

性別對蘭嶼豬肉質特性、脂肪酸和胺基酸組成之影響⁽¹⁾

吳昇陽⁽²⁾ 李士昕⁽²⁾ 陳益隆⁽²⁾ 章嘉潔⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：113 年 7 月 31 日；接受日期：114 年 3 月 18 日

摘 要

本試驗旨在探討性別對蘭嶼豬肉質特性、脂肪酸和胺基酸組成之影響，選用 18 頭體重 13 ± 0.9 kg 之健康蘭嶼豬，閹公豬與女豬各半 ($n = 9$)，試驗為期 16 週，每頭豬每日供飼 1 kg 以碎糙米－玉米－豆粕為主之基礎飼糧，飲水採任食，試驗結束後進行屠宰並分析屠體特性。結果顯示，感官肉色評分項目，在大理石紋 (marbling)、嫩度 (tenderness)、多汁 (juiciness) 及風味 (flavor)，性別間無顯著差異。肉色評分以女豬顯著高於閹公豬 ($P < 0.001$)，而緊實度 (firmness) 以閹公豬顯著較女豬為高 ($P < 0.05$)。肌肉中脂肪酸組成中，豆蔻酸 (myristic acid, C14:0)、棕櫚酸 (palmitic acid, C16:0)、硬脂酸 (stearic acid, C18:0)、次亞麻仁油酸 (alpha-linolenic acid, C18:3)、總飽和脂肪酸 (total saturated fatty acid, SFA) 值，以閹公豬顯著高於女豬 ($P < 0.01$)；而油酸 (oleic acid, C18:1)、亞麻油酸 (linoleic acid, C18:2) 及山酸 (benenic acid, C22:0) 值，則女豬顯著較高於閹公豬 ($P < 0.01$)。蘭嶼豬背最長肌之總胺基酸含量，在性別間並無顯著差異。

關鍵詞：胺基酸、脂肪酸、蘭嶼豬、肉質特性。

緒 言

原生豬種的開發和利用，對於遺傳資源保存、生物多樣性維護和文化價值具有極其重要的意義，確保這些豬種的數量能夠持續維持至關重要 (Kasprzyk and Walenia, 2023)。與現代經遺傳改良商業品種相比，本地品種通常表現較差的生長性能和生產力。然而，開發具有獨特豬肉市場可提高本地品種的商業價值。屠體特性和肉質分析是確定本地豬種的開發以及未來研究方向的關鍵 (Nevrkla *et al.*, 2021; Razmaitė *et al.*, 2021; Luković *et al.*, 2023)，如韓國土黑豬 (Muhlisin *et al.*, 2014) 和葡萄牙的 Alentejano 和 Besaro 豬 (Martins *et al.*, 2020)，透過雜交育種改善本地豬的屠體特性和肉質，以確保持續的生產並增加經濟價值。

過去針對蘭嶼豬屠體性狀的研究中，李等 (2003) 探討飼料及狼尾草對蘭嶼豬生長和屠體性能的影響，結果顯示，蘭嶼豬每日飼料 1.0 公斤檢定料並任食狼尾草能顯著縮短其達適宰重的飼養天數，且不影響屠體品質。陳等 (2011) 比較蘭嶼豬、畜試迷彩豬與 LYD 商用豬的肉質特性，結果表明蘭嶼豬的香氣顯著高於 LYD 商用豬。潘等 (2012) 則對蘭嶼豬與畜試迷彩豬在不同屠宰體重下的生長、屠體性狀及脂質生成酵素進行比較，發現蘭嶼豬的脂質蓄積量及合成能力均明顯高於畜試迷彩豬。然而，以上研究均為品系之間的比較，尚未針對性別進行深入探討。

國外許多研究探討性別對屠體性狀、肉質特性 (Elbert *et al.*, 2020; Van den Broeke *et al.*, 2020; Ortiz *et al.*, 2021) 以及肉中胺基酸和脂肪酸組成的影響 (Gan *et al.*, 2020; Xia *et al.*, 2022)。研究已證實性別會影響屠體性狀和肉質，特別是性別在激素上所造成誘導脂肪沉積速率方面的差異，可能影響肉和肉製品的食用價值 (Nurnberg *et al.*, 1998)。脂肪組織和肌肉的脂肪酸組成在性別間存在差異，因而對肉品質產生影響，特別是脂肪酸組成決定脂肪組織的堅實度和肉的氧化穩定性，進而影響肉的顏色和風味 (Wood *et al.*, 2008)。此外，由於遺傳因素影響胺基酸組成，會影響肉的質地和風味，且在不同豬品種之間亦有所不同 (Ma *et al.*, 2020)。

蘭嶼豬是臺灣獨特的小型黑豬品種，1980 年從蘭嶼島引入畜產試驗所臺東種畜繁殖場進行種原保護，並陸續選育建立五個新品系。研究發現，蘭嶼豬的遺傳特徵為一種不尋常的單倍型 (Wu *et al.*, 2007)，與世界的野豬和家豬之間存在遙遠的遺傳關係。蘭嶼豬在系統發育樹中形成一個獨立的群體，可能由於海平面上升而造成的地理隔離，導

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2816 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。

致其遺傳獨特性的保存 (Larson *et al.*, 2010)，這一遺傳特徵對獨特本地品種至關重要。考量到蘭嶼豬的多用途利用，未來，也有望融入在原民飲食文化中的推廣應用，如鮮肉或肉製品的開發來源。因此，本研究設計旨在探討性別對蘭嶼豬肉質性狀、脂肪酸和胺基酸組成的影響，為其在肉品開發上的應用提供科學依據。

材料與方法

I. 試驗材料

試驗在原行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場進行，選用 18 頭平均體重 13 ± 0.9 kg 之蘭嶼豬保種品系 (Lanyu 200) 閩公豬 ($n = 9$) 與女豬 ($n = 9$)。期間每日供應 1 kg 以碎糙米－玉米－豆粕為主之基礎飼糧，飼糧組成詳如表 1，飼糧中粗蛋白質含量 14.4%、粗脂肪含量 3.7% 及總能為 3,750 kcal/kg，飲水採任食。試驗為期 16 週，平均體重閩公豬為 47.3 ± 2.1 kg、女豬為 43.5 ± 2.9 kg，試驗結束後豬隻送往臺灣農畜產公司進行屠宰與屠體分析。本試驗程序及動物使用均通過臺東種畜繁殖場之實驗動物照護及使用小組審查核准，核准編號 TAPS-111-03。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diet

Ingredients	%
Crushed 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
Analyzed values	
Crude protein, %	14.89
Crude fat, %	3.78
Gross energy, kcal /kg	3,750.00

^a Vitamin supplied the following per kilogram of diet: Vitamin A, 6,000 IU; Vitamin D₃, 400 IU; Vitamin E, 20 IU; Vitamin K₃, 2 mg; Vitamin B₁, 2.6 mg; Vitamin B₂, 2 mg; Niacin, 30 mg; Pantothenic acid, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; Vitamin B₁₂, 0.6 mg; Biotin, 0.2 mg.

^b Mineral supplied the following 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. 肉質性狀測定

- (i) 大理石紋：依美國國家豬生產協會 (NPPC, 1991) 之豬肉品質鑑定圖譜，以背最長肌區分 5 級評分大理石紋 (marbling score)，1 分表油花稀疏，5 分表富含油花。數值低表示肉中肌內脂肪含量少，數值高表示肌內脂肪含量多。
- (ii) 緊實度：採 NPPC 評分以背最長肌區分 5 級評分緊實度 (firmness score)，數值低表示肉質緊實度越差，數值高表示肉質緊實度越好。

- (iii) 感官肉色：依美國國家豬生產協會 (NPPC, 1991) 方法修正背最長肌外觀評分，採 5 分制。肉色評分 (color score)，1 分表蒼白，5 分表暗紅。數值低表示淡色，數值高表示深色。本項由臺灣農畜產工業股份有限公司品評 (sensory evaluation) 團隊進行品評測試。
- (iv) 感官品評：依 Cardello *et al.* (1983) 方法修正為背最長肌修整後，取適當大小並包裝後，經 80℃ 熱水浴 30 分鐘，本項由臺灣農畜產工業股份有限公司團隊進行品評測試，依嫩度 (tenderness)、風味 (flavor)、多汁性 (juiciness) 等 3 項目評分，採 5 分制評分，1 分最差，而 5 分最佳。

III. 胺基酸及脂肪酸測定

採背最長肌之肌肉樣品 300 g，由財團法人中央畜產會技術服務中心分析 10 項脂肪酸 (fatty acid) 及 17 項水解胺基酸 (amino acid) 含量，化學成分分析單位分別為 wt % 及 mg/100 g 表示。

IV. 統計分析

本研究數據使用 Excel (version XYZ; Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) 進行處理。隨後使用 SPSS (version 22.0; IBM Corporation, Armonk, NY, USA) 進行統計分析。性別比較採用一般線性模式 (generalized linear model)，性別間差異使用 Student's t-test 檢驗評估。數據以平均值加減標準偏差 (means $\pm$ standard deviation) 表示，當 $P < 0.05$ 表示具有顯著差異。

結果與討論

性別對蘭嶼豬肉品質評級之影響總結於表 2，閹公豬的肌肉緊實度顯著高於女豬 ($P < 0.05$)，而女豬的感官肉色分數顯著高於閹公豬 ($P < 0.001$)。然而，在大理石花紋分數、嫩度、多汁性或風味方面，性別之間沒有顯著差異。本研究發現蘭嶼豬閹公豬和女豬在大理石花紋分數上沒有差異，這與 Xia *et al.* (2022) 對杜洛克品種的研究結果一致，但與黃等 (2014) 和吳 (2012) 的研究結果不同。黃等 (2014) 和吳 (2012) 分別研究高畜黑豬以及國內三種藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種報告，閹公豬之大理石紋評分顯著優於女豬。性別效應產生差異的原因，可能與豬種的遺傳背景、環境因素以及性成熟等多種因素相關，不同豬種之間的結果差異仍有待進一步探討。

大理石花紋或稱肌內脂肪，主要由脂肪組織構成，影響熟肉的嫩度和多汁性 (Wood *et al.*, 2008)。Smith and Carpenter (1974) 發現脂肪含量與豬肉多汁性之間存在中等至強的相關性，但與豬肉風味之間的相關性則較弱至中等。脂肪對肉質多汁性的影響可歸因於脂肪增強保水能力，在烹飪過程中潤滑肌肉纖維並增加嫩度，從而顯著改善多汁性。此外，脂肪還通過在咀嚼過程中刺激唾液分泌來增加多汁性。Hornstein (1971) 指出，脂肪通過脂肪酸氧化產生增味的羰基化合物，並作為芳香化合物的儲存處而影響風味。

目前發現在嫩度、多汁性或風味方面，蘭嶼豬在性別之間沒有顯著差異。類似的結果發現於韓國原生種 KNP (Korean native pigs) 與杜洛克雜交品種 (Muhlisin *et al.*, 2014) 以及高畜黑豬 (黃等, 2014) 中。然而，Kim *et al.* (2018) 指出 LYD 及 LYW (Landrace $\times$ Yorkshire $\times$ Woori) 品種女豬感官肉色顯著較閹公豬為高，但在嫩度和多汁性上則無差異。此外，吳 (2012) 也發現，來自藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種的公豬在嫩度、多汁性、風味和整體接受度方面得分比女豬高。值得注意的是，大理石花紋分數是影響消費者購買決策的關鍵因素 (Grunert *et al.*, 2004)。在本研究中，蘭嶼豬大理石花紋分數及肉質包括嫩度和多汁性，性別之間也沒有顯著差異。

在高畜黑豬中，閹公豬背最長肌緊實度評分顯著優於女豬 (黃等, 2014)，與本試驗發現蘭嶼閹公豬與女豬在緊實度之間具顯著差異結果一致，但吳 (2012) 研究國內三種藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種之緊實度評分性別無顯著差異。肌肉緊實度略可區分為為鬆軟、正常緊實及堅硬乾燥。肉鬆軟意味著較難保持其形狀，且肉較淺色水分易滲，這些特性不受消費市場所歡迎，相較之下，較緊實的肉在目前肉類市場是可被接受的，尤其透過加工技術製成之肉製品。脂肪酸影響的肉質特性包括脂肪組織硬度和風味 (Tartrakoon *et al.*, 2016)，脂肪酸對肉硬度的影響歸因於其不同的熔點 (Enser, 1984)。

當消費者選購鮮肉時，外觀是影響購買意願的關鍵因素之一。外觀通常包括肉類的色澤、質地、緊實且無異味的肉類，能夠提升消費者對品質的信任感，適當肉色呈現影響選購經驗及意願，本試驗藉由感官肉色評級進行了解，評級數值低表示肉色較淺，數值高肉色為深。目前研究觀察蘭嶼豬感官肉色項目女豬顯著較閹公豬為高，與 Kim *et al.* (2018) 研究 LYD 及 LYW 品種女豬結果相似。但吳 (2012) 研究發現，國內三種藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種在性別間沒有差異。同樣，Muhlisin *et al.* (2014) 研究韓國原生種 KNP 與杜洛克雜交品種，以及高畜黑豬 (黃等, 2014)，於感官肉色項目性別也無差別。關於性別對肉色影響的研究尚無定論 (Neethling *et al.*, 2017)，鮮肉顏色受肌紅蛋白 (Mb) 的量、化學狀態及肌肉組織結構等相關複雜因素影響 (Seideman *et al.*, 1984)，尚待更多研究投入。

表 2. 性別對蘭嶼豬肉品質評級之影響

Table 2. Effect of gender on the meat quality scores of longissimus dorsi muscle in Lanyu pigs

Items	Barrows	Gilts	Gender
Marbling score	1.33 ± 0.35	1.22 ± 0.36	NS
Firmness score	4.61 ± 0.60	4.17 ± 0.35	*
Sensory meat color score	3.11 ± 0.60	4.22 ± 0.36	***
Tenderness score	3.18 ± 0.23	2.98 ± 0.49	NS
Juiciness score	3.26 ± 0.21	3.07 ± 0.34	NS
Flavor score	3.40 ± 0.28	3.39 ± 0.20	NS

The data were given as mean ± SE.

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

NS, not significant.

肉類中脂肪不僅反映營養價值，更決定風味 (Dinh *et al.*, 2021)。脂肪酸對肉質亦具重要影響。性別對蘭嶼豬背最長肌脂肪組成之影響如表 3 所示，豆蔻酸 (myristic acid, C14:0)、棕櫚酸 (palmitic acid, C16:0)、硬脂酸 (stearic acid, C18:0) 飽和脂肪酸 (Total saturated fatty acid, SFA) 的比例在閹公豬中含量高於女豬，而二十二酸 (benenic acid, C22:0) 飽和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA) 的比例閹公豬低於女豬，具有顯著性差異。整體而言，總飽和脂肪酸 (Total SFA) 在閹公豬中顯著高於女豬。單不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid, MUFA) 中，儘管油酸 (oleic acid, C18:1) 的比例在性別間有顯著差異，但總單不飽和脂肪酸 (Total MUFA) 在閹公豬與女豬之間差異不顯著。亞麻油酸 (linoleic acid, C18:2) 和 α -亞麻仁油酸 (α -linolenic acid, C18:3) 多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 的比例在性別間有顯著差異，女豬的含量普遍較高。然而，總多元不飽和脂肪酸 (Total PUFA) 在閹公豬與女豬間差異不顯著。這可能與脂肪代謝途徑或脂肪累積模式有關，仍待進一步探討。Poklucar *et al.* (2020) 發現本地豬品種通常比現代商用品種積累較高的脂肪含量，本地豬品種具有較高的單不飽和脂肪酸 (MUFA) / 飽和脂肪酸 (SFA) 比例，以及較低的多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 程度，與本研究的結果一致。脂肪是影響肉類風味的重要關鍵因子，其脂肪酸的組成與多寡直接影響肉的風味。Correa *et al.* (2006) 指出，性別和生長速率會影響脂肪酸的組成和脂肪堆積。生長較慢的女豬具有顯著較低比例 SFA。Crouse *et al.* (1982) 指出，脂肪酸的組成能影響風味，其中油酸 (oleic acid, C18:1) 也具重要作用。一般而言，肉類中 SFA 和 MUFA 的含量與肉的風味呈正相關性，而多元不飽和脂肪酸 (PUFA) 的含量與風味呈負相關 (Cameron and Enser, 1991)。

許多研究探討性別影響總飽和脂肪酸，無論於 Duroc 豬種 (Xia *et al.*, 2022)、LYD 及 LY 品種 (Kim *et al.*, 2018)、立陶宛本土豬 LW (Lithuanian White) 及 LIW (Lithuanian Indigenous Wattle) 品種 (Razmaite *et al.*, 2021)、高畜雜交黑豬 (黃等, 2014)、國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種 (吳, 2012)；不論是商業品系、地方豬種，均顯示女豬的 SFA 低於閹公豬的趨勢，與本試驗結果一致。具有較高 SFA 含量的肉品往往在多汁度、嫩度和風味方面表現更佳 (Xia *et al.*, 2022)。雖然蘭嶼閹公豬的總飽和脂肪酸 (Total SFA) 含量高於女豬，但在多汁度、嫩度和風味的比較中，性別差異並不顯著。

吳 (2012) 調查顯示國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種女豬有較高的 MUFA，Garitano *et al.* (2013) 研究 LWD 三品種及黃等 (2014) 研究高畜雜交黑豬之脂肪酸組成，均發現女豬的 PUFA 比例高於閹公豬者。本研究中蘭嶼女豬的 PUFA 及 MUFA 略高閹公豬，但統計上無顯著差異，與立陶宛本土豬 LW 及 LIW 的結果一致 (Razmaitė *et al.*, 2021)。豬肉的硬度與 SFA 和 PUFA 的組成比例密切相關 (Wood *et al.*, 2003)。含有高比例 SFA 的脂肪在室溫下呈固態，而隨著 UFA 比例的增加，熔點下降，脂肪在室溫下變為液態，使豬肉變軟。閹公豬的總飽和脂肪酸 (SFA) 含量顯著高於母豬，這與表 2 中顯示的閹公豬在肌肉緊實度評級項目 (Firmness score) 上顯著高於母豬的結果呈現一致性。豬肉的脂肪酸組成受基因、品種、飲食和性別等多種因素影響 (Wood *et al.*, 2008; Alonso *et al.*, 2009; Vehovsky *et al.*, 2018)。研究證實去勢影響公豬肌肉的脂肪酸組成 (Cai *et al.*, 2010)。

從表 3 所示，PUFA 的性別比較中，C18:2 在蘭嶼女豬中的含量顯著較高，而 C18:3 則在閹公豬中顯著高於女豬。然而，總多不飽和脂肪酸含量 (Total PUFA) 在母豬中的平均值更高，但性別差異未達統計顯著水準。這顯示蘭嶼豬的性別會影響特定脂肪酸的含量，尤其是多不飽和脂肪酸的組成。這結果有助於了解及改善蘭嶼豬肉質的營養價值，並應用於豬隻育種與飼養策略上。一般不飽和脂肪酸在氧化和烹調過程中產生揮發物質，影響風味等感官參數 (Garitano *et al.*, 2013)。PUFA 高的肌肉可能較軟，並增加貯藏和加工過程中的變質風險，進而影響肉的品質 (Meier *et al.*, 2021)。由於不同脂肪酸的熔點各不相同，隨脂肪酸組成的變化會影響肉質特性。飽和脂肪酸具有較高的熔點

(45 – 76°C)，而不飽和脂肪酸則具有較低的熔點 (0 – 49°C)，這可能影響肉品的硬度和加工製程 (Karolyi *et al.*, 2012)。在肉製品加工過程中，脂肪的硬度是一個關鍵考慮因素；這是因為軟脂肪可能影響肉製品的加工，並縮短產品的保質期 (Soladoye *et al.*, 2015)。

表 3. 性別對蘭嶼豬背最長肌之脂肪酸組成之影響

Table 3. Effect of gender on fatty acids composition of longissimus dorsi muscle in Lanyu pigs

Fatty acids, wt %	Barrows	Gilts	Gender
C14:0	1.41 ± 0.14	1.23 ± 0.06	**
C16:0	26.64 ± 1.62	23.50 ± 1.23	**
C16:1	2.74 ± 0.23	2.59 ± 0.37	NS
C18:0	14.28 ± 1.05	11.90 ± 1.14	***
C18:1	40.43 ± 1.74	42.11 ± 1.39	*
C18:2	8.45 ± 1.35	10.96 ± 0.81	***
C18:3	0.27 ± 0.03	0.19 ± 0.01	***
C20:0	0.06 ± 0.10	0.08 ± 0.10	NS
C20:1	0.99 ± 0.13	0.89 ± 0.12	NS
C22:0	0.07 ± 0.02	0.14 ± 0.03	***
Total SFA ¹	42.48 ± 1.18	36.84 ± 1.03	***
Total MUFA ²	40.02 ± 2.06	45.75 ± 2.15	NS
Total PUFA ³	8.72 ± 0.93	11.15 ± 0.56	NS
Total USFA ⁴	53.33 ± 1.18	52.66 ± 1.71	NS
MUFA/SFA	0.94 ± 0.57	1.24 ± 0.47	NS

The data were given as mean ± SD.

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

NS, not significant.

¹ Total SFA: Total saturated fatty acid (C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0).

² Total MUFA: Total monounsaturated fatty acid (C16:1 + C18:1 + C20:1).

³ Total PUFA: Total polyunsaturated fatty acid (C18:2 + C18:3).

⁴ Total USFA: Total unsaturated fatty acid (C16:1 + C18:1 + C20:1 + C18:2 + C18:3).

比較蘭嶼豬肌肉中胺基酸組成在不同性別間的差異結果 (表 4) 顯示，部分胺基酸在平均濃度上表現性別間的分佈趨勢，如甘胺酸 (Glycine) 及脯胺酸 (Proline) 在閹公豬數值偏高，天門冬胺酸 (Aspartic acid)、麩胺酸 (Glutamic acid)、胱胺酸 (Cystine)、絲胺酸 (Serine) 及色胺酸 (Tryptophan) 在女豬則略高，然而，整體統計分析結果顯示背最長肌之胺基酸含量在性別間並無顯著差異。胺基酸提供關鍵的營養價值，對肉質亦具重要影響 (Ma *et al.*, 2020)。此外，Xia 等人 (2022) 的研究指出，Duroc 豬種女豬肌肉中組胺酸 (Histidine) 含量高於閹公豬，而其餘各種胺基酸含量於性別間並無差異。學者研究西班牙 Celta 本土豬種 (Franco and Lorenzo, 2013)，以及國內對藍瑞斯、杜洛克及約克夏豬種的研究 (黃, 1997; 吳, 2012)，顯示肌肉中的胺基酸含量亦不受性別影響，與本次試驗結果一致。本研究探討性別對於蘭嶼豬肉品中胺基酸組成的影響，有助於評估蘭嶼豬肉品的營養價值與食用品質，並針對肉質改善提出建議。後續研究可再探討游離胺基酸，對產品品質控制及加工應用，如在發酵和熟成過程胺基酸變化會改變肉質口感，從而可在一定程度上控制和改進肉質整體風味。隨著對這些數據了解和掌握，能設計改進產品，提供具營養價值且口感優良的本地食材。

結 論

綜合上述，蘭嶼閹公豬肌肉堅實度、脂肪酸 C14:0、C16:0、C18:0、C18:3 及 SFA 比例顯著較女豬高。女豬的感官肉色評分、脂肪酸 C18:1、C18:2 及 C22:0 則顯著較閹公豬高。肌肉中胺基酸含量，性別間並無差異。本研究針對性別對蘭嶼豬肉質特性的影響進行探討，為蘭嶼豬後續改良及肉製品的加工提供參考。

表 4. 性別對蘭嶼豬肌肉之胺基酸組成之影響

Table 4. Effect of gender on free amino acids composition of longissimus dorsi muscle in Lanyu pigs

Amino acids, mg/100 g	Barrows	Gilts	Gender
Aspartic acid	1,650.1 ± 145.4	1,716.4 ± 90.7	NS
Glutamic acid	2,654.8 ± 218.9	2,767.0 ± 162.3	NS
Cystine	197.1 ± 8.0	201.7 ± 5.7	NS
Serine	623.2 ± 65.3	654.0 ± 36.0	NS
Histidine	722.9 ± 79.3	781.3 ± 61.1	NS
Glycine	962.3 ± 326.0	857.6 ± 142.5	NS
Threonine	730.6 ± 54.9	765.6 ± 33.9	NS
Arginine	1,135.8 ± 155.3	1,150.0 ± 81.4	NS
Alanine	1,027.7 ± 169.8	1,020.2 ± 78.2	NS
Tyrosine	431.3 ± 74.0	470.6 ± 75.7	NS
Valine	866.5 ± 70.1	905.4 ± 48.0	NS
Methionine	292.1 ± 51.5	284.3 ± 26.2	NS
Phenylalanine	712.4 ± 48.3	745.4 ± 36.1	NS
Isoleucine	847.1 ± 44.1	881.4 ± 45.8	NS
Leucine	1,363.4 ± 101.5	1,428.1 ± 71.5	NS
Lysine	1,429.2 ± 94.0	1,523.0 ± 78.9	NS
Proline	523.4 ± 103.7	481.2 ± 73.3	NS
Tryptophan	140.1 ± 19.8	155.6 ± 19.7	NS

The data were given as mean ± SD.

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

NS, not significant.

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協助豬隻屠宰、屠體分切及屠肉品評，謹此一併致謝。

參考文獻

- 吳嘉輔。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。
- 李啟忠、廖宗文、黃政齊、曾穎玉、朱賢斌、陳文誠、鄭連春。2003 蘭嶼豬餵飼飼料及狼尾草對其生長及屠體性能之影響。畜產研究 36：157-164。
- 黃逸文。1997。臺灣區豬肉中核苷酸關聯物、游離胺基酸及游離糖之研究。中興大學。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 47：51-60。
- 陳坤照、李坤城、林亮全、詹德芳、朱賢斌、張俊達。2011。蘭嶼豬、畜試迷彩豬與 LYD 商用豬肉質特性之探討。畜產研究 44：1-12。
- 潘秀娟、陳坤照、林正鏞、范揚廣、朱賢斌、張俊達。2012。蘭嶼豬與畜試迷彩豬於不同屠宰體重之生長、屠體性狀及脂質生成酵素之比較。畜產研究 45：29-42。
- Alonso, V., M. Campo Mdel, S. Español, P. Roncalés, and J. A. Beltrán. 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. Meat Sci. 81: 209-217.
- Cardello, A. V., R. A. Segars, J. Secrist, J. Smith, S. H. Cohen, and R. Rosenkrans. 1983. Sensory and instrumental texture properties of flaked and formed beef. Food Microstruc. 2: 119-133.

- Cai, W. Z., X. F. Zhao, X. L. Jiang, Y. C. Yao, C. J. Zhao, N. Y. Xu, and C. X. Wu. 2010. Comparison of muscle fatty acid composition of castrated and uncastrated male pigs at different slaughter ages. *Ital. J. Anim. Sci.* 9: 173-178.
- Cameron, N. D. and M. B. Enser. 1991. Fatty acids comparison of lipid in Longissimus Dorsi muscles of Duros and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Sci.* 29: 295-307.
- Correa, J. A., Faucitano, J. P. Laforest, J. Rivest, M. Marcoux, and C. Gariepy. 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Sci.* 72: 91-99.
- Crouse, J. D., C. L. Ferrel, R. A. Field, J. R. Busboom, and G. J. Miller. 1982. The relationship of fatty acid composition and carcass characteristics to meat flavor in lamb. *J. Food Qual.* 5: 203-214.
- Dinh, T. T., K. V. To, and M. W. Schilling. 2021. Fatty acid composition of meat animals as flavor precursors. *Meat and Muscle Biol.* 5: 1-6.
- Elbert, K., N. Matthews, R. Wassmuth, and J. Tetens. 2020. Effects of sire line, birth weight and sex on growth performance and carcass traits of crossbred pigs under standardized environmental conditions. *Arch. Anim. Breed* 63: 367-376.
- Enser, M. 1984. The chemistry, biochemistry and nutritional importance of animal fat. J. Wiseman (Ed.), *Fats in animal nutrition*, Butterworths, London. pp. 23-51.
- 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.
- Gan, M., L. Shen, L. Chen, D. Jiang, Y. Jiang, Q. Li, Y. Chen, G. Ge, Y. Liu, X. Xu, X. Li, S. Zhang, and L. Zhu. 2020. Meat quality, amino acid, and fatty acid composition of liangshan pigs at different weights. *Animals (Basel)* 10: 822.
- Garitano, I., C. Liébana, E. F. de Vargas, Á. Olivares, and A. Daza. 2013. Effect of gender on growth performance, carcass characteristics, meat and fat composition of pigs slaughtered at 125 kg of live weight destined to Teruel (Spain) ham production. *Ital. J. Anim. Sci.* 12: 1.
- Grunert, K. G., L. Bredahl, and K. Brunso. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector-a review. *Meat Sci.* 66: 259-272.
- Hornstein, I. 1971. Chemistry of meat flavor. pp. 348-363 in the science of meat and meat products, 2nd ed., J. F. price, editor; and B. S. Schweigert, editor, eds. San francisco. W. H. Freeman.
- Kasprzyk, A. and A. Walenia. 2023. Native pig breeds as a source of biodiversity-breeding and economic aspects. *Agriculture* 13: 1528.
- Karolyi, D., D. Rimac, K. Slajpal, and I. Kljak. 2012. The influence of dietary liseed on alpha-linolenic acid and its longer chain n-3 metabolites content in pork and back fat. *Veterinarski. Arhiv.* 82: 327-339.
- 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.
- IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp 2013.
- Larson, G., R. Liu, X. Zhao, J. Yuan, D. Fuller, L. Barton, K. Dobney, Q. Fan, Z. Gu, X. H. Liu, Y. Luo, P. Lv, L. Andersson, and N. Li. 2010. Patterns of East Asian pig domestication, migration, and turnover revealed by modern and ancient DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 107: 7686-7691.
- Lukovic, Z., D. Skorput, D. Karolyi, and A. Kaic. 2023. Prospects for sustainable production of the banija spotted pig in relation to fattening, carcass, and meat quality traits: a preliminary study. *Sustainability* 15: 3288.
- Ma, X., M. Yu, Z. Liu, D. Deng, Y. Cui, Z. Tian, and G. Wang. 2020. Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs. *J. Food Sci. Technol.* 57: 404-412.
- Martins, J. M., R. Fialho, A. Albuquerque, J. Neves, A. Freitas, J. Tirapicos Nunes, and R. Charneca. 2020. Portuguese local pig breeds: Genotype effects on meat and fat quality traits. *Animals (Basel)* 10: 905.
- Meier, C., C. E. Harms, B. Früh, H. Stofers, G. Bee, D. H. Hugelshofer, N. Quander-Stoll, and H. Stolz. 2021. The effect of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and organic labeling on Swiss consumers' acceptance of pork salami. *Org. Agr.* 11: 519-537.
- 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.
- National Pork Producers Council. 1991. Procedures to evaluate market hogs. 3rd ed. National Pork Producers Council. USA, p. 230.

- Neethling, N. E., S. P. Suman, G. O. Sigge, L. C. Hoffman, and M. C. Hunt. 2017. Exogenous and endogenous factors influencing color of fresh meat from ungulates. *Meat and Muscle Biol.* 1: 253-275.
- 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.
- Nurnberg, J. K. Wegner, and K. Ender. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose. *Livest. Prod. Sci.* 56: 145-156.
- Ortiz, A., D. Tejerina, S. García-Torres, P. Gaspar, and E. González. 2021. Performance and carcass quality traits of Iberian × Duroc crossbred pig subject to gender and age at the beginning of the free-range finishing phase. *Animal* 15: 100324.
- Poklutar, K., M. Candek-Potokar, N. Batorek Lukac, U. Tomazin, and M. Skrlep. 2020. Lipid deposition and metabolism in local and modern pig breeds: A review. *Animals (Basel)* 10: 424.
- Razmaitė, V., R. Juska, R. Leikus, and V. Jatkauskienė. 2021. Pork quality of two Lithuanian breeds: effects of breed, gender and feeding regimen. *Animals (Basel)* 11: 1103.
- Seideman, S. C. H. R. Cross, G. C. Smith, and P. R. Durland. 1984. Factors associated with fresh meat color: a review. *J. Food Qual.* 6: 211-237.
- Smith, G. C. and Z. L. Carpenter. 1974. Eating quality of animal products and their fat content. *Proceedings of the Symposium on Changing the Fat Content and Composition of Animal Products*. Washington, D.C. National Academy of Sciences.
- Soladoye, P. O., P. J. Shand, J. L. Aalhus, C. Gariépy, and M. Juárez. 2015. Review: pork belly quality, bacon properties and recent consumer trends. *Can. J. Anim. Sci.* 95: 325-340.
- Tartrakoon, W., T. Tartrakoon, and N. Kitsupe. 2016. Effects of the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid on the growth performance, carcass and meat quality of finishing pigs. *Anim. Nutr.* 2: 79-85.
- Van den Broeke, A., F. Leen, M. Aluwé, J. V. 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.
- Vehovský, K., K. Zadinová, R. Stupka, J. Čítek, N. Lebedová, M. Okrouhlá, and M. Šprysl. 2018. Fatty acid composition in pork fat: De-novo synthesis, fatty acid sources and influencing factors a review. *Agron. Res.* 16: 2211-2228.
- Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Sci.* 66: 21-32.
- Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, and F. M. Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78: 343-358.
- Wu, C. Y., Y. N. Jiang, H. P. Chu, S. H. Li, Y. Wang, Y. H. Li, Y. Chang, and Y. T. Ju. 2007. The type I Lanyu pig has a maternal genetic lineage distinct from Asian and European pigs. *Anim. Genet.* 38: 499-505.
- 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.

Effects of sex on the meat quality traits, fatty acid and amino acid compositions in Lanyu pigs ⁽¹⁾

Sheng-Yang Wu ⁽²⁾ Shih-Sin Li ⁽²⁾ Yi-Lung Chen ⁽²⁾ and Chia-Chieh Chang ^{(2) (3)}

Received: Jul. 31, 2024; Accepted: Mar. 18, 2025

Abstract

The current study evaluated the effects of sex on meat quality traits, fatty acid composition, and amino acid composition in Lanyu pigs. Eighteen healthy Lanyu pigs (averaged weight, 13 ± 0.9 kg) were classified into barrows ($n = 9$) and gilts ($n = 9$). During the 16-week experimental period, each pig received a daily diet comprising 1 kg of broken brown rice-corn-soybean meal access to water ad libitum. After the experiment, the pigs were slaughtered and various carcass characteristics were measured. The results showed that no differences were observed in meat quality scores for marbling, tenderness, juiciness, or flavor between sex. Meat color score was higher in gilts than in barrows ($P < 0.001$), whereas firmness score was higher in barrows than in gilts ($P < 0.05$). A between-sex comparison of fatty acid composition in muscles revealed that the contents of myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), alpha-linolenic acid (C18:3), and total saturated fatty acids were higher in barrows than in gilts ($P < 0.01$). In contrast, the contents of oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), and behenic acid (C22:0) were higher in gilts than in barrows ($P < 0.01$). However, no difference was noted in the content of total amino acids in the longissimus dorsi muscle between the sex of Lanyu pigs.

Key words: Amino acid, Fatty acid, Lanyu Pig, Meat quality traits.

(1) Contribution No. 2816 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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