

飼料中添加丁酸鈉與檸檬酸對離乳仔豬生長性能的影響⁽¹⁾

陳致吟⁽²⁾ 王錦盟⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：109 年 6 月 10 日；接受日期：110 年 1 月 18 日

摘 要

本試驗旨在探討飼糧中添加丁酸鈉與檸檬酸對離乳仔豬生長性能的影響。試驗採用 4 週齡離乳仔豬 48 頭 (藍瑞斯 × 杜洛克)，依體重及性別逢機分為 4 組，各組有機酸添加量分別為 0.00% 對照組 (A)、0.10% 丁酸鈉組 (B)、0.70% 檸檬酸組 (C) 及 0.05% 丁酸鈉 + 0.35% 檸檬酸組 (D)，每處理 3 重複 (欄)，每欄 4 頭 (公、母各半)。飼料中粗蛋白質與代謝能含量，分別為 18.6% 與 3,212 kcal/kg。試驗期間自離乳日至離乳後 4 週 (5 – 8 週齡)，每週測定體重及採食量，結果顯示，A、B、C 及 D 組豬隻之平均隻日飼料採食量分別為 0.692、0.699、0.623 及 0.783 kg，D 組的採食量最高，並顯著高於 C 組 ($P < 0.05$)，但與對照組 (A 組) 無顯著差異。在增重方面，各組有相似的現象，亦以 D 組最高 (0.417 kg/day/head)，並有高於 C 組 (0.321 kg/day/head) 的趨勢 ($P = 0.10$)，與對照組無顯著差異。試驗中期，A 組仔豬血清 IgA 濃度 694.4 mg/dL，顯著 ($P < 0.05$) 高於其它 3 組，但試驗中及後期各組 IgG 濃度均無顯著差異。綜上所述，離乳仔豬給飼同時添加丁酸鈉及檸檬酸飼料，其採食量較單獨添加檸檬酸者高，且在增重上亦有較佳的趨勢。

關鍵詞：離乳仔豬、有機酸、生長性能。

緒 言

仔豬離乳時的緊迫，可能增加疾病發病率，在離乳過程中，仔豬與母豬分離，仔豬混群和社會序位重排，採食量下降甚至未採食，這些壓力造成仔豬的緊迫 (Brooks *et al.*, 2001)，可能造成仔豬的生長表現下降。雖然飼料中添加抗生素可降低離乳仔豬發生疾病的機率，但抗生素可能造成細菌產生抗藥性 (Smith *et al.*, 2010)，在未來抗生素的使用將受到更大的限制。另一方面，為了減輕緊迫壓力對仔豬的負面影響，可藉由添加有機酸對抗離乳仔豬緊迫，以改善仔豬的生長表現 (Lallés *et al.*, 2004)。

仔豬哺乳階段，胃腸道中酸的來源，主要由胃部泌酸細胞分泌，部分則需要依賴母豬乳汁中的乳糖，經由乳酸菌發酵成乳酸，幫助降低胃部的 pH 值；不過當乳酸量過多時，亦會抑制胃部酸的分泌量 (Schulman, 1973; Gilliland *et al.*, 1975)。仔豬離乳後，受到離乳緊迫造成胃部泌酸能力下降 (Kenworthy and Crabb, 1963)，加上飼料中蛋白質 (如大豆粕或魚粉等) 具有緩衝胃酸與減緩胃中 pH 值下降的能力，導致仔豬消化能力下降與大腸桿菌數增加；而未被完全消化的營養分移動至後腸，經微生物發酵分解，容易引起下痢，嚴重者則影響仔豬離乳初期的生長與免疫力 (Pluske, 2013)。

有機酸具有抑菌和殺菌的作用，當有機酸於解離前以親脂性型態存在，具有穿透革蘭氏陰性菌細胞膜的能力，當有機酸進入細菌細胞內解離成氫離子和羧基陰離子，氫離子可降低細菌細胞內 pH 值，而羧基陰離子則具有抑制細菌 DNA 和蛋白質合成的作用 (Russel and Diez-Gonzales, 1998; Stratford and Anslow, 1998)。此時細菌為維持細胞內 pH 值的中性平衡，消耗能量以 H^+ -ATPase 幫浦 (The proton-pump ATPase) 將氫離子經由細胞膜排出細胞外，使得細胞質 pH 值維持於中性狀態。因此，經過長時間有機酸的作用，可使細菌因能量耗盡而死亡 (Roe *et al.*, 1998)。酸化劑的殺菌效果取決於有機酸的解離程度，當有機酸在動物消化道中解離程度越低，其殺菌效果越強 (Giannattasio *et al.*, 2013)。一般來說，無機酸 (如磷酸) 在動物消化道中的解離程度甚高，因此其殺菌作用較差；反之，有機酸在消化道中解離程度較低，待有機酸進入細菌細胞內才解離成氫離子和羧基陰離子，則其殺菌效果則較強。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2657 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

檸檬酸為離乳仔豬飼糧常用的有機酸之一，一般仔豬飼糧中常見的建議添加用量為 0.7 – 1%。一般而言，檸檬酸具有降低仔豬胃腸道的 pH 值、活化消化酶、促進有益菌的繁殖、防止仔豬下痢、抑制大腸桿菌與葡萄球菌生長等效果 (Falkowski and Aherne, 1984)。Kil *et al.* (2011) 認為離乳仔豬使用檸檬酸的試驗結果差異很大。Radecki *et al.* (1988) 的研究顯示，添加 1.5% 檸檬酸對仔豬採食量與增重有抑制的結果。

另一方面，丁酸鈉在動物腸道中，雖可以被解離為丁酸鹽與鈉離子，仍有部分可以通過小腸，直接進入盲腸和結腸後，再解離為氫離子與丁酸根陰離子，除可以抑制有害菌（如大腸桿菌）與增加腸道有益菌（如乳酸桿菌）的數量，維持畜禽腸道內微生物菌叢平衡 (Galfi and Bokori, 1990)，同時丁酸可作為能量來源 (Mathew *et al.*, 1996)。丁酸鈉亦具有促進離乳仔豬免疫力的作用，提升仔豬血液中的 IgG 和 IgA 濃度，強化仔豬的免疫力 (Bocker *et al.*, 1999)。在豬隻飼料建議用量範圍為 0.05 – 0.4%，一般以 0.1% 為最常推薦用量 (Piva *et al.*, 2002a)。

檸檬酸與丁酸常被添加於飼料中，作為仔豬的保健劑，其試驗結果各有論述，在使用上亦常有不同看法。為比較兩者在離乳仔豬使用上的差異，本試驗探討檸檬酸、丁酸鈉與兩者混合使用添加於飼料中，對離乳仔豬生長性能的影響，供離乳仔豬飼糧中使用有機酸之參考。

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所（以下稱畜試所）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 108040 號申請核准在案。

I. 動物試驗

以 4 週齡二品種雜交離乳仔豬 (L × D) 48 頭，逢機分為 4 組，每組 3 重複，共 12 欄，每欄 4 頭（公母各半），每欄面積 2.55 m²。仔豬飼養於傳統開放式高床保育豬舍。飼料中粗蛋白質及代謝能含量，分別為 18.6% 及 3,212 kcal/kg（表 1）。對照組（A 組）飼料中未添加有機酸劑，處理組 B 與 C 組參照其推薦用量分別於飼料中添加 0.10% 丁酸鈉 (Sodium butyrate, No. 26319, Acros Organics, Belgium；B 組) 與 0.70% 檸檬酸 (Citric acid monohydrate, 產品登錄號：TFAB1C009247007, 中國；C 組)，D 組則同時添加 0.05% 丁酸鈉 + 0.35% 檸檬酸（兩者均為推薦量的一半）。試驗期間為離乳日至離乳後 4 週（5 – 8 週齡）。離乳後懸掛 175 W 保溫燈，為期 1 週，試驗期間採任食，並供應飲水，仔豬 7 週齡時，注射假性狂犬病基因缺損不活化疫苗（PR，第 1 次）與豬放線桿菌不活化菌苗（1、5 型）（AP，第 1 次）。每週將仔豬置於電子磅秤上，測定仔豬體重，同時測定剩餘飼料以計算採食量，供分析仔豬生長性能；試驗中（6 週齡）與後期（8 週齡），於上午 10 時，以人工保定，採集頸靜脈血液 5 mL，經 3,000 rpm/15 min (FCF = 1,940 × g) 離心後，取血清以酵素免疫分析儀 (EZ Read 400, Biochrom, Thermo Fisher Scientific Inc., Sweden) 檢測免疫球蛋白 A (IgA) 及 G (IgG) 的濃度。

II. 統計分析

試驗採完全逢機設計 (Completely randomized design, CRD)，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，若達 $P < 0.05$ 顯著差異時，再以 Lsmeans 比較處理組間之差異顯著性。

結果與討論

I. 離乳仔豬生長性能

試驗期間離乳仔豬的生長性能如表 2。A、B、C 與 D 組之全期平均飼料採食量分別為 0.69、0.70、0.62 與 0.78 kg/day/head，以同時添加 0.05% 丁酸鈉及 0.35% 檸檬酸（D 組）顯著高於 C 組 ($P < 0.05$)，但未顯著高於對照組。C 組採食量為各組中最低，但未顯著低於對照組。仔豬在第 5 與 7 週齡的採食量有相同的現象，D 組顯著高於 C 組 ($P < 0.05$)，但未顯著高於對照組。顯示飼料中添加 0.70% 檸檬酸或只添加 0.10% 丁酸鈉，對仔豬採食量無顯著提升的效果，甚至單獨添加 0.70% 檸檬酸，似乎有抑制仔豬採食量的現象。

哺乳仔豬胃中酸的主要功能為降低胃中的 pH 值，其來源為胃部泌酸細胞分泌及母豬乳汁中乳糖發酵成乳酸 (Schulman, 1973; Gilliland *et al.*, 1975)。離乳緊迫造成仔豬胃部泌酸能力降低 (Kenworthy and Crabb, 1963)，加上飼料中蛋白質的緩衝胃酸作用，延長胃液中 pH 值下降的時間，導致仔豬對飼料消化能力下降，而未被消化的飼料常引起仔豬的下痢，並降低仔豬離乳初期的生長表現 (Pluske, 2013)。本試驗以同時添加檸檬酸與丁酸鈉採食

量最高，雖未顯著高於對照組，但顯著高於單獨添加檸檬酸組，推測同時添加此兩種有機酸對促進仔豬消化能力及提升採食量的效果，較單獨添加檸檬酸者佳。

表 1. 仔豬基礎飼糧配方組成

Table 1. The compositions of the basal diet for the piglets

Item	%
Ingredients	
Yellow corn meal	64.72
Soybean meal	22.00
Fish meal	5.00
Skimmed milk powder	2.00
Whey powder	2.00
Soybean oil	1.00
Dicalcium phosphate	1.50
Limestone, pulverized	1.00
Salt	0.40
Choline chloride, 50%	0.08
DL-Lysine · HCl, 98.5%	0.05
Premix-Vit ¹	0.15
Premix-Min ²	0.10
Total	100.00
Calculated values	
Crude Protein, %	18.61
ME, kcal/kg	3,212
Calcium, %	0.99
Total phosphorus, %	0.72
Available phosphorus, %	0.56

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; nicotinic acid, 45 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.

A、B、C 與 D 組全期平均增重分別為 0.358、0.361、0.321 與 0.417 kg/day/head，各處理組與對照組間均無顯著差異，但以處理 D 組最高為 0.417 kg/day/head，且有較 C 組高的趨勢 ($P = 0.10$)。5—7 週齡各週的增重亦均以 D 組為最高，C 組最低，且 6 週齡時 D 組的增重為 0.376 kg/head/day 顯著 ($P < 0.05$) 高於 C 組的 0.253 kg/day/head。

A、B、C 與 D 組全期各組平均飼料效率 (Body weight gain/feed intake) 分別為 0.512、0.515、0.515 與 0.533，各組間無顯著差異。6 週齡時 D 組的飼料效率為 0.645 顯著優於 C 組的 0.541 及 A 組的 0.504 ($P < 0.05$)。

綜上所述，本試驗添加 0.10% 丁酸鈉、0.70% 檸檬酸及 0.05% 丁酸鈉 + 0.35% 檸檬酸未得到顯著提高採食量與增重的結果，對飼料效率亦無顯著影響，但同時添加丁酸鈉及檸檬酸者，其採食量較單獨添加檸檬酸者高，且在增重上亦有較佳的趨勢。

Lu *et al.* (2008) 指出離乳仔豬飼料中添加 0.10% 丁酸鈉，可提高仔豬採食量與增重及改善飼料效率，但飼料中添加 0.05% 丁酸鈉則沒有改善採食量、增重與飼料效率的效果。Piva *et al.* (2002b) 仔豬離乳後第 1—2 週，飼糧中補充丁酸鈉可增加仔豬 16% 採食量，同時提升每日增重 20%。Biagi *et al.* (2007) 則指稱離乳仔豬飼料中添加丁酸鈉，對仔豬採食量與增重無顯著影響。Weber and Kerr (2008) 之研究顯示，離乳仔豬飼料中添加 0.00、

0.05、0.10、0.20 及 0.40% 丁酸鈉對仔豬的生長性能無改善現象，相反的，隨著丁酸鈉添加量的提高有抑制的趨勢。

表 2. 飼糧中添加不同有機酸對離乳仔豬 (5 – 8 週齡) 生長性表現的影響

Table 2. Effect of different organic acids on growth performances of the weaned piglets (5-8th-wk-old)

Group	A ¹	B	C	D
Organic acid added, %	(0.00%)	(SB 0.10%)	(CA 0.70%)	(SB 0.05% + CA 0.35%)
Age	Feed intake (kg/day/piglet)			
5 th -wk	0.324 ± 0.096 ^{ab*}	0.297 ± 0.037 ^{ab}	0.280 ± 0.048 ^b	0.397 ± 0.040 ^a
6 th -wk	0.582 ± 0.133	0.612 ± 0.033	0.469 ± 0.064	0.576 ± 0.111
7 th -wk	0.861 ± 0.143 ^{ab}	0.834 ± 0.048 ^{ab}	0.766 ± 0.202 ^b	1.054 ± 0.022 ^a
8 th -wk	1.002 ± 0.133	1.054 ± 0.047	0.978 ± 0.086	1.106 ± 0.042
Whole period	0.692 ± 0.121 ^{ab}	0.699 ± 0.040 ^{ab}	0.623 ± 0.082 ^b	0.783 ± 0.028 ^a
	Body weight gain (kg/day/piglet)			
5 th -wk	0.181 ± 0.085	0.150 ± 0.050	0.140 ± 0.064	0.276 ± 0.183
6 th -wk	0.294 ± 0.070 ^b	0.353 ± 0.032 ^{ab}	0.253 ± 0.030 ^b	0.376 ± 0.043 ^a
7 th -wk	0.456 ± 0.016	0.460 ± 0.042	0.431 ± 0.109	0.534 ± 0.034
8 th -wk	0.499 ± 0.088	0.479 ± 0.048	0.459 ± 0.057	0.483 ± 0.042
Whole period	0.358 ± 0.061	0.361 ± 0.042	0.321 ± 0.064	0.417 ± 0.038
	Feed efficiency (Body weight gain/Feed intake)			
5 th -wk	0.560 ± 0.103	0.504 ± 0.123	0.499 ± 0.142	0.695 ± 0.150
6 th -wk	0.504 ± 0.045 ^b	0.576 ± 0.023 ^{ab}	0.541 ± 0.040 ^b	0.654 ± 0.060 ^a
7 th -wk	0.530 ± 0.090	0.552 ± 0.044	0.564 ± 0.070	0.506 ± 0.022
8 th -wk	0.498 ± 0.027	0.454 ± 0.027	0.470 ± 0.054	0.436 ± 0.040
Whole period	0.512 ± 0.018	0.515 ± 0.038	0.515 ± 0.033	0.533 ± 0.043

* Mean ± SD.

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

¹ A group: control group, non-adding organic acid; B group: adding sodium butyrate (SB) 0.10%; C group: adding citric acid monohydrate (CA) 0.70%; D group: adding sodium butyrate 0.05% and citric acid monohydrate 0.35%.

本試驗添加丁酸鈉組採食量 0.699 kg/d 與對照組 0.692 kg/d 相近，添加檸檬酸組 (0.623 kg/d) 則降低採食量 10.0%，同時添加丁酸鈉及檸檬酸組 (0.783 kg/d) 則提升採食量 13.2%，在增重方面亦有類似的現象，本試驗的結果較偏向支持添加丁酸鈉提高仔豬採食量與增重的論點。

一般而言，檸檬酸可以提高離乳仔豬增重及改善飼料效率，在試驗的前兩週，有提升增重和飼料效率的效果，但只有少數試驗結果顯示，對增重或飼料效率有顯著的改善。Kil *et al.* (2011) 認為飼料中添加檸檬酸通常會降低仔豬採食量，且離乳仔豬使用檸檬酸，在不同試驗常得到不同的結果。Radecki *et al.* (1988) 使用 1.5% 的檸檬酸對仔豬採食量與增重則有明顯抑制的結果。

本試驗使用 0.70% 檸檬酸對仔豬採食量與增重無顯著改善效果，且為各組中最低，本試驗結果較偏向支持單獨添加檸檬酸降低仔豬採食量與增重的論點。

II. 血清中 IgA 及 IgG 濃度

本試驗中期 (6 週齡)，A 組仔豬血清中 IgA 濃度為 694.4 mg/dL (表 3)，顯著高於各處理組 ($P < 0.05$)，顯示離乳仔豬給添加有機酸飼糧 2 週後，血清中 IgA 有較低的現象。IgA 主要分布於粘膜，包括鼻、咽、氣管、腸和膀胱粘膜表面等，為粘膜表面分泌物中的主要抗體，是重要的第一道防線 (Woof and Kerr, 2006)。一般而言，有機酸具有降低仔豬胃腸道的 pH 值、抑制大腸桿菌與葡萄球菌生長等效果 (Falkowski and Aherne, 1984)。推測可能由於有機酸抑制仔豬腸道中大腸桿菌與葡萄球菌生長，而降低處理組仔豬 IgA 的反應，以致血清中 IgA 濃度下降。另一方面試驗中與後期，各組血清中 IgG 濃度均無顯著差異。

表 3. 給飼有機酸後不同階段仔豬血清中 IgA 與 IgG 濃度

Table 3. The concentrations of serum IgA and IgG of the piglets at different ages after feeding organic acid

Group	6 th WK of age (N = 12)	12 th WK of age (N = 12)
IgA (mg/dL)		
A1	694.4 ± 23.0 ^{a*}	429.1 ± 86.2
B	604.9 ± 54.2 ^b	385.8 ± 20.3
C	586.3 ± 37.6 ^b	428.9 ± 86.8
D	590.6 ± 19.1 ^b	397.2 ± 89.7
IgG (mg/dL)		
A	453.7 ± 21.4	162.7 ± 22.9
B	368.7 ± 125.5	163.7 ± 31.0
C	432.8 ± 25.9	183.0 ± 25.1
D	409.0 ± 7.8	179.4 ± 17.8

* Mean ± SD.

^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05).¹ A, B, C and D the same as table 2.

結 論

飼料中添加 0.10% 丁酸鈉或 0.70% 檸檬酸或同時添加 0.05% 丁酸鈉及 0.35% 檸檬酸，對仔豬的採食量及增重無顯著效果，飼料中同時添加丁酸鈉或檸檬酸之採食量較單獨添加檸檬酸者高，且在增重上有較佳的趨勢。

誌 謝

試驗期間承畜產試驗所產業組二股全體同仁協助，謹此誌謝。

參考文獻

- Biagi, G., A. Piva, M. Moschini, E. Vezzali and F. X. Roth. 2007. Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. *J. Anim. Sci.* 85: 1184-1191.
- Boeker, M., R. Pabst and H. J. Rothkotter. 1999. Quantification of B, T and null lymphocyte subpopulations in the blood and lymphoid organs of the pig. *Immunobiology* 201: 74- 87.
- Brooks, P. H., C. A. Moran, J. D. Beal, V. Demeckova and A. Campbell. 2001. Liquid feeding for the young piglet In: M. A. Varley and J. Wiseman, editors, *The Weaner Pig: Nutrition and Management*. CABI Publishing, Wallingford. pp. 153-178.
- Falkowski, J. F. and F. X. Aherne. 1984. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. *J. Anim. Sci.* 58: 935-938.
- Galfi, P. and J. Bokori. 1990. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n-butyrate. *Acta. Vet. Hung.* 38: 3-17.
- Giannattasio, S., N. Guaragnella, M. ZdravleVIC and E. Marra. 2013. Molecular mechanisms of *Saccharomyces cerevisiae* stress adaptation and programmed cell death in response to acetic acid. *Front. Microbiol.* Volume 4: 1-7. Doi:10.3389/fmicb.2013.00033.
- Gilliland, S. E., M. L. Speck and C. G. Morgan. 1975. Detection of *Lactobacillus acidophilus* in feces of humans, pigs, and chicken. *Appl. Microbiol.* 30: 541-545.
- Kenworthy, R. and W. E. Crabb. 1963. The intestinal flora of young pigs with reference to early weaning *Escherichia coli* and scours. *J. Comp. Pathol.* 73: 215-218.

- Kil, D.Y., W.B. Kwon and B.G. Kim. 2011. Dietary acidifiers in weanling pig diets: a review. *Rev. Colom. Cienc. Pecua.* 24: 231-247.
- Lallès, J. P., G. Boudry, C. Favier, N. Le Floc'h, I. Luron, L. Montagne, I. P. Oswald, S. Pié, C. Piel and B. Séve. 2004. Gut function and dysfunction in young pigs: *Physio. Anim. Res.* 53: 301-316.
- Lu, J. J. 1, X.T. Zou and Y. M. Wang. 2008. Effects of sodium butyrate on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 17: 568-578.
- Mathew, A. G., M. A. Franklin, W. G. Upchurch and S. E. Chattin. 1996. Effect of weaning on ileal short-chain fatty acid concentrations in pigs. *Nutr. Res.* 16: 1689-1698.
- Piva, A., A. Prandini, L. Fiorentini, M. Morlacchini, F. Galvano and J. B. Luchansky. 2002a. Tributyrin and lactitol synergistically enhanced the trophic status of the intestinal mucosa and reduced histamine levels in the gut of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 670-680.
- Piva, A., M. Morlacchini, G. Casadei, P. P. Gatta, G. Biagi and A. Prandini. 2002b. Sodium butyrate improves growth performance of weaned piglets during the first period after weaning. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 35-41.
- Pluske, J. R. 2013. Feed and feed additives-related aspects of gut health and development in weanling pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 4: 1-7.
- Radecki, S. V., M. R. Juhl and E. R. Miller. 1988. Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.* 66: 2598-2605.
- Roe, C. R., S. D. Cederbaum, D. S. Roe, R. Mardach, A. Galindo and L. Sweetman. 1998. Isolated isobutyryl-CoA dehydrogenase deficiency: an unrecognized defect in human valine metabolism. *Molec. Genet. Metab.* 65: 264-271.
- Russell, J. B. and F. Diez-Gonzalez. 1998. The effects of fermentation acids on bacterial growth. *Adv. Microb. Physiol.* 39: 205-234.
- SAS Institute, 2002. Guide for Personal Computers. Version 8.0.1, SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Smith, M. G., D. Jordan, T. A. Chapman, J. J. Chin, M. D. Barton, T. N. Do, V. A. Fahy, J. M. Fairbrother and D. J. Trott. 2010. Antimicrobial resistance and virulence gene profiles in multidrug resistant enterotoxigenic *Escherichia coli* isolated from pigs with post-weaning diarrhoea. *Vet. Microbiol.* 145: 299-307.
- Schulman, A. 1973. Effect of weaning on the pH changes of the contents of the piglet's stomach and duodenum. *Nord. Vet. Med.* 25: 220-225.
- Stratford, M. and P. A. Anslow. 1996. Comparison of the inhibitory action on *Saccharomyces cerevisiae* of weak-acid preservatives, uncouplers, and medium-chain fatty acids. *FEMS Microbiol. Lett.* 142: 53-58.
- Weber, T. E. and B. J. Kerr. 2008. Effect of sodium butyrate on growth performance and response to lipopolysaccharide in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 442-450.
- Woof, J. M. and M. A. Kerr. 2006. The function of immunoglobulin A in immunity. *J. Pathol.* 208: 270-782.

Effects of adding sodium butyrate and citric acid in feed on growth performances of the weaned piglets ⁽¹⁾

Chih-Yin Chen ⁽²⁾ and Chin-Meng Wang ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Jun. 10, 2020; Accepted: Jan. 18, 2021

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of adding sodium butyrate and citric acid in the diet on the growth performances of weaned piglets. A total of 48 hd weaning piglets (Landrace × Duroc), 4 weeks of age, were randomly divided into 4 groups. The amount of organic acid added in the groups were 0.00% organic acid (A), 0.10% sodium butyrate (B), 0.70% citric acid (C) and 0.05% sodium butyrate plus 0.35% citric acid (D), respectively. They were 3 pens in each group, and 4 piglets (half comprised of male and female) per pen. The crude protein and metabolizable energy content of the diet were 18.6% and 3,212 kcal/kg, respectively. During the 4 weeks study period (5 - 8 weeks of age), the body weight and feed intake of the piglets were measured weekly. The results showed that the average feed intake of A, B, C and D groups were 0.692, 0.699, 0.623, and 0.783 kg//day/head, respectively. The feed intake in group D was significantly ($P < 0.05$) higher than group C, but not significantly higher than the control group. The body weight gain was also the highest in group D (0.417 kg/day/head), and had a tendency higher than group C (0.321 kg/day/head) ($P = 0.10$), but nor significantly higher than the control group. At the 6th week of age, the IgA concentration in the serum of group A was 694.4 mg/dL, which was significantly higher than the other groups. There was no difference between the IgG concentration in each group at the 6th and 12th week of age. In conclusion, piglets fed with diet added with 0.05% sodium butyrate and 0.35% citric acid, had the feed intake higher than adding citric acid alone, which tended to show larger body weight gain.

Key words: Weaned piglet, Organic acid, Growth performance.

(1) Contribution No. 2657 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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