

植物多醣萃取物對離乳仔豬生長性狀、 糞便菌相與發炎因子的效應⁽¹⁾

劉芳爵⁽²⁾⁽⁴⁾ 林幼君⁽³⁾

收件日期：109 年 8 月 25 日；接受日期：110 年 1 月 8 日

摘 要

本試驗目的在評估飼糧添加 0.1% 之麩皮、苜蓿粉 (簡稱苜蓿) 或狼尾草台畜草 3 號 (簡稱狼尾草) 多醣萃取物對離乳仔豬生長性能、糞便微生物群與抗發炎之效應。試驗動物採用 4 週齡離乳之 LYD 三品種雜交肉仔豬 32 頭 (公母各半)，依體重與性別，分為 4 處理組，分別飼養於 16 個保育欄舍中，每欄均為 1 公 1 母，進行為期 4 週之試驗。基本飼糧營養濃度含 18% 粗蛋白質與 3,500 kcal/kg 可消化能，此外分別添加 0.1% 之麩皮、苜蓿或狼尾草多醣萃取物為試驗組，對照組豬隻餵飼基本飼糧。在 3 種植物多醣萃取物含量，以苜蓿多醣萃取物最低，佔全乾重 (Dry matter) 之 9.0%；麩皮次之，為 11.6%；狼尾草最高，為 17.9%。試驗結果顯示，仔豬於離乳後第 4 週體重，餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物比添加 0.1% 麩皮多醣萃取物飼糧組顯著較重 ($P < 0.05$)；仔豬於離乳後第 1 週，餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物者，比添加 0.1% 麩皮多醣萃取物飼糧組，飼料效率顯著較佳 ($P < 0.05$)，而試驗全期 (離乳後 1 — 4 週) 亦是以餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物比對照組有顯著 ($P < 0.05$) 較佳的飼料效率。在抗發炎的作用，以餵飼離乳仔豬添加 0.1% 狼尾草、苜蓿及麩皮之多醣萃取物飼糧，分別具有抑制 3 種發炎因子 (IL-1 β 、IL-6 及 IL-8)、2 種 (IL-6 與 IL-8) 以及 1 種 (IL-1 β) 的作用。對於仔豬糞便菌相的影響，餵飼添加 0.1% 之狼尾草多醣萃取物飼糧，在離乳後第 15 與 28 天，抑制仔豬糞便大腸桿菌數之效果顯著大於對照組，同時在離乳後第 15 天時，仔豬糞便乳酸菌數亦顯著 ($P < 0.05$) 較對照組高。綜合而言，在離乳仔豬飼糧添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物，可以改善離乳後第 4 週每日增重與全期 (離乳後 1 — 4 週) 的飼料效率，同時有助於降低發炎因子以及增加糞便乳酸菌數。另外，添加 0.1% 麩皮或 0.1% 苜蓿多醣萃取物，亦有降低相關的發炎因子的作用。

關鍵詞：植物多醣、萃取物、腸道微生物。

緒 言

雜食性豬隻在大腸部位 (特別是盲腸與結腸) 的發酵作用所產生揮發性脂肪酸，可以提供豬隻 5 — 28% 的能量需要量 (Kass *et al.*, 1980; Klavs *et al.*, 1992)。同時大腸之微生物菌相，對豬隻腸道健康扮演非常重要角色，由於微生物產生之短鏈脂肪酸 (如甲酸、乙酸、丙酸及酪酸等)，抑制有害微生物之增殖，具有保護結腸與直腸之作用 (Blottiere *et al.*, 2003; Anguita *et al.*, 2006; Biagi *et al.*, 2006)。豬隻後腸 (Hindgut) 部位之多醣來源，絕大部分來自飼糧，且是屬於非水溶性的植物纖維，包括有植物細胞壁多醣、寡糖、儲藏性多醣例如菊澱粉 (Inulin) 與抗性澱粉等 (Cherbut, 2002)。其他植物性的細胞壁如木聚糖 (Xylan) 與果膠 (Pectin) 則是可以從植物結構中釋放出來，並形成水溶性纖維，這些多樣性之多醣，具有影響豬隻腸道菌相的作用 (Cherbut, 2002)。非水溶性纖維素在大腸中的作用像大量微細刷子，把大腸內的宿便殘渣掃除，幫助淨化腸道系統以及促進正常排便的功能 (Reid *et al.*, 2003)。非水溶性纖維素亦具有促進腸道益生菌生長與增殖的作用，由於纖維素在腸道中可以成為腸道微生物之營養素來源 (Schnabel *et al.*, 1983)，讓腸道內多種的細菌數量快速增殖，其中包括好氧性與厭氧性的菌種 (William *et al.*, 1991)。動物腸道中菌相的平衡，常受到外來物質的干擾，如飼糧中添加抗生素。另外，可以被篩選與運用之腸道微生物飼料添加物，其中又以乳酸菌類及其產生的代謝成分最為普遍 (Yao *et al.*, 2016)。因此，本試驗運用由麩皮、苜蓿粉以及狼尾草作為多醣萃取物的來源，評估其對離乳仔豬生長性能、腸道微生物菌相及誘發發炎細胞激素濃度等影響。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2656 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營養組。

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

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 104-25 號申請核准在案。

I. 試驗動物與飼糧處理

飼糧添加之植物多醣萃取物為源自麩皮、苜蓿粉及狼尾草台畜草三號，試驗動物採用 4 週齡離乳之 LYD 三品種雜交肉仔豬共 32 頭（公母各半），依體重與性別，分為 4 處理組，分別飼養於 16 個保育欄舍中，每欄均為 1 公 1 母，每組 4 重複，進行為期 4 週之試驗。對照組飼糧含 18% 粗蛋白質與 3,500 kcal/kg 可消化能，另分別添加 0.1% 之麩皮、苜蓿粉或狼尾草多醣萃取物為試驗組，對照組飼糧組成，如表 1 所示。試驗期間採任食，並充分供應飲水。每週量秤體重與記錄採食量一次、在試驗日開始與結束日以人工固定方法，由頸靜脈採集血液 10 mL 供分析免疫球蛋白與細胞激素含量用、採集仔豬糞便樣品（分別於試驗開始日、離乳後第 15 天與試驗結束日）供分析腸道微生物之菌相，評估植物多醣萃取物對改善仔豬生長性能、糞便菌相與抗發炎的效果。

表 1. 離乳仔豬飼養試驗之飼糧組成（對照組）

Table 1. Composition of basal diets for postweaning piglet (control)

Ingredients, kg	Basal diet	Basal diet + Plant polysaccharide
Corn (yellow) (CP 7.5%)	597.3	596.3
Soybean meal (CP 43.5%)	200.0	200.0
Limestone (pulverized)	10.0	10.0
Dicalcium phosphate	15.0	15.0
Fish meal (CP 65%)	50.0	50.0
Skim milk (powder)	50.0	50.0
Whey	50.0	50.0
Choline-Cl (50%)	1.2	1.2
Soybean oil	20.0	20.0
Salt (iodized)	4.0	4.0
Vitamin premix ^a	1.0	1.0
Mineral premix ^b	1.5	1.5
Plant polysaccharide ^c		1.0
Total	1,000.0	1,000.0
Calculated value		
Digestible energy kcal/kg	3,522	3,522
Analyzed value %		
Crude protein	18.96	18.86
Lysine	1.17	1.18
Calcium	0.85	0.86
Total phosphorus	0.63	0.65

^a Supplied the following vitamins 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 and Choline chloride, 50 mg and Cobalt (II) sulfate heptahydrate 0.5 mg.

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

^c Added 0.1% extracted polysaccharide from wheat bran or alfalfa meal and napiergrass.

II. 植物多醣的萃取及萃取物多醣含量分析

植物多醣的萃取方法，乃參考 Baets and Vandamme (2001) 方法，進行麩皮、苜蓿及狼尾草 (*Pennisetum purpureum* Taishu No. 3) 等植物多醣的萃取，包括粉碎、稀釋、調整酸鹼度、加熱、過濾與酒精沉澱等步驟。因進行離乳仔豬的飼養試驗，需要較大量植物多醣萃取物。因此，在植物多醣萃取物的沉澱與收集等步驟，則採用 2 公升玻璃分液漏斗，其餘步驟均相同。

萃取物多醣含量分析，主要利用多醣的還原性特性，以 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 試劑具有還原力之特性，當碳水化合物具有游離之醛或酮基，即能在鹼性溶液下產生還原能力，將 DNS (黃色) 還原成 3-amino-5-nitrosalicylic acid (橘紅色)，顏色深淺則與還原醣濃度成正比，並以波長 540 nm 測定吸光值。葡萄糖標準溶液之製備取 5 支試管，分別加入 1,000 mg/mL 標準葡萄糖液 1、2、4、6 及 8 mL 以及蒸餾水 9、8、6、4 及 2 mL，配製 100 – 800 µg/mL 的標準溶液，建立葡萄糖檢量線。接續進行樣品多醣含量分析，利用測得之吸光值，計算植物萃取物之多醣含量 (%) 公式如下：

$$\text{多醣含量 (\%)} = \frac{\text{葡萄糖濃度 (\mu g/mL)} \times \text{萃取液 (mL)}}{\text{樣品重 (g)} \times \text{乾物率 (\%)}} \times 100\%$$

III. 豬糞便中菌相的分析

參照 Lactobacilli MRS Medium (Difco™ & BBL™ Manual, 2nd Edition; https://legacy.bd.com/europe/regulatory/Assets/IFU/Difco_BBL/288_110.pdf) 方法分析乳酸菌數，秤取 1 g 糞便先放入 10 mL 0.85% NaCl 混合均勻，接續用 0.85% NaCl 連續稀釋 (1 mL + 9 mL 0.85% NaCl) 至 1/1,000,000，共稀釋 5 次。再以 L 型玻棒均勻塗抹至 Lactobacilli MRS 平面培養基 (Difco™ Lactobacilli MRS Agar) 上，之後置入 CO₂ 培養箱，在微厭氧的環境下 (13% CO₂)，於 37°C 培養 48 小時，最後根據菌落的大小與形態挑出單獨菌落。

豬糞便中大腸桿菌 (*Escherichia coli*)、其他大腸桿菌群 (Other Coliform) 與其他腸內菌 (Other Enterobacter) 分析方法，參照 CHROMagar™ ECC 建議步驟。首先秤取 1 g 糞便先放入 10 mL 之 0.85% NaCl 混合均勻，接續用 0.85% 之 NaCl 連續稀釋 (1 mL + 9 mL 0.85% NaCl) 至 1/1,000,000，共稀釋 5 次。依照 CHROMagar agar 推薦用量調配適當濃度培養基，再分別用微波加熱後放置於冰箱中待用，注意培養基加熱溫度不可以完全沸騰，同時要注意培養基需使用褐色血清瓶盛裝藉以避光。兩項培養基，使用前亦須先使用微波加熱後 (不可以超過 100°C) 放置於 48°C 水浴槽中備用。樣品接種方式，再以 L 型玻棒均勻塗抹至培養皿上，分別取 1 mL 之 1/1,000 及 1/1,000,000 稀釋糞便樣品，再分別注入 3 個 9 cm 培養皿，接續注入適量培養基 (約 9 mL)，搖放均勻靜置至凝固後，放置於 37°C 培養箱經 24 小時後，計算菌落之數量，菌落呈藍色屬大腸桿菌、呈紫紅色 (Mauve) 屬其他大腸桿菌群以及呈蒼白色 (Colorless) 屬其他腸內菌。其呈色機制因大腸桿菌群為革蘭氏陰性好氧性或通氣嫌棄性桿菌，包括大腸桿菌 (*E. coli*) 與腸內菌等。大腸桿菌群能產生半乳糖苷酶 (β-galactosidase) 將產色基質 (Chromogen) X-gal (5-bromo-4-chloro-3-indolyl-beta-D-galactopyranoside; 是 β-galactosidase 的反應受質) 作用使菌落呈紅色外觀；另外大腸桿菌產生 β-葡萄糖醛酸酶 (β-glucuronidase) 能將產色基質 BCIG (5-bromo-4-chloro-3-indoxyl-β-D-glucuronide, BCIG) 作用使菌落外貌呈藍色。

IV. 血液免疫球蛋白含量的分析

以含有乙二胺四乙酸 (Ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) 抗凝血劑的採血管，抽取試驗豬頸靜脈竇之血液樣品，經離心 10 分鐘 (在 4°C、3,000 rpm 條件下)，收集血漿樣品並儲放於 -20°C 冷凍櫃，供分析免疫球蛋白含量。血清免疫球蛋白 IgA、IgG 及 IgM 含量之測定，採用酵素鍵結免疫吸附法 (Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)，依照製造廠商生產之 Pig ELISA 免疫球蛋白 (Immunoglobulin, Ig) IgA、IgM 及 IgG 分析套組 (Leinco Technologies, Inc, USA) 建議之步驟，並以波長 450 nm 進行含量分析。

V. 血液細胞激素含量的分析

參考 Pereira *et al.* (2012) 分析細胞激素方法，血液細胞激素偵測原理類似 ELISA，主要是利用抗體抗原免疫鍵結原理來偵測，Milliplex 則是將分析用抗體鍍膜在微珠上，藉由混合紅光及遠紅外光螢光染劑，混合成多種的顏色編碼 (Color - code)。每一種顏色編碼微珠接上具專一性辨識特定蛋白的抗體，來辨識血液樣品中細胞激素的特定蛋白，然後與標誌生物素 (Biotin) 的偵測抗體作用，最後加入 SAPE (Streptavidin phycoerythrin) 螢光抗體反應，以 Luminex 200 型機器 (Luminex Corporation, USA) 進行血液樣品中的 TNF-α (Tumor Necrosis Factor-α) 及介白素 (Interleukin, IL)、IL-1β、IL-6、IL-8 與 IL-10 等細胞激素濃度的偵測。

VI. 統計分析

試驗所得之各項資料，採用 SAS (2005) 的統計軟體，依 GLM 程序 (General linear model procedure) 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。

結果與討論

I. 麩皮、苜蓿與狼尾草之多醣萃取物含量

試驗採用的植物多醣萃取物，分別為畜禽飼料常用之植物性飼料原料麩皮 (麥類副產物)、苜蓿 (豆科植物) 及狼尾草台畜草三號 (牧草) 各 100 g。萃取方法包括三種飼料原料的粉碎、稀釋、調整 pH 值、熱水煮沸 2 小時、上清液經減壓濃縮後以 4 倍體積之 95% 酒精沉澱 24 小時與低溫烘乾等步驟。本研究所得 3 種粗多醣經還原糖定量法 (Dinitrosalicylic acid, DNS) 分析結果，以苜蓿多醣萃取物最低，麩皮次之，狼尾草最高，其多醣含量分別為 9.0%、11.6% 及 17.9%。狼尾草台畜草三號多醣萃取物較高之原因，可能因苜蓿與麩皮的粗蛋白質與酸洗纖維含量高於狼尾草台畜草三號所致 (臺灣飼料成分手冊, 2011)。另外，國內一些萃取植物多醣研究中，採用之水萃取與酒精沉澱的方法，在金線蓮多醣萃取物其多醣含量為 14.81% (林, 2009)，顯示本試驗採用的萃取植物多醣的方法，可以有效萃取苜蓿、麩皮及狼尾草等植物的多醣成分。

II. 飼糧添加 0.1% 植物多醣萃取物對離乳仔豬生長性狀之影響

以對照組不添加或分別添加 0.1% 麩皮、苜蓿或狼尾草植物多醣萃取物飼糧餵飼，仔豬體重在離乳後第 7、14、21 及 28 天時，4 組飼糧組間沒有顯著差異。但餵飼添加 0.1% 植物多醣萃取物之處理組，體重有高於對照組的趨勢 (表 2)。此現象可能因仔豬腸道微生物可以利用添加之植物多醣，產生揮發性脂肪酸具有提升仔豬體重的效果 (Noblet and Shi, 1994)。在離乳後第 4 週之日增重，餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物比添加 0.1% 苜蓿多醣萃取物飼糧組，仔豬的日增重顯著較高，其他包括離乳後第 1、2、3 週及全期，則 4 組飼糧間沒有顯著差異 (表 3)。此項結果可能因仔豬腸道微生物對狼尾草多醣萃取物的利用，隨餵飼天數的增加而提高，進而在離乳後第 4 週達到顯著改善的效果。另外，此結果也顯示，狼尾草台畜草三號不僅含有較高量的多醣萃取物，同時多醣萃取物對改善離乳仔豬日增重效果，亦較優於苜蓿多醣萃取物。雖然添加狼尾草多醣萃取物組無法顯著地比對照組具有提升離乳仔豬的日增重，但是仍有提升離乳仔豬日增重 40 – 100 g 的效果。

表 2. 飼糧中添加 0.1% 不同植物多醣對 LYD 離乳仔豬體重的影響[§]

Table 2. Effect of adding 0.1% different kind of plant polysaccharide on bodyweight of LYD weaned pigs

Items	Control (C)	C+	C+	C+
Time		0.1% wheat bran polysaccharide	0.1% alfalfa meal polysaccharide	0.1% taishu No. 3 polysaccharide
No.	8	8	8	8
28-d-old, kg	7.45 ± 0.71*	7.72 ± 0.80	7.52 ± 0.76	7.98 ± 0.90
35-d-old, kg	9.36 ± 0.96	9.45 ± 2.01	9.60 ± 1.33	10.24 ± 1.75
42-d-old, kg	11.88 ± 1.52	12.25 ± 2.43	12.11 ± 1.76	13.07 ± 1.70
49-d-old, kg	14.62 ± 2.77	15.19 ± 3.31	15.32 ± 2.85	16.51 ± 2.49
56-d-old, kg	18.89 ± 3.11	19.47 ± 3.80	19.44 ± 3.69	21.38 ± 2.70

* Mean ± SD.

[§] There were not significantly difference in body weight among those aged from 28 to 56-d-old by adding plant polysaccharide extracts.

飼料採食量方面，於 4 飼糧組間，雖然沒有顯著差異 (表 3)，但由表中可發現，餵飼添加 0.1% 植物多醣萃取物飼糧，仔豬的飼料採食量略低。此部分可能因飼糧中添加多醣萃取物具有增加飽足感的作用，造成仔豬的採食量有降低現象。

飼料效率方面，離乳後第 1 週期間，餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物，顯著較餵飼 0.1% 麩皮多醣萃取物之仔豬飼料效率為佳 (表 3)，全期亦以餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物，較對照組仔豬之飼料效率為佳。顯示餵飼狼尾草多醣萃取物，具有提升仔豬飼料效率的作用，此結果和 Verschuren *et al.* (2018) 者相同。前述現象可能因仔豬腸道需要一段時間適應多醣萃取物的消化作用，讓仔豬腸道微生物可以利用多醣產生揮發性脂肪酸 (Durmic *et al.*, 1998)。而這些短鏈脂肪酸，除可以促進仔豬腸道的健康，更可以作為仔豬能量來源 (Anguita *et al.*, 2006)。因此，離乳仔豬餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物飼糧，有改善離乳仔豬飼料效率的作用。

III. 飼糧添加 0.1% 植物多醣萃取物對離乳仔豬血液免疫球蛋白與細胞激素含量之影響

餵飼離乳仔豬空白料或分別添加 0.1% 之 3 種植物多醣萃取物飼糧。不過在試驗結束時比試驗開始時，仔豬在 IgG、IgA 及 IgM 濃度有顯著增加之現象 (表 4)。在一些文獻中亦有類似的結果 (Curtis and Bourne, 1973; Wilson, 1974; Lee *et al.*, 2017; 劉等, 2017)。此現象可能因試驗仔豬於 6 週齡 (離乳後第 15 天) 依照飼養管理步驟施打豬瘟與豬丹毒疫苗各一劑，進而造成仔豬免疫球蛋白濃度增加。

表 3. 飼糧中添加 0.1% 不同植物多醣對 LYD 離乳仔豬生長性狀的影響

Table 3. Effect of adding 0.1% different kind of plant polysaccharide on growth performance of LYD weaned pigs

Items	Control (C)	C+	C+	C+
Time		0.1% wheat bran polysaccharide	0.1% alfalfa meal polysaccharide	0.1% taishu No. 3 polysaccharide
No.	8	8	8	8
ADG, kg ^x				
1 st week, kg	0.27 ± 0.04 [*]	0.25 ± 0.17	0.29 ± 0.07	0.32 ± 0.10
2 nd week, kg	0.36 ± 0.10	0.40 ± 0.07	0.36 ± 0.08	0.40 ± 0.03
3 rd week, kg	0.39 ± 0.22	0.42 ± 0.19	0.46 ± 0.21	0.49 ± 0.15
4 th week, kg	0.61 ± 0.05 ^{ab}	0.61 ± 0.03 ^{ab}	0.59 ± 0.06 ^b	0.70 ± 0.05 ^a
Overall, kg	0.41 ± 0.10	0.42 ± 0.08	0.43 ± 0.10	0.48 ± 0.05
ADFI, kg ^y				
1 st week, kg	0.43 ± 0.10	0.45 ± 0.04	0.43 ± 0.19	0.44 ± 0.12
2 nd week, kg	0.77 ± 0.25	0.75 ± 0.22	0.71 ± 0.20	0.72 ± 0.19
3 rd week, kg	0.89 ± 0.36	0.87 ± 0.36	0.89 ± 0.16	0.88 ± 0.28
4 th week, kg	1.44 ± 0.17	1.26 ± 0.24	1.28 ± 0.18	1.25 ± 0.14
Overall, kg	0.88 ± 0.18	0.84 ± 0.19	0.83 ± 0.14	0.80 ± 0.12
FE (feed/gain) ^z				
1 st week, kg	1.59 ± 1.11 ^{ab}	1.80 ± 0.17 ^a	1.48 ± 0.44 ^{ab}	1.38 ± 0.21 ^b
2 nd week, kg	2.14 ± 0.56	1.88 ± 0.24	1.97 ± 0.24	1.80 ± 0.42
3 rd week, kg	2.28 ± 0.12	2.07 ± 0.39	1.93 ± 0.35	1.80 ± 0.25
4 th week, kg	2.36 ± 0.29	2.07 ± 0.21	2.16 ± 0.16	1.79 ± 0.26
Overall, kg	2.09 ± 0.29 ^a	1.96 ± 0.09 ^{ab}	1.88 ± 0.08 ^{ab}	1.69 ± 0.20 ^b

^{*} Mean ± SD.

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

^{x, y, z} ADG: average daily gain, ADFI: average daily feed intake and FE: feed efficiency.

在血液細胞激素濃度方面，在離乳時，各處理組仔豬的 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6、IL-8 及 IL-10 濃度沒有顯著差異。但是在試驗結束日時，餵飼添加 0.1% 之狼尾草多醣萃取物比對照組，在發炎因子 IL-1 β 、IL-6 及 IL-8 濃度均顯著降低 (表 4)；餵飼添加 0.1% 之苜蓿多醣萃取比對照組，在發炎因子 IL-1 β 與 IL-6 濃度顯著較低；餵飼添加 0.1% 之麩皮多醣萃取物比對照組，在發炎因子 IL-1 β 濃度顯著較低。但是在發炎因子 TNF- α 濃度在 4 飼糧組間沒有顯著差異，而 IL-10 濃度，在 4 組均低於檢測極限。由此現象顯示，餵飼離乳仔豬不同來源植物多醣萃取物，具有抑制不同發炎因子的作用。相關的文獻亦有類似的結果 (Ewaschuk *et al.*, 2012; Cornick *et al.*, 2015;

Lee *et al.*, 2017)。因此，餵飼離乳仔豬添加 0.1% 狼尾草、苜蓿及麩皮之多醣萃取物飼糧，具有降低離乳仔豬發炎因子的作用，尤其是添加狼尾草多醣萃取物效果最佳。

VI. 飼糧添加 0.1% 植物多醣萃取物對離乳仔豬糞便菌相之影響

在離乳日，仔豬糞便中之乳酸菌、大腸桿菌與其他大腸桿菌群、其他腸內菌等菌數，在 4 處理組間沒有顯著差異 (表 5)。在離乳後第 15 天時，餵飼添加 0.1% 之狼尾草多醣萃取物比餵飼對照組飼糧，仔豬糞便中之乳酸菌數顯著較高，且大腸桿菌數顯著較低 (表 5)，但是在對照組、添加 0.1% 之麩皮或苜蓿多醣萃取物 3 組間，仔豬糞便中之乳酸菌、其他腸內菌、大腸桿菌與其他大腸桿菌群等菌數均沒有顯著差異，此現象可能因狼尾草多醣萃取物較有利於腸道乳酸菌菌群的生長，而使糞便中乳酸菌數增加。在試驗結束日時，餵飼添加 0.1% 之狼尾草與麩皮多醣萃取物比較對照組，仔豬糞便中之大腸桿菌數顯著較低，而苜蓿多醣萃取物組雖然沒有顯著比對照組降低大腸桿菌數，但是仍有降低 30.7% 大腸桿菌數的效果 (表 5)，此現象可能亦因狼尾草多醣萃取物較有利於腸道微生物作用，產生揮發性脂肪酸降低腸道中大腸桿菌數量所致 (Biagi *et al.*, 2006; Jha and Berrocso, 2015; Mach *et al.*, 2015)。由上述結果顯示，餵飼添加 0.1% 之狼尾草多醣萃取物飼糧，具有抑制離乳仔豬腸道大腸桿菌菌數的作用；同時在離乳後第 15 天時，餵飼添加 0.1% 之狼尾草多醣萃取物，具有顯著提高離乳仔豬的腸道乳酸菌數的作用，隨之改變仔豬糞便之大腸桿菌與乳酸菌數。

表 4. 飼糧中添加 0.1% 不同植物多醣對 LYD 離乳仔豬免疫球蛋白與細胞激素之影響

Table 4. Effect of adding 0.1% different kind of plant polysaccharide on the concentration of blood immunoglobulin and cytokines of LYD weaned pigs

Items	Control (C)	C+	C+	C+
Time		0.1% wheat bran polysaccharide	0.1% alfalfa meal polysaccharide	0.1% taishu No. 3 polysaccharide
No.	8	8	8	8
Day 1				
IgG, $\times 10^5$ ng/mL	4.39 \pm 1.38	3.94 \pm 1.52	4.08 \pm 2.32	4.44 \pm 2.14
IgA, $\times 10^5$ ng/mL	8.58 \pm 3.89	7.95 \pm 3.68	11.11 \pm 5.53	8.80 \pm 2.99
IgM, $\times 10^5$ ng/mL	0.96 \pm 0.17	0.95 \pm 0.30	1.37 \pm 0.46	1.46 \pm 0.50
TNF- α , pg/mL	147.1 \pm 42.9	118.0 \pm 32.7	100.2 \pm 22.6	147.7 \pm 35.3
IL-1 β , pg/mL	456.2 \pm 54.6	369.8 \pm 31.3	524.3 \pm 71.9	420.5 \pm 59.2
IL-6, pg/mL	24.9 \pm 5.7	32.6 \pm 8.3	36.6 \pm 4.8	24.9 \pm 2.7
IL-8, pg/mL ^Ψ	46.4 \pm 13.9	< 31.20	< 31.20	< 31.20
IL-10, pg/mL ^Υ	< 7.8	< 7.8	< 7.8	< 7.8
Day 28				
IgG, $\times 10^5$ ng/mL	68.87 \pm 9.86	75.09 \pm 11.37	72.91 \pm 10.59	84.87 \pm 12.51
IgA, $\times 10^5$ ng/mL	56.23 \pm 7.37	61.87 \pm 7.79	61.70 \pm 8.04	70.45 \pm 9.49
IgM, $\times 10^5$ ng/mL	23.27 \pm 9.73	20.47 \pm 6.80	21.87 \pm 5.86	24.45 \pm 7.12
TNF- α , pg/mL	199.8 \pm 52.2	138.1 \pm 45.8	163.8 \pm 58.7	100.9 \pm 28.5
IL-1 β , pg/mL	134.2 \pm 34.3 ^a	29.6 \pm 18.3 ^b	30.2 \pm 9.2 ^b	26.8 \pm 2.4 ^b
IL-6, pg/mL	122.5 \pm 22.2 ^a	61.4 \pm 21.7 ^{ab}	44.7 \pm 5.1 ^b	43.4 \pm 4.7 ^b
IL-8, pg/mL ^Ψ	110.3 \pm 36.2 ^a	50.5 \pm 17.0 ^{ab}	55.7 \pm 14.7 ^{ab}	38.7 \pm 6.7 ^b
IL-10, pg/mL ^Υ	< 7.8	< 7.8	< 7.8	< 7.8

* Mean \pm SD.

^{Ψ, Υ} Detection limit of IL-8 and IL-10 are below 31.20 and 7.8 pg/mL, respectively.

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

表 5. 飼糧中添加 0.1% 不同植物多醣對 LYD 離乳仔豬糞便菌相之影響

Table 5. Effect of adding 0.1% different kind of plant polysaccharide on fecal microflora of LYD weaned pigs

Time	Items	Control (C)	C+	C+	C+
			0.1% wheat bran polysaccharide	0.1% alfalfa meal polysaccharide	0.1% taishu No. 3 polysaccharide
No.		8	8	8	8
Day 1					
	<i>Lactobacillus</i> , $\times 10^8$ cfu/g	53.8 \pm 3.7*	59.1 \pm 1.3	65.2 \pm 1.2	77.8 \pm 8.4
	Other enterobacter, $\times 10^5$ cfu/g	122.0 \pm 1.4	153.0 \pm 27.9	151.0 \pm 20.7	126.5 \pm 4.9
	<i>E. coli</i> , $\times 10^5$ cfu/g	132.0 \pm 28.2	216.5 \pm 18.1	243.5 \pm 29.1	127.5 \pm 48.7
	Other Coliforms, $\times 10^5$ cfu/g	15.1 \pm 6.9	12.5 \pm 2.1	21.5 \pm 8.9	19.0 \pm 9.8
Day 15					
	<i>Lactobacillus</i> , $\times 10^8$ cfu/g	45.2 \pm 4.7 ^b	54.9 \pm 4.9 ^{ab}	52.6 \pm 3.7 ^{ab}	65.1 \pm 4.2 ^a
	Other enterobacter, $\times 10^5$ cfu/g	107.1 \pm 35.4	171.5 \pm 3.5	191.0 \pm 0.5	175.7 \pm 19.5
	<i>E. coli</i> , $\times 10^5$ cfu/g	358.1 \pm 24.2 ^a	196.5 \pm 5.1 ^{ab}	235.5 \pm 3.4 ^{ab}	122.4 \pm 10.6 ^b
	Other Coliforms, $\times 10^5$ cfu/g	3.8 \pm 0.3	1.4 \pm 0.7	1.5 \pm 0.5	1.1 \pm 0.1
Day 28					
	<i>Lactobacillus</i> , $\times 10^8$ cfu/g	42.2 \pm 8.0	51.8 \pm 3.9	50.5 \pm 1.9	62.5 \pm 2.7
	Other enterobacter, $\times 10^5$ cfu/g	12.0 \pm 1.8	5.5 \pm 0.7	8.0 \pm 5.2	6.0 \pm 2.8
	<i>E. coli</i> , $\times 10^5$ cfu/g	354.7 \pm 33.9 ^a	182.3 \pm 22.7 ^b	245.7 \pm 87.2 ^{ab}	119.3 \pm 45.7 ^b
	Other Coliforms, $\times 10^5$ cfu/g	8.6 \pm 0.1	1.3 \pm 0.5	4.3 \pm 0.6	1.6 \pm 0.5

* Mean \pm SD.^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

結 論

在離乳後 4 週內，餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物，仔豬的飼料效率顯著較佳；在離乳後第 4 週時，餵飼添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物比添加 0.1% 苜蓿多醣萃取物飼糧組，仔豬的日增重顯著較高。餵飼離乳仔豬添加 0.1% 狼尾草、苜蓿與麩皮之多醣萃取物組，分別具有抑制發炎因子 IL-1 β 、IL-6 及 IL-8、IL-6 與 IL-8 以及 IL-1 β 的作用。在仔豬腸道菌相，餵飼添加 0.1% 之狼尾草多醣萃取物飼糧，抑制仔豬腸道大腸桿菌數，同時在離乳後第 15 天時，亦比餵飼未添加植物多醣飼糧具有增加仔豬腸道乳酸菌數的作用。因此，建議可於離乳仔豬飼糧添加 0.1% 狼尾草多醣萃取物，改善離乳後第 4 週仔豬的日增重、飼料效率、增加腸道乳酸菌數以及降低發炎因子濃度等作用。

參考文獻

- 林佳潔。2009。金線連水萃取物中的醣類與有機酸之分析。國立臺灣大學碩士論文。
- 臺灣飼料成分手冊編輯委員會。2011。臺灣飼料成分手冊 (第三版)。行政院農業委員會畜產試所，臺南市，臺灣，中華民國。
- 劉芳爵、鍾承訓、林幼君。2017。凝膠化保育料與傳統保育料對提升離乳仔豬之生長性狀、免疫球蛋白含量、下痢發生率與糞便微生物數量之效果。畜產研究 50：250-256。
- Anguita, M., N. Canibe, J. F. Pe'rez and B. B. Jensen. 2006. Influence of the amount of dietary fiber on the available energy from hindgut fermentation in growing pigs: Use of cannulated pigs and *in vitro* fermentation. J. Anim. Sci. 84: 2766-2778.
- Baets, S. D. and E. J. Vandamme. 2001. Extracellular Tremella polysaccharides: structure, properties and applications. Biotech. Letters 23: 1361-1366.

- Biagi, G., A. Piva, M. Moschini, E. Vezzali 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.
- Cherbut, C. 2002. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. *Briti. J. Nutrition* 87: S159-S162.
- Cornick, S., A. Tawiah and K. Chadee. 2015. Roles and regulation of the mucus barrier in the gut. *Tissue Barr.* 3: e982426.
- Curtis, J. and F. J. Bourne. 1973. Half-lives of immunoglobulins IgG, IgA and IgM in the serum of new-born pigs. *Immunology* 24: 147-155.
- Durmic, Z., D. W. Pethick, J. R. Pluske and D. J. Hampson. 1998. Changes in bacterial populations in the colon of pigs fed different sources of dietary fibre, and the development of swine dysentery after experimental infection. *J. Applied Microbio.* 85: 574-582.
- Ewaschuk, J. B., I. R. Johnson, K. L. Madsen, T. Vasanthan, R. Ball and C. J. Field. 2012. Barley-derived β -glucan increases gut permeability, ex vivo epithelial cell binding to *E. coli*, and naïve T-cell proportions in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 2652-662.
- Jha, R. and J. D. Berrocoso. 2015. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Animal.* 9: 1441-1452.
- 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.
- Klavs, H., S. R. Henrik and B. M. Per. 1992. An *in vitro* study of short-chain fatty acid concentrations, production and absorption in pig (*Sus scrofa*) colon. *Compar. Biochem. Physio. Part A* 103: 198-197.
- Lee, D. N., Y. S. Hung, T. S. Yang, J. Lin and C. F. Weng. 2017. *Aspergillus awamori* fermented mung bean seed coats enhance the antioxidant and immune responses of weaned pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101: e342-e351. doi:10.1111/jpn.12611.
- Mach, N., M. Berri, J. Estelle, F. Levenez, G. Lemonnier and C. Denis. 2015. Early-life establishment of the swine gut microbiome and impact on host phenotypes. *Environ. Microbio. Reports.* 7: 554-569.
- Noblet, J. and X. S. Shi. 1994. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. *Livestock Prod. Sci.* 37: 323-338.
- Pereira, C. G., S. P. Pereir, C. V. Pereir, J. A. Lumini, J. Magalhaes, A. Ascensao, M. S. Santos, A. J. Moreno and P. J. Oliveira. 2012. Mitochondrionopathy phenotype in doxorubicin-treated wistar rats depends on treatment protocol and is cardiac-specific. *PLoS one* 6: e38867.
- Reid, G., M. E. Sanders, H. R. Gaskins, G. R. Gibson, A. Mercenier, R. Rastall, M. Roberfroid, I. Rowland, C. Cherbut and T. R. Klaenhammer. 2003. New scientific paradigms for probiotics and prebiotics. *J Clin. Gastroenterol.* 37: 105-118.
- SAS. 2005. User's Guide: Statistic, Version 9.1 Edition. SAS Inc., Cary, NC. USA.
- Schnabel, E., G. Bolduan and A. Guldenpenning. 1983. Effect of a brand diet on the total passage rate and tract measurements in weanling swine. *Arch. Tierernahr.* 33: 371-377.
- Verschuren, L. M. G., M. P. L. Calus, A. J. M. Jansman, R. Bergsma, E. F. Knol and H. Gilbert. 2018. Fecal microbial composition associated with variation in feed efficiency in pigs depends on diet and sex. *J. Anim. Sci.* 96: 1405-1418.
- Whelton, S. P., A. D. Hyre, B. Pedersen, Y. Yi, P. K. Whelton and J. He. 2005. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *J. Hypertension* 23: 475-481.
- William, G. W., M. B. Susan, A. P. Dale and J. L. David. 1991. 16S Ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J. Bacteriol* 137: 697-703.
- Wilson, M. R. 1974. Immunologic development of the neonatal pig. *J. Anim. Sci.* 38: 1018-1021.
- Yao, Y., Y. Zhu and G. Ren. 2016. Immunoregulatory activities of polysaccharides from mung bean. *Carbohydrate Poly.* 139: 61-66.

The effect of plant polysaccharide extracts on the growth performance, the fecal microflora, and the concentration of inflammatory factor of postweaning pigs ⁽¹⁾

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

Received: Aug. 25, 2020; Accepted: Jan 8, 2021

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects on the growth performance, intestinal microflora and anti-inflammation of postweaning piglets by adding 0.1% polysaccharide extracts respectively to the wheat bran, alfalfa meal or *Pennisetum purpureum* (Taishu No. 3). Experimental animals comprised 4-week-old LYD crossbred weaning pigs. A total of 32 piglets (male and female in half) were allocated into 4 groups by weight and gender and housed in 16 nursery pens; and each pen raised 1 male and 1 female for a 4-week experiment period. Basal diet, containing 18% crude protein and 3,500 kcal/kg digestible energy, was blended with 0.1% of the wheat bran, alfalfa meal or Taishu No. 3 polysaccharide extracts as experimental group. Polysaccharide extracts in plant sources were collected through hot water extraction. The polysaccharide content by dry matter content of polysaccharide extract from alfalfa meal was 9.0%, followed by wheat bran 11.6% and Taishu No. 3 17.9%. During the first week of experiment, pigs diet added with 0.1% Taishu No. 3 polysaccharide extract showed a significantly ($P < 0.05$) efficient feed conversion rate than adding 0.1% alfalfa meal polysaccharide extract. During the fourth week of experiment, the feeding of 0.1% Taishu No. 3 polysaccharide extract also showed a significantly higher daily gain than adding 0.1% wheat bran polysaccharide extract. Weaning piglets fed 0.1% polysaccharide extracts from Taishu No. 3, alfalfa meal and wheat bran in diets had three kinds of anti-inflammation factor respectively (IL-1 β , IL-6 and IL-8), two kinds of anti-inflammatory factor (IL-6 and IL-8), and one kind of anti-inflammatory factor (IL-1 β). In the gut microflora of postweaning piglet, pigs fed 0.1% polysaccharide extract from Taishu No. 3, significantly ($P < 0.05$) inhibited the number of piglets intestinal *E. coli* better than adding polysaccharide extract from alfalfa meal. On the 15th day, pigs fed 0.1% Taishu No. 3 polysaccharide extract also showed a higher amount in intestinal lactobacillus than control group. In conclusion, the results indicated that adding 0.1% Taishu No. 3 polysaccharide extract into postweaning pigs diet improves the average daily gain and feed conversion rate in the fourth week after weaning. It also increases the number of gut lactobacillus and reduce the concentration of inflammation factor.

Key words: Plant polysaccharide, Extract, Gut microflora.

(1) Contribution No. 2656 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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