

飼餵高纖維飼糧對肥育期黑豬之生長性能、屠體性狀、 屠肉滴水失重及蒸煮失重之影響⁽¹⁾

林正鏞⁽²⁾ 王漢昇⁽³⁾ 黃憲榮⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 張以恆⁽⁶⁾ 張仲彰⁽⁴⁾ 李秀蘭⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾

收件日期：107 年 3 月 15 日；接受日期：107 年 5 月 18 日

摘 要

本研究旨在探討肥育期黑豬飼餵高纖維飼糧對生長性能、血液生化值、屠體性狀、屠肉滴水失重及蒸煮失重之影響。試驗選用 32 頭平均體重 57.8 kg 之雜交黑豬 (含 25% 梅山豬及 75% 杜洛克)，閹公豬及女豬各半，逢機分置於對照飼糧組及高纖維飼糧組 (粗纖維分別為 3% 及 14%)，每處理四重複，每重複 4 頭，試驗期間飼料及飲水採任食，試驗至體重達 117 kg 時結束。試驗結束後每組採血及犧牲 12 頭進行血液生化值及屠體性狀測定。結果顯示，飼餵高纖維飼糧組之日增重 (0.50 kg vs. 0.70 kg) 及飼料轉換率 (3.90 vs. 2.87) 顯著 ($P < 0.05$) 較差，上市日齡 (120.58 day vs. 87.08 day) 顯著 ($P < 0.05$) 延長；血漿三酸甘油酯 (40.25 mg/dL vs. 30.17 mg/dL) 濃度與澱粉酶 (1,726.10 U/L vs. 1,239.70 U/L) 及丙胺酸轉胺酶 (43.58 U/L vs. 36.17 U/L) 活性較高 ($P < 0.05$)；血漿尿素氮 (7.43 mg/dL vs. 11.25 mg/dL) 與白蛋白 (3.54 mg/dL vs. 3.81 mg/dL) 濃度較低 ($P < 0.05$)；屠宰率 (84.64% vs. 87.33%)、背脂厚度 (2.08 cm vs. 2.65 cm) 與脂肪比例 (13.53% vs. 15.34%) 較低 ($P < 0.05$)；骨骼比例 (16.58% vs. 15.42%) 屠後 24 小時之屠肉 pH 值 (6.08 vs. 5.88) 與溫度 (5.08°C vs. 3.47°C) 及蒸煮失重 (30.89% vs. 27.79%) 顯著較高 ($P < 0.05$)，屠體分級 (2.88 vs. 3.25) 則較好 ($P < 0.05$)。綜合本試驗之結果顯示，肥育期黑豬飼餵 14% 粗纖維飼糧，雖可提升屠體等級與降低背脂厚度，但生長性能 (日增重、飼料轉換率及上市日齡)、屠宰率及蒸煮失重顯著變差，且可能對肝臟與胰臟功能造成危害。

關鍵詞：高纖維飼糧、黑豬、生長性能、屠體性狀、屠肉蒸煮失重。

緒 言

黑豬肉質鮮美一直深受國人青睞，在臺灣市場占有穩定比例，目前黑豬之飼養場達 4,117 場，占全國養豬戶的 52%，飼養隻數達 824,500 頭，約占養豬頭數的 15% (農業統計年報，2016)。黑豬因其含桃園豬或梅山豬等血統，普遍存在體型不佳、生長緩慢、飼料利用效率差、背脂厚度厚、屠宰率、腰眼面積及瘦肉率較低等缺點，且普遍認為含本地種血統之黑豬具有較佳之耐粗性。而現階段豬隻的肥瘦狀況仍主導著市場的價格 (張及林，2014)。Mullan *et al.* (2009)、Serrano *et al.* (2009) 及 Wiecek *et al.* (2011) 等之研究顯示，於生長期或肥育期肉豬採限飼飼養較採用任飼者有較高之瘦肉率與較低的背脂厚度及肌肉脂肪含量。而許等 (2013) 指稱，於 60 – 115 kg 階段之高畜雜交黑豬以玉米青貯料取代 20% 飼料與全部飼料者比較，對日增重、屠體及肉質形狀並無不良影響。許等 (2014) 亦指出，以玉米青貯料取代 30% 飼料飼餵懷孕第 45 – 110 天之高畜黑豬，對分娩總仔豬數與活仔豬數、仔豬出生重與離乳仔豬重、哺乳仔豬育成率及母豬離乳時之體態均無不良影響。劉等 (2008) 於畜試黑豬之研究顯示，肥育期飼糧粗纖維含量由 4% 提高至 6%，對日增重、飼料採食量、飼料利用效率、腰眼面積、背脂厚度、肌肉組成與感官品評等並無顯著影響。而廖等 (2002) 指出，當飼糧粗纖維含量達 6% 時，並不影響畜試黑豬之生長性能，但對肌肉感官品評有正面效果，其中在背最長肌嫩度、多汁性、風味與可接受度均較藍瑞斯肉豬為佳。顏及戈 (1981) 指出，飼料纖

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2591 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

(5) 國立屏東科技大學生物資源研究所。

(6) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

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

維於一般豬隻的消化率約 45 至 55%。本試驗旨在探討於肥育期黑豬飼料高纖維飼糧，對生長性能、屠體性狀、屠肉滴水失重及蒸煮失重等之影響，以提供黑豬飼養業者及未來研究之參考。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

- (i) 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。選取體重相近約 57 kg 之高畜黑豬雜交黑豬 (含 25% 梅山豬及 75% 杜洛克) 32 頭，閹公豬及肉女豬各半，逢機分置於對照飼糧組及高纖維飼糧組，每處理 4 重複，每重複 4 頭，試驗期間飼料及飲水採任食，試驗至體重達 117 kg 時結束。試驗結束後每組進行採血及犧牲 12 頭測定血液生化值、屠體性狀、屠肉滴水失重及蒸煮失重。
- (ii) 日糧以玉米及大豆粕為主，高纖維飼糧之纖維來源為大豆殼及乾甜菜渣粉，其蛋白質及代謝能濃度約為對照飼糧組的 85%，對照飼糧組之粗蛋白質為 14.43%，代謝能為 3,280 kcal/kg；高纖維飼糧組之粗蛋白質為 12.39%，代謝能為 2,846 kcal/kg。試驗飼料組成列示於表 1。

表 1. 試驗飼料組成

Table 1. The composition of experimental diet

Ingredients, %	Control	High fiber low energy
Yellow corn	76.29	39.41
Soybean meal (CP 43.5%)	19.00	8.74
Soybean hull	—	30.00
Pomace powder	—	20.00
Dicalcium phosphate	1.00	—
Limestone, pulverized	1.40	1.20
Choline chloride, 50%	0.06	—
Molasses	1.50	—
Salt	0.50	0.40
Vitamin premix ^a	0.10	0.10
Mineral premix ^b	0.15	0.15
Total	100	100
Feed cost, NT\$/kg		
Calculated value	12.86	11.10
Crude protein, %	14.43	12.39
Metabolizable energy, kcal/kg	3,280	2,846
Crude fiber, %	3.0	13.92
Analyzed value, %		
Crude protein	13.71	11.39
Crude fiber	2.72	14.69
Calcium	0.58	0.69
Total phosphorus	0.39	0.39

^a Supplied 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; Pantothenic acid, 30 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; Vitamin B₁₂, 0.04 mg; Folic acid, 0.6 mg; Biotin, 0.2 mg.

^b Supplied per kilogram of diet: Supplied per kilogram of diet: Fe (FeSO₄ · 7H₂O) 80 mg; Cu (CuSO₄ · 5H₂O), 5 mg; Mn (MnSO₄), 6 mg; Zn (ZnO), 45 mg; I (KI), 0.2 mg; Se (NaSeO₃), 0.1 mg; Co (CoSO₄ · H₂O), 0.35 mg.

II. 測定項目

(i) 生長性能

試驗期間記錄豬隻飼料採食量及秤重，計算每日平均飼料採食量 (average daily feed intake, ADFI)、日增重 (average daily gain, ADG) 及飼料轉換率 (gain/feed, G/F)。

(ii) 血液生化值

豬隻於試驗結束時經保定後自頸靜脈採血 5 mL (以肝素為抗凝劑)，每處理組採血 12 頭，血液於 4℃、3,000 rpm 離心 10 分鐘後吸取血漿分裝，貯存於 -20℃ 冰櫃供測定血液生化值。測定項目包括血漿三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、白蛋白 (albumin, Alb)、尿素氮 (urea nitrogen, UN)、澱粉酶 (amylase, AMYL)、麩胺酸草醯乙酸轉胺酶 (glutamic-oxaloacetic aminotransferase, GOT) 或天門冬胺酸轉胺酶 (aspartate aminotransferase, AST) 及丙胺酸轉胺酶 (alanine aminotransferase, ALT) 或麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic-pyruvic aminotransferase, GPT)，檢測試劑購自 Roche (德國)，以血液生化分析儀 (Roche Cobas Mira 2865-35 Automatic Analyzer) 測定其濃度或酵素活性。

(iii) 屠體性狀

豬隻於試驗結束後，各處理組選取 12 頭豬送臺灣農畜產工業股份有限公司屠宰場進行屠宰、屠體分切及屠體性狀測定。豬隻於屠宰前停止餵料一天，僅供應清潔飲水，並於屠宰場之繫留場繫留後於屠宰前秤活體重 (slaughter weight)。豬隻以電擊法電昏後，放血屠宰、剝皮、去內臟、去四肢及頭，並量測屠體重，之後再以脊椎骨為中心

剖鋸為半邊屠體，量取屠體長 (測量第一肋骨前緣至恥骨前端的直線長為屠體長)，以及量測背脂厚度後，屠體移入 0 - 4℃ 之冷藏庫冷藏 24 小時，肉豬之屠體部位肉分切規格及方式依方等 (2010) 編印之「肉豬屠體部位肉分切規格手冊」進行屠體分切。測定之屠體性狀包括屠宰率、背脂厚度 (三點平均)、瘦肉率、脂肪率及骨頭率。腰眼面積之量測，係於背最長肌之第 10 - 11 肋骨間橫向切斷，以臘質光面紙描繪量取橫切面之腰眼圖形後，以面積測定儀 (Portable Area Meter, LI-3000, USA) 測定面積。

(iv) 屠體評級

依臺灣肉豬屠體評級手冊 (1988) 由臺灣農畜產工業股份有限公司專業人員進行屠體評級評分，以屠體重、背脂厚度 (分 6 級) 及瘦肉率 (分 5 等) 為評分依據。數字越低代表屠體越佳。

(v) 屠體溫度及 pH 值

利用金屬鑽孔器於背最長肌預備測定點，鑽至中心處，使用微電腦 pH 測定器 (HI 8424, Hanna instruments, Italy) 插入背最長肌中心處 (近 11 肋處)，待測定數據穩定後，記錄溫度及 pH 值。測定時間為屠後 45 min (tem 1 及 pH 1) 及屠後 24 hr (tem 24 及 pH 24)。每個屠體測定三點求其平均值。

(vi) 滴水失重 (drip loss)

依據 Honikel (1998) 之方法進行。取背最長肌 10 - 11 肋處之樣品約 150 g 去除脂肪及結締組織後，懸掛於夾鏈袋中置入 4℃ 冷藏庫中 48 hr，稱其汁液重量表示滴水失重。

(vii) 蒸煮失重 (cooking loss)

依 Florene *et al.* (1994) 之方法修飾之。取背最長肌 10 - 11 肋處之樣品約 150 g 去除脂肪及結締組織後，以錫箔紙包裹浸於 80℃ 水浴池中 25 min，再放在流水中冷卻 15 分鐘，將表面的水分擦乾後秤重，二者間之差即為蒸煮失重。

III. 統計分析

試驗資料利用 SAS (2014) 統計分析系統的一般線性模式程序 (general linear model procedure) 進行分析，並以鄧肯氏新多次變域測定法 (Duncan's new multiple range test)，比較不同飼糧處理組間各項分析項目之差異顯著性。

結果與討論

I. 生長性狀

肥育期豬隻飼料高纖維飼糧對生長性能之影響結果 (表 2) 顯示，高纖維飼糧組之日增重及飼料轉換率顯著 ($P < 0.05$) 較對照飼糧組為差，而平均隻日飼料採食量於二組間則無顯著差異。廖等 (2002) 及劉等 (2008) 於畜試黑豬之研究顯示，肥育期飼糧之粗纖維含量由 4% 提高至 6%，對日增重、飼料採食量及飼料利用效率並無不利之影響。然本試驗使用之纖維來源為大豆殼與乾甜菜渣粉，飼糧中纖維含量達 13.9%，代謝能及蛋白質含量僅為

正常飼糧組的 85%，且乾甜菜渣含豐富水溶性纖維容易吸水，吸水後體積膨脹 3 至 4 倍，動物食後會延長胃的排空 (Holt *et al.*, 1979; Story, 1985)，較有飽食感 (Blundell and Burley, 1987)，此可能為本試驗飼料採食量於兩組間幾無差異之原因。另 Duncan *et al.* (1983) 指稱，高纖維日糧需要較多的咀嚼而致能量的採食降低。而湟田等 (1967) 指稱，產蛋雞日糧粗纖維含量達 7% 時，飼料採食量及產蛋率明顯降低；Serrano *et al.* (2009) 於 152 日齡 (體重 42 kg) 伊比利與杜洛克雜交肉豬之試驗顯示，以任飼的 82% 進行限飼 49 天，再以任飼的 72% 進行限飼 62 天，之後恢復任飼 54 天，平均日增重以任飼豬隻較佳。另 Skiba *et al.* (2012) 以任飼的 70% 進行限飼 28 天，之後恢復任飼，體重仍以任飼組顯著較限飼組重，這些結果與本試驗結果相似。顏及戈 (1981) 指出，飼料纖維於一般豬隻的消化率約 45 至 55%。Keys *et al.* (1970) 發現，以不同纖維含量的日糧餵飼豬及老鼠，纖維之利用率隨纖維含量的提高而降低，然 Stanogias and Pearce (1985) 指稱，日糧纖維之利用率在纖維來源的影響大於纖維含量的影響。雖然 Varel (1987) 指稱，豬隻大腸中之微生物能降解纖維，產生揮發性脂肪酸，其量約可提供生長豬隻能量需量的 30%，且成年豬隻所提供之數量更高於此。但由本試驗結果顯示，肥育期黑豬餵飼高纖維飼糧將會使增重與飼料轉換率明顯變差，導致上市日齡延長及飼料費增加 387 元 / 頭。故餵飼高纖維豬隻之活體價格每公斤需比餵飼正常飼糧者高出 3.3 元以上，始具使用價值。

表 2. 肥育期黑豬餵飼高纖維飼糧對生長性能之影響

Table 2. Effects of fed high fiber diet on growth performances of finishing black pigs

Items	Control	High fiber	SE
Initial weight (kg)	57.78	57.88	0.92
Final weight (kg)	117.58	117.80	0.73
Average daily gain, kg/d	0.70 ^a	0.50 ^b	0.24
Average feed intake, kg/d	1.93	1.93	0.04
Feed conversion ratio, feed/gain	2.87 ^b	3.90 ^a	0.12
Days to 117 kg	87.08 ^b	120.58 ^a	2.20
Feed cost, NT\$/head	2,207.11 ^b	2,593.93 ^a	67.63

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

II. 血漿生化值

肥育期豬隻餵飼高纖維飼糧對血液生化值之影響結果 (表 3) 顯示，餵飼高纖維飼糧組之血漿三酸甘油酯 (triglyceride, TG) 濃度與澱粉酶 (amylase, AMYL) 及丙胺酸轉胺酶 (alanine aminotransferase, ALT) 活性顯著 ($P < 0.05$) 較對照飼糧組為高，但血漿白蛋白 (albumin, Alb) 及尿素氮 (urea nitrogen, UN) 濃度則較對照飼糧組為低 ($P < 0.05$)，而血漿天門冬胺酸轉胺酶 (aspartate aminotransferase, AST) 活性於兩組間則無顯著差異。劉等 (2008) 之研究顯示，肥育期飼糧之粗纖維含量由 4% 提高至 6%，對血漿總蛋白質及 UN 濃度並無顯著影響。而本試驗高纖維組有顯著較低的血漿 UN 及 Alb 濃度，可能與蛋白質及胺基酸採食較少或肝臟功能受損有關。Alb 由肝臟合成，為維持血液滲透壓與鈣、長鏈脂肪酸、膽紅素及內泌素等物質運輸所必須，而造成血漿白蛋白降低之原因包括肝病、腎臟病、出血、燒燙傷、水腫及蛋白質或胺基酸攝取量低等有關 (白等, 1996)。而 UN 為哺乳動物血液循環中非蛋白態氮之主要終產物，血液中 UN 主在肝臟合成，主由腎臟排泄，因此當蛋白質攝取量增加或腎臟功能不良時血漿 UN 濃度會增加，而當肝臟功能受損及蛋白質攝取量降低時，UN 的產生會減少 (白等, 1996)。一般在血液中具有兩類主要的酵素，一種是在細胞內合成與作用之酵素，像是 AST 等在一般正常情況下此類酵素在血液中活性極低，但當發生疾病時，在體內細胞受損的情況下，酶自細胞內漏出進入血液中，所以從血液中酶活性之變化便可以得知細胞受損之程度。在正常生理情況下血漿

或血清中的酵素均有一定範圍的正常值，因此在臨床醫學疾病診斷上扮演重要的角色。而本試驗高纖維飼糧組之 TG 濃度與 AMYL 及 ALT 活性顯著較正常飼糧組為高之原因，可能與豬隻長期攝取高纖維飼糧導致肝臟及胰臟功能受損有關；在臨床上 AMYL 主要作為肝臟與胰臟功能及肝臟與胰臟疾病診斷，高澱粉酶血症見於急、慢性胰臟炎、胰臟外傷與癌症、唾液腺損傷及腎臟機能不全等。而 ALT 之活性以肝臟中最高，對肝臟具有專一性，為肝臟疾病的良好標記之一。ALT 屬於細胞質之酵素，因此任何肝臟之實質損傷，若與細胞膜之破壞或改變有關時，會使 ALT 漏出而進入血液中。當罹患急性疾病時 ALT 之升高較多，而罹患慢性疾病時 ALT 之升高則較少 (白等, 1996)。一般而言動物攝取可溶性纖維或降低能量採食會顯著降低血液中 TG 與膽固醇濃度

(Albrink and Ullrich, 1986; Ranhotra *et al.*, 1988; Assis and Basu, 1990)。Rezaei and Hajati (2010) 研究亦指出，以粗糠稀釋飼糧可降低 21 日齡肉雞血漿 TG 濃度。而 Abd El-Hack *et al.* (2017) 指出，在等蛋白質同熱能飼糧中使用含有可溶乾燥玉米酒糟 5% 以上，即有使蛋雞血清 TG 濃度上升。而本試驗高纖維飼糧組之能量僅為正常飼糧組的 85%，且纖維含量達 13.9%，但血漿 TG 濃度卻顯著較正常飼糧組為高，可能與胰臟功能受損有關，白等 (1996) 指出，在慢性胰臟炎時血液中之 TG 濃度較高。另纖維可促進唾液、胃液及胰液等消化酵素之分泌 (海老原與桐山, 1990)，於胃腸道內會吸附消化酵素而降低消化酵素之活性 (Schneeman, 1978; Isaksson *et al.*, 1982; Longstaff and Mc NAB, 1991)，及造成消化道黏膜的損傷 (Cassidy *et al.*, 1982)，因此如長期持續攝取高纖維飼糧可能造成肝臟膽汁與胰臟胰液的持續分泌而造成肝臟及胰臟之功能受損。然本試驗並未進行肝臟與胰臟取樣、秤重及外觀檢視，僅從本試驗之血漿生化值結果就學理面進行推測。

表 3. 肥育期黑豬飼高纖維飼糧對血漿生化值之影響

Table 3. Effects of fed high fiber diet on some plasma biochemical parameters of finishing black pigs

Items	Control	High fiber	SE
Triglyceride, mg/dL	30.17 ^b	40.25 ^a	2.00
Albumin, mg/dL	3.81 ^a	3.54 ^b	0.06
Urea nitrogen, mg/dL	11.25 ^a	7.43 ^b	0.56
Amylase, U/L	1,239.70 ^b	1,726.10 ^a	83.97
Alanine aminotransferase, U/L	36.17 ^b	43.58 ^a	1.54
Aspartate aminotransferase, U/L	39.27	46.75	3.63

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

III. 屠體性狀

肥育期豬隻飼高纖維飼糧對屠體性狀之影響結果 (表 4) 顯示，屠體重、屠宰率、背脂厚度及屠體脂肪比例以高纖維飼糧組顯著 ($P < 0.05$) 較對照飼糧組為低，屠體骨骼比例則顯著 ($P < 0.05$) 較對照飼糧組為高，腰眼面積及屠體瘦肉率於兩組間雖無顯著差異，但以高纖維飼糧組有較高趨勢。而屠體評級以高纖維飼糧組顯著 ($P < 0.05$) 較對照飼糧組為佳。廖等 (2002) 及劉等 (2008) 於畜試黑豬之研究顯示，肥育期飼糧之粗纖維含量由 4% 提高至 6%，對腰眼面積、背脂厚度、屠體瘦肉比例、脂肪比例及骨骼比例並無顯著之影響。Robison (1976) 指稱，豬隻屠體肌肉量與脂肪量於各階段之增長應呈現曲線，體重過輕或過重均不利於瘦肉率表現。吳等 (2012) 亦指出，正常飼養之豬隻，瘦肉率隨屠宰體重增加而顯著下降，但屠宰率、屠體長、背脂厚度及腰眼面積，則隨屠宰體重增加而顯著增加。而本試驗高纖維組之屠宰率顯著較對照飼糧組為低之原因，可能與其腸道相對重量增加有關，許多的報告指出，動物飼高纖維飼糧會導致腸道相對長度與相對重量增加 (Savory and Gentle, 1976; Brown *et al.*, 1979; Abdelsamine *et al.*, 1983; Savory, 1992)，及腸道肌肉層厚度增加 (呂, 1993; Brown *et al.*, 1979)。而高纖維組之背脂厚度及屠體脂肪比例顯著較對照飼糧組為低之原因，與其能量濃度較低致能量採食受到限制有關，許多的報告指出，肉豬於生長期或肥育期給予能量限制會降低背脂厚度或肌肉內脂肪含量 (Serrano *et al.*, 2009; Skiba, 2010; Wiecek *et al.*, 2011; Skiba *et al.*, 2012) 及提高瘦肉率 (Mullan *et al.*, 2009)。而高纖維組較對照飼糧組有較佳之屠體評級，與其背脂厚度較低及瘦肉率較高有關，因豬隻之屠體評級主要是參考屠體重、背脂厚度及瘦肉率而得。而高纖維組有較高之屠體骨骼比例可能與其體脂肪比例顯著下降有關。林 (1987) 指稱動物在生長過程中，其體內之主要組成如骨骼、脂肪與肌肉比例為負相關，而內臟比例則隨體重增加而下降。

IV. 背最長肌屠後 pH 及溫度變化、滴水失重及蒸煮失重

肥育期飼高纖維飼糧與對照飼糧之背最長肌肌肉屠後 pH 及溫度變化、滴水失重及蒸煮失重的差異性比較結果 (表 5) 顯示，豬隻屠宰後 45 min 之肌肉 pH 值 (pH 1) 與溫度 (tem 1) 及滴水失重於兩組間無顯著差異，但 tem 1 於高纖維飼糧組有較低之趨勢 ($P = 0.06$)，滴水失重於高纖維飼糧組有較高之趨勢 ($P = 0.07$)，而屠宰後 24 hr 之肌肉 pH 值 (pH 24) 與溫度 (tem 24) 及蒸煮失重均以高纖維飼糧組顯著 ($P < 0.05$) 較對照飼糧組為高。使用 pH 1 或 pH 24 來進行豬隻屠後之肉質變化預估，但有研究認為利用 pH 24 作為評估豬肉品質應較為客觀，但可用 pH1 作為輔助之用 (Van der Wal *et al.*, 1983)。豬隻屠宰後，肌肉內儲存之肝醣會迅速進行無氧醣解作用，轉變成為乳酸，堆積於肌肉內導致 pH 值快速降低，pH 1 常用於預測豬水樣肉之發生機率，通常 pH 1 值若低於 5.8 時，極可能於 24 hr 後成為水樣肉 (Kempster and Cuthbertson, 1975; Smith and Wilson, 1978)。而本試驗 pH 1 之平

均值分別為 6.40 及 6.53 仍屬正常範圍。而對照飼糧組之 tem 1 較高纖維飼糧組高之原因可能與其屠體重顯著 ($P < 0.05$) 較高纖維組飼糧重，半邊屠體較厚，於預冷室內冷空氣降低屠體溫度之作用較為緩慢所致。然為何高纖維飼糧飼糧組之肌肉 pH 24 與 tem 24 顯著較對照飼糧組為高，其原因仍不清楚，有待進一步探討。一般而言，豬隻屠後長時間維持高屠體溫度時，會加速屠體之無氧醣解作用，產生多量的乳酸蓄積於肌肉內，導致屠肉 pH 值之快速降低 (Kastenschmidt *et al.*, 1965)。

表 4. 肥育期黑豬飼高纖維飼糧對屠體性狀之影響

Table 4. Effects of fed high fiber diets on the carcass characteristics of finishing black pigs

Items	Control	High fiber	SE
Slaughter weight, kg	108.22	106.61	0.77
Carcass weight, kg	94.53 ^a	90.28 ^b	0.83
Carcass length, cm	88.71	90.63	0.53
Dressing percentage, %	87.33 ^a	84.64 ^b	0.28
Backfat thickness, cm	2.65 ^a	2.08 ^b	0.08
Loin eye area, cm ²	43.05	44.76	1.13
Lean percentage, %	48.78	49.70	0.54
Fat percentage, %	15.34 ^a	13.53 ^b	0.55
Bone percentage, %	15.42 ^b	16.58 ^a	0.20
Carcass yield grade score	3.25 ^a	2.88 ^b	0.07

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

表 5. 肥育期黑豬飼高纖維飼糧對背最長肌屠後 pH 及溫度變化、滴水失重及蒸煮失重之影響

Table 5. Effects of fed high fiber diets on the *longissimus dorsi* muscle drip loss, cooking loss and postmortem pH and temperature change of finishing black pigs

Items	Control	High fiber	SE
pH 1	6.40	6.53	0.06
pH 24	5.88 ^b	6.08 ^a	0.04
tem 1, °C	34.50	32.76	0.45
tem 24, °C	3.47 ^b	5.08 ^a	0.16
Drip loss, %	2.32	3.40	0.29
Cooking loss, %	27.79 ^b	30.89 ^a	0.47

pH 1 and pH 24 : pH value at 45 min and 24 hr post-mortem.

tem 1 and tem 24 : temperature at 45 min and 24 hr post-mortem.

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

Honikel (1987) 認為豬隻屠體屠後應儘速讓肉溫降低至 10 – 15°C，以減緩肌節之縮短及減少水樣肉之形成機率，降低豬肉之肉質變異。而滴水失重與肌肉保水能力有關，保水性是相當重要的經濟性狀，對消費者而言，保水性會顯著影響到肉品的蒸煮失重、口感、製品產率及最終產品的性質 (Roseiro *et al.*, 1994)。而肌肉的保水性與肉的 pH 值有密切的關係，活體動物約含 70 – 75% 的水分，且水分主要與肌肉蛋白質結合，當肌肉細胞 pH 值維持於 7 左右時，具有最高的水分結合能力。當豬隻屠宰後，隨著肌肉 pH 值之降低，其肌肉保水能力會逐漸下降，直到 pH 值接近等電點為止，豬肉的等電點約位於 pH 5.2 處 (Honikel, 1987)。高纖維飼糧飼糧組之 pH 24 顯著較正常飼糧組為高，但為何高纖維飼糧組之滴水失重較正常飼糧組為高之趨勢，其原因仍不清楚，有待進一步探討。或許與其屠宰年齡較大有關，因肌肉中的膠原蛋白含量與熱殘存性膠原蛋白比例，隨動物飼養的時間而增加，而且膠原蛋白分子間的交聯鍵結 (crosslink) 也會逐漸增多，使保水能力下降 (Nakamura *et al.*, 1975)。另高纖維飼糧組較正常飼糧組有顯著較高之蒸煮失重，除前述之原因導致其保水能力較差外，可能亦與其肌肉脂肪含量 (%) 較低 (2.53 vs. 3.15, $P < 0.10$, 未發表資料) 有關。Honikel (1998) 指稱，肌肉加熱導致肌肉蛋白

質變性及結締組織收縮為產生蒸煮失重之主要原因。Sales (1995) 之報告顯示，肌肉脂肪含量高者較脂肪含量低者，有較低之肌肉蒸煮失重。蒸煮失重與官能品評之多汁性與嫩度有密切關係，蒸煮失重高者官能品評之多汁性 (Sales, 1995; Van Oeckel *et al.*, 1999) 與嫩度 (Van Oeckel *et al.*, 1999) 較低者差。

綜合本試驗之結果顯示肥育期黑豬飼料高纖維 (14%) 飼糧，其能量及蛋白質含量約為對照組飼糧 (粗纖維 3%) 的 85%，雖可提升屠體等級與降低背脂厚度，但生長性能 (日增重、飼料轉換率、上市日齡) 與屠宰率明顯變差，且可能對肝臟與胰臟功能造成危害。

誌 謝

試驗期間承本場畜產科技系謝星龍先生、薛鳳鶯小姐、廖芳英小姐及羅凱駿先生協助現場飼養管理、臺灣農畜產工業股份有限公司協助豬隻屠宰及分切等與畜產試驗所飼料作物組借用面積測定儀，特此感謝。

參考文獻

- 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。肉豬屠體部位分切規格手冊。行政院農業委員會。臺北市。
- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學。立宇出版社，臺南市。
- 臺灣肉豬屠體評級手冊。1988。臺灣區肉品發展基金會。臺北市。
- 呂大衛。1993。日糧纖維來源不同對鵝之生長性狀與飼料中營養成分消化率之影響。碩士論文，國立中興大學，臺中市。
- 林慧生。1987。肉與肉製品，第四與第五章。華香園出版社，臺北市。
- 吳家輔、劉登城、林高塚、吳勇初。2012。屠宰時活體重對於 LYD 三品種雜交閩公豬屠體性狀之影響。中畜會誌 41(3)：213-224。
- 許晉賓、王漢昇、李秀蘭、黃憲榮、王治華。2013。添加青貯料取代部分飼料對肥育期 DK 黑豬生長性能之影響。中畜會誌 42(增刊)：302。
- 許晉賓、李秀蘭、王漢昇、黃憲榮、林正鏞、王治華。2014。玉米青貯料對高畜黑母豬繁殖性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：240。
- 張婷婷、林高塚。2014。家畜市場活體與屠體拍賣優缺點探討。動物保護公共論壇論文：205-208。
- 廖宗文、蘇天明、蔡金生、劉建甫、彭松鶴、王政騰。2002。不同粗纖維含量飼糧飼養黑豬一號肥育期肉豬對其生長性能及屠性狀之效果評估。中畜會誌 31(2)：87-97。
- 劉芳爵、徐阿里、李恆夫、許晉賓、鄭仁君、楊璿菁、吳勇初。2008。不同粗纖維來源與含量對肥育期畜試黑豬生長性能與屠體性狀之影響。畜產研究 41(3)：173-185。
- 顏宏達、戈福江。1981。不同品種豬隻的消化率、生長性能與屠體品質之探討。中畜會誌 10(3-4)：71-83。
- 窪田大作、李榮商、森本宏。1967。産卵鶏における粗纖維の効果に関する研究。日本家禽學會誌 4：107-110。
- 農業統計年報。2016。行政院農業委員會，臺北市。
- Abdelsamie, R. E., K. N. P. Ranaweera and W. E. Nano. 1983. The influence of fiber content and physical texture of the diet on the performance of broilers in the tropics. *Brit. Poultry Sci.* 24: 383-390.
- Abd El-Hack, M. E., S. A. Mahgoub, M. Alagawany and E. A. Ashour. 2017. Improving productive performance and mitigating harmful emissions from laying hen excreta via feeding on graded levels of corn DDGS with or without *Bacillus subtilis* probiotic. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101: 904-913.
- Albrink, M. J. and I. H. Ullrich. 1986. Interaction of dietary sucrose and fiber on serum lipids in healthy young men fed high carbohydrate diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 43: 419-428.
- Assis, S. P. and T. K. Basu. 1990. Effect of pectin on the lipid status in high cholesterol-fed mice. *Nutr. Res.* 10: 99-108.
- Blundell, J. E. and V. J. Burley. 1987. Satiation, satiety and the action of fiber on food intake. *Int. J. Obesity* 11: 9-25.
- Brown, R. C., J. Kelleher and M. S. Losowsky. 1979. The effect of pectin on the structure function of the rat small intestine. *Brit. J. Nutr.* 42: 357-365.
- Cassidy, M. M., F. G. Lightfoot and G. V. Vahouny. 1982. Morphological aspects of dietary fiber in the intestine. *Adv. Lipid*

- Res. 19: 203-229.
- Duncan, K. H., J. A. Bacon and R. L. Weinsier. 1983. The effects of high and low energy density diets on satiety, energy intake, and eating time of obese and nonobese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 37: 763-769.
- 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.
- Holt, S., R. C. Heading, D. C. Carter, L. F. Prescott and P. Tothill. 1979. Effect of gel fiber on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. *Lancet* 1: 636-639.
- Honikel, K. O. 1987. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. in: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pig*. eds. Tarrant, P. V. and Eikelenboom, C. Dordrecht, Martinus Nijhof publishers, Netherlands. pp. 129-142.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49: 447-457.
- Isaksson, G., I. Lundquist and I. Ihse. 1982. Effect of dietary fiber on pancreatic enzyme activity in vitro. *Gastroenterology* 82: 918-924.
- Kastenschmidt, L. L., G. R. Beecher, J. C. Forrest, W. G. Hoekstra and E. J. Briskey. 1965. Porcine muscle properties. A. Alteration of glycolysis by artificially induced changes in ambient temperature. *J. Food Sci.* 30: 565-572.
- Kempster, A. J. and A. Cuthbertson. 1975. A national survey of muscle pH values in commercial pig carcasses. *J. Food Technol.* 10: 73-80.
- Keys, J. E., P. J. Van Soest and E. P. Young. 1970. Effect of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicellulose and cellulose in swine and rats. *J. Anim. Sci.* 31: 1172-1177.
- Longstaff, M. and J. M. McNAB. 1991. The inhibitory effect of hull polysaccharides and tannins of field beans (*Vicia faba* L.) on the digestion of amino acids starch and lipid and on digestive enzyme activities in young chicks. *Brit. J. Nutr.* 65: 199-216.
- Mullan, B. P., M. Trezona, D. N. D'Souza and J. C. Kim. 2009. Effects of continual fluctuation in feed intake on growth performance response and carcass fat - to - lean ratio in grower - finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 87: 179-188.
- Nakamura, R., S. Sekoguchi and Y. Sato. 1975. The contribution of intramuscular collagen to the tenderness of meat from chickens with different ages. *Poultry Sci.* 54: 1604-1612.
- Ranhotra, G. S., J. A. Gelroth and P. H. Bright. 1988. Effect of the source of fiber in bread on intestinal response and nutrient digestibility. *Cereal Chem.* 65: 9-12.
- Rezaei, M. and H. Hajati. 2010. Effect of diet dilution at early age on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks. *Ital. J. Anim. Sci.* 9: 93-100.
- Robison, O. W. 1976. Growth patterns in swine. *J. Anim. Sci.* 42: 1024-1035.
- Roseiro, L. C., C. Santos and R. S. Melo. 1994. Muscle pH60, colour (L, a, b) and water holding capacity and the influence of post-mortem meat temperature. *Meat Sci.* 38: 353-359.
- Sales, J. 1995. Ostrich meat review: A South African viewpoint. *Canadian Ostrich Magazine* 4: 20-25.
- SAS. 2014. SAS user guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Savory, C. J. 1992. Gastrointestinal morphology and absorption of monosaccharides of fowls conditioned to different types and levels of dietary fiber. *Brit. J. Nutr.* 67: 77-89.
- Savory, C. J. and J. Gentle. 1976. Effects of dietary dilution with fiber on the food intake and gut dimensions of Japanese quail. *Brit. Poultry Sci.* 17: 571-580.
- Schneeman, B. O. 1978. Effect of plant fiber on lipase, trypsin and chymotrypsin activity. *J. Food Sci.* 43: 634-635.
- Serrano, M. P., D. G. Valencia, A. Fuentetaja, R. Lazaro and G. G. Mateos. 2009. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. *J. Anim. Sci.* 87: 1676-1685.
- Skiba, G. 2010. Effects of energy or protein restriction followed by realimentation on the composition of gain and meat quality of *musculus longissimus dorsi* in pigs. *Archives Anim. Sci.* 64: 36-46.
- Skiba, G., S. Raj, E. Polawska, B. Pastuszewska, G. Elminowska-Wenda, J. Bogucka and D. Knecht. 2012. Profile of fatty acids, muscle structure and shear force of *musculus longissimus dorsi* (MLD) in growing pigs as affected by energy and protein or protein restriction followed by realimentation. *Meat Sci.* 91: 339-346.
- Smith, W. C. and A. Wilson. 1978. A note on some factors influencing muscle pH 1 values in commercial pig carcasses. *Anim. Prod.* 26: 229-232.

- Stanogias, G. and G. R. Pearce. 1985. The digestion of fiber by pigs, 1. The effects of amount and type of fiber on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *Brit. J. Nutr.* 53: 513-530.
- Story, J. A. 1985. Dietary fiber and lipid metabolism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 180: 447-452.
- Van der Wal, P. G., G. Eikelenboom and E. Lambooy. 1983. The effect of electrical stunning on pork quality. Dordrecht, Martinus Nijhof publishers, Netherlands, pp. 82-89.
- Van Oeckel, M. J., N. Warnants and Ch. V. Boucque. 1999. Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. *Meat Sci.* 51: 313-320.
- Varel, V. H. 1987. Activity of fiber-degrading microorganisms in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 65: 488-496.
- Wiecek, J., A. Rekiel, M. Batorska and J. Skomial. 2011. Effect of restricted feeding and realimentation periods on pork quality and fatty acid profile of *M. longissimus thoracis*. *Meat Sci.* 87: 244-249.

Effects of high fiber diet on growth performances, carcass traits, meat drip loss and cooking loss in finishing black pigs ⁽¹⁾

Cheng-Yung Lin ⁽²⁾ Han-Sheng Wang ⁽³⁾ Hsien-Juang Huang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ I- Heng Chang ⁽⁶⁾
Shen-Chang Chang ⁽⁴⁾ and Hsiu-Lan Lee ⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾

Received: Mar. 15, 2018; Accepted: May 18, 2018

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of dietary high fiber on growth performances, blood biochemical traits, carcass characteristics, meat drip loss and cooking loss of finisher black pigs. A total of thirty two (16 barrows and 16 gilts) crossbred pigs (25% Meishan × 75% Duroc) with an average body weight (BW) of 57.8 kg, were randomly divided into two groups which fed the control and high fiber diet. The crude fiber levels in diets were 3% and 14%. Pigs were allocated into quadruplicate with 4 pigs in each pen. Water and feed were provided *ad libitum*. Experiment was ended when pigs reach BW 117 kg. 12 pigs from each group were phlebotomized and sacrificed for further analysis. The results showed that, the daily weight gain and feed conversion rate were significantly ($P < 0.05$) poorer and the age to market was significantly ($P < 0.05$) prolonged in high fiber diet group. In blood biochemical traits, the concentration of plasma triglyceride and activity of amylase and alanine aminotransferase were significantly ($P < 0.05$) higher whereas the concentration of blood urea nitrogen and albumin were significantly ($P < 0.05$) lower in high fiber diet group. The dressing percentage, backfat thickness and fat percentage were significantly ($P < 0.05$) decreased and bone ratio was significantly ($P < 0.05$) increased in high fiber diet group than control group. The carcass quality grading was elevated ($P < 0.05$) in high fiber diet group. In addition, the pH and temperature of meat at 24 hr postmortem and cooking loss were significantly ($P < 0.05$) lower in control group than those of high fiber diet group. The results showed that feeding the finisher black pigs with high fiber diet decreased backfat thickness and increased carcass quality grading. However, it had negative effect on the growth performances, dressing percentage, cooking loss of meat and function of liver and pancreas.

Key words: High fiber diet, Black pigs, Growth performances, Carcass characteristics, Meat cooking loss.

(1) Contribution No. 2591 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Animal Industry Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Taitung Animal Propagation Station, COA-LRI, Taitung 95444, Taiwan, R. O. C.

(4) Kaohsiung Animal Propagation Station, COA-LRI, Pingtung 91247, Taiwan, R. O. C.

(5) Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology.

(6) Technical Service Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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