

飼糧中添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長性能、血液生化值及糞便微生物的影響⁽¹⁾

王錦盟⁽²⁾⁽⁴⁾ 林幼君⁽³⁾ 陳致吟⁽²⁾ 劉芳爵⁽²⁾

收件日期：109 年 1 月 8 日；接受日期：109 年 6 月 15 日

摘 要

本試驗旨在探討飼糧中添加凝結芽孢桿菌 (*Bacillus coagulans*) 對離乳仔豬生長性能、血液生化值及糞便微生物的影響。試驗以 32 頭 4 週齡 (藍瑞斯 × 杜洛克) 離乳仔豬為試驗動物，以體重為區集，再隨機分為 2 組，分別為對照組與處理組，處理組飼糧中額外添加凝結芽孢桿菌，使飼糧中濃度達 10^8 CFU/kg。試驗期間測定飼料採食量、體重、血液血球相與生化值及糞便菌相。結果顯示，經 4 週飼料與水任食飼養，兩組之仔豬隻日飼料採食量分別為 0.866 及 0.863 kg，隻日增重則分別為 0.249 及 0.262 kg，在飼料採食量與增重方面均無顯著差異。飼糧中添加凝結芽孢桿菌組可以改善飼料利用效率 (體增重 / 飼料採食量) 6.2%，分別為 0.286 及 0.305，在統計上具顯著之趨勢 ($P = 0.10$)，在八週齡時達顯著水準 (0.283 及 0.325； $P < 0.05$)。兩組之嗜中性白血球與淋巴球的比值相近，顯示飼糧添加凝結芽孢桿菌對降低離乳仔豬的緊迫無顯著影響，或是仔豬處於低緊迫的情況。兩組之糞便中病原性大腸桿菌、非病原性大腸桿菌群、革蘭氏陰性菌及乳酸菌之菌數量均亦相近。綜上所述，飼糧中添加凝結芽孢桿菌未能有明顯改善離乳仔豬之飼料採食量與日增重之效果，惟可以改善飼料利用效率，在仔豬八週齡時最明顯。

關鍵詞：離乳仔豬、凝結芽孢桿菌、生長表現。

緒 言

減少畜禽飼料中抗生素生長促進劑的使用為國際之趨勢，我國亦逐年減少飼料中抗生素生長促進劑的品項，因此有開發「抗生素生長促進劑替代品」的必要性。

益生菌 (probiotics) 早在數百年前，歐洲人便以優酪乳或發酵乳的形式食用，但是當時並不了解它對健康的效益。一直到 1908 年，由俄國諾貝爾獎得主 Elie Metchnikoff 首次描述益生菌的效益，他指出發酵牛乳中所含的乳酸菌對人體的健康具有益處。Lilly and Stilweel (1965) 進一步將益生菌定義：任何可以促進腸道菌種平衡，增加人體健康效益的微生物。一般常見的益生菌可區分為細菌及真菌兩大類。益生菌的特性需能抵抗胃酸與膽鹽的破壞，低或無病原性，能定殖於腸壁細胞及能在腸道上進行繁殖，才能產生良好的作用 (Fuller, 1992)。

芽孢桿菌屬於中度嗜熱菌，固態發酵耐受溫度可達 50 – 55℃，可以降低其在發酵生產過程被其他微生物污染的風險 (Abdel-Banat *et al.*, 2010; Lidan *et al.*, 2013)。一般微生物並無法有效分解五碳醣，微生物利用磷酸酮醇酶 (phosphoketolase) 代謝路徑發酵五碳醣時，可以產生等當量之醋酸與左旋乳酸，但是其產生效率大約 60%，不過芽孢桿菌，將五碳醣或六碳醣透過五碳糖磷酸途徑 (pentose-phosphate pathway) 水解產生左旋乳酸與醋酸，其效率接近 100% (Patel *et al.*, 2006)。因此，若將凝結芽孢桿菌 (*Bacillus coagulans*) 添加於飼料中，應可分解飼料中木質纖維素，利用固態發酵水解五碳醣與六碳醣，產生左旋乳酸，供作腸道中有機酸的來源，協助達到維持仔豬腸道健康的目的，同時增加飼料中纖維之利用，降低飼養成本。

一般而言，益生菌主要定殖在動物的消化道中，其中小腸部分的數量最多，主要的作用在抑制腸道致病菌與維持消化道機能等。因此添加於飼料中之益生菌須能耐酸與耐膽鹽，才能通過胃酸與膽鹽的作用到達小腸，才有機會

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2642 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: cmwang@mail.tlri.gov.tw。

進行定殖於腸道的作用 (Fuller, 1992)。大腸部位之微生物菌相，對豬隻健康扮演非常重要的角色，主要由於微生物產生之短鏈脂肪酸，可降低腸道中的 pH 值，避免有害微生物的作用 (Blottiere *et al.*, 2003; Biagi *et al.*, 2006)。

本試驗嘗試以篩選自豬隻糞便的凝結芽孢桿菌，作為飼料添加物之益生菌菌種來源，進行仔豬飼料添加物之飼養試驗，評估在仔豬飼糧中添加凝結芽孢桿菌對仔豬生長表現的影響。

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所產業組的試驗豬舍進行，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第 108019 號申請核准在案。

I. 凝結芽孢桿菌來源

以篩選自豬隻糞便的凝結芽孢桿菌，經菌種鑑定、耐酸 (pH 2)、耐膽鹽 (2%)、耐高溫 (90°C) 及產孢能力測試後，選取凝結芽孢桿菌 S10 菌株進行發酵，生產飼料添加物。

II. 動物試驗

以 4 週齡二品種雜交離乳仔豬 (L × D) 32 頭為試驗動物，依相近體重分群並逢機為對照組與處理組，離乳平均體重分別為 6.79 ± 1.27 與 7.15 ± 1.33 kg (mean ± SD)。仔豬飼養於傳統高床保育豬舍，每組 4 重複，每欄 4 頭 (公母各半)，每欄面積 2.55 平方公尺。對照組仔豬給飼試驗基礎保育豬飼糧 (表 1)，處理組分組後，立即給飼額外添加凝結芽孢桿菌粉之飼糧，飼料中凝結芽孢桿菌濃度為 10^8 CFU/kg。試驗為期 4 週，試驗於仔豬 8 週齡結束。試驗於夏季進行，試驗期間採任食，每日補充飼料 2 次。以乳頭式或碗式飲水器給水，每欄 2 個飲水器，不限給水。每週測定仔豬的飼料採食量及體重，以評估飼糧中添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長表現的影響。

III. 血液生化值及糞便菌相檢測

在試驗結束時，豬隻以人工固定後，由頸靜脈採集 2 管血液各 5 mL，一管進行血液常規分析，另一管經 3,000 rpm/15 min 離心後，取血清進行血液生化值檢測。以血液分析儀 (XT-1800i Hematology Analyzer Sysmex Corporation, Co., Japan) 進行全血細胞計數 (complete blood count) 檢測。以血清生化分析儀 (Hitachi 7170, Japan) 輔以 Wako 公司所生產之套組進行測定血清生化學檢測，包括：血紅素 (hemoglobin, Hgb)、血球容積比 (hematocrit, Hct)、平均紅血球容積 (mean corpuscular cell volume, MCV)、平均紅血球血紅素 (mean corpuscular hemoglobin, MCH)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular cell hemoglobin concentration, MCHC)、總蛋白 (total protein, TP)、尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、肌酸酐 (creatinine, CREA)、總膽固醇 (total cholesterol, T-Chol)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG) 等。

於 8 週齡試驗結束時，每欄採集 10 g 以上的仔豬新鮮糞便樣品 1 份，保存於 4°C，送實驗室，再取 1 g 糞便進行菌相檢測。檢測使用 Chromagar (CHROMagar company, France) 方法檢測糞便中病原性大腸桿菌 (*Escherichia coli*)、非病原性大腸桿菌群 (coliform)、革蘭氏陰性菌 Gram-negative bacteria) 及乳酸菌 (*Lactobacillus*) 之菌數 (劉等, 2017)。

IV. 統計分析

本試驗採隨機完全區集設計 (randomized completely block design, RCBD)，試驗資料使用 SAS 統計套裝軟體 (Statistical Analysis System. SAS, 2002)，利用一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure) 進行變方分析，並以 least squares means 比較處理組間之差異顯著性。分析模式： $Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ijk}$ ； $i = 1, 2, 3, 4$ ； $j = P, Q$ 。上式中 B_i 代表區集 (block) 效應，仔豬初體重依每欄平均體重分為 1、2、3 及 4 級。 T_j 代表處理 (treatment) 效應，P 為對照組，Q 為處理組， ε_{ijk} 則為機差效應。

結果與討論

I. 生長表現

(i) 飼料採食量

飼糧中添加凝結芽孢桿菌對仔豬全期飼料採食量無顯著影響 (表 2)，對照組與處理組之隻日飼料採食量分別為 0.866 及 0.863 kg，且各週之飼料採食量亦無顯著差異。依據 Pu *et al.* (2018) 於飼料中添加芽孢桿

菌，可增加仔豬的隻日飼料採食量 (0.406 vs. 0.486 kg)。吳等 (2019) 在離乳仔豬 5 至 7 週齡飼料中添加凝結芽孢桿菌，可顯著提高添加組的全期隻日飼料採食量 (0.40 vs. 0.50 kg)。本試驗未得到相同結果，惟本試驗前三週 (5 至 7 週齡) 對照組及處理組的隻日飼料採食量較吳等 (2019) 為高，分別為 0.674 及 0.673 kg。推測本試驗仔豬的飼養環境適當且無疾病的發生，使對照組即具有良好的飼料採食量，因此飼料中添加凝結芽孢桿菌已無再提升飼料採食量的空間，以致本試驗未得到提高仔豬飼料採食量的結果。

(ii) 增重

一般而言，益生菌可作為飼料中促進生長抗生素添加物的替代品，可能與腸道微生物群的改善有關。部分益生菌可產生多種酵素，幫助仔豬消化飼料，進而改善仔豬的增重、飼料採食量與飼料利用效率。Guerra *et al.* (2006) 的結果指出，仔豬飼料中添加乳酸桿菌，具有可提升仔豬日增重的效果。飼料中添加乳酸桿菌的代謝產物，亦具有提升仔豬日增重的結果 (Thu *et al.*, 2011)。根據 Pu *et al.* (2018) 指出，凝結芽孢桿菌可以改善腸粘膜屏障的完整性，以減緩大腸桿菌的攻擊，促進仔豬的生長表現和減輕腹瀉。

吳等 (2019) 在離乳仔豬 5 至 7 週齡飼料中添加凝結芽孢桿菌，有提高添加組仔豬日增重的趨勢。本試驗處理組之隻日增重為 0.262 kg 也高於對照組的 0.249 kg，惟不具顯著差異性。對照組及處理組 5 至 8 週齡各週之日增重亦無顯著差異，另一方面，兩組之 5 週齡隻日增重均為負值，分別為 -0.003 及 -0.011 kg/day/piglet，顯示離乳對仔豬的緊迫影響嚴重，而飼料中添加凝結芽孢桿菌對仔豬離乳後第一週的日增重無顯著助益。

表 1. 基礎飼糧組成

Table 1. Basal diet composition

| Ingredients | % |
|--|--------|
| Yellow corn meal | 67.71 |
| Soybean meal | 19.00 |
| Fish meal | 5.00 |
| Skimmed milk powder | 2.00 |
| Whey powder | 2.00 |
| Soy bean oil | 1.00 |
| Salt | 0.50 |
| Dicalcium phosphate | 1.60 |
| Limestone, pulverized | 0.80 |
| Choline chloride, 50% | 0.10 |
| CuSO ₄ · 5H ₂ O, 99% | 0.04 |
| Premix-Vit ¹ | 0.15 |
| Premix-Min ² | 0.10 |
| Total | 100.00 |
| Calculated values | |
| Crude protein, % | 17.40 |
| ME, kcal/kg | 3,217 |
| Calcium, % | 0.94 |
| Total phosphorus, % | 0.73 |
| Available phosphorus, % | 0.57 |
| Lysine, % | 1.13 |

¹ Vitamin premix provided per kilogram of diet: vitamin A, 9,000 IU; vitamin D₃, 600 IU; vitamin E, 60 IU; vitamin K, 3 mg; vitamin B₁, 3 mg; vitamin B₂, 9 mg; vitamin B₆, 4.5 mg; vitamin B₁₂, 0.045 mg; calcium pantothenate, 45 mg; folic acid, 0.9 mg and biotin, 0.3 mg.

² Mineral premix provided per kilogram of diet: Cu, 5 mg; Mn, 6 mg; Co, 0.35 mg; Zn, 40 mg; I, 0.2 mg; Se 0.1 mg and Fe, 80 mg.

表 2. 飼糧中添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長表現之影響

Table 2. Effects of addition of *Bacillus coagulans* in diet on growth performances of weaned pigs

| Group | Control | Bacillus coagulans added* | SE | P value |
|-------------------------|--|---------------------------|-------|------------|
| | Feed intake (kg/piglet/day) | | | |
| | | | | |
| 5 th -wk-old | 0.278 | 0.265 | 0.033 | NS |
| 6 th -wk-old | 0.592 | 0.591 | 0.045 | NS |
| 7 th -wk-old | 1.152 | 1.163 | 0.067 | NS |
| 8 th -wk-old | 1.441 | 1.433 | 0.095 | NS |
| Whole period | 0.866 | 0.863 | 0.048 | NS |
| | Body weight gain (kg/piglet/day) | | | |
| 5 th -wk-old | -0.003 | -0.011 | 0.014 | NS |
| 6 th -wk-old | 0.197 | 0.210 | 0.026 | NS |
| 7 th -wk-old | 0.391 | 0.385 | 0.016 | NS |
| 8 th -wk-old | 0.411 | 0.465 | 0.033 | NS |
| Whole period | 0.249 | 0.262 | 0.114 | NS |
| | Feed efficiency (Body weight gain/Feed intake) | | | |
| 5 th -wk-old | -0.008 | -0.055 | 0.053 | NS |
| 6 th -wk-old | 0.333 | 0.338 | 0.022 | NS |
| 7 th -wk-old | 0.338 | 0.333 | 0.012 | NS |
| 8 th -wk-old | 0.283 | 0.325 | 0.008 | P < 0.05 |
| Whole period | 0.286 | 0.305 | 0.005 | (P = 0.10) |

* The concentration of added *Bacillus coagulans* in the treatment diet was 10⁸ CFU/kg.

NS, not significant.

(iii) 飼料利用效率

對照組及處理組之飼料利用效率 (gain/feed) 分別為 0.286 及 0.305，添加凝結芽孢桿菌組改善 6.2%，在統計上具顯著之趨勢 (P = 0.10)。由於第 5 至 7 週齡兩組之飼料利用效率均無顯著差異，第 8 週齡添加凝結芽孢桿菌組之飼料利用效率 (0.325) 顯著優於對照組 (0.283) (P < 0.05)，以致處理組全期之飼料利用效率有改善的趨勢。

前人研究顯示，於仔豬飼糧中添加枯草桿菌 MA139 或乳酸桿菌或液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) 或芽孢桿菌，對離乳仔豬飼料利用效率均無顯著影響 (Guo *et al.*, 2006; Yu *et al.*, 2008; 曾等, 2017; Wu *et al.*, 2018)。此結果與 Pu *et al.* (2018) 之結果指出，添加芽孢桿菌對經過大腸桿菌攻毒仔豬的飼料效率，有改善的效果，同時可減少仔豬發生下痢的比例，並指出芽孢桿菌可以改善腸粘膜屏障的完整性，以減緩大腸桿菌的攻擊，促進仔豬的生長表現和減輕腹瀉。本試驗由於 7 週齡時兩組之飼料利用效率均大於 0.33，8 週齡時處理組維持於 0.325，相對的，對照組飼料利用效率變差，降至 0.283。此結果與 Pu *et al.* (2018) 添加芽孢桿菌可改善飼料利用效率之結果類似。

II. 八週齡仔豬血液組成

試驗結束時，對照組與處理組的全血細胞計數結果如表 3。Ježek *et al.* (2018) 對屠宰前肉豬之紅血球測定範圍為 4.3 – 7.0 M cell/uL。本試驗血球檢測方面，對照組紅血球 5.85 M cell/uL 顯著高於處理組的 5.40 M cell/uL (P < 0.05)，惟數值介於 4.3 – 7.0 M cell/uL (Ježek *et al.*, 2018) 之間，顯示兩組仔豬紅血球數值均在一般正常範圍內。Ježek *et al.* (2018) 指出屠宰前肉豬之嗜鹼性球範圍為 0 – 2%。本試驗對照組嗜鹼性球 0.51% 顯著高於處理組的 0.36% (P < 0.05)，惟數值介於 0 – 2% (Ježek *et al.*, 2018) 之間，顯示兩組仔豬嗜鹼性球之比率均在一般正常範圍內。

皮質類固醇 (Corticosteroids) 是有效的短期壓力指標，而嗜中性白血球與淋巴球比值 (NET/LYM) 是良好的

中長期壓力指標，緊迫會提高母豬血液中嗜中性球與淋巴球的比值 (Quiñonero *et al.*, 2009)，本試驗對照組及處理組之的 NET/LYM 比值分別為 0.791 及 0.709，兩者不具顯著差異性，顯示飼糧添加凝結芽孢桿菌對降低離乳仔豬的緊迫並不明顯。在血液生化學檢測方面，兩組間各項檢測值均無顯著差異。

表 3. 飼糧中添加凝結芽孢桿菌對 8 週齡仔豬血液生化值之影響

Table 3. Effects of addition of *Bacillus coagulans* in diet on hematological profile of the 8-wk-old weaned pigs

| Group | Control | <i>Bacillus coagulans</i> added* | SE | P value |
|--------------------------|---------|----------------------------------|-------|----------|
| No. | 16 | 16 | | |
| WBC, cell/uL | 16,538 | 15,794 | 1,444 | NS |
| RBC, M cell/uL | 5.85 | 5.40 | 0.15 | * |
| PLT, 10 ³ /uL | 435.38 | 433.50 | 38.27 | NS |
| NET, % | 40.53 | 37.72 | 2.56 | NS |
| LYM, % | 52.45 | 53.99 | 2.42 | NS |
| MON, % | 5.18 | 6.36 | 0.53 | NS |
| EOS, % | 1.33 | 1.58 | 0.205 | NS |
| BASO, % | 0.51 | 0.36 | 0.33 | P < 0.05 |
| NET/LYM | 0.79 | 0.71 | 0.18 | NS |
| Hgb, gm% | 9.94 | 9.43 | 0.22 | NS |
| Hct, % | 37.34 | 35.46 | 0.81 | NS |
| MCV, fL | 64.11 | 65.44 | 0.90 | NS |
| MCH, pg | 17.05 | 17.60 | 0.24 | NS |
| MCHC, % | 26.63 | 26.92 | 0.31 | NS |
| TP, g/dL | 5.07 | 5.03 | 0.08 | NS |
| BUN, mg/dL | 8.44 | 8.26 | 0.63 | NS |
| CREA, mg/dL | 0.80 | 0.70 | 0.03 | NS |
| T-Chol, mg/dL | 67.02 | 63.44 | 3.36 | NS |
| TG, mg/dL | 24.88 | 21.03 | 1.67 | NS |

* Same as table 2.

WBC, white blood cells; RBC, red blood cells; PLT, platelets; NET, neutrophils; LYM, lymphocytes; MON, mononuclear balls; EOS, eosinophilic white blood cells; BASO, basophilic white blood cells. Hgb, hemoglobin; Hct, hematocrit; MCV, mean corpuscular cell volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular cell hemoglobin concentration; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; CREA, creatinine; T-Chol, total cholesterol; TG, triglyceride. NS, not significant.

III. 八週齡仔豬糞便菌相

離乳仔豬給飼含凝結芽孢桿菌飼糧 4 週後，各組糞便中的大腸桿菌、非病原性大腸桿菌群、革蘭氏陰性菌及乳酸菌數，均無顯著差異 (表 4)。芽孢桿菌可能改變腸道 pH 或引起敏感細胞離子流失，而發揮其抗微生物的活性 (Riazi *et al.*, 2012)。依據 Lievin *et al.* (2000) 指出，雙歧桿菌可於宿主腸道中產生有機酸，如醋酸及乳酸，酸化腸道環境並有助於抑制腸道中病原菌生長。Choi *et al.* (2011) 指出益生菌可增加腸道中有益微生物，並減少有害微生物菌落。Pu *et al.* (2018) 之結果亦顯示，飼糧中同時添加苯甲酸與芽孢桿菌，對大腸桿菌攻毒之仔豬糞便中大腸桿菌數無顯著影響，但在飼糧中同時添加苯甲酸、芽孢桿菌及牛至油 (oregano oil)，則可顯著降低仔豬糞便中大腸桿菌數。本試驗結果與 Pu *et al.* (2018) 之結果類似，離乳仔豬給飼含凝結芽孢桿菌飼糧 4 週後，檢測糞便中的菌相，各組間均無顯著差異。推測單純一種益生菌的添加，可能較不易得到糞便中菌相改變的結果。

表 4. 飼糧中添加凝結芽孢桿菌對 8 週齡仔豬糞便中菌相之影響

Table 4. Effects of addition of *Bacillus coagulans* in diet on microbial colonies in the feces of the 8-wk-old weaned pigs

| Group | Control (log CFU/g) | <i>Bacillus coagulans</i> added* (log CFU/g) | SE | P value |
|-------------------------|------------------------|---|------|---------|
| <i>Escherichia coli</i> | 6.67 | 7.04 | 0.47 | NS |
| Coliforms | 4.70 | 5.99 | 0.43 | NS |
| Gram-negative bacteria | 6.54 | 5.55 | 0.60 | NS |
| <i>Lactobacillus</i> | 10.55 | 10.63 | 0.12 | NS |

* Same as table 2.

NS, not significant.

結 論

在離乳仔豬飼糧中添加凝結芽孢桿菌，對仔豬飼料採食量與增重均無顯著影響，但飼料利用效率則有改善的趨勢。仔豬血液中之嗜中性白血球與淋巴球的比值相近，且腸道菌相亦無差異，顯示飼糧中添加凝結芽孢桿菌，對降低 8 週齡仔豬的緊迫無顯著效果，或者本試驗環境與飼養管理狀況良好，對仔豬並未造成緊迫影響。

誌 謝

試驗期間承畜產試驗所產業組二股全體同仁協助及營養組蕭合芬小姐進行樣品分析，謹此誌謝。

參考文獻

- 吳鈴彩、林幼君、張俊達、王錦盟、劉芳爵。2019。飼料添加芽孢桿菌對離乳仔豬生長表現的影響。畜產研究 52：108-113。
- 洪鈴柱、李恒夫、邱智偉、蘇天明。2011。畜試黑豬一號血液學調查。畜產研究 44：301-310。
- 曾國富、林志勳、余祺、方文德、龔琳舒。2017。液化澱粉芽孢桿菌對離乳仔豬生長性能、腸道菌相及血液免疫球蛋白之影響。中畜會誌 46：311-319。
- 劉芳爵、鍾承訓、林幼君。2017。液態與凝膠化仔豬人工乳對哺乳仔豬之生長性狀、免疫球蛋白含量及糞便微生物數量之影響。畜產研究 50：244-249。
- Abdel-Banat, B. M. A., H. Hoshida, A. Ano, S. Nonklang and R. Akada. 2010. High temperature fermentation: how can processes for ethanol production at high temperatures become superior to the traditional process using mesophilic yeast. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85: 861-867.
- 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.
- Cao, J., F. Guo, L. Zhang, B. Dong, and L. Gong. 2014. Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. J. Anim. Sci. Biotechnol. 5: 46-52.
- Choi, J. Y., P. L. Shinde, S. L. Ingale, J. S. Kim, Y. W. Kim, K. H. Kim, I. K. Kwon and B. J. Chae. 2011. Evaluation of multi-microbe probiotics prepared by submerged liquid or solid substrate fermentation and antibiotics in weaning pigs. Livest. Sci. 138: 144-151.
- Fuller, R. 1992. History and development of probiotics. In: Probiotics. Springer, Dordrecht, Germany. pp. 1-8.
- Guerra, N. P., P. F. Bernardez, J. Mendez, P. Cachaldora and L. P. Castroa. 2006. Production of four potentially probiotic

- lactic acid bacteria and their evaluation as feed additives for weaned piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 134: 89-107.
- Guo, X. H., D. F. Li, W. Q. Lu, X. S. Piao and X. L. Chen. 2006. Screening of bacillus strains as potential probiotics and subsequent confirmation of the in vivo effectiveness of *Bacillus subtilis* MA139 in pigs. *Antonie van Leeuwenhoek* 90: 139-146.
- Ježek, J., J. Starič, M. Nemec, M. Nemec, J. Plut, O. I. Golinar, M. Klinkon and M. Štukelj. 2018. The influence of age, farm, and physiological status on pig hematological profiles. *J. Swine Health Prod.* 26: 72-78.
- Lidan, Y., X. Zhou, M. S. B. Hudari, Z. Li and J. C. Wua. 2013. Highly efficient production of L-lactic acid from xylose by newly isolated *Bacillus coagulans* C106. *Bioresour. Technol.* 132: 38-44.
- Lievin, V., I. Peiffer, S. Hudault, F. Rochat, D. Brassart, J. R. Neeser and A. L. Servin. 2000. Bifidobacterium strains from resident infant human gastrointestinal will microflora exert antimicrobial activity. *Gut* 47: 646-652.
- Lilly, D. M. and R. H Stillwell. 1965. Probiotics: growth promoting factors produced by microorganisms. *Science* 147: 747-748.
- 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.
- Pu, J., D. Chen, G. Tian, J. He, P. Zheng, X. B. Mao, J Yu, Z. Q. Huang, L. Zhu, J. Q. Luo, Y. H. Luo and B. Yu. 2018. Protective effects of benzoic acid, *Bacillus coagulans*, and oregano oil on intestinal injury caused by enterotoxigenic *Escherichia coli* in weaned piglets. *Biomed Res. Int. Aug.* 27: Article ID 1829632, pp. 12.
- Quiñonero, J., C. GarcíaSantamaría, E. MaríaDolores and E. Armero. 2009. Physiological indicators of stress in gestating sows under different cooling systems. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, 44: 1549-1552.
- 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. *J. Appl. Microbiol.* 113: 714-722.
- SAS Institute, 2002. Guide for Personal Computers. Version 8.0.1, SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Thu, T. V., T. C. Loh, H. L. Foo, H. Yaakub and M. H. Bejo. 2011. Effects of liquid metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, faeces characteristics, intestinal morphology and diarrhoea incidence in postweaning piglets. *Trop. Anim. Health Prod.* 43: 69-75.
- 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: 2084; doi:10.3390/ijms19072084.
- Yu, H. F., A. N. Wang, X. J. Li and S. Y. Qiao. 2008. Effect of viable *Lactobacillus fermentum* on the growth performance, nutrient digestibility and immunity of weaned pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 17: 61-69.

Effects of adding *Bacillus coagulans* in diet on the growth performance, blood biochemical values and fecal microbes of weaned pigs ⁽¹⁾

Chin-Meng Wang ⁽²⁾⁽⁴⁾ You-Jun Lin ⁽³⁾ Chih-Yin Chen ⁽²⁾ and Fang-Chueh Liu ⁽²⁾

Received: Jan. 8, 2020; Accepted: Jun. 15, 2020

Abstract

The purpose of this study aims to evaluate the effect of dietary supplementation of *Bacillus coagulans* on growth performance, blood biochemical values and fecal microbial of weaned pigs. Thirty-two weaned pigs (Landrace × Duroc) at 4-wks of age were used and grouped in two by weight as the control and treatment groups. *Bacillus coagulans* was added in the diet for the treatment group with the concentration of 10^8 CFU/kg. Feed intake, body weight gain, blood cells, biochemical values, and fecal microbial were measured during the study period. The results showed that feed intake of piglets in the two groups was 0.866 and 0.863 kg/piglet/day, respectively, and the body weight gain was 0.249 and 0.262 kg/piglet/day, respectively, which did not show significant difference in feed intake and weight gain *Bacillus coagulans* added to feed improved the feed efficiency (body weight gain/feed intake), up 6.2% and resulting in 0.286 and 0.305 in the groups, respectively. The statistical significance ($P = 0.10$) reached significance level by the 8 weeks of age (0.283 and 0.325; $P < 0.05$). The ratios of neutrophil to lymphocytes between the two groups were close, with no indication of significant influence of adding *Bacillus coagulans* to the feed in order to reduce stress on weaned pigs, or placing weaned pigs under more stressed conditions. The bacterial counts of *Escherichia coli*, Coliforms, Gram-negative bacteria, and *Lactobacillus* colonies in the feces of the two groups were also close. In conclusion, the addition of *Bacillus coagulans* in diet could not significantly improve the feed intake and daily weight gain in weaned pigs, which however can improve the feed efficiency, especially when piglets are 8-week old.

Key words: Weaned piglet, *Bacillus coagulans*, Growth performance.

(1) Contribution No. 2642 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: cmwang@mail.tlri.gov.tw.