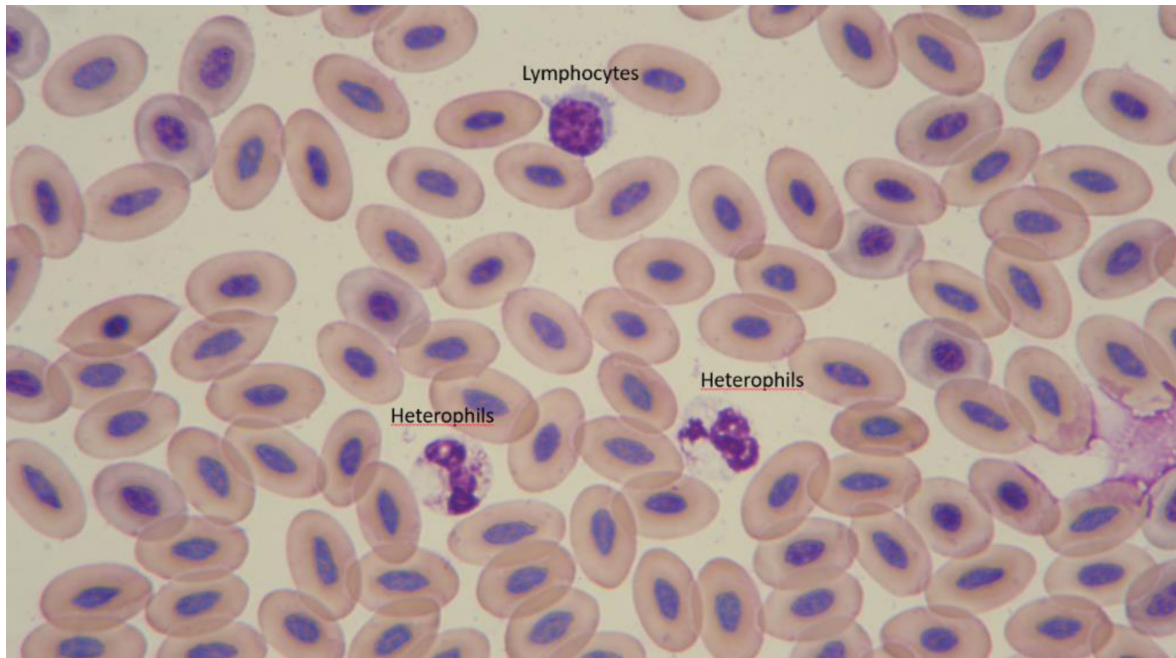


圖 2. 駝鳥淋巴球和異嗜球。(徐慈君提供)

Fig. 2. The heterophils and lymphocytes of ostrich. (Provided by Tzu-Chun Hsu)

結 論

家禽生產對溫室氣體排放量的貢獻很小，但卻受到氣候變化和全球暖化極大影響。馴養的家畜禽雖然可應付循序漸進和短期的氣候變化，但劇烈改變的氣候或長期緊迫的環境，仍會造成畜禽大量損失。因此，本篇研究旨在提供臺灣地區駝鳥基礎生理表現分析數據，藉以評估禽群的健康狀況。雖然駝鳥原產地位於熱帶地區，較一般溫熱帶家禽更能適應炎熱的氣候，目前在臺灣亦適應良好，但面對的長期氣候變遷挑戰，農業單位需提供農民相關資訊以提前警示，並加強農業技術的支援，調整飼養管理方式，增加動物福祉，減少因為氣候災害造成之經濟損失。

參考文獻

- 莊璧華、洪兮雯、陳蕙婷、蘇安國。2019。駝鳥成長期行為觀察。畜產研究 52(3)：191-197。
- Arad, Z., J. Marder, and M. Soller. 1981. Effect of gradual acclimation to temperatures up to 44°C on production performance of the desert Bedouin fowl, the commercial White Leghorn and their reciprocal cross breeds. *Br. Poult. Sci.* 22: 511-520.
- Basuony, H. A. A. M. 2011. Effects of seasonal variations on thermoregulation of ostrich. Ph.D. Thesis. Cairo Al-Azhar University. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/079/44079122.pdf.
- Belay, T. and R. G. Teeter. 1996. Effects of ambient temperature on broiler mineral balance partitioned into urinary and faecal loss. *Br. Poult. Sci.* 37: 423-433.
- Borges, S. A., A. V. Fischer da Silva, J. Ariki, D. M. Hooge, and K.R. Cummings. 2003. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat stress environments. *Poult. Sci.* 82: 428-435.
- Calefi, A. S., A. de Siqueira, L. B. Namazu, C. Costola-de-Souza, B. B. T. Honda, A. J. P. Ferreira, and J. Palermo-Neto. 2016. Effects of heat stress on the formation of splenic germinal centres and immunoglobulins in broilers infected by *Clostridium perfringens* type A. *Vet. Immuno. Immunopathol.* 171: 38-46.
- Csermely, D., G. Gaibani, and E. Dardani. 2007. Year-round behavioural sequences in captive ostrich (*Struthio camelus domesticus*) pairs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103: 156-166.
- Fuller, A., P. R. Kamerman, S. K. Maloney, G. Mitchell, and D. Mitchell. 2003. Variability in brain and arterial blood

- temperatures in free-ranging ostriches in their natural habitat. *J. Exp. Biol.* 206: 1171-1181.
- Gates, R., H. Zhang, D. Colliver, and D. Overhults. 1995. Regional variation in temperature humidity index for poultry housing. *Trans. ASAE.* 38: 197-206.
- Gustafsson, L., D. Nordling, M. S. Andersson, B. S. Sheldon, and A. Qvarnstrom. 1994. Infectious disease, reproductive effort and the cost of reproduction in birds. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B.* 346: 323-331.
- Habeeb, A. A., A. E. Gad and M. A. Atta. 2018. Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *Int. J. Biotechnol. Recent. Adv.* 1(1): 35-50. doi: 10.18689/ijbr-1000107.
- Hirakawa, R., S. Nurjanah, K. Furukawa, A. Murai, M. Kikusato, T. Nochi, and M. Toyomizu. 2020. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. *Front. Vet. Sci.* 7: 46.
- IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Izar-Tenorio, J., P. Jaramillo, W. M. Griffin, and M. Small. 2020. Impacts of projected climate change scenarios on heating and cooling demand for industrial broiler chicken farming in the Eastern U.S. *J. Clean. Prod.* 255: 120306.
- Kalinski, A., M. Banbura, M. Gladalski, M. Markowski, J. Skwarska, J. Wawrzyniak, P. Zielinski, I. Cyzewska, and J. Banbura. 2014. Landscape patterns of variation in blood glucose concentration of nestling blue tits (*Cyanistes caeruleus*). *Landscape Ecol.* 29: 1521-1530.
- Lamarca, D. S. F., D. F. Pereira, M. M. Magalhães, and D. D. Salgado. 2018. Climate change in layer poultry farming: impact of heat waves in region of Bastos, Brazil. *Braz. J. Poult. Sci.* 20: 657-664.
- Louw, G. N., P. C. Belonje, and H. J. Coetzee. 1969. Renal function, respiration, heart rate and thermoregulation in the ostrich (*Struthio camelus*). *The Scientific Papers of the Namib Desert Research Station.* 42: 43-54.
- Manna, S. K., N. Das, A. K. Bera, R. Baitha, S. Maity, D. Debnath, P. Panikkar, S. K. Nag, S. D. Sarkar, B. K. Das, and P. K. Patil. 2021. Reference haematology and blood biochemistry profiles of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in summer and winter seasons. *Aquac. Rep.* 21: 100836.
- Maxwell, M. H. 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. *Worlds Poult. Sci. J.* 49: 34-43.
- Nadolski, J., J. Skwarska, A. Kalinski, M. Banbura, R. Sniegula, and J. Banbura. 2006. Blood parameters as consistent predictors of nestling performance in great tits (*Parus major*) in the wild. *Comp. Biochem. Physio. Part A* 143: 50-54.
- Njongenhle, M., B. Nyoni, S. Grab, E. Archer, and R. Hetem. 2022. Perceived impacts of climate change on rural poultry production: a case study in Limpopo Province, South Africa. *Clim. Dev.* 14: 389-397.
- Nirupama, R., B. Rajaraman, and H. N. Yajurvedi. 2018. Stress and glucose metabolism: a review. *Imaging J. Clin. Medical. Sci.* 5: 8-12.
- Ots, I., A. Murumagi, and P. Horak. 1998. Haematological health state indices of reproducing great tits: methodology and sources of natural variation. *Funct. Ecol.* 12: 700-707.
- Quinteiro-Filho, W. M., A. Ribeiro, V. Ferraz-de-Paula, M. L. Pinheiro, M. Sakai, L. R. M. Sa, A. J. P. Ferreira, and J. Palermo-Neto. 2010. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poult. Sci.* 89: 1905-1914.
- Pech-Waffenschmidt, V., E. Bogen, Y. Avidar, and P. Horst. 1995. Metabolic and biochemical changes during heat stress in relation to feathering degree of the domestic hen. *Avian pathol.* 24: 33-44.
- Pillow, J. J., N. H. Hillman, G. R. Polglase, T. J. Moss, S. G. Kallapur, F. C. Cheah, B. W. Kramer, and A. H. Jobe. 2009. Oxygen, temperature and humidity of inspired gasses and their influences on airway and lung tissue in near-term lambs. *Intensive Care Med.* 35: 2157-2163.
- Samara, M. H., K. R. Robbins, and M. O. Smith. 1996. Environmental heat stress does not reduce blood ionized calcium concentration in hens' acclimated to elevated temperatures. *Poult. Sci.* 75: 197-200.
- Schmidt-Nielsen, K., J. Kanwisher, R. C. Lasiewski, J. E. Cohn, and W. L. Bretz. 1969. Temperature regulation and respiration in the ostrich. *The Condor.* 71: 341-352.
- Schrader, L., K. Fuhrer, and S. Petow. 2009. Body temperature of ostriches (*Struthio camelus*) kept in an open stable during winter time in Germany. *J. Therm. Biol.* 34: 366-371.
- Sharma, U., D. Pal, and R. Prasad. 2014. Alkaline phosphatase: an overview. *Ind. J. Clin. Biochem.* 29: 269-278.
- Siddiqui, S. H., M. Khan, D. Kang, H. W. Choi, and K. Shim. 2022. Meta-analysis and systematic review of the thermal

- stress response: *Gallus gallus domesticus* show low immune responses during heat stress. *Front Physiol.* 13: 809648.
- Skwarska, J., A. Podstawczyńska. M. Bańbura, M. Gładalski, A. Kaliński, M. Markowski, J. Wawrzyniak, P. Zieliński, and J. Bańbura. 2022. Effects of ambient temperature during the nestling stage on a stress indicator in nestling pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Int. J. Biometeorol.* 66: 139-148.
- Thornton, P., G. Nelson, D. Mayberry, and M. Herrero. 2021. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Glob. Change Biol.* 27: 5762-5772.
- Yan, X., Q. S. Meng, J. Gao, X. F. Tang, and H. F. Zhang. 2017. Effects of relative humidity on animal health and welfare. *J. Integr. Agric.* 16: 1653-1658.

The investigation of physiological, blood biochemical and hematological parameters of ostrich during the cool and warm seasons ⁽¹⁾

Pi-Hua Chuang ⁽²⁾ Yi-Ting Chen ⁽³⁾ Tzu-Chun Hsu ⁽⁴⁾ and An-Ku Su ⁽²⁾⁽⁵⁾

Received: Nov. 30, 2022; Accepted: May. 31, 2023

Abstract

This study investigated the changes in physiological and blood biochemical values at 4-6-month-old ostrich during the cool season (January to February) and warm season (June to August) to understand the effect of different seasons' changes on the performance of ostrich. The results showed that the ostrich barn's environmental temperature, humidity and THI value were significantly different in the cool and warm seasons ($P < 0.05$). The respiratory rate of the ostriches in the cool and warm seasons was 14.6 ± 6.0 and 22.0 ± 13.9 , respectively, which had a significant difference ($P < 0.05$) between the two seasons. The biochemical blood values of glucose, AST, ALT, ALP, Ca, glucocorticoids, IgA, and IgG were significantly higher than those in the warm season ($P < 0.05$). Meanwhile, the albumin/globulin ratio and potassium values were significantly higher in the cool season than in the warm season ($P < 0.05$). The results of the hematology analysis showed that the values of PCV, RBC, Hb, MCHC, basophils and platelets of ostrich were significantly lower ($P < 0.05$) than that in the warm season. The ratio of heterotrophic cells/lymphocytes of ostrich in the warm season was significantly higher than in the cool season ($P < 0.05$). Most of the physiological values in this survey were within a reasonable range, indicating that ostriches have good adaptability to low temperature and humidity in the cool season and high temperature and dryness in the warm season in Taiwan.

Key words: Ostrich, Blood biochemical, Hematology.

(1) Contribution No. 2748 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Eastern Region Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.

(3) Ministry of Agriculture, Taipei 100212, Taiwan, R. O. C.

(4) Veterinary Medical Teaching Hospital, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung 912301, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw.

水簾式肉豬舍熱季微氣候與空氣品質調查⁽¹⁾

蘇天明⁽²⁾⁽³⁾ 劉威志⁽²⁾ 翁義翔⁽²⁾ 蕭庭訓⁽²⁾

收件日期：112 年 4 月 11 日；接受日期：112 年 6 月 13 日

摘 要

本試驗旨在探討水簾式肉豬舍在豬隻進養前後，豬舍內的微氣候與空氣品質資料。在熱季（5—8 月）將 LYD [(Landrace ♀ × Yorkshire ♂) ♀ × Duroc ♂] 雜交肉豬（平均體重約 36 kg）500 頭，飼養在水簾式肉豬舍 20 個豬欄內，每欄 25 頭，期間飼糧與飲用水皆充分供應，至平均體重約 110 kg 結束試驗。調查空舍期及豬隻飼養期間豬舍外水簾端（P1）、豬舍內水簾端（P2）、空氣污染防治設施前端（P3）與空氣污染防治設施後端（P4）之微氣候及空氣品質。試驗結果顯示，豬舍空舍期在風扇運轉功率（FOP）自動控制的情況下，P1 的溫濕度指數（THI）顯著地較豬舍內各測定點為高，然調整 FOP 在 40—100% 間豬舍內環境溫度、相對濕度（RH）及 THI 無差異，通風量則隨著 FOP 增加而提高（ $P < 0.05$ ）。無論自動控制或手動調整 FOP，豬舍內空氣品質指標（AQI）皆介於良好及普通間。豬隻生長期及肥育期豬舍外平均環境溫度分別約 31℃ 及 34℃，豬舍內 RH 較豬舍外高 30—45%（ $P < 0.05$ ），溫度顯著降低 4—6℃，THI 介於 30—35 間也較豬舍外為低（ $P < 0.05$ ），而豬舍內 AQI 介於 42—77 間。豬隻生長期 P3 和 P4 的氨濃度分別為 3.66 和 0.39 ppm，肥育期則為 4.86 和 0.70 ppm，P4 位置的氨濃度分別較 P3 降低約 89% 及 85%（ $P < 0.05$ ），顯示在 P3 和 P4 間設置空氣污染防治設施確發揮改善氨氣排放的功能。綜上，應用水簾式肉豬舍具有改善熱季豬舍內微氣候及空氣品質的效果，可提高豬隻舒適感。

關鍵詞：空氣品質、生長肥育豬、豬舍微氣候、水簾式肉豬舍。

緒 言

養豬業長久以來都是臺灣農業產值最高的產業，但肉豬舍仍以開放式實地面建築居多，面對全球氣候暖化的飼養管理風險和日益嚴峻的環保法令，皆屬刻正必須正視的問題。Cheng *et al.* (2022) 指出，牲畜的生長速度、產乳量、產蛋量、繁殖性能、罹病率、死亡率及飼料供應，皆會隨著全球氣候變遷而受到影響。Leonardo *et al.* (2022) 指出，畜舍內微氣候主要受到溫度、相對濕度和通風量的影響，而這些參數會受到季節和豬舍外的氣流變化影響，必須在密閉空間評估。

為維持豬隻正常生長必須提供其舒適和健康的適當環境，通常用來衡量豬舍環境的指標包括豬舍內微氣候和有害氣體濃度等。豬舍內微氣候指標以溫度和相對濕度為主 (Rowell, 1972)，並常以溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 作為動物舒適感的指標 (Lallo *et al.*, 2018; Cross *et al.*, 2020; Rathnayake *et al.*, 2021)，Quiniou *et al.* (2001) 和 Renaudeau *et al.* (2008) 都認為豬隻的適溫帶 (thermoneutral zone) 大約是 24—25℃。空氣中有害氣體評估常包括二氧化碳 (CO₂)、氨 (NH₃) 和硫化氫 (H₂S) (Philippe *et al.*, 2009; Stinn *et al.*, 2014)，以及懸浮微粒與揮發性有機物 (Lim *et al.*, 2000; Elenbaas-Thomas *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2008) 等。在採取隧道式通風的豬場，經常以提高風速來改善豬舍內微氣候 (Stender *et al.*, 2003; Barbari *et al.*, 2007)，並常以 CO₂ 濃度作為通風率的指標 (Sousa and Pedersen, 2004; Li *et al.*, 2005; Rong *et al.*, 2014)。由於豬隻缺乏功能性汗腺，透過呼吸道增加蒸發是消散熱負荷的有效方法 (Black *et al.*, 1993; Baumgard and Rhoads, 2013)，蕭等 (2015) 認為豬舍通風設施主要為排除舍內水蒸氣、熱及空氣。畜舍配備隧道通風系統安裝排風扇強制空氣對流，是改善動物排熱的有效方法之一 (Barbari *et al.*, 2007; Barbari and Conti, 2009)。在通風的風速方面，夏 (2001) 指出，當環境溫度 21.1℃ 時，風速 0.17—0.27 m/s 對各年齡豬隻皆為舒適等級，Whittemore (1993) 研究發現，肥育豬適合生長在風速 0.3 m/s 的環境，Hoff (2013) 則推薦隧道式水簾通風系統以 2 m/s 的風速，可提供豬隻舒適生長環境，Nääs *et al.* (2006) 指出，利用水簾降溫除了可讓空氣

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2749 號。

(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。

(3) 通訊作者，E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw。

進入豬舍前被冷卻外，也兼具減少粉塵進入豬舍的效果。豬舍內環境溫度穩定可提高豬隻生長性能 (Quiniou *et al.*, 2001; Huynh *et al.*, 2005; Renaudeau *et al.*, 2008)，高溫環境對豬隻飼料採食量會有明顯的負面影響 (Le Dividich *et al.*, 1988; Pearce *et al.*, 2015)，而豬隻飼養在適當的環境溫度下，具有改善飼料效率 (Barbari *et al.*, 2007) 及日增重 (Wiegert *et al.*, 2018) 效果。

臺灣屬亞熱帶海島型氣候，理想的豬隻生產環境必須有效改善豬舍內環境變異，例如溫度、濕度、風速及空氣污染物 (Brown-Brand *et al.*, 2014)，提供豬舍內適當的照度以增加豬隻採食量 (Bruininx *et al.*, 2002; Niekamp *et al.*, 2006)。畜產試驗所在 2020 年建置一棟在養 500 頭規模的模組化水簾式肉豬舍，本研究旨在建立此棟豬舍空舍期及豬隻飼養期間豬舍內的微氣候與空氣品質資料，以提供業者新 (修) 建豬舍參採與應用。

材料與方法

I. 試驗豬舍：為密閉高床刮糞式鋼筋水泥之模組化水簾式肉豬舍建築 (圖 1)。

- (i) 豬舍內部：長 \times 寬 \times 高 = 63.7 m \times 12.3 m \times 2.4 m，截面積 29.5 m²，總容積 1,880 m³。
- (ii) 水簾及風扇：豬舍東側、南側及北側設置厚度 0.3 m，高度 1.8 m，長度分別為 12.3、5.4 及 5.4 m 塑膠材質的水簾降溫設施，採自來水循環、自動補水方式，總面積為 41.6 m²，西側安裝 7 臺 48 吋無段自動變速風扇。
- (iii) 通氣窗：透明玻璃材質，豬舍南側設置長 \times 寬 = 1.55 m \times 1.0 m 通氣窗 9 樘，北側設置長 \times 寬 = 1.55 m \times 1.0 m 通氣窗 6 樘及設置長 \times 寬 = 3.35 m \times 1.0 m 通氣窗 3 樘，以因應電力故障時豬舍緊急通風，兼具日間採光及提供參訪功能。
- (iv) 欄位設置：設置長 \times 寬 = 5.4 m \times 5.4 m 豬欄共 20 欄，南側與北側豬欄間設置寬 1.5 m 中間走道。
- (v) 燈具設置：豬舍內設置吸頂式 LED 電燈 (20W, 220V)，包括水簾端走道及空氣污染防治設施前走道各 3 盞，以及每一豬欄與中間走道各 10 盞，共 36 盞 (圖 2)。

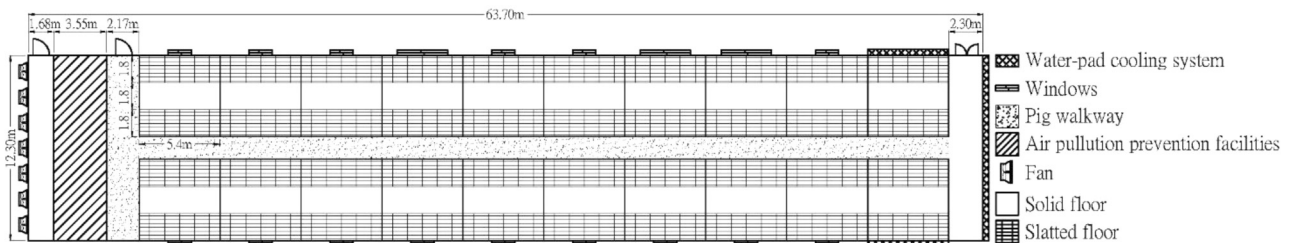


圖 1. 水簾式肉豬舍平面圖。

Fig. 1. The floor plan of wet-pad cooling system pig house.

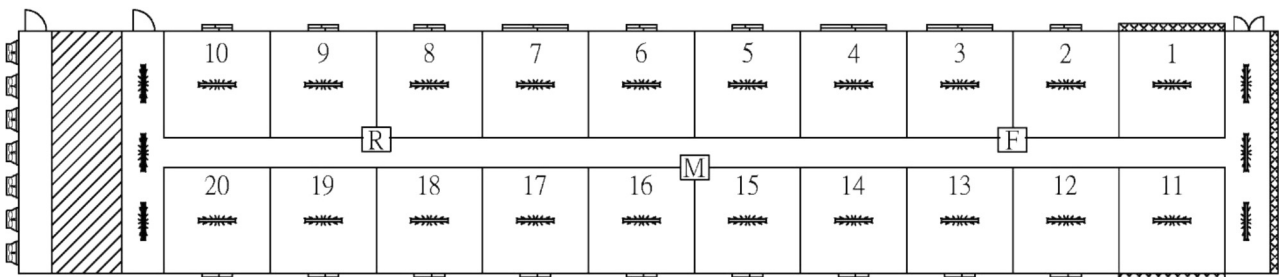


圖 2. 豬舍電燈位置圖及照度測定點 (F、M、R：豬舍前端、中端、後端，豬舍中間走道距離地面 1 公尺處)。

Fig. 2. The lamp location map and illuminance measurement points in pig houses (F, M, R: the front, middle, and rear ends of the pig house, the middle walkway of the pig house is 1 meter above the floor).

- (vi) 糞尿清理：每一豬欄前端與後端地面設置 5.4 m (長) \times 1.8 m (寬) 的條狀地面，條狀地面下方設置刮糞溝、安裝軌道式刮糞板，中端設置 5.4 m (長) \times 1.8 m (寬) 的實地面地板；採糞尿分離方式，豬隻生長期與肥育期每日分別清理刮糞溝中糞便 2 次與 3 次至豬欄西側集糞溝，豬欄地面上殘留之糞便則不清理，尿液及豬隻飲水溢漏水排至豬欄東側集尿溝集中後排出豬舍。

- (vi) 空氣污染防治設施：在距離西側最後豬欄 2.17 m 處設置 12.3 m (長) × 2.4 m (高)、厚度 0.3 m、體積 8.85 m³ 塑膠材質的空氣污染防治設施，利用循環水進行空氣污染物去除。
- (vii) 水簾通風自動控制系統：由水簾、風扇及室內外溫濕度計組成，自動控制水簾供水及風扇運轉功率 (fan operating power, FOP)，以達到調控豬舍內溫度及濕度目的，其控制參數如下：
1. 豬舍外環境溫度低於 23℃ 時，FOP 以 40% 之最小通風量以維持畜舍空氣流通，保持豬隻生理基本需求，並隨著環境溫度升高自動調整 FOP。
 2. 豬舍外環境溫度達 27℃ 時，除風扇持續自動調整 FOP 運轉外，並啟動水簾供水馬達進行降溫。
 3. 豬舍外環境溫度達 30℃ 時，FOP 以 100% 最大通風量運轉，提高室內空氣流速，同時水簾供水馬達持續運轉。
 4. 豬舍外相對濕度 (relative humidity, RH) 達 95% 時，關閉水簾供水馬達，FOP 以 100% 最大通風量運轉。
 5. 在豬舍外水簾端及豬舍內中間走道前端 (第 2 – 3 欄間, F)、中端 (15 – 16 欄間, M) 及末端 (8 – 9 欄間, R) 距離豬舍地面 2 m 處 (圖 3)，分別設置溫濕度計自動量測並記錄溫濕度，每週並以指針型毛髮溫濕度計 (IACF-452007, TFA, Germany) 測定上述 4 點的溫濕度以校正。

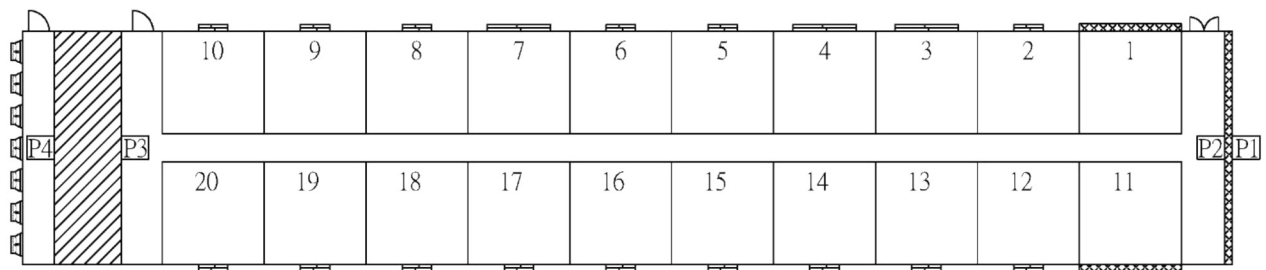


圖 3. 豬舍微氣候與空氣品質測定點 (P1：豬舍外水簾端；P2 豬舍內水簾端；P3 空氣污染防治設施前端；P4 空氣污染防治設施後端)。

Fig. 3. The microclimate and air quality measurement points in pig houses (P1: wet-pad cooling system end outside the pig house; P2: wet-pad cooling system end inside the pig house; P3: air pollution control facility frontend; P4: air pollution control facility backend).

II. 試驗動物

- (i) 試驗於 2022 年 5 月 11 日至同年 8 月 17 日在畜產試驗所進行，將保育期結束 (14 週齡，平均體重約 36 kg) 的 LYD [(Landrace ♀ × Yorkshire ♂) ♀ × Duroc ♂] 仔豬 500 頭，平均飼養在 20 個豬欄、每欄 25 頭，期間飼糧與飲用水皆充分供應，至平均體重約 110 kg 結束試驗。每頭飼養面積 1.16 m²，符合行政院農業委員會 (2017) 豬隻友善飼養系統定義及指南，生長肥育豬 (體重 30 – 110 kg 以上) 每頭面積至少 1.0 平方公尺規範。
- (ii) 試驗動物之使用、飼養及實驗內容，皆依據畜產試驗所實驗動物照護及使用小組審查同意書 (同意書編號：111-08) 及試驗準則進行。

III. 調查與分析項目

- (i) 空舍期水簾通風系統自動控制情況下豬舍微氣候及空氣品質資料收集：
 1. 豬隻進養前連續 7 日分別從上午 9 時及下午 14 時開始，在豬舍外水簾端 (P1)、豬舍內水簾端 (P2)、空氣污染防治設施前端 (P3) 及空氣污染防治設施後端 (P4) 等 4 個點，距離豬舍地面 1 m 處 (圖 3)，進行下列微氣候及空氣品質相關測定及資料收集：
 - (1) 豬舍內、外之溫度與相對濕度：以指針型毛髮溫濕度計測定。
 - (2) 氨氣濃度：以北川式ガス檢知管 (檢測範圍 0.2 – 20 ppm；光明理化學工業株式會社，Japan) 測定。
 - (3) 一氧化碳 (carbon monoxide, CO)、硫化氫 (hydrogen sulfide, H₂S) 及氧氣 (oxygen, O₂) 濃度：以攜帶式四用氣體偵測器 (Altar 4XR, MSA, USA) 測定。
 - (4) 細懸浮微粒 (fine aerosol, PM_{2.5})、懸浮微粒 (aerosol, PM₁₀) 與總揮發性有機物 (total volatile organic compound, TVOC) 濃度及空氣品質指標 (air quality index, AQI)：以智慧空氣品質偵測器 (AM100, Acer, Taiwan) 測定。
 - (5) 二氧化碳 (carbon dioxide, CO₂) 濃度：以二氧化碳偵測器 (ZG-106, TECPEL, Taiwan) 測定。
 - (6) 風速：以熱線式風速計 / 風溫計 (AVM-714, TECPEL, Taiwan) 測定。
 2. 豬舍內照度：豬隻進養前連續 16 日以藍芽溫照度記錄器 (MX2202, HOBO, Taiwan) 在豬舍第 2 – 3 豬欄

- (F)、15 – 16 豬欄 (M) 及 8 – 9 豬欄 (R)，中間走道距離地面 1 公尺處等 3 點 (圖 2)，分別測定全日未開燈 (CC)、全日開左右側電燈 (LR)、全日開前中後走道電燈 (BA) 及全日電燈全開 (FO) 之照度，每種開燈方式各 4 日、每小時記錄一次，並取 4 日之平均值。
3. 溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 估算：參考 Lallo *et al.* (2018) 公式，即 $THI = T_{max} - (0.55 - (0.0055 RH) (T_{max} - 14.5))$ ，公式中： T_{max} 為調查期間乾球平均攝氏溫度，RH 為相對濕度百分率。
4. 通風量估算：參考蕭等 (2015) 公式，通風量 (ventilation volume, VV) = 豬舍截面積 × 風速。
- (ii) 空舍期水簾通風系統手動調整 FOP 情況下豬舍內微氣候及空氣品質資料收集：
- 前項測定隨後，以手動調整 FOP 為 40%、50%、60%、70%、80%、90% 及 100%，每次調整經約 10 分鐘風扇運轉正常後，依照前述 (i) 之方法，於豬舍內進行相同之測定與資料收集，並取各測定點 (P2、P3 及 P4) 平均值。
- (iii) 豬隻在養期間水簾通風系統自動控制情況下豬舍微氣候及空氣品質資料收集：
1. 除照度測定外，每週三依照前述 (i) 之方法，進行微氣候及空氣品質等資料收集。
 2. 照度測定：
- 豬隻生長期 (平均體重 36 kg) 及肥育期 (平均體重 75 kg) 開始時，連續 7 日以 24 小時計時器 (TB38909NT7, Panasonic, Japan) 設定從下午 16 時到翌日 9 時，開豬舍中間走道共 10 盞電燈，其餘時間採取自然光照，以藍芽溫照度記錄器在第 2 – 3 豬欄 (F)、15 – 16 豬欄 (M) 及 8 – 9 豬欄 (R)，豬舍中間走道距離地面 1 公尺處等 3 點，每小時自動記錄 1 次。

IV. 統計分析

利用 SAS 統計分析套裝軟體的一般線性模式程序 (general linear model procedure) 進行變方分析 (SAS, 2002)。微氣候及空氣品質資料以 LSMEANS 統計模式估計各測定點的最小平方平均值及標準機差，各測定點數值如有差異，再以最小顯著差異測驗法 (Least significant difference test, LSD)，比較差異顯著性。

結果與討論

I. 空舍期豬舍之微氣候、空氣品質及照度

(i) 豬舍微氣候

豬舍空舍期由於水牆供水馬達故障，因豬隻即將進養無法繼續進行空舍期資料收集，故實際僅收集 8 筆資料。在自動控制 FOP 情況下 (表 1)，豬舍外水簾端 (P1) 的平均溫度達 30.7°C，顯著地較豬舍內 (P3 及 P4) 高約 2.5°C，相對濕度則以 P1 的 48.0% 較豬舍內 (P2、P3 及 P4) 低約 30 – 32% ($P < 0.05$)，豬舍內風速顯著地較 P1 為高，P1 的 THI 較豬舍內三個測定點皆高 ($P < 0.05$)，顯示自動控制水簾式豬舍的 FOP 和水牆供水確具降溫效果。由於豬舍外空氣係透過水牆進入豬舍，致使豬舍內的 RH 較豬舍外為高 ($P < 0.05$)。豬舍外 (P1) 風速較豬舍內為低應與豬舍後端設置風扇抽風有關。以手動調整 FOP 為 40%、50%、60%、70%、80%、90% 及 100%，進行豬舍內 (P2、P3 及 P4) 微氣候測定 (表 2)，結果 FOP 不影響豬舍內環境溫度及 RH，THI 隨著 FOP 增加而降低 ($P < 0.05$)，風速和 VV 則隨著 FOP 增加而顯著提高。

(ii) 豬舍空氣品質

在空舍期自動控制 FOP 的情況下 (表 1)，4 個測定點皆未測得 CO 及 H₂S，O₂ 皆維持在 20.8%，豬舍內 CO₂、TVOC、PM_{2.5} 和 PM₁₀ 分別介於 425 – 433 ppm、0.16 – 0.16 ppm、16.6 – 18.2 µg/m³ 和 26.5 – 37.9 µg/m³ 間，符合室內空氣品質標準 (行政院環境保護署，2012) 1,000 ppm、0.56 ppm、35 µg/m³ 和 75 µg/m³ 規範，而 NH₃ 濃度在 0.20 – 0.32 ppm 間，P3 的 NH₃ 濃度顯著地較 P2 為高。AQI 介於 48 – 54 間，介於空氣品質監測網 (行政院環境保護署) 定義的空氣品質良好 (0 – 50) 及普通 (51 – 100) 間，即對人體健康影響為污染程度低或無污染 (0 – 50) 及對非常少數之極敏感族群產生輕微影響 (51 – 100)。以手動調整 FOP 為 40%、50%、60%、70%、80%、90% 及 100% (表 2)，結果豬舍內 3 個測定點 (P2、P3 及 P4) 皆未測得 CO 及 H₂S，O₂ 皆維持在 20.8%，CO₂、TVOC、PM_{2.5} 和 PM₁₀ 皆隨著風扇 FOP 提高而降低，分別介於 421 – 431 ppm、0.14 – 0.20 ppm、13.0 – 25.7 µg/m³ 和 2.63 – 41.7 µg/m³ 間，且均符合室內空氣品質標準 (2012) 規範。NH₃ 介於 0.15 – 0.37 ppm，空氣品質屬良好及普通等級，AQI 介於 48 – 63 間。

(iii) 豬舍照度

在豬舍空舍期測定不同開燈方式的照度，主要目的是要沿用於豬隻飼養期間開燈方式。在全日未開燈 (CC) 連續 4 日的情況下，在夜間 (18 時到翌日 6 時) 豬舍前端 (第 2 – 3 欄間，F)、中端 (第 15 – 16 欄

間，M) 及後端 (第 8 – 9 欄間，R) 的照度皆為 0 (圖 4)，另在夜間其他 3 種開燈方式 (全日開左右側電燈，LR；全日開前中後走道電燈，BA；全日電燈全開，FO) 不論在豬舍前端、中端或末端，在夜間照度皆可達 5 lx 以上。豬舍內的照度必須滿足豬隻每日各時段的行為需求。提高豬舍內的照度會增加豬隻的採食量 (Bruininx *et al.*, 2002; Niekamp *et al.*, 2006)，當照度 12 – 200 lx 時豬隻可以區分顏色並且視力是恆定的，低於 12 lx 時豬隻視力僅能區分黑色和白色 (Graf, 1976)，Taylor *et al.* (2006) 指出，豬舍內的照度必須可以滿足豬隻交流和識別豬欄特徵，而歐盟推薦豬舍內的照度為 40 lx。Chandler *et al.* (1999) 發現，豬欄躺臥區域照度不可以太高，因為豬隻喜歡在 2.4 lx 昏暗的燈光下休息，而當照度小於 0.2 lx 時會降低豬的動物福利 (van Putten and Elshof, 1984)。綜合以上論述，本試驗在豬隻飼養期間，夜間必須補充豬舍內照度，以符合豬隻多以白天採食、夜間休息的動物行為需求。

表 1. 豬舍空舍期之微氣候與空氣品質

Table 1. The microclimate and air quality in pig house during empty period

Items	Measure the position ¹				SEM ²
	P1	P2	P3	P4	
Measurement times	8	8	8	8	
Temperature, °C	30.7 ^a	28.3 ^b	28.3 ^b	28.0 ^b	0.3
Relative humidity, %	48.0 ^b	79.5 ^a	79.0 ^a	78.3 ^a	0.6
THI ³	34.7 ^a	26.9 ^b	23.1 ^c	18.6 ^d	0.5
Wind speed, m/sec	0.85 ^b	1.39 ^a	1.44 ^a	1.45 ^a	0.03
VV ⁴ , m ³ /sec	25.0 ^b	41.1 ^a	42.5 ^a	42.8 ^a	1.0
CO, ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ S, ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O ₂ , %	20.8	20.8	20.8	20.8	0.0
PM _{2.5} , µg/m ³	18.4	17.2	18.2	16.6	2.5
PM ₁₀ , µg/m ³	29.5	27.3	37.9	26.5	6.1
CO ₂ , ppm	424	425	426	433	4
NH ₃ , ppm	0.13 ^a	0.20 ^{bc}	0.32 ^a	0.25 ^{ab}	0.04
TVOC, ppm	0.17	0.16	0.16	0.16	0.01
AQI ⁵	55.9	53.0	53.5	48.7	5.4

¹ P1: wet pad cooling system end outside the pig house; P2: wet pad cooling system end inside the pig house; P3: air pollution prevention facility frontend; P4: air pollution prevention facility backend.

² SEM: standard error of the mean.

³ Refer to Lallo *et al.* (2018) formula to estimate, THI (temperature-humidity index) = $T_{\max} - (0.55 - (0.0055 \text{ RH}) (T_{\max} - 14.5))$.

⁴ Refer to Hsiao *et al.* (2015) formula to estimate, VV (ventilation volume) = cross section area of the trickling filter × wind speed.

⁵ AQI: air quality index.

^{a, b, c} Means with in same row without the same superscripts differ ($P < 0.05$).

表 2. 風扇運轉功率對空舍期豬舍內微氣候與空氣品質之影響

Table 2. Effects of fan operating power (FOP) on microclimate and air quality in pig house during empty period

Items	FOP							SEM ¹
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Measurement times	8	8	8	8	8	8	8	
Temperature, °C	29.4	28.7	29.1	29.1	28.8	28.7	27.9	0.5
Relative humidity, %	69.4	72.0	71.9	70.7	70.9	71.9	72.5	3.1
THI ²	27.6	26.5	26.5	26.2	25.0	24.8	23.2	1.5
Wind speed, m/sec	0.57 ^g	0.79 ^f	0.90 ^e	1.15 ^d	1.42 ^c	1.69 ^b	1.93 ^a	0.04

表 2. 風扇運轉功率對空舍期豬舍內微氣候與空氣品質之影響 (續)

Table 2. Effects of fan operating power (FOP) on microclimate and air quality in pig house during empty period (continued)

Items	FOP							SEM ¹
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
VV ³ , m ³ /sec	16.8 ^g	23.2 ^f	26.6 ^e	33.9 ^d	41.8 ^c	49.9 ^b	57.1 ^a	1.3
CO, ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ S, ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O ₂ , %	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	0.0
PM _{2.5} , µg/m ³	12.8 ^b	13.0 ^b	16.6 ^{ab}	20.9 ^{ab}	19.6 ^{ab}	18.0 ^{ab}	25.7 ^a	3.2
PM ₁₀ , µg/m ³	20.6	35.5	26.3	32.9	30.4	29.4	41.7	7.7
CO ₂ , ppm	429	431	426	431	428	421	426	5
NH ₃ , ppm	0.10 ^c	0.23 ^b	0.15 ^{bc}	0.27 ^{ab}	0.37 ^a	0.26 ^b	0.19 ^{bc}	0.05
TVOC, ppm	0.15 ^b	0.14 ^b	0.14 ^b	0.17 ^{ab}	0.17 ^{ab}	0.20 ^a	0.19 ^{ab}	0.01
AQI ⁴	44.7 ^b	48.5 ^{ab}	50.5 ^{ab}	56.2 ^{ab}	54.8 ^{ab}	52.2 ^{ab}	69.3 ^a	6.8

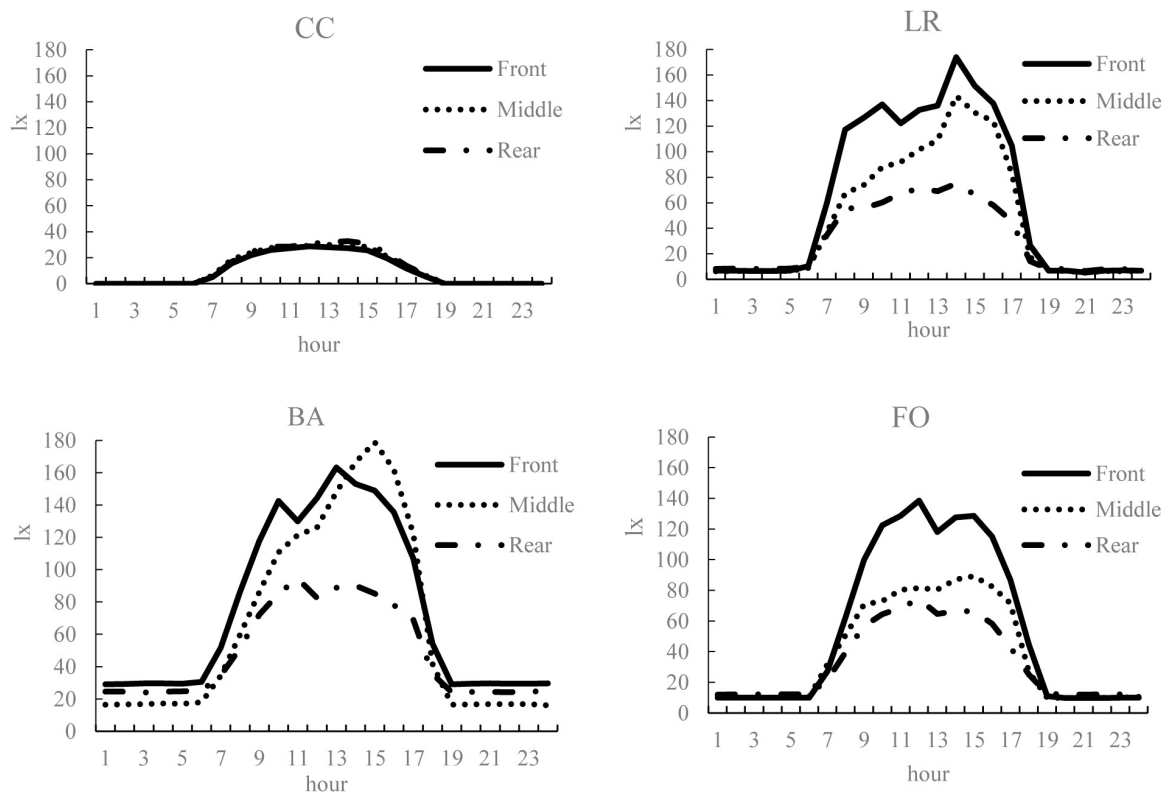
¹ SEM: standard error of the mean.² Refer to Lallo *et al.* (2018) formula to estimate, THI (temperature-humidity index) = $T_{\max} - (0.55 - (0.0055 \text{ RH}) (T_{\max} - 14.5))$.³ Refer to Hsiao *et al.* (2015) formula to estimate, VV (ventilation volume) = cross section area of the trickling filter × wind speed.⁴ AQI: air quality index.a, b, c, d, e, f, g Means with in same row without the same superscripts differ ($P < 0.05$).

圖 4. 空舍期間開燈方式對豬舍照度之影響 (CC：未開燈，LR：開左右側電燈，BA：開前中後走道電燈，FO：電燈光全開；Front、Middle、Rear：豬舍前端 (第 2－3 欄間)、中端 (第 15－16 欄間)、後端 (第 8－9 欄間)，豬舍中間走道距離地面 1 公尺處。)

Fig. 4. Effects of the way of turning on the light on the illuminance in the pig house during the empty pig house. (CC: lights not turned on, LR: left and right side lights turned on, BA: front, middle and rear aisle lights turned on, FO: all lights turned on; Front, Middle, Rear: between pens 2-3, 15-16, 8-9 of the pig house, the aisle in the middle of the pig house is 1 meter above the floor.)

II. 豬隻飼養期間豬舍之微氣候、空氣品質及豬舍內照度

(i) 豬舍微氣候

豬隻飼養期間在 FOP 自動控制，豬舍外環境溫度 (P1) 高於 30°C、RH 低於 95%、及水牆持續供水的情況下，豬隻生長期 (平均體重 36 – 75 kg) 豬舍內 (P2、P3、P4) 溫度顯著地較 P1 降低約 4 – 5°C，肥育期 (平均體重 75 – 113 kg) 則降低約 5 – 6°C ($P < 0.05$)，而豬舍內 RH 顯著地較 P1 為高 (表 3)，豬隻的適溫帶大約是 24 – 25°C (Quiniou *et al.*, 2001; Renaudeau *et al.*, 2008)，因此豬舍內 RH 顯著地較 P1 為高，應與本試驗設定豬舍外環境溫度達 27°C 時水牆即開始循環供水有關，也因此降低豬舍內溫度 ($P < 0.05$)，致使 THI 顯著較豬舍外為低。本試驗估算 THI 係採用 Lallo *et al.* (2018) 相同的公式，以 THI 作為豬隻受熱緊迫程度的指標，當 THI 小於 27.8 時表示豬隻無熱緊迫，27.8 – 28.9 為輕微熱緊迫，28.9 – 30.0 為嚴重熱緊迫，大於 30.0 則表示熱緊迫狀態非常嚴重。本試驗豬隻生長期與肥育期豬舍內的 THI 分別為 30.2 – 31.4 與 33.2 – 34.2，參考 Lallo *et al.* (2018) 對豬隻受熱緊迫程度定義，飼養期間豬隻皆處於熱緊迫非常嚴重狀態，而豬隻生長期與肥育期豬舍外 (P1) 的 THI 分別為 34.9 與 38.2，皆顯著地高於豬舍內，顯示利用水簾風扇已初步達到降溫及提高豬隻舒適度目的。

表 3. 豬隻在養期間豬舍之微氣候與空氣品質

Table 3. The microclimate and air quality in pig houses during pig raising period

Items	Grower stage				SE	Finisher stage				SEM ²
	P1	P2	P3	P4		P1	P2	P3	P4	
Measure the position ¹										
Measurement times	14	14	14	14		14	14	14	14	
Temperature, °C	30.9 ^a	26.4 ^b	25.6 ^c	25.6 ^c	0.3	33.9 ^a	28.2 ^b	27.6 ^b	27.4 ^b	0.4
Relative humidity, %	50.6 ^b	84.9 ^a	84.7 ^a	83.9 ^a	1.3	45.1 ^b	87.0 ^a	86.7 ^a	89.3 ^a	1.5
THI ² , °C	34.9 ^a	31.4 ^b	30.3 ^c	30.2 ^c	0.4	38.2 ^a	34.2 ^b	33.3 ^b	33.2 ^b	0.6
Wind speed, m/sec	1.16 ^b	1.77 ^a	1.86 ^a	1.74 ^a	0.11	0.92 ^b	1.70 ^a	1.76 ^a	1.72 ^a	0.18
VV ³ , m ³ /sec	34.2 ^b	52.3 ^a	54.8 ^a	51.4 ^b	3.3	27.2 ^b	50.2 ^a	52.0 ^a	50.8 ^a	5.2
CO, ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ S, ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O ₂ , %	20.8	20.8	20.8	20.8	0.0	20.8	20.8	20.8	20.8	0.00
PM _{2.5} , µg/m ³	26.9	28.1	29.9	28.4	5.8	48.0 ^a	39.2 ^a	27.0 ^b	12.6 ^c	3.9
PM ₁₀ , µg/m ³	45.3	45.0	47.7	45.3	9.8	77.4 ^a	66.6 ^a	43.4 ^b	18.8 ^c	6.1
CO ₂ , ppm	412	412	409	414	5	414 ^c	483 ^b	575 ^a	604 ^a	14
NH ₃ , ppm	0.17 ^c	1.49 ^b	3.66 ^a	0.39 ^c	0.12	0.20 ^d	1.16 ^b	4.86 ^a	0.70 ^c	0.13
TVOC, ppm	0.15	0.15	0.15	0.16	0.01	0.24	0.27	0.30	0.27	0.02
AQI ⁴	74.0	74.0	76.9	68.7	11.5	37.4 ^b	46.2 ^{ab}	50.8 ^a	42.2 ^{ab}	4.3

¹ P1: wet pad cooling system end outside the pig house; P2: wet pad cooling system end inside the pig house; P3: air pollution prevention facility frontend; P4: air pollution prevention facility backend.

² SEM: standard error of the mean.

³ Refer to Lallo *et al.* (2018) formula to estimate, THI (temperature-humidity index) = $T_{\max} - (0.55 - (0.0055 \text{ RH}) (T_{\max} - 14.5))$.

⁴ Refer to Hsiao *et al.* (2015) formula to estimate, VV (ventilation volume) = cross section area of the trickling filter × wind speed.

⁵ AQI: air quality index.

^{a, b, c, d} Means with in same row without the same superscripts differ ($P < 0.05$).

本試驗在水簾通風自動控制系統隨著豬舍外溫濕度自動控制下，豬隻生長肥育期 FOP 維持在 80 – 100% 間，P1 的風速較豬舍內 3 個測定點皆低 ($P < 0.05$)，應與風扇系統設置在豬舍後端抽風有關。Gao *et al.* (2018) 指出，在較高的環境溫度下，豬舍內通風是否足夠對畜舍環境有至關重要的影響，在通風較低的畜舍，其 THI 值高於其他通風較好的畜舍，Stender *et al.* (2003) 也證實，在夏季將豬隻飼養在設置通風設施的豬舍，豬隻的飼料效率 (gain/feed) 顯著較飼養在自然通風的豬舍為高。本試驗不論在豬隻生長期或肥育期，豬舍外環境溫度及 THI 皆達 30 及 34°C 以上 (表 3)，豬舍內的環境溫度及 THI 分別顯著地較豬舍外降

低 $4.5 - 6.5$ 及 $3.5 - 5.0^{\circ}\text{C}$ ，顯示應用水簾通風自動控制系統具有降低豬舍內環境溫度及 THI 效果，惟飼養期間豬隻仍處於熱緊迫非常嚴重狀態，如何調整豬舍內各項自動控制參數，讓豬隻處於舒適環境生長，為後續研發重點。

(ii) 豬舍空氣品質

豬隻飼養期間豬舍內與豬舍外皆未測得 CO 及 H_2S ， O_2 皆維持在 20.8% 。豬隻生長期豬舍內 CO_2 、TVOC、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 分別介於 $409 - 414 \text{ ppm}$ 、 $0.15 - 0.16 \text{ ppm}$ 、 $28.4 - 29.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $45.0 - 47.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 間 (表 3)， $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 較空舍期 (表 1) 稍高；豬隻肥育期豬舍內 CO_2 、TVOC、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 分別介於 $483 - 604 \text{ ppm}$ 、 $0.27 - 0.30 \text{ ppm}$ 、 $12.6 - 39.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $18.8 - 66.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 間， CO_2 、TVOC、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 濃度皆較空舍期為高，豬隻飼養期間豬舍內空氣品質，皆符合室內空氣品質標準 (行政院環境保護署，2012) $1,000 \text{ ppm}$ 、 0.56 ppm 、 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 規範。豬隻飼養期間豬舍內 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 濃度皆明顯較空舍期為高 (表 1)，可能是受到豬隻飼養期間豬舍外 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 濃度較空舍期為高的影響。豬隻生長期 P1、P2、P3 和 P4 的 NH_3 濃度分別為 0.17 、 1.49 、 3.66 和 0.39 ppm ，肥育期則為 0.20 、 1.16 、 4.86 和 0.70 ppm (表 3)，P3 的 NH_3 濃度皆較 P4 為高 ($P < 0.05$)，P4 的 NH_3 濃度分別較 P3 降低約 89% 及 85% ，顯示在 P3 和 P4 間設置空氣污染防治設施具有明顯降低 NH_3 濃度，減少 NH_3 排放功能，且 P4 的 NH_3 濃度符合行政院環境保護署 (2021) 固定污染源空氣污染物排放標準 1 ppm 的周界排放標準。Peng *et al.* (2023) 指出，隨著養豬業集約化程度的提高，豬舍的空氣品質和異味排放問題逐漸引起人們的關注，其中氨被認為是豬舍的重要環境指標。氨引起的兩種最常提到的問題是動物肺炎和生長速度下降 (Donham, 1989)，當氨濃度高於 7 ppm 和 11 ppm 時分別會影響工作人員和豬隻的健康 (Donham, 1991)，Stombauch *et al.* (1969) 和 Drummond *et al.* (1980) 指出，當豬隻暴露於高氨濃度 ($> 50 \text{ ppm}$) 環境時會使生長速度降低，本試驗豬隻飼養期間豬舍內的氨濃度皆較上述論述為低。Dai *et al.* (2016) 指出，在中國大陸華東集約化豬舍內的 H_2S 濃度一般在 $0.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以下，Ni *et al.* (2002) 研究發現，以機械通風在糞液沒有攪拌的情況下，具有儲糞設施的豬舍內 H_2S 濃度通常低於 $1.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 之結果皆低，而 Day *et al.* (1965) 指出，豬舍內 H_2S 的最高濃度應低於 $15.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，本試驗依豬隻生長階段排泄量利用刮糞設備在豬隻生長期或肥育期每日分別清理糞便 2 次或 3 次，測得豬舍內 H_2S 濃度數據皆為 0，顯示應用刮糞設備輔以適當的刮糞頻率將豬糞移出舍外，可減少豬舍內 H_2S 含量。豬隻生長期豬舍內 AQI 介於 $69 - 77$ ，肥育期則介於 $42 - 51$ 間，P4 的 AQI 數值較 P3 為低，但差異未顯著。豬隻生長期豬舍內 AQI 較高，可能係受到豬舍外 AQI (74.0) 的影響，但整體而言豬隻飼養期間 AQI 仍介於空氣品質監測網 (行政院環境保護署) 規範的良好及普通之間。

(iii) 豬舍照度

本試驗豬隻飼養期間從下午 16 時到翌日 9 時，開啟豬舍中間走道電燈，其餘時間不開燈，由透明玻璃材質通氣窗提供自然光照，在豬舍中間走道前端、中端及末端電燈，距離地面 1 公尺欄杆處測定並自動紀錄豬舍全日照度 (圖 5)。結果夜間 (18 時至翌日 5 時) 照度皆達 3.5 lx 以上，符合 van Putten and Elshof (1984) 及 Chandler *et al.* (1999) 所述的動物福利及提供豬隻在昏暗燈光下休息的照度需求。日間是豬隻主要的採食時段，本試驗在 6 時 - 17 時豬舍內的照度維持在 $12 - 180 \text{ lux}$ 間，與 Graf (1976) 指出豬隻 $12 - 200 \text{ lux}$ 的

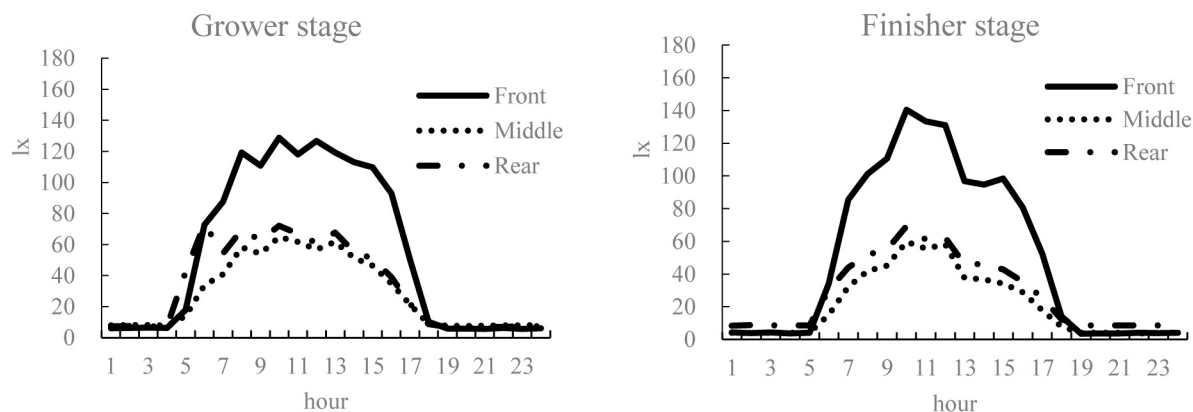


圖 5. 豬隻飼養期間豬舍內照度。(開中間走道電燈；G：豬隻生長期；F：豬隻肥育期；Front、Middle、Rear：豬舍前端 (第 2 - 3 欄間)、中端 (第 15 - 16 欄間)、後端 (第 8 - 9 欄間)，豬舍中間走道距離地面 1 公尺處。)

Fig. 5. The illumination in the pig house during pig feeding period. (Turn on the lights in the middle walkway; G: grower stage of pig; F: finisher stage of pig; Front, Middle, Rear: between pens 2-3, 15-16, 8-9 of the pig house, the aisle in the middle of the pig house is 1 meter above the floor.)

照度環境下可以區分顏色且視力恆定之照度相近，Bruininx *et al.* (2002) 及 Niekamp *et al.* (2006) 證實，提高豬舍內的照度會增加豬隻採食量，而歐盟推薦豬舍內的照度為 40 lux (Taylor *et al.*, 2006)。顯示本試驗採取的開燈方式，符合豬隻日間採食與夜間休息之動物行為需求。

結論與建議

豬舍環境的微氣候會影響豬隻舒適感和採食量，空氣品質會影響豬隻及管理人員的健康，排放到豬舍外的空氣污染物則會引起人們的負面情緒反應，是畜牧場被視為鄰避設施的主要原因。試驗結果發現，本試驗使用的水簾式肉豬舍，依照豬隻飼養期間設定參數操作，確具降低豬舍內溫度及溫濕度指數的效果，可提供豬隻較舒適的生長環境，並有利於空氣污染物收集與處理，顯著減少氨氣排放並符合固定污染源空氣污染物排放標準，且豬舍內空氣品質不致影響管理人員健康，可提供業者新 (修) 建豬舍參採與應用。

參考文獻

- 行政院環境保護署。空氣品質監測網。https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Information/Standard/AirQualityIndicato.aspx。
- 行政院環境保護署。2012。室內空氣品質標準。https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode= 00130005。
- 行政院環境保護署。2021。固定污染源空氣污染物排放標準。https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL015350。
- 行政院農業委員會。2017。豬隻友善飼養系統定義及指南。https://law.coa.gov.tw/glrsnewsout/LawContent.aspx?id=GL000866。
- 夏良宙。2001。畜牧要覽養豬篇。中國畜牧學會，臺北市，第 293 頁。
- 蕭庭訓、蘇天明、陳水財、黃裕益、李超陽、程梅萍。2015。滴濾設施去除密閉式豬舍逸散之粉塵、氨氣及異味。畜產研究 48：36-44。
- Barbari, M., M. Bianchi, and G. F. Sorbetti. 2007. Preliminary analysis of different cooling systems of sows in farrowing room. J. Agric. Eng. 1: 53-58.
- Barbari, M. and L. Conti, 2009. Use of different cooling systems by pregnant sows in experimental pen. Biosyst. Eng. 103: 239-244.
- Baumgard, L. H. and R. P. Rhoads. 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. Annu. Rev. Anim. Biosci. 1: 311-337.
- Black, J. L., B. P. Mullan, M. L. Lorsch, and L. R. Giles. 1993. Lactation in the sow during heat stress. Livest. Prod. Sci. 35: 153-170.
- Brown-Brandl, T. M., D. H. Morgan, H. Xin, J. A. Nienaber, H. Li, R. A. Eigenberg, J. P. Stinn, and T. Shepherd. 2014. Heat and moisture production of modern swine. ASHRAE Transactions 120: 469-489.
- Bruininx, E. M. A. M., M. J. W. Heetkamp, D. van den Bogaart, C. M. C. van der Peet-Schwering, A. C. Beynen, H. Everts, L. A. den Hartog, and J. W. Schrama. 2002. A prolonged photoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs. J. Anim. Sci. 80: 1736-1745.
- Chandler, M. J., P. J. Smith, D. A. Samuelson, and E. O. Mackay. 1999. Photoreceptor density of the domestic pig retina. Vet. Ophthalmol. 2: 179-184.
- Cheng, M., B. McCarl, and C. Fei. 2022. Climate change and livestock production: A literature review. Atmosphere 13: 140.
- Cross, A. J., T. M. Brown-Brandl, B. N. Keel, J. P. Cassady, and G. A. Rohrer. 2020. Feeding behavior of grow-finish swine and the impacts of heat stress. Transl. Anim. Sci. 4: 986-992.
- Day, D. L., E. L. Hansen, and S. Anderson. 1965. Gasses and odors in confinement swine buildings. Transactions of the ASAE 8: 118-121.
- Dai, X. R., J. Q. Ni, Q. O. Pan, K. Y. Wang, and Albert J Heber. 2016. Monitoring of temperature, humidity and air quality inside pig weaner house in eastern china. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery 47: 315-322.
- Donham, K. J. 1989. Relationships of air quality and productivity in intensive swine housing. Agri-Practice 10: 15-26.
- Donham, K. J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. Am. J. Vet. Res.

52: 1723-1730.

- Drummond, J. G., S. E. Curtis, J. Simon, and H.W. Norton. 1980. Effects of aerial ammonia on the growth and health of young pigs. *J. Anim. Sci.* 50: 1085-1091.
- Elenbaas-Thomas, A. M., L. Y. Zhao, Y. Hyun, X. Wang, B. Anderson, G. L. Riskowski, M. Ellis, and A. J. Heber. 2005. Effects of room ozonation on air quality and pig performance. *American Society of Agricultural Engineers* 48: 1-7.
- Gao, Y., Y. Diao, C. Lin, Y. Liu, C. Guo, M. Lei, Y. Tong, and X. Li. 2018. Monitoring and analysis of thermal environment and harmful gases in mechanically ventilated multistory pig buildings. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 34: 239-247.
- Graf, R., 1976. Das visuelle Orientierungsvermögen der Schweine in abhängigigkeit von der Beleuchtungsstärke. In *Institut Voor Veeteeltkundig Onderzoek, Zeist*, p. 56.
- Hoff, S. J. 2013. The impact of ventilation and thermal environment on animal health, welfare and performance. In *Livestock Housing: Modern Management to Ensure Optimal Health and Welfare of Farm Animals*; Aland, A. and T. Banhazi Eds. pp. 209-236. Wageningen Academic: Wageningen, The Netherlands.
- Huynh, T. T. T., A. J. A. Aarnink, M. W. A Verstegen, W. J. J. Gerrits, M. J. W. Heetkamp, B. Kemp, and T. T. Canh. 2005. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *J. Anim. Sci.* 83: 1385-1396.
- Kim, K. Y., H. J. Ko, K. J. Lee, J. B. Park, and C. N. Kim. 2005. Temporal and spatial distributions of aerial contaminants in an enclosed pig building in winter. *Environ. Res.* 99: 150-157.
- Lallo, C. H. O., J. Cohen, D. Rankine, M. Taylor, J. Cambell, and T. Stephenson. 2018. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)- prospects for a warmer Caribbean. *Reg. Environ. Change* 18: 2329-2340.
- Le Dividich, J., J. Noblet, P. Herpin, J. van Milgen, N. Quiniou, J. Wiseman, M. A. Varley, and J. P. Chadwick. 1998. Thermoregulation. In *Progress in Pig Science*. Wiseman, J., M. A. Varley, and J. P. Chadwick Eds. pp. 229-263. Nottingham University Press: Nottingham, UK.
- Leonardo, de B. A., M. G. César, Z. R. Amaia, and H. A. Arturo. 2022. Pollutant emissions in livestock buildings: Influence of indoor environment, rearing systems, and manure management. *J. Vet. Heal. Sci.* 3: 223-249.
- Li, H., H. Xin, Y. Liang, R. S. Gates, E. F. Wheeler, and A. J. Heber. 2005. Comparison of direct vs. indirect ventilation rate determinations in layer barns using manure belts. *American Society of Agricultural Engineers* 48: 367-372.
- Lim, T. T., A. J. Heber, J. Q. Ni, R. Grant, and A. L. Sutton. 2000. Odor impact distance guideline for swine production systems. *Proceedings of the Water Environment Federation*. Jan. 2000:773-788. Agricultural and Biological Engineering, Purdue University West Lafayette, IN 47907, USA.
- Nääss, I., P. Zappavigna, and P. Panagakakis. 2006. Animal housing in hot climates: A multidisciplinary view. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences: Horsens, Denmark.
- Ni, J. Q., A. J. Heber, C. A. Diehl, T. T. Lim, R. K. Duggirala, and B. L. Haymore. 2002. Characteristics of hydrogen sulfide concentrations in mechanically ventilated swine buildings. *Can. Biosyst. Eng.* 44: 11-19.
- Niekamp, S. R., M. A. Sutherland, G. E. Dahl, and J. L. Salak-Johnson. 2006. Photoperiod influences the immune status of multiparous gestating sows and their piglets. *J. Anim. Sci.* 84: 2072-2082.
- Pearce, S. C., M. V. Sanz Fernandez, J. Torrison, M. E. Wilson, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2015. Dietary organic zinc attenuates heat stress-induced changes in pig intestinal integrity and metabolism. *J. Anim. Sci.* 93: 4702-4713.
- Peng, S., J. Zhu, Z. Liu, B. Hu, M. Wang, and S. Pu. 2023. Prediction of ammonia concentration in a pig house based on machine learning models and environmental parameters. *Animals* 13: 165.
- Philippe, F. X., B. Canart, M. Laitat, J. Wavreille, M. Vandenheede, N. Bartiaux-Thill, B. Nicks, and J. F. Cabaraux. 2009. Gaseous emissions from group-housed gestating sows kept on deep litter and offered an *ad libitum* high-fibre diet. *Agric. Ecosyst. Environ.* 132: 66-73.
- Quiniou, N., J. Noblet, J. van Milgen, and S. Dubois. 2001. Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high ambient temperatures. *Br. J. Nutr.* 85: 97-106.
- Rathnayake, D., H. S. Mun, M. A. Dilawar, I. B. Chung, K. W. Park, S. R. Lee, and C. J. Yang, 2021. Effect of air heat pump cooling system as a greener energy source on the air quality, housing environment and growth performance in pig house. *Atmosphere* 12: 1474.
- Renaudeau, D., M. Kerdoncuff, C. Anais, and J. L. Gourdine. 2008. Effect of temperature level on thermal acclimation in

- Large White growing pigs. *Animal* 11: 1619-1626.
- Rong L., D. Liu, E. F. Pedersen, and G. Zhang. 2014. Effect of climate parameters on air exchange rate and ammonia and methane emissions from a hybrid ventilated dairy cow building. *Energy Build.* 82: 632-643.
- Rowell, H. C. 1972. A guide to environmental research on animals. *Can. Vet. J.* 13: 196.
- SAS. 2002. SAS/STAT® 8.6. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Sousa P. D. and S. Pedersen. 2004. Ammonia emission from fattening pig houses in relation to animal activity and carbon dioxide production. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development* 6: 1-13.
- Stender, D. R., J. D. Harmon, J. D. Weiss, and D. Cox. 2003. Comparison of different styles of swine finishing facilities within a uniform production system. *Appl. Eng. Agric.* 19: 79-82.
- Stinn, J. P., H. Xin, T. A. Shepherd, H. Li, and R. T. Burns. 2014. Ammonia and greenhouse gas emissions from a modern U.S. swine breeding-gestation-farrowing system. *Atmospheric Environ.* 98: 620-628.
- Stombaugh, D. P., H. S. Teague, and W. L. Roller. 1969. Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Anim. Sci.* 28: 844-847.
- Sun, G., H. Guo, J. Peterson, B. Predicala, and C. Laguë. 2008. Diurnal odor, ammonia, hydrogen sulfide, and carbon dioxide emission profiles of confined swine grower/finisher rooms. *J. Air Waste. Manag. Assoc.* 58: 1434-48.
- Taylor, N., N. Prescott, G. Perry, M. Potter, C. L. Sueur, and C. Wathes. 2006. Preference of growing pigs for illuminance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96: 19-31.
- van Putten, G. and W. J. Elshof. 1984. The influence of three light levels on the behaviour of fattening pigs. *KTBL Schrift* 199: 197-216.
- Wiegert, J. G., M. T. Knauer, and S. B. Shah. 2018. Effect of pad cooling on summer barn environment and finishing pig temperature. *J. Anim. Sci.* 95 (Suppl. 2): 35.
- Whittemore, C. 1993. The science and practice of pig production. Chapter 17. The environmental requirements of pig. Longman group UK Ltd.

Investigation on microclimate and air quality of wet-pad cooling system pig house in hot season ⁽¹⁾

Tein-Ming Su ⁽²⁾⁽³⁾ Wei-Zhi Liu ⁽²⁾ Yi-Hsiang Weng ⁽²⁾ and Ting-Hsun Hsiao ⁽²⁾

Received: Apr. 11, 2023; Accepted: Jun. 13, 2023

Abstract

The purpose of this study is to investigate the microclimate and air quality data in the pig house before and after the pigs are reared in a wet-pad cooling system pig house. In the hot season (between May and Aug.), a total of 500 LYD [(Landrace♀ × Yorkshire ♂) ♀ × Duroc ♂] hybrid pigs (average body weight about 36 kg) were raised in 20 pens with 25 pigs/pen. Pigs were fed diet and drinking water *ad libitum*, and the feeding period was terminated when the body weight of pigs reached 110 kg. Investigate the microclimate and air quality of the wet-pad cooling system end outside the pig house (P1), the wet-pad cooling system inside the pig house (P2), the front end of the air pollution prevention and control facilities (P3) and the back end of the air pollution prevention and control facilities (P4) during the empty house and pigs raising period. The results show that ambient temperature (AT) and temperature-humidity index (THI) of P1 was significantly higher than empty house under the condition of automatic control of the fan operating power (FOP). However, there is no difference of the AT, relative humidity (RH) and THI in the pig house when the FOP is adjusted between 40-100%, but the ventilation volume decreased with the increase of FOP ($P < 0.05$). Regardless of automatic or manual adjustment of FOP, both of the air quality indexes (AQI) in the pig house are between good and normal. The average AT outside the pig house during the grower stage and finisher stage of the pigs are about 31°C and 34°C, respectively. The RH inside the pig house is 30-45% higher than that outside the pig house ($P < 0.05$), and the temperature is significantly lower 4-6°C, THI between 30-35 is also lower than outside the pig house ($P < 0.05$), while the AQI inside the pig house is between 42-77. The ammonia concentrations in P3 and P4 during the pig grower stage were 3.66 and 0.39 ppm, and 4.86 and 0.70 ppm in the finisher stage, respectively. The measure point of P4 significantly reduces the ammonia concentration about 89% and 85% compared to P3 in grower stage and finisher stage ($P < 0.05$). It shows that the installation of air pollution prevention facilities between P3 and P4 does play a role in improving ammonia emissions. In conclusion, the application of a wet-pad cooling system to a pig house can improve the microclimate and air quality of pig houses in hot season, and improve the comfort of pigs.

Key words: Air quality, Grower-finisher pig, Pig house microclimate, Wet-pad cooling system pig house.

(1) Contribution No. 2749 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw.

抗脂肪酶 IgY 之生產與小鼠減重研究⁽¹⁾

劉振發⁽²⁾ 曲鳳翔⁽²⁾ 陳立人⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 9 月 22 日；接受日期：112 年 5 月 31 日

摘 要

本研究旨在探討抗脂肪分解酶特異性免疫蛋黃抗體 (anti-lipase IgY) 對小鼠體重控制功效的評估。抗體的生產是利用豬脂肪分解酶為抗原，對 6 隻來亨蛋雞進行免疫注射，並以酵素結合免疫吸附分析法 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) 方式進行免疫蛋抗體含量的分析。結果顯示，雞蛋中 anti-lipase IgY 的特異性抗體含量於雞隻免疫接種後第 3 週開始上升；自第 3 週到第 20 週，平均每個蛋黃中之總 Ig Y 含量與 anti-lipase IgY 特異性抗體含量分別為 143.8 ± 18.0 mg/yolk 與 $7.6 \text{ mg} \pm 0.4$ mg/yolk。以小鼠為動物模式進行 anti-lipase IgY 對體重控制的試驗評估，結果顯示每日餵飼 4 mg 之 anti-lipase IgY 對於以高脂飼料誘發肥胖的小鼠具有控制體重增加的效果。因此 anti-lipase IgY 未來或許可具有應用作為食品添加物之潛力，透過抑制胰臟分泌的 lipase 在腸道的作用，減少脂肪的吸收達到控制體重的功效。

關鍵詞：蛋黃免疫球蛋白、脂肪分解酶、體重控制。

緒 言

雞蛋是具有高蛋白質含量及重要營養成分的民生必需食品。此外，雞蛋也是目前應用廣泛的多功能性生物製劑原料之一。雞蛋組成包括三個部分：蛋黃、蛋白及蛋殼，其中蛋黃是應用最廣的部分。蛋黃占整顆雞蛋重量約 31%，其主要成分為 51% 水分、16% 蛋白質、30.5% 脂質和其他次要組成物，而蛋白質主要分布在卵黃粒 (yolk granule) 和卵黃漿 (yolk plasma)(Miranda *et al.*, 2015)。在 yolk granule 包含卵黃高磷蛋白 (phosvitin)、 α -卵黃低脂磷蛋白 (α -lipovitellins) 與 β -卵黃低脂磷蛋白 (β -lipovitellins) 和脂溶性低密度脂蛋白 (low-density lipoproteins)；而在 yolk plasma 之蛋白質包含 α -、 β - 及 γ -卵黃蛋白 (livetins) 等三種水溶性脂蛋白 (lipoproteins)，其中 γ -livetins 經分析後發現是一種 IgG-like 的免疫球蛋白 (Polson and Von Wechmar, 1980)，因為是從蛋黃中發現，因而目前多被稱為蛋黃抗體 (immunoglobulin in the yolk, IgY)。

雞蛋中的免疫球蛋白包含有 IgA、IgM 及 IgY 三種，它的來源是在產卵過程中由母雞的血液中轉移而來，IgA、IgM 會存在蛋白中，而 IgY 則會移行到蛋黃部分。蛋黃中的 IgY 和哺乳動物血液中 IgG 的來源和免疫功能相似。IgY 是從鳥類 (包括家禽) 血液中的 IgG 運輸到蛋中並累積在蛋黃部分，這個過程作用就如同哺乳動物之 IgG，主要由母親透過胎盤轉移至胎兒提供其被動免疫，使胎兒具有基本的病菌防衛系統 (Klemperer, 1993)。

家禽之蛋黃中含有來自母禽免疫產生之抗體是在多年前就為人所發現 (Klemperer, 1993)。雞隻如果以傳統免疫法免疫，每隻雞每個月約可生產 1,500 mg 的 IgY，其中 2 – 10% 是具特異性之抗體 (Schade *et al.*, 1994)。另外，利用雞蛋生產抗體除了具有不必犧牲動物的好處外，更由於人類與禽類之遺傳距離遠，人類蛋白質在家禽較易引起免疫反應 (Gassmann *et al.*, 1990)；而且雞蛋 IgY 的純化步驟也已被建立 (Akita and Nakai, 1993)。由於上述多項優點，利用禽蛋生產抗體漸受重視，曾有人利用 IgY 方式生產抗體，對抗大腸桿菌 (Amaral *et al.*, 2002; Owusu-Asiedu *et al.*, 2003)、沙門氏桿菌 (Lee *et al.*, 2002)、牛冠狀病毒 (Ikemori *et al.*, 1997)、狂犬病毒 (Sun *et al.*, 2001) 或輪狀病毒 (Sarker *et al.*, 2001) 皆可獲得 IgY 抗體，減輕病原之影響。

現今大眾因飲食習慣的改變，導致肥胖現象日益增加。肥胖症經常伴隨高血壓、高血脂症、糖尿病、冠心病、腦中風、骨性關節炎、膽結石等慢性疾病 (Borgstrom, 1988; Leonhardt *et al.*, 1999)，所以降低肥胖是防治上述疾病的基礎。然而，肥胖是因為飲食中攝入過多的能量，長期堆積在脂肪組織而改變身體成分的組成，造成體重過重的情

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2750 號。

(2) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。

(3) 通訊作者，E-mail: rchen131@gmail.com。

形。因此，改變日常飲食習慣，均衡膳食降低能量的攝取，是對抗肥胖重要原則 (Hill *et al.*, 2000)。在日常飲食中脂肪的攝取對於形成肥胖的影響遠大於碳水化合物化合物的攝取；因此，如何少飲食中脂肪組成的消化和吸收是防治肥胖症的關鍵。

食物中的脂肪組成並不是直接在小腸就能被吸收，它必須先經過胰臟所分泌的脂肪分解酶 (pancreatic lipase) 的作用後，才能由小腸絨毛吸收利用。因此要克服因攝入過多的脂肪而發生肥胖的問題，首要之務就是阻止食物中的脂肪組成被小腸絨毛吸收利用 (Ballinger and Peikin, 2002)，而要阻止食物中脂肪組成不被小腸吸收的關鍵，就是要能抑制脂肪分解酶的作用，如此就可以達到體重控制的目的 (Gargouri *et al.*, 1997)。故本研究之目的乃嚐試利用豬脂肪分解酶 (lipase) 為抗原，對產蛋母雞進行免疫接種，藉以生產具有抗胰臟所分泌的脂肪分解酶功用之 IgY 抗體，並以小鼠為動物模式進行評估是否具抑制 (或) 減緩脂肪吸收而達到體重控制之功效。

材料與方法

I. 試驗動物

本試驗使用 23 週齡的白色單冠來亨蛋雞 6 隻，作為抗原免疫刺激及生產特異性抗體收集之來源。另外，使用 10 – 12 週齡之雄性 ICR 品系小鼠 (購自 BioLASCO; I-Lan, Taiwan) 20 隻，以進行特異性抗體功效測試用。本實驗之實驗動物使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所實驗動物管理小組以畜試動字 97003 號申請核准在案。

II. 抗原免疫濃度調整

選用豬脂肪分解酶 (Lipase from porcine pancreas; Type II; sigma Cat. No.L3126) 做為本次試驗的免疫抗原，抗原免疫濃度調整先以牛血清白蛋白 (bovine serum albumin, BSA; Sigma Cat. No. A7906) 做標準曲線稀釋濃度成 5 mg/mL、2.5 mg/mL、1.25 mg/mL、0.625 mg/mL、0.3125 mg/mL 及 0.156 mg/mL。將抗原濃度調整為 200 mg/mL 做為免疫注射用。

III. 雞隻抗原免疫

免疫注射時，將抗原與弗氏完全佐劑 (Freund,s complete adjuvant) 以 1：1 比例調配成乳化狀液，對母雞行注射。每隻母雞於左右胸部肌肉各注射 0.5 mL 進行免疫，第 4 週起每隔 2 週進行補強免疫注射時，改用弗氏不完全佐劑 (Freund,s incomplete adjuvant)，整個免疫流程約歷時 12 週。

IV. 免疫蛋收集、蛋黃分離及冷凍乾燥

自免疫注射前一週開始收蛋 (控制組)，以每隻雞為單位，將其每週所生之免疫蛋收集，進行蛋黃與蛋白分離，收取蛋黃部分。並將每週第 3 天所生產的免疫蛋分離的蛋黃，個別進行冷凍乾燥，分析專一性抗體力價，以了解在整個免疫的過程中雞隻的免疫反應情形。其餘天數所收取之蛋黃予以混合，存放於 -20℃ 備用，每週皆以相同的方式進行，持續收蛋到最後一次免疫完成後的第 6 週。

V. 蛋黃中 IgY 抗體的分離與純化

以水溶液分離法 (Akita and Nakai, 1992) 進行蛋黃中 IgY 抗體分離與純化。取經過冷凍乾燥後的蛋黃粉 15 g，以 20 倍 (300 mL) 去離子水溶解；及未經冷凍乾燥的蛋黃 30 g，以 10 倍 (300 mL) 去離子水溶解，變成蛋黃液後調整 pH 至 5.0，隔夜再 pH 由 5.0 調至 7.0，離心 (700 × g，40 分鐘，4℃)，取上清液以濾紙過濾，最後的過濾液為 water soluble fraction (WSF)，即 IgY 抗體。

VI. IgY 抗體力價分析

以商業套組進行 ELISA (Abcam ELISA Kits; UK) 進行 IgY 抗體力價的分析，分析步驟如下：

(i) 第 1 天：

- A. 在 96 孔反應盤中之樣品 (IgY 抗體) 分析反應小孔中加入 100 μL 之抗原 (lipase, 10 μg/mL)，進行抗原的塗抹 (coating)。
- B. 在標準曲線的反應小孔加入 100 μL 的 rabbit anti-chicken IgY (10 μg/mL) (Sigma Cat # C2288)，置於冰箱中 (4℃) 作用至次日。

(ii) 第 2 天：

- A. 將蛋黃粉做 20 倍稀釋成蛋黃液 (0.5 g 蛋黃粉加入 10 mL 去離子水置於 15 mL 離心管中震盪混勻)，冷凍備用。

B. 將第 1 天製備的 96 孔反應盤從冰箱中取出，用磷酸緩衝溶液 (phosphate buffer saline, PBS; HyClone, Cat # SH30256.01) 沖洗 3 次，再於每小孔中加入 200 μ L 的 2% BSA 後，置於冰箱中 (4°C) 作用至次日。

(iii) 第 3 天：

A. 在標準曲線反應小孔部分，每小孔分別加入 100 μ L 不同濃度 (0.5、0.25、0.125、0.06、0.03、0.015 μ g/mL) 的 1 級抗體 [rabbit anti-Chicken IgY (H+L); Invitrogen, Cat # LS-C204071]。

B. 在樣品分析小孔部分，將第 2 天已製備完成的 20 倍稀釋之蛋黃液，再稀釋 100 倍後於每個檢測小孔加入 100 μ L 後，置於冰箱 (4°C) 作用至次日。

(iv) 第 4 天：

A. 取出 96 孔反應盤，使用含有 0.05% tween 20 的 PBS 溶液沖洗 3 次，再以 PBS 溶液沖洗 1 次以去除泡沫。

B. 隨後於每個檢測小孔加 2 級抗體 (alkaline phosphate-conjugated rabbit anti-chicken IgY; Sigma, Cat # SA1-9514) 100 μ L，置於 37°C 作用 2 小時。

C. 2 小時之後以含有 0.05% tween 20 的 PBS 溶液沖洗 3 次，再以 PBS 溶液沖洗 1 次以去除泡沫後移除 PBS 溶液。

D. 最後加入 100 μ L 的呈色劑 (disodium p-nitrophenyl phosphate; Sigma-Aldrich, Cat. No. N9389) 反應 8 – 10 分鐘，利用 microplate reader (Multiskan MS; Thermo Labsystems) 以波長 405 nm 進行吸光值測量。

VII 蛋黃 IgY 抗體含量換算

一般雞蛋重約 60 g，蛋黃占整顆雞蛋重量約 31% (18.6 g)，故本實驗每顆雞蛋的蛋黃是以 18.6 g 為其重量。每顆蛋黃 IgY 抗體含量換算方式為：IgY 抗體含量 (g)/mL \times 18.6 = 每顆蛋黃 IgY 抗體含量 (g)。

VIII 專一性抗體體重控制評估測試 IgY 抗體

(i) 小鼠飼養管理

10 – 12 週齡之雄性 ICR 品系小鼠 20 隻飼養在溫度維持 22 – 24°C、溼度維持 50 – 60%、光照週期為 12 小時光照與 12 小時黑暗 (光照持續時間 07:00 – 19:00) 的鼠房中，飼養期間飼料與飲水採任食。

(ii) 試驗流程與分組

試驗期間約 7 週，分為適應期 (1 週)、誘發期 (3 週) 和測試期 (3 週) 等三階段。適應期：試驗前所小有鼠先於鼠房中飼養 1 週，使其適應環境。誘發期時，將小鼠進行隨機分組，各組間平均體重無顯著差異為原則，分為 1 組餵食正常飼料 (Laboratory rodent diet/MF18, fat: 18%, Oriental Yeast, Tokyo, Japan) 之對照組 (control group, C)，與 3 組餵食高熱量飼料 (TestDiet®, DIO rodent diet purified w/60% Energy From Fat-Blue/58Y1, fat: 34.9%, Tokyo, Japan) 之高熱量組 (high energy group, HE)，共分為 4 組 (5 隻/組/cage)；期間每週測量體重 2 次，確定 HE 組之體重顯著高於 C 組後 ($P < 0.05$) 即可進入測試期。測試期時 C 組持續以正常飼料飼養，HE 組持續餵食高熱量飼料再依照 IgY 有無投予及投予劑量之高低分為 HE (-) 組 (不投與 IgY，灌食 PBS)、HE (1X) 組 (IgY 灌食 2 mg) 及 HE (2X) 組 (IgY 灌食 4 mg) 等三組，每組 5 隻。每天以胃管灌食 IgY 1 次，每天記錄消耗的飼料總量，每隻小鼠每週進行 2 次的體重測量，持續 3 週。各試驗結束後，以過量的乙醚麻醉方式進行小鼠犧牲後解剖，採集副睪週圍脂肪組織並稱重。相關流程如下：

1 週	3 週	3 週	犧牲動物
適應期 正常飼料	誘發期 C 組：正常飼料 HE (-) 組：高熱量飼料 HE (1X) 組：高熱量飼料 HE (2X) 組：高熱量飼料	試驗期 C 組：正常飼料 HE (-) 組：高熱量飼料，不投與 anti-lipase IgY，灌食 PBS HE (1X) 組：高熱量飼料，灌食 2 mg 之 anti-lipase IgY HE (2X) 組：高熱量飼料，灌食 4 mg 之 anti-lipase IgY	

IX. 統計分析

試驗所得數據以分析系統套裝程式 (SAS, Version 9.1, 2004) 分析，使用一般線性模式 (General Linear Model, GLM) 及鄧肯式多變異法 (Duncan's multiple range test) 分析比較各處理組間的差異顯著性 ($P < 0.05$)。

結果與討論

I. 專一性 IgY 抗體生產

蛋黃中所累積之 IgY 是源自母鳥 (包括家禽) 血液中的 IgG 使雛鳥具有基本的防衛系統 (Klemperer, 1993)。因此, 如同目前生產抗體的雞隻一樣, 當給予家禽特定抗原進行免疫刺激, 即可產生對應抗原之特異性抗體儲存於蛋黃中 (Leslie and Clem, 1969)。本研究以 lipase 做為抗原, 對白色來亨蛋雞進行免疫注射以生產 anti-lipase IgY。抗原劑量是根據大部分 IgY 文獻所使用的劑量進行免疫 (Hatta *et al.*, 1993; Yoshinori and Jennifer, 2002), 由於目前絕大部分應用於 IgY 的免疫抗原都是哺乳類腸胃道的細菌性病源 (Hatta *et al.*, 1993; Bizhanov and Vyshniauskis, 2000), 其抗原劑量使用也多為 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 以下。因此 lipase 濃度亦採用 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 進行免疫, 實驗結果顯示, 免疫期間蛋黃中的總 IgY 含量與 anti-lipase IgY 含量變化如圖 1 及圖 2 所示, 平均總 IgY 含量與 anti-lipase IgY 含量分別為 $7.7 \pm 1.2 \text{ mg}/\text{mL WSF}$ 及 $409.3 \pm 16.7 \mu\text{g}/\text{mL WSF}$, 換算成每顆蛋黃平均總 IgY 含量與 anti-lipase IgY 含量分別為 $143.8 \pm 18.0 \text{ mg}/\text{yolk}$ 與 $7.6 \pm 0.4 \text{ mg}/\text{yolk}$ 。Schade *et al.* (1994) 指出隻雞以傳統的免疫方法, 每隻雞每個月約可生產 1,500 mg 的 IgY, 其中 2 – 10% 為具特異性的抗體。本研究免疫後特異性的 anti-lipase IgY 含量約占總 IgY 的 5.08%。Sunwoo *et al.* (2002) 利用大腸桿菌 O157:H7 菌株為抗原, 對產蛋雞進行免疫研究中分析總 IgY 含量為 12.58 $\text{mg}/\text{mL WSF}$, 其結果與本研究測得之總 IgY 含量高許多。有文獻指出蛋黃中總 IgY 的含量, 會因分離方法及分析方法的不同而有所差異 (1 – 25 $\text{mg}/\text{mL WSF}$) (Rose *et al.*, 1974; Shimizu *et al.*, 1988; Li-chan *et al.*, 1998)。

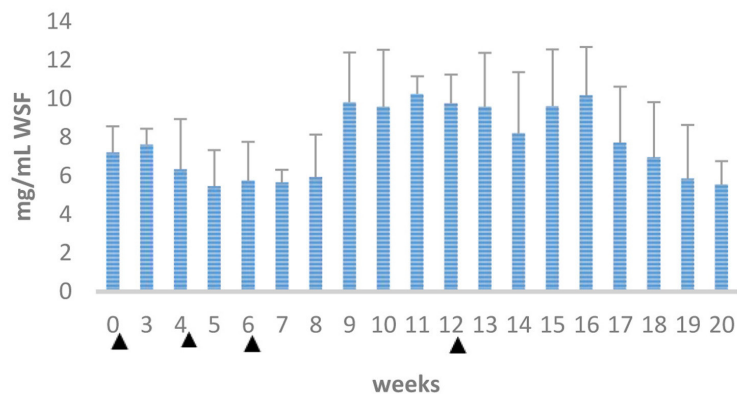


圖 1. 試驗期間蛋黃中總 IgY 的含量 ($\text{mg}/\text{mL WSF}$)。

Fig. 1. The content ($\text{mg}/\text{mL WSF}$) of total IgY per egg yolk during the immunization period.

Values are shown as average data from eggs in the same week for all experimental chickens. Vertical bars indicate the standard deviation.

▲ Time of antigen immunization.

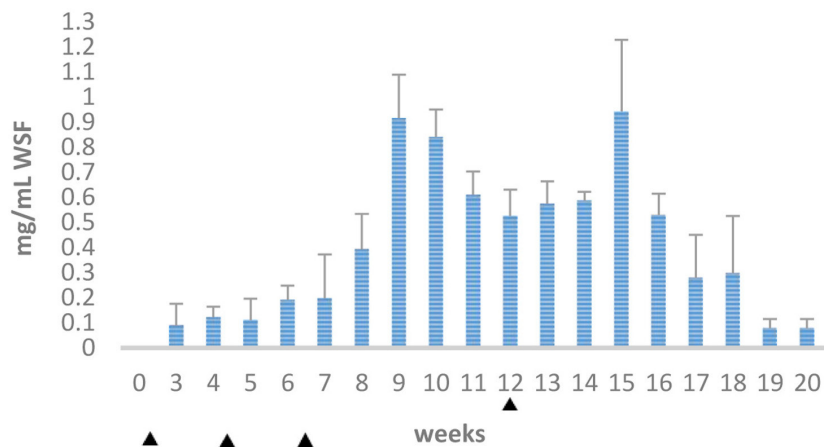


圖 2. 試驗期間每個蛋黃中 anti-lipase IgY 的含量。

Fig. 2. The content of anti-lipase IgY per egg yolk during the immunization period.

Values are shown as average data from eggs in the same week for all experimental chickens. Vertical bars indicate the standard deviation.

▲ Time of antigen immunization.

由圖 2 可知, 蛋黃中 anti-lipase IgY 的特異性抗體含量, 在免疫後第 3 週起開始上升, 且分別於第 9 週

(915 $\mu\text{g/mL}$) 週和第 15 週 (941 $\mu\text{g/mL}$) 出現二個高峰，整個免疫期間以第 9 週至 16 週為 anti-lipase IgY 含量較高的時期，平均每顆蛋黃可生產約 10 mg 的 anti-lipase IgY。雞隻免疫後特异性 IgY 抗體的產量在不同品種間因其遺傳背景差異，對相同的抗原免疫後，會呈現出不同的免疫反應 (Amaral *et al.*, 2002)。在家禽的免疫反應除了品種間的差異外，抗原的種類和型式亦有很大影響，不同的抗原有其不同的抗原決定位 (epitope)，因此引起的免疫反應也不同 (Yokoyama *et al.*, 1992)。

II. Anti-lipase IgY 對小鼠體重控制之功效

為了確認 anti-lipase IgY 的功效，本研究使用商用的高熱量飼料 (TestDiet®, DIO rodent diet purified w/60% Energy From Fat-Blue/58Y1, fat: 34.9%, Tokyo, Japan) 餵飼進行小鼠肥胖的誘導，再進行 anti-lipase IgY 對體重控制的功效測試。此種高熱量飼料是許多進行肥胖或體重控制研究時，常被選用作為誘發小鼠或大鼠等齧齒類實驗動物肥胖的飼料 (Gelineau *et al.*, 2017; Jingang *et al.*, 2022)。

在實驗期間體重增加情形，如圖 3 所示，在 3 個以高熱量飼料餵食的實驗組，體重均呈現穩定上升，經過 2 週後體重顯著高於餵食正常飼料的對照組 ($P < 0.05$)。於第 18 天開始進行 anti-lipase IgY 灌食，可發現在 HE (2X) 組 (灌食 4 mg) 的體重增加明顯趨於緩和，HE (1X) 組 (灌食 2 mg) 體重增加的速度是在灌食後 1 週才有減緩的趨勢，HE (-) 組 (灌食 PBS) 仍呈現穩定上升的趨勢。從開始高熱量飼料 (第 0 天) 期間，於第 18 天開始灌食 anti-lipase IgY，到試驗結束 (第 44 天)，體重增加比例、飼料的攝取量及飼料效率如表 1 所示，在體重增加比例分別為 HE (2X) 組 $25.0 \pm 0.79\%$ 、HE (1X) 組 $31.6 \pm 0.26\%$ 、HE (-) 組 $32.5 \pm 0.92\%$ 和對照組 $19.9 \pm 0.58\%$ 。另外，在每日飼料攝取量與飼料效率又分別為 HE (2X) 組 $3.3 \pm 0.14 \text{ g}$ 與 2.9 ± 0.28 、HE (1X) 組 $3.3 \pm 0.15 \text{ g}$ 與 7.0 ± 0.37 、HE (-) 組 $3.5 \pm 0.12 \text{ g}$ 與 7.1 ± 0.41 和對照組 $5.5 \pm 0.18 \text{ g}$ 與 $2.2 \pm 0.12 \text{ g}$ 。結果顯示每日額外補充 anti-lipase IgY 4 mg，對於餵食高熱量飼料小鼠具有顯著的體重控制效果 ($P < 0.05$)。

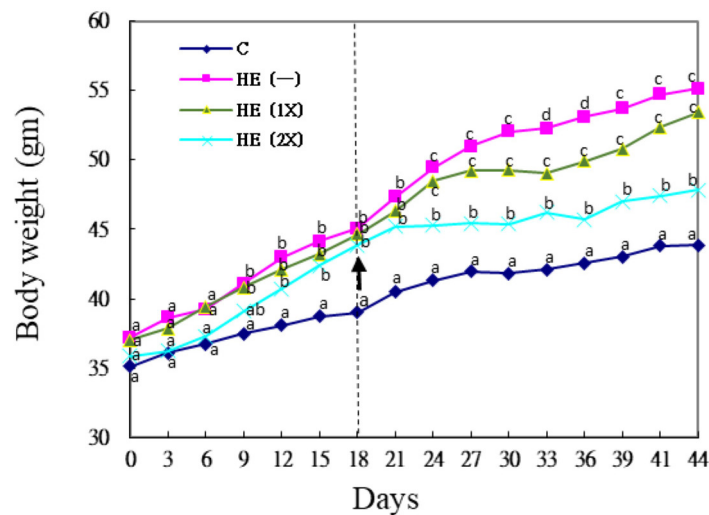


圖 3. 添加 anti-lipase IgY 對高能量飲食小鼠體重控制的功效。

Fig. 3. Effects of anti-lipase IgY supplement on body weight control in mice fed a high energy diet.

C: laboratory rodent diet, HE (-): high energy diet + anti-lipase IgY (2 mg), HE (1X): high energy diet + anti-lipase IgY (2 mg), HE (2X): high energy diet + anti-lipase IgY (4 mg). Among different groups, different lowercase superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

↑: anti-Lipase IgY supplement started on day 18.

在本研究中，使用高熱量飼料 (含 34.9% 油脂) 餵飼小鼠。試驗組在高脂飲食下飼養 6 週小鼠體重與飼料效率均顯著高於對照組。另外，於試驗組中額外給予 anti-lipase IgY 4 mg 有抑制體重增加功效，其體重與飼料效率顯著 ($P < 0.05$) 低於其他 2 個試驗組 (HE (1X) 組與 HE (-) 組)。且此結果並不是因為減少飼料量的攝取，在 3 個不同試驗組飼料攝取量沒有顯著 ($P < 0.05$) 差異 (表 1)。

膳食中所攝取的脂肪並不會直接被身體吸收利用，脂肪必須經過脂肪酶作用後才能被吸收利用。胰脂肪酶為體內最主要的脂肪水解酶，是脂肪在消化道能被吸收的關鍵酵素 (Hanl *et al.*, 2005)。與膳食碳水化合物相比，膳食脂肪對於誘發肥胖體重增加更為顯著 (Portillo *et al.*, 1999; Hanl *et al.*, 2021)。因此，要克服因攝入過多的脂肪而發生肥胖的問題，首要之務就是阻止食物中的脂肪組成不被小腸絨毛吸收利用 (Ballinger and Peikin, 2002)，而要阻止脂肪組成不被小腸吸收，關鍵就是要能有效且具專一性抑制脂肪分解酶的作用，如此就可以達到體重

控制的目的 (Gargouri *et al.*, 1997)。本研究於 3 組餵食高能量飼料的試驗組其飼料量的攝取量並沒有差異，但額外給予 4 mg anti-lipase IgY，其體重與飼料效率顯著低於其他 2 個試驗組 (HE (1X) 組與 HE (-) 組)。推測此結果應是額外補充 4 mg anti-lipase IgY 組對小鼠消化道內的脂肪分解酶產生了抑制作用，減少飼料中脂肪組成在消化過程中被分解吸收，而達到體重控制的效果。另外，在補充 2 mg anti-lipase IgY 組的體重控制效果並不明顯僅在後期 (第 30 天) 觀察到體重與沒有餵食 anti-lipase IgY 組有減緩的趨勢但不顯著。從細胞生物學觀點，肥胖的表徵是指脂肪組織中脂肪細胞，從無脂質的成纖維—前脂肪細胞 (fibroblastic pre-adipocytes) 分化變成堆積大量脂質且體積變大變圓的脂肪細胞 (Woo *et al.*, 2009)。另亦有研究指出小鼠以高脂飼料誘發肥胖，脂肪組織內的脂肪細胞會變大為其主要特徵 (Sakai *et al.*, 2007)。本研究於試驗結束後將小鼠犧牲取出副睪周圍的脂肪組織進行秤重及顯微鏡觀察亦發現脂肪細胞直徑變大 (表 2，圖 4)。結果如同上述體重觀察的情形，在 3 組餵食高能量飼料之試驗組的副睪周圍脂肪組織重量與脂肪細胞大小均顯著高於餵食正常飼料的對照組 ($P < 0.05$)。在試驗組部分亦是以 HE (2X) 組顯著低於其他 2 個試驗組 HE (1X) 組與 HE (-) 組。

表 1. 餵飼不同飼料對小鼠的飼料效率與體重增加之影響

Table 1. Feed efficiency and body weight gain in mice fed different diets

Items	Laboratory pellet chow ¹ (Control)	High-energy diet ²		
		PBS	anti-lipase IgY 2 mg	anti-lipase IgY 4 mg
Initial body weight (g)	35.1 ± 0.31 ^a	37.2 ± 0.26 ^a	37.0 ± 0.14 ^a	35.9 ± 0.38 ^a
Final body weight (g)	43.9 ± 0.87 ^a	55.1 ± 1.04 ^c	54.1 ± 0.26 ^c	47.9 ± 0.68 ^b
Body Weight Gain (g)	8.8 ± 0.25 ^a	17.9 ± 0.61 ^c	17.1 ± 0.26 ^c	12.0 ± 0.54 ^b
Body Weight Gain (%)	19.9 ± 0.58 ^a	32.5 ± 0.92 ^c	31.6 ± 0.26 ^c	25.0 ± 0.79 ^b
Food intake (g/day)	5.5 ± 0.18 ^a	3.5 ± 0.12 ^b	3.3 ± 0.15 ^b	3.3 ± 0.14 ^b
Food efficiency ratio	2.2 ± 0.12 ^a	7.1 ± 0.41 ^b	7.0 ± 0.37 ^b	2.9 ± 0.28 ^a

¹ Laboratory rodent diet/MF18 (fat: 18%) (Oriental Yeast, Tokyo, Japan).

² High-energy diet: DIO rodent diet purified w/60% Energy From Fat-Blue/58Y1 (fat: 34.9%) (TestDiet®, Tokyo, Japan).

^{a, b, c} Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

表 2. 不同飼料餵養小鼠的脂肪細胞直徑和脂肪組織 (副睪) 重量

Table 2. The diameter of adipocyte and the weight of adipose tissue (epididymal) in mice fed with different diets

Diet	Weight of adipose tissue (g)	Adipocyte diameter (μm)
Laboratory pellet chow ¹ (Control)	1.3 ± 0.33 ^a	71.6 ± 3.52 ^a
High-energy diet ² + anti-lipase IgY 4 mg	2.8 ± 0.56 ^b	81.7 ± 5.55 ^b
High-energy diet + anti-lipase IgY 2 mg	3.8 ± 0.51 ^c	103.5 ± 4.4 ^c
High-fat diet + PBS	4.1 ± 0.83 ^c	112.2 ± 4.91 ^c

¹ Laboratory rodent diet/MF18 (fat: 18%) (Oriental Yeast, Tokyo, Japan).

² High-energy diet: DIO rodent diet purified w/60% Energy From Fat-Blue/58Y1 (fat: 34.9%) (TestDiet®, Tokyo, Japan).

^{a, b, c} Values in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

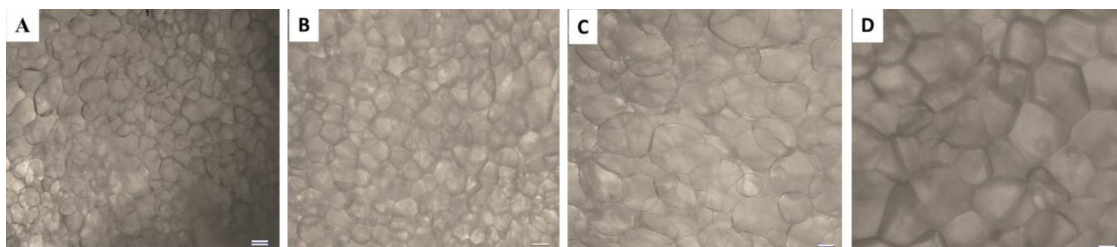


圖 4. 不同飼料餵養小鼠的副睪脂肪組織細胞形態。(A) 正常飼料 (對照組)，(B) 高熱量飼料 + 4 mg anti-lipase IgY，(C) 高熱量飼料 + 2 mg anti-lipase IgY，(D) 高熱量飼料 + PBS。

Fig. 4. The morphology of epididymal adipocytes in mice fed with different diets. (A) Laboratory pellet chow (Control), (B) High-fat diet + 4 mg anti-lipase IgY, (C) High-fat diet + 2 mg anti-lipase IgY, and (D) High-fat diet + PBS. Scale bar = 50 μm.

有研究指出利用高脂肪飼料餵飼進行誘發肥胖會增加大鼠 (Lee *et al.*, 2006) 和小鼠 (Jung *et al.*, 2008) 附睾周圍脂肪組織細胞的直徑和重量。Woo *et al.* (2009) 在利用添加岩藻黃素 (fucoxanthin) 對肥胖小鼠的研究中, 指出體重與內臟脂肪重量之間是呈現正相關 (副睪脂肪: $r = 0.684$, $P < 0.01$, 腎週脂肪: $r = 0.840$, $P < 0.01$)。飲食中攝入的脂質會先經過脂肪分解酶水解, 以三酸甘油酯的形式儲存白色脂肪組織 (white adipose tissue, WAT) (Gesta *et al.*, 2007)。副睪周圍的脂肪組織亦屬 WAT 的一部分, 在本研究額外補充 4 mg anti-lipase IgY 對餵食高熱量飼料之小鼠副睪周圍的脂肪組織重量與脂肪細胞直徑有顯著 ($P < 0.05$) 的減少。此結果再次說明飼糧中添加 4 mg anti-lipase IgY 對小鼠體重的控制效果, 是透過抑制消化過程中脂肪分解酶的作用所致。

羅氏鮮 (Orlistat) 是一種合成的脂肪酶抑制劑, 主要是透過抑制小腸對脂肪的吸收達到減肥的效果 (Ballinger and Peikin; 2002)。在臨床上服用羅氏鮮常會有引起胃腸道不良反應的副作用, 如油便、腹瀉、膽結石和膽汁淤積性肝炎 (Filippatos *et al.*, 2008)。本研究小鼠飼糧中添加 anti-lipase IgY 雖未進行相關副作用的探討, 但是在進行墊料更換時於餵飼高能量飼料的試驗組不論有無額外補充 anti-lipase IgY 均有觀察到油便的現象, 但無下痢的情形; 於餵食正常飼料的對照組則無油便與下痢情形。Moreno *et al.* (2006), 指出飼糧中添加源自花生殼 (peanuts shell) 萃取之抑制胰脂肪分解酶的萃取物 (shell extracts; PSE) 有顯著增加餵食高脂飼糧大鼠糞便脂質含量。另外, Desmarchelier *et al.* (2012) 亦指出, 給予小鼠餵食含有高脂肪的西方飲食, 除了體重會上升外, 亦會顯著增加糞便中油脂的含量。以上說明攝取含高量脂質的飼料會增加糞便中脂質的含量, 若同時再額外補充具抑制脂肪分解酶的物質, 可抑制消化過程中脂肪分解酶的作用, 降低消化道對脂質吸收, 致使糞便中脂質含量更明提升。但是提高具抑制脂肪分解酶的物質補充, 是否會導致誘發下痢有待進一步探討。

結 論

以本研究之雞隻免疫計畫利用 IgY 免疫技術進行 anti-lipase IgY 特異性抗體生產, 於第 9 – 16 週的期間收集免疫蛋可得到較高含量的 anti-Lipase IgY 專一性抗體。經以小鼠的動物模式測試, 證實本研究所生產 anti-lipase IgY 抗體具有抑制消化道中脂肪分解酶功效達到體重控制的效果, 是具有開發為減重之健康產品的潛力。

參考文獻

- Akita, E. M. and S. Nakai. 1993. Comparison of four purification methods for the production of immunoglobulins from eggs laid by hens immunized with an enterotoxigenic *E. coli* strain. *J. Immunol. Methods* 60: 207-214.
- Amaral, J. A., T. D. E. Franco, M., M. M. Carneiro-Sampaio, and S. B. Carbonare. 2002. Anti-enteropathogenic *Escherichia coli* immunoglobulin Y isolated from eggs laid by immunized leghorn chickens. *Res. Vet. Sci.* 72: 229-234.
- Ballinger, A. and S. R. Peikin. 2002. Orlistat: its current status as an anti-obesity drug. *Eur. J. Pharmacol.* 440: 109-117.
- Bizhanov, G. and G. Vyshniauskis. 2000. A comparison of three methods for extracting IgY from the egg yolk of hens immunized with Sendai virus. *Vet. Res. Commun.* 24: 103-113.
- Borgstrom, B. 1988. Mode of action of tetrahydrolipstatin: a derivative of the naturally occurring lipase inhibitor lipstatin. *Biochim. Biophys. Acta.* 962: 308-316.
- Desmarchelier, C., C. Dahlhoff, S. Keller, M. Sailer, G. Jahreis, and H. Daniel. 2012. C57Bl/6 N mice on a western diet display reduced intestinal and hepatic cholesterol levels despite a plasma hypercholesterolemia. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-84>.
- Filippatos, T. D., C. S. Derdemezis, I. F. Gazi, E. S. Nakou, and D. P. Mikhailidis. 2008. Elisaf MS: Orlistat-associated adverse effects and drug interactions a critical review. *Drug Saf.* 31: 53-65.
- Gargouri, Y., S. Ransac, and R. Verger. 1997. Covalent inhibition of digestive lipases: an in vitro study. *Biochim. Biophys. Acta.* 1344: 6-37.
- Gassmann, M., P. Thommes, T. Weiser, and U. Hubscher. 1990. Efficient production of chicken egg yolk antibodies against a conserved mammalian protein. *FASEB J.* 4: 2528-2532.
- Gelineau, R. R., N. L. Arruda, J. A. Hicks, I. M. de Pina, A. Hatzidis, and J. A. Seggio. 2017. The behavioral and physiological effects of high-fat diet and alcohol consumption: Sex differences in C57BL/6J mice. *Brain Behav.* 7: e00708.

- Gesta, S., Y. H. Tseng, and C. R. Kahn. 2007. Developmental origin of fat: tracking obesity to its source. *Cell* 131: 242-256.
- Han, L. K., Y. N. Zheng, M. Yoshikawa, H. Okuda, and Y. Kimura. 2005. Anti-obesity effects of chikusetsusaponins isolated from *Panax japonicus* rhizomes. *BMC Complement Altern. Med.* 5: 9.
- Han, L. K., Y. Kimura, M. Kawashima, T. Takaku, T. Taniyama, T. Hayashi, Y. N. Zheng, and H. Okuda. 2021. Anti-obesity effects in rodents of dietary teasaponin, a lipase inhibitor. *Int. J. Obes.* 26: 1459-1464.
- Hatta, H., K. Tsuda, S. Akachi, M. Kim, and T. Yamamoto. 1993. Productivity and some properties of egg yolk antibody (IgY) against human rotavirus compared with rabbit IgG. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 57: 450-454.
- Hill, J. O., E. L. Melanson, and H. T. Wyatt. 2000. Dietary fat intake and regulation of energy balance: implications for obesity. *J. Nutr.* 130 (2S, Suppl): 284-288.
- Ikemori, Y., M. Ohta, K. Umeda, F. C. J. Icatlo, M. Kuroki, H. Yokoyama, and Y. Kodama. 1997. Passive protection of neonatal calves against bovine coronavirus induced diarrhea by administration of egg yolk or colostrums antibody powder. *Vet. Microbiol.* 58: 105-111.
- Jingang, H., J. Byeongmin, B. Jongin, Y. Yeejin, K. Daeun, C. Boyoon, K. Sungyeon, and K. Sunchang. 2022. High fat diet-induced brain damaging effects through autophagy-mediated senescence, inflammation and apoptosis mitigated by ginsenoside F1-enhanced mixture. *J Ginseng Res.* 46: 79-90.
- Jung, U. J., N. I. Baek, H. G. Chung, M. H. Bang, T. S. Jeong, K. T. Lee, Y. J. Kang, M. K. Lee, H. J. Kim, J. Yeo, and M. S. Choi. 2008. Effects of the ethanol extract of the roots of *Brassica rapa* on glucose and lipid metabolism in C57BL/KsJ-db/db mice. *Clin. Nutr.* 27: 158-167.
- Klemperer, F. 1893. XV. Über natürliche Immunität und ihre Verwertung für die Immunisierungstherapie. In: Naunyn, B., Schmiedeberg, O. (Eds.).
- Lee, J. S., M. K. Lee, T. Y. Ha, S. H. Bok, H. M. Park, K. S. Jeong, M. N. Woo, G. M. Do, J. Y. Yeo, and M. S. Choi. 2006. Supplementation of whole persimmon leaf improves lipid profiles and suppresses body weight gain in rats fed high-fat diet. *Food Chem. Toxicol.* 44: 1875-1883.
- Lee, E. N., H. H. Sunwoo, K. Menninen, and J. S. Sim. 2002. In vitro studies of chicken egg yolk antibody (IgY) against *Salmonella enteritidis* and *Salmonella typhimurium*. *Poult Sci.* 81: 632-641.
- Leslie, G. A. and L. W. Clem. 1969. Phylogen of immunoglobulin structure and function. *Immunoglobulins of the chicken.* *J. Exp. Med.* 130: 1337-1352.
- Leonhardt, M., B. Hrupka, and W. Langhans. 1999. New approaches in the pharmacological treatment of obesity. *Eur. J. Nutr.* 38: 1-13.
- Li-Chan, E. C. Y., S. S. Ler, A. Kummer, and E. M. Akita. 1998. Isolation of lactoferrin by immunoaffinity chromatography using yolk antibodies. *J. Food Biochem.* 22: 179-195.
- Miranda, J. M., X. Anton, C. R. Valbuena, P. R. Saavedra, J. A. Rodriguez, A. Lamas, C. M. Franco, and A. Cepeda. 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients* 706-729.
- Moreno, D. A., N. Ilic, and A. Poulev. 2006. Raskin I: Effects of *Arachis hypogaea* nutshell extract on lipid metabolic enzymes and obesity parameters. *Life Sci.* 78: 2797-2803.
- Owusu-Asiedu, A., C. M. Nyachoti, and R. R. Marquardt. 2003. Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. *J. Anim. Sci.* 81: 1790-1798.
- Polson, A. and M. B. Von Wechmar. 1980. Isolation of viral IgY antibodies from yolks of immunized hens. *Immunol. Commun.* 9: 476-493.
- Portillo, M. P., E. Simon, M. A. Garcia-Calonge, and A. S. Del-Barrio. 1999. Effects of high-fat diet on lipolysis in isolated adipocytes from visceral and subcutaneous WAT. *Eur. J. Nutr.* 38: 177-182.
- Rose, M. E., E. Orlans, and N. Buttress. 1974. Immunoglobulin classes in the hen's egg their segregation in yolk & white. *Eur. J. Immunol.* 4: 521-523.
- Sakai, T., H. Sakaue, T. Nakamura, M. Okada, Y. Matsuki, E. Watanabe, R. Hiramatsu, K. Nakayama, K. I. Nakayama, and M. Kasuga. 2007. Skp2 controls adipocyte proliferation during the development of obesity. *J. Biol. Chem.* 3: 2038-2046.
- Sarker, S. A., T. H. Casswall, L. R. Juneja, E. Hoq, I. Hossain, G. J. Fuchs, and L. Hammarstrom. 2001. Randomized, placebo-controlled, clinical trial of hyperimmunized chicken egg yolk immunoglobulin in children with rotavirus diarrhea. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 32: 19-25.

- SAS Institute. 2004. SAS for Windows, version 9.1. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Schade, R., W. Bürger, T. Schöneberg, A. Schniering, C. Schwarzkopf, A. Hlinak, and H. Kobilke. 1994. Avian egg yolk antibodies. The egg laying capacity of hens following immunization with antigens of different kind and origin and the efficiency of egg yolk antibodies in comparison to mammalian antibodies. *Altex* 11: 75-84.
- Shimizu, M., R. C. Fitzsimmons, and S. Nakai. 1988. Anti-E. coli immunoglobulin Y isolated from egg yolk of immunized chickens as a potential food ingredient. *J. Food Sci.* 53: 1360-1366.
- Sun, S., Mo, W., Y. Ji, and S. Liu, 2001. Preparation and mass spectrometric study of egg yolk antibody (IgY) against rabies virus. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 15: 708-712.
- Sunwoo, H. H., E. N. Lee, K. Menninen, M. R. Suresh, and J. S. Sim. 2002. Growth inhibitory effect of chicken egg yolk antibody (IgY) on O157:H7. *J. Food Sci.* 67: 1486-1494.
- Woo, M. N., S. M. Jeon¹, Y. C. Shin, M. K. Lee, M. A. Kang, and M. S. Choi. 2009. Anti-obese property of fucoxanthin is partly mediated by altering lipid-regulating enzymes and uncoupling proteins of visceral adipose tissue in mice. *Mol. Nutr. Food Res.* 53: 1603-1611.
- Yokoyama, H., R. C. Peralta, S. Sendo, Y. Ikemori, and Y. Kodama. 1993. Detection of passage and absorption of chicken egg yolk immunoglobulins in the gastrointestinal tract of pigs by use of enzyme-linked immunosorbent assay and fluorescent antibody testing. *Am. J. Vet. Res.* 54: 867-872.
- Yokoyama, H., R. C. Peralta, R. Diaz, S. Sendo, and Y. Ikemori. 1992. Passive protective effect of chicken egg yolk immunoglobins against experimental enterotoxigenic *Escherichia coli* infection in neonatal piglets. *Infect. Immunol.* 60: 998-1007.
- Yoshinori, M. and K. Jennifer. 2002. Chicken egg yolk antibodies as therapeutics in enteric infectious disease: a review. *J. Med. Food.* 5: 159-169.

Production of anti-lipase IgY and study on weight loss of mice ⁽¹⁾

Jenn- Fa Liou ⁽²⁾ Fung-Hsiang Chu ⁽²⁾ and Lih-Ren Chen ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Sep. 22, 2022; Accepted: May. 31, 2023

Abstract

The objective of this study was to evaluate the body weight control efficiency of the immunoglobulin in chicken yolk (IgY) specifically against lipase. This antibody was raised by intramuscular immunization to 10 White Leghorn hens with lipase as antigen and the ELISA method was used to analyze the antibody content of the immunized egg. The titer of specific IgY against lipase increased from the third week after the first immunization. The content of total IgY was 143.8 ± 18 mg/yolk, with the average concentration of specific IgY of $7.6 \text{ mg} \pm 0.4 \text{ mg/yolk}$ in the eggs from 3 to 20 wks after immunization. The investigation on body weight control efficiency of specific IgY indicated that this anti-lipase IgY was able to prevent obesity induced by a high-fat diet in mice. Our results suggested that anti-lipase IgY may be a good candidate as a natural dietary supplement which reduces intestinal absorption of extra dietary fat by inhibiting pancreatic lipase activity.

Key words: IgY, Lipase, Body weight control.

(1) Contribution No. 2750 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: rchen131@gmail.com.

農業部畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

(民國 111 年 11 月修訂)

(民國 112 年 8 月修訂)

- I. 本刊為學術性刊物，刊載有關畜產科學原創性研究報告及學術性專題論著。
- II. 本刊為季刊，每年 3 月、6 月、9 月及 12 月底出版。
- III. 文稿之排列順序為標題、摘要、緒言、材料與方法 (學術性專題論著可略)、結果、討論 (結果與討論可合為一節)、結論 (可略)、誌謝 (可略) 及參考文獻。以中文撰寫者，須附英文摘要 (Abstract)，以英文撰寫者，則附中文摘要。中英文摘要以不超過五百字為原則，須列中英文相對應之 3 至 6 個關鍵詞。
- IV. 文稿書寫格式，主要參考 Journal of Animal Science：
 - (i) 文稿請用 Word 檔 A4 紙張格式，內文以 12 號字型繕打，中文採新細明體，英文採 Times New Roman，圖表置於內文之後。行距採用行距 1.5，版面設定中等邊界 (上下 2.54cm，左右 1.91cm)，並編碼連續行號。
 - (ii) 文字敘述之編號依序為 I、(i)、1、(1)、A、(a)。圖表以圖 1、表 1 等順序表示。中文稿件之圖表標題及圖說請中英並列，圖表內文字請以英文呈現。文字敘述用英文者，圖表中之文字僅用英文。
 - (iii) 本刊以黑白印刷為原則，圖表務求印刷後可清楚分辨標示，並請以電腦繪製，以利排版。
 - (iv) 單位及縮寫：
 1. 單位使用公制，習見之符號及縮寫不必另附中文。專門名詞無適當譯名者可從原文。
 2. 以下常用之縮寫可直接撰寫於本刊稿件不須另作定義：
 - (1) 長度：km、m、cm、mm、 μm 。
 - (2) 重量：kg、g、mg、 μg 。
 - (3) 體積：L、mL、 μL 。
 - (4) 時間：wk、d、h、min、s。
 - (5) 其他： $^{\circ}\text{C}$ 、pH、cal、rpm。
 - (v) 統計分析達顯著差異性請以 *、^a、^b、^c 等上標標示，並於表下方說明。
 - (vi) 參考文獻：
 1. 正文中須書出參考文獻之作者姓氏與年份：
 - (1) 西文文獻之作者僅一人者，書一人之姓如 (Johnson, 1991)；作者為二人者，書二人之姓如 (Johnson and Hobbs, 1991)；作者為三人或以上者，用第一人之姓後再書 *et al.* 如 (Johnson *et al.*, 1991)。
 - (2) 中文文獻之作者僅一人者，書一人之姓氏如 (趙, 1990)；作者為二人者，書二人之姓氏如 (趙及錢, 1990)；作者為三人或以上時，則於第一人姓氏後再加一等字如 (趙等, 1990)。
 2. 參考文獻列示以確經引用者為限，排列次序為作者、年份、題目、發表刊物名稱、卷數、頁數等依次書寫，例如：
 - (1) 期刊類
王政騰、朱慶誠。1991。土番鴨繫留、電昏、放血、燙毛等屠宰條件之探討。畜產研究 24：133-140。
胡怡浩、姜延年、陳銘正、潘金水。1991。北京鴨雜交品系與商業品系肉鴨之生長及屠體性能之比較。畜產研究 24：141-148。
Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with guar under different planting techniques. Pak. J. Agri. Sci. 46: 25-29.
Hsu, F. H., C. J. Nelson, and A. G. Matches. 1985. Temperature effects on germination of perennial warm-

season forage grasses. Crop Sci. 25: 215-220.

(2) 書本類

朱純燕。2001。水禽類小病毒蛋白基因之分子選殖及抗原性分析。國立中山大學生物科學系，博士論文，高雄市。

李登元。1979。乳牛學。臺灣商務印書館，臺北市，第 300 - 322 頁。

American Oil Chemists Society (AOCS). 1980. Official and Tentative Methods of the American Oil chemists Society. 3rd ed. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL, USA.

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA.

Tai C. 1985. Duck breeding and artificial insemination in Taiwan. Duck Production Science and World Practice, pp. 193-203. University of New England, Armidale, Australia.

Wang, Y. C. 1985. Regrowth ability of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) in the dry, cold season in Taiwan. Proceedings of the XV International Grassland Congress, pp. 1239-1241. Kyoto, Japan.

(3) 其他類

農業部。2023。農業統計年報。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。

農業部。2023。農業部農業資料統計查詢。<http://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx>。

SAS. 2015. SAS/STAT® 14.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.

SPSS. 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.

3. 中日文文獻以第一作者姓氏筆劃多少為序，西文以第一作者姓氏之拼音先後排列，並按中文、日文、西文之次序排列。

4. 西文期刊名稱請用縮寫，縮寫請參照美國國家醫學圖書館線上資料庫 (NLM Catalog) 之 IOS (Information and documentation) 縮寫。

5. 參考文獻皆不編號。

V. 本刊編輯委員會保有修改與退稿之權利。稿件經本刊接受後，作者進行出刊校稿時，不得擅自更改內容及數據。

VI. 稿件經本刊委員會轉請專家審查，編輯委員會根據專家審查意見通知投稿人，是否接受刊載，或須修改後始可刊載。本刊無提供稿費。

VII. 稿件經本刊接受後，該稿件之全部或部份，不得投稿其他刊物，以不同語文投稿其他刊物亦所不許。本刊具專屬版權，刊登權屬發行單位畜產試驗所所有，非經本所書面同意，不得轉載或轉移他處發表。如有上述情事，相關法律責任由作者自負，本刊有拒絕接受其投稿之權利。

VIII. 自民國 93 年開始實施之計畫，其論文如涉及使用脊椎動物進行科學應用計畫者，請撰稿者檢附該計畫經所屬機構動物實驗管理小組審議認可之文件。

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 56 No. 3

September 2023

CONTENTS

	Page
1. Effect of acetic acid treatment on salt permeability and microstructure of egg shells <i>Ling-Tsai Wu, Chin-Meng Wang, Ruei-Han Yeh, and Yi-Chao Chen</i>	154
2. Investigation of the reproduction and egg production performances of the HLAPS cockfighting <i>Yen-Ling Lee, Shen-Shyuan Yan, Chia-Jung Hsieh, Ting-Yung Kuo, and An-Kuo Su</i>	165
3. Effects of forage vinegar supplemented to diets on growth performances, blood biochemical values and carcass characteristics for Duroc × KHAPS black pig in grower and finisher period <i>Hsiu-Lan Lee, Cheng-Yong Lin, Shen-Chang Chang, Chin-Bin Hsu, and Shu-Min Wang</i>	174
4. Effect of gender on carcass traits and meat quality of Lanyu pigs <i>Sheng-Yang Wu, Shin-Hsin Lee, Yu-Ling Huang and Chia-Chieh Chang</i>	182
5. Effect of dietary supplementation of <i>Bacillus coagulans</i> on growth performance, blood biochemical parameters and diarrhea incidence of weaning pigs <i>Fang-Chueh Liu, Yu-Chun Lin, and Siou-Lan Li</i>	190
6. The investigation of physiological, blood biochemical and hematological parameters of ostrich during the cool and warm seasons <i>Pi-Hua Chuang, Yi-Ting Chen, Tzu-Chun Hsu, and An-Ku Su</i>	199
7. Investigation on microclimate and air quality of wet-pad cooling system pig house in hot season <i>Tein-Ming Su, Wei-Zhi Liu, Yi-Hsiang Weng, and Ting-Hsun Hsiao</i>	208
8. Production of anti-lipase IgY and study on weight loss of mice <i>Jenn- Fa Liou, Fung-Hsiang Chu and Lih-Ren Chen</i>	220

行政院新聞局出版事業登記證
警字第十八號執登記為雜誌
第七七號

ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR



9 770253 920004

GPN:2005200015

定價：新臺幣二〇〇元