

# 蛋白質和脂肪含量對離乳仔豬生長性能、胰脂肪 和

## 胰輔脂肪 活性發展之影響<sup>(1)</sup>

劉芳爵<sup>(2)(4)</sup> 李恆夫<sup>(2)</sup> 許晉賓<sup>(3)</sup> 嚴世俊<sup>(2)</sup> 徐阿里<sup>(2)</sup>

收件日期：92 年 4 月 16 日；接受日期：92 年 6 月 9 日

### 摘 要

本試驗目的為探討飼糧添加不同大豆油和粗蛋白質含量對離乳仔豬生長性能、胰脂肪酶和胰輔脂肪酶比活性和總活性發展之影響。飼糧處理為  $2 \times 2$  複因子設計：添加大豆油含量為 3%和 6%；粗蛋白質含量為 18%和 22%。採用 68 頭四週齡離乳仔豬，其中 4 頭仔豬於離乳日時犧牲，其餘 64 頭逢機分配於各處理組，分別於離乳後第 7、14、21 及 28 天時各選取 4 頭仔豬，採集胰臟供測定胰脂肪酶和胰輔脂肪酶比活性和總活性。試驗結果顯示，離乳後第 7 至 14 天和 14 至 21 天，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之日增重顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於餵飼 18%粗蛋白質配合 3%大豆油者。離乳後第 21 至 28 天，仔豬餵飼 18%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之日增重顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18%粗蛋白質配合 3%大豆油者和 22%粗蛋白質配合 3%大豆油二飼糧處理組。離乳第 0 至 7 天，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之飼料效率顯著 ( $P < 0.05$ ) 優於 18%粗蛋白質配合 6%大豆油和 22%粗蛋白質配合 3%大豆油飼糧組。離乳第 7 至 14 天，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之飼料效率顯著 ( $P < 0.05$ ) 優於 18%粗蛋白質配合 3%大豆油者。全期仔豬之日增重、採食量及飼料效率，各飼糧處理組間無顯著差異。仔豬離乳第 7 和 14 天，胰脂肪酶比活性和總活性各飼糧間沒有顯著差異，但於離乳第 21 和 28 天，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之胰脂肪酶比活性和總活性顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18%粗蛋白質配合 3 或 6%大豆油二飼糧處理組。離乳第 7、14 和 21 天，胰輔脂肪酶比活性和總活性各飼糧間無顯著性，但於離乳第 28 天，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之胰輔脂肪酶比活性和總活性顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18%粗蛋白質配合 3%大豆油飼糧。因此，仔豬於離乳最初兩週餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之生長性能較佳，但是此期間各飼糧組對胰脂肪酶或胰輔脂肪酶之比活性和總活性差異不顯著。不過；仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧組之胰脂肪酶比活性和總活性以及胰輔脂肪酶比活性和總活性，分別在離乳第 21 和 28 天有較高現象。

關鍵詞：蛋白質、脂肪、離乳仔豬、胰脂肪酶、胰輔脂肪酶。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1196 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

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

## 緒 言

離乳會改變仔豬腸道的生理反應，例如絨毛高度變低、腺窩加深以及胰脂肪酶 (pancreatic lipase) 與胰輔脂肪酶 (pancreatic colipase) 之分泌量和活性下降等 (Cera *et al.*, 1988a; Jensen *et al.*, 1997)。Cera *et al.* (1988a) 指出，仔豬於離乳第一週期間，其腸道絨毛高度顯著降低以及腺窩加深現象。Lindemann *et al.* (1986) 和 Kelly *et al.* (1991) 認為，四週齡離乳仔豬之胃腸道消化系統發育尚未達成熟階段，對於固態飼糧的適應性較差，容易造成仔豬於離乳初期發生生長停滯現象。離乳仔豬藉由採食飼料以獲得脂肪，至少須經兩週的適應期，才能由採食固態飼料方式獲取相當於離乳前 1 天藉由吮飲母乳獲得之總脂肪量 (Robertson *et al.*, 1985)。因此為增加離乳仔豬能量攝取，飼糧中常添加脂肪。但由於離乳仔豬對脂肪的利用率隨脂肪種類與用量的不同而異，Cera *et al.* (1988b; 1990) 指出仔豬於離乳第 1 至 2 週對植物性脂肪的利用率較動物性脂肪高，但是 Howard *et al.* (1990) 則認為仔豬於離乳後最初 1 至 2 週對植物性脂肪和動物性脂肪利用率沒有顯著差異。胰脂肪酶活性隨受質飼糧脂肪含量提高而增加，每增加 6 倍脂肪約可增加胰脂肪酶 1.8 倍的活性 (Bertrand *et al.*, 1982)，至於其它營養因素對豬胰輔脂肪酶活性表現量之影響，尚未完全了解。Malika *et al.* (1980) 認為，餵飼高粗蛋白質飼糧有提高大鼠胰輔脂肪酶活性的作用，但是 Lowe (1994) 則認為，胰輔脂肪酶活性變化可能受飼糧脂肪含量的作用，但其影響程度則尚未完全了解。如果要提高離乳仔豬脂肪的利用率，胰脂肪酶和胰輔脂肪酶活性和分泌量必須足夠，因為胰脂肪酶錨定 (anchor) 於脂肪小滴表面須需經胰輔脂肪酶協同作用才能進行脂肪的水解。故本試驗利用不同粗蛋白質含量和脂肪添加量之飼糧，探討離乳仔豬胰脂肪酶與胰輔脂肪酶活性的發展模式。

## 材料與方法

### I. 實施方法及步驟

試驗採用四週齡 LYD 三品種離乳仔豬 (哺乳期間未提供教槽料) 共 64 頭逢機分配於用 2 x 2 複因子設計四試驗處理組，飼糧粗蛋白質含量 18% 和 22% 與添加 3% 和 6% 大豆油。以不同含量之玉米—大豆粕調整處理飼糧，除脂肪和粗蛋白質比率不同外，其餘各種營養組成均依台灣地區飼養標準—豬 (1990) 於仔豬體重 10~20 kg 階段之推薦量配製 (表 1)，試驗期間採群養和任食方式餵飼，並充分提供清潔之飲水。

### II. 測定項目

試驗開始，4 頭仔豬旋即犧牲作為測定之基準。四試驗處理組 64 頭仔豬則分別於離乳第 7、14、21 及 28 天時，以逢機方式選取 4 頭，先經 13~15 小時禁食後旋即犧牲並採集其胰臟，供進行胰臟重量和蛋白質含量、胰脂肪酶和胰輔脂肪酶之比活性和總活性測定，同時記錄各試驗組仔豬體重和飼料採食量等數值，俾供分析仔豬之生長性能。

### III. 分析方法

胰脂肪酶和胰輔脂肪酶活性測定依 Borgstrom (1975) 和 Gargouri *et al.* (1986) 方法測定，以三酪脂 (tributyrin) 為受質，利用 0.1 N NaOH 進行滴定。樣品之前處理為先將胰臟樣品均質後，

取 1 g 樣品放入 10 倍體積之 0.1% Triton X-100 溶液，再以細胞破碎機處理 1 分鐘後，進行冷凍離心後取上清液供分析胰脂肪酶和胰輔脂肪酶之活性。1 個單位胰脂肪酶比活性之定義為每 1 g 胰臟蛋白質在溫度 25°C 下每分鐘水解三酯脂釋出 1  $\mu$ mole 游離丁酸之含量，同時以粗蛋白質分析方法 (AOAC, 1984) 測定胰臟蛋白質含量。胰輔脂肪酶活性測定方法，則需先將上述胰臟上清液經 70°C 加熱處理 10 分鐘，破壞原有之胰脂肪酶活性後，再外加 50 pmol 胰脂肪酶，利用 0.1 N NaOH 進行滴定，亦由三酯脂所釋出之游離丁酸含量，估算胰輔脂肪酶比活性。胰脂肪酶和胰輔脂肪酶總活性測定，分別以胰脂肪酶和胰輔脂肪酶之比活性 (U/g protein) 乘以胰臟含有之蛋白質量表示。

#### IV. 統計分析

試驗資料以一般線性模式 (General Linear Model) 進行變方分析 (SAS, 1996)，以最小均方平均值 (Least Square Means) 比較各處理間之差異顯著性，顯著水準小於 0.05 和 0.01 時，分別表示差異顯著和差異極顯著。

表 1. 試驗飼糧組成和分析值

Table 1. Composition of experimental diets

Item	Rendered fat / crude protein level (% vs %)			
	3/18	6/18	3/22	6/22
Ingredients,				
Yellow corn	64.45	60.95	53.35	49.85
Soybean meal, 44% CP	20.3	20.8	31.4	31.9
Fish meal	5.0	5.0	5.0	5.0
Dried skim milk	2.0	2.0	2.0	2.0
Whey	2.0	2.0	2.0	2.0
Dicalcium phosphate	1.6	1.6	1.6	1.6
Limestone, 38% Ca	0.8	0.8	0.8	0.8
Soybean oil	3.0	6.0	3.0	6.0
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin premix <sup>a</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
Mineral premix <sup>b</sup>	0.15	0.15	0.15	0.15
Antibiotic <sup>c</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
Calculated value				
Crude protein, %	18.0	18.0	22.0	22.0
DE, kcal/kg	3499	3620	3494	3615

<sup>a</sup> Provided the following contents per kg of diet : vitamin A, 6000 IU ; vitamin D<sub>3</sub>, 800 IU ; vitamin E, 20 mg ; vitamin K<sub>3</sub>, 4 mg ; vitamin B<sub>2</sub>, 4 mg ; vitamin B<sub>6</sub>, 1 mg ; vitamin B<sub>12</sub>, 20  $\mu$ g ; niacin, 30 mg ; pantothenic acid, 16 mg ; folic acid, 0.6 mg ; biotin, 0.01 mg ; choline chloride, 50 mg.

<sup>b</sup> Provided the following contents per kg of diet : Fe, 140 mg ; Mn, 20 mg ; Zn, 120 mg ; Cu, 20 mg ; I, 0.45

mg.

<sup>c</sup> Provided 50 ppm of Chlorotetracycline per kg of diet.

## 結果與討論

### I. 離乳仔豬之生長性能

粗蛋白質含量和添加大豆油含量兩者間對仔豬之生長性能，沒有交感作用 (表 2)。離乳仔豬飼 22% 較 18% 粗蛋白質飼糧之日增重和飼料效率有較佳之趨勢 ( $P = 0.08$  和  $0.07$ )，但是在飼料採食量兩種粗蛋白質含量間並沒有顯著差異。離乳仔豬飼 6% 較 3% 大豆油飼糧之日增重、飼料採食量和飼料效率差異極顯著 ( $P < 0.01$ )。故離乳仔豬飼 22% 粗蛋白質或添加 6% 大豆油飼糧之生長性能表現較佳。

離乳後第 1 至 4 週 (全期)，不同飼糧處理組對仔豬之生長性能 (日增重、飼料採食量和飼料效率) 均沒有顯著差異 (表 3)。但就離乳後每週之生長性能而言，不同飼糧處理組間，仔豬離乳第 0 至 7 天之日增重均沒有顯著差異，但是 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油較 18% 粗蛋白質配合 3% 大豆油處理組仔豬之日增重有較高趨勢 ( $P = 0.07$ )。離乳第 7 至 14 天或 14 至 21 天，22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油處理組，仔豬之日增重顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18% 粗蛋白質配合 3% 大豆油者，顯示較多蛋白質和脂肪提供仔豬生長之所需。離乳後第 21 至 28 天，18% 蛋白質配合 6% 大豆油處理組之日增重顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於飼 3% 大豆油 (無論粗蛋白質為 18% 或 22%) 者，此現象可能因仔豬胰脂肪酶和胰輔脂肪酶活性較高，對於脂肪水解作用較佳，提供仔豬用於生長之能量較多 (Robertson *et al.*, 1985; Jensen *et al.*, 1997)。故仔豬於離乳後第 2 和 3 週，飼 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油之飼糧可以提高其日增重。

離乳第 0 至 7 天或 7 至 14 天或 14 至 21 天期間，各飼糧處理組間仔豬之採食量均沒有顯著差異 (表 3)。但是於離乳第 21 至 28 天，6% 大豆油 (無論粗蛋白質為 18 或 22%) 處理組，仔豬採食量顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18% 粗蛋白質配合 3% 大豆油處理組。仔豬在各飼糧處理組間之飼料採食量均高於 800 g，此現象可能因仔豬腸道之發展已漸趨於成熟，有利於提高仔豬之飼料採食量 (Lindemann *et al.*, 1986)。

在離乳第 0 至 7 天，22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油處理組，仔豬之飼料效率顯著 ( $P < 0.05$ ) 優於 18% 粗蛋白質配合 6% 大豆油或 22% 粗蛋白質配合 3% 大豆油二處理組。離乳第 7 至 14 天，22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油處理組仔豬之飼料效率亦顯著 ( $P < 0.05$ ) 優於 18% 粗蛋白質配合 3% 大豆油處理組，反應出仔豬之增重表現較佳。離乳第 14 至 21 天或 21 至 28 天，各處理間仔豬之飼料效率均沒有顯著差異。

綜合生長性能結果得知，離乳第 1 或 2 週，仔豬飼 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油處理組之日增重和飼料效率表現較佳。Jorgensen *et al.* (1992; 1993) 和 Overland *et al.* (1994) 指出，大豆油含高量不飽和脂肪酸 (如 C18:1 和 C18:2 以及 C18:3) 而仔豬對不飽和脂肪酸的迴腸消化率亦佳，因此認為增加仔豬能量攝取量可以提高胺基酸的利用率和促進生長 (Mohn *et al.*, 2000)。本試驗離乳仔豬對 22% 粗蛋白質或 6% 大豆油之利用，並沒有發生不良的現象。因此，在離乳最初 2 週期間，仔豬飼 22% 粗蛋白質配合添加 6% 大豆油之飼糧有助於提高其生長性狀，離乳兩週以後大豆油含量對仔豬的生長性能影響較小，此現象在 Cera *et al.* (1988b; 1990) 研究報告亦有相似之結果。

### II. 胰脂肪酶之比活性 (specific activity) 和總活性 (total activity)

(i) 胰臟重與胰臟蛋白質含量

離乳仔豬之胰臟重量和胰臟蛋白質含量，在離乳日比離乳第 7 天高 (表 4)。此結果可能因離乳初期仔豬尚在適應固態飼料，導致飼料採食量較低而影響胰臟和其蛋白質含量之發展，Jensen *et al.* (1997) 和 Kelly *et al.* (1991) 亦發現離乳初期仔豬有上述現象發生。但是在離乳第 7、14、21 和 28 天，各飼糧組間 (粗蛋白質為 18% 或 22% 和大豆油為 3% 或 6%) 對仔豬之胰臟重量和胰臟蛋白質含量均沒有顯著差異，不過無論胰臟重量或胰臟蛋白質含量均隨離乳天數增加而增加。

(ii) 胰脂肪酶比活性和總活性

仔豬之胰脂肪酶比活性和總活性，22% 粗蛋白質顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18% 粗蛋白質處理組，添加 6% 大豆油亦極顯著 ( $P < 0.01$ ) 高於 3% 大豆油處理組，同時在粗蛋白質含量和大豆油添加含量兩者間有交感作用 (表 5)。上述結果可能因仔豬餵飼 22% 粗蛋白質飼糧可以獲得較多蛋白質，供胰臟分泌胰脂肪酶之用，而仔豬餵飼添加 6% 大豆油亦可獲得較多之脂肪作為受質，藉以提高胰脂肪酶之活性，此現象於 Bertrand *et al.* (1982) 文獻中亦有相同之結果。因此，仔豬餵飼 22% 粗蛋白質或添加 6% 大豆油之飼糧，其胰脂肪酶比活性和總活性較高。

仔豬胰脂肪酶比活性，在離乳第 7 天活性低於離乳日。Jensen *et al.* (1997) 認為此現象乃離乳效應所導致比活性的降低。但是胰脂肪酶比活性隨離乳天數的增加而增加 (表 6)。離乳第 7 和 14 天，仔豬餵飼粗蛋白質 (18% 或 22%) 和大豆油 (3% 或 6%) 飼糧處理組間，在胰脂肪酶比活性均沒有顯著差異。離乳第 21 和 28 天，仔豬餵飼含 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油處理組之胰脂肪酶比活性顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18% 粗蛋白質配合 3% 或 6% 大豆油以及 22% 粗蛋白質配合 3% 大豆油三處理組，此結果可能因仔豬採食高粗蛋白質和大豆油飼糧可以獲得較多之蛋白質和脂肪供胰臟分泌胰脂肪酶 (Bertrand *et al.*, 1982)。仔豬餵飼 18% 粗蛋白質配合 6% 大豆油、22% 粗蛋白質配合 3% 或 6% 大豆油之胰脂肪酶比活性分別為 18% 粗蛋白質配合 3% 大豆油處理組之 1.15、1.07 和 1.65 倍。因此，仔豬餵飼高粗蛋白質和大豆油飼糧可以提高離乳 21 天以後之胰脂肪酶比活性。

仔豬胰脂肪酶總活性，在離乳第 7 天活性亦低於離乳日 (表 6)。此現象為離乳效應所導致活性的降低 (Jensen *et al.*, 1997)，但胰脂肪酶總活性會隨仔豬離乳天數的增加而增加。離乳第 7 和 14 天，仔豬餵飼粗蛋白質 18% 或 22% 和大豆油 3% 或 6% 對仔豬胰脂肪酶比活性並沒有顯著差異。離乳第 21 天，仔豬餵飼含 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油飼糧之胰脂肪酶總活性顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於餵飼 18% 粗蛋白質配合 3% 或 6% 大豆油飼糧處理組，但是與餵飼 22% 粗蛋白質配合 3% 大豆油之處理組間則沒有顯著差異。離乳第 28 天，仔豬餵飼含 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油之胰脂肪酶總活性均顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於其他三組飼糧。此現象可能因 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油可供仔豬獲得較多之蛋白質和脂肪等營養分，供胰臟分泌胰脂肪酶之用。仔豬餵飼 18% 粗蛋白質配合 6% 大豆油、22% 粗蛋白質配合 3% 和 6% 大豆油之胰脂肪酶總活性，分別為 18% 粗蛋白質配合 3% 大豆油之 1.20、1.12 和 1.97 倍。此現象除了可能因胰脂肪酶總活性會隨飼糧脂肪添加量的增加而增加 (Bertrand *et al.*, 1982; Cera *et al.*, 1988b; 1990)，飼糧粗蛋白質亦可能提供仔豬分泌胰脂肪酶所需蛋白質之作用。由上述結果顯示，仔豬餵飼 22% 粗蛋白質配合 6% 大豆油飼糧可以提高離乳 21 天以後之胰脂肪酶總活性。

### III. 胰輔脂肪酶比活性和總活性

仔豬餵飼 18%或 22%粗蛋白質和添加 3%或 6%大豆油飼糧，各處理組間之胰輔脂肪酶比活性和總活性均沒有顯著差異，同時在粗蛋白質含量和添加大豆油含量兩者間亦沒有交感作用 (表 7)。雖然 Malika *et al.* (1980) 認為餵飼大鼠高粗蛋白質飼糧可以增加其胰輔脂肪酶活性，但是在豬胰輔脂肪酶比活性和總活性方面則沒有發現相似之現象，此可能受到其他因素如胃的抑制性多肽荷爾蒙 (gastric inhibitory polypeptide) 之影響 (Duan and Erlanson-Albertsson, 1992)。

仔豬胰輔脂肪酶比活性，在離乳第 7 天活性低於離乳日，此現象亦為離乳所導致之現象 (Jensen *et al.*, 1997)，不過胰輔脂肪酶比活性隨離乳天數的增加而增加 (表 7)。仔豬離乳第 7、14 和 21 天，餵飼粗蛋白質 (18%或 22%) 和大豆油 (3%或 6%) 等飼糧組之胰輔脂肪酶比活性均沒有顯著差異。離乳第 28 天，仔豬餵飼含 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之胰輔脂肪酶比活性顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於餵飼 18%粗蛋白質配合 3%大豆油飼糧，但是餵飼 18%粗蛋白質配合 3%或 6%大豆油及 22%粗蛋白質配合 3%大豆油三飼糧處理組間則沒有顯著差異。仔豬餵飼 18%粗蛋白質配合 6%大豆油、22%粗蛋白質配合 3%或 6%大豆油三飼糧處理組之胰輔脂肪酶比活性分別為 18%粗蛋白質配合 3%大豆油組飼糧之 1.06、0.98 和 1.14 倍。上述結果推測，影響胰輔脂肪酶比活性表現可能尚有其他因素存在 (Duan and Erlanson-Albertsson, 1992)。不過在離乳 28 天時，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧胰輔脂肪酶比活性有較高現象。

仔豬胰輔脂肪酶總活性，離乳第 7 天仍低於離乳日，不過胰輔脂肪酶總活性隨著仔豬離乳天數的增加而增加 (表 7)。離乳第 7、14 和 21 天，仔豬餵飼粗蛋白質 (18 或 22%) 和大豆油 (3 或 6%) 飼糧組間之胰輔脂肪酶總活性沒有顯著差異。離乳第 28 天，仔豬餵飼含 22%粗蛋白質配合 6%大豆油飼糧之胰輔脂肪酶總活性顯著 ( $P < 0.05$ ) 高於 18%粗蛋白質配合 3%大豆油處理組，但是與餵飼 18%粗蛋白質配合 3%或 6%大豆油飼糧處理組間則沒有顯著差異性存在。仔豬餵飼 18%粗蛋白質配合 6%大豆油、22%粗蛋白質配合 3%或 6%大豆油三飼糧處理組之胰輔脂肪酶總活性分別為餵飼 18%粗蛋白質配合 3%大豆油飼糧之 1.10、1.02 和 1.29 倍。在離乳 28 天時，仔豬餵飼 22%粗蛋白質配合 6%大豆油處理組之胰輔脂肪酶總活性亦有較高現象。另外，由表 5 中得知，仔豬之胰輔脂肪酶比活性和總活性 (無論 18%或 22%粗蛋白質及 3%或 6%大豆油) 低於胰脂肪酶比活性和總活性，此現象是否會影響仔豬對脂肪水解的作用尚需進一步探討。Momsen *et al.* (1995) 指出，胰脂肪酶和胰輔脂肪酶的結合比率以晶體構形而言為 1:1，同時在試管試驗分析胰脂肪酶具有最大活性表現時，兩者之結合比率為 1:2 (Borgstrom, 1975)。因此，欲改善仔豬脂肪的利用率，胰輔脂肪酶活性偏低現象應予於注意。

表 2. 飼糧中粗蛋白質含量和脂肪添加量對在離乳後 1 至 4 週仔豬生長性能最小均方平均值

Table 2. The effect on growth performances (least square means) of piglets by crude protein level (CP) and rendered fat from weaning to 4 weeks postweaning

Item	CP, %		Fat, %		MSE	P-Value		
	18	22	3	6		CP	Fat	CP × Fat
ADG, g	372.9	398.7	347.9	423.6	10.2	0.08	<0.01	NS
ADFI, g	533.8	559.5	513.2	580.1	14.2	0.2	<0.01	NS
Feed/gain	1.43	1.37	1.45	1.35	0.02	0.07	<0.01	NS

ADG: Average daily gain.

ADFI: Average daily feed intake.

NS: No significance.

表 3. 飼糧脂肪添加量和粗蛋白質含量對離乳後 1 至 4 週仔豬生長性能之效應

Table 3. The effects of rendered fat and crude protein level on growth performances of piglets from weaning to 4 weeks postweaning

Item	Rendered fat / crude protein level ( % vs %)				MSE
	3/18	6/18	3/33	6/22	
Initial BW, kg	7.31	7.33	7.35	7.33	0.03
1 wk	7.81	7.98	8.09	8.42	0.24
2 wk	9.41	10.05	10.07	10.77	0.33
3 wk	12.67	13.76	13.20	14.71	0.56
4 wk	16.58	18.81	17.44	19.57	1.07
0 to 7 d					
ADG, g	72.2	92.4	105.3	155.3	27.4
ADGI, g	93.7	126.5	138.6	177.0	34.4
Feed/gain	1.30 <sup>ab</sup>	1.34 <sup>b</sup>	1.34 <sup>b</sup>	1.14 <sup>a</sup>	0.08
7 to 14 d					
ADG, g	226.7 <sup>a</sup>	295.9 <sup>ab</sup>	282.7 <sup>ab</sup>	336.4 <sup>b</sup>	28.5
ADFI, g	360.9	417.5	398.9	429.6	27.7
Feed/gain	1.51 <sup>b</sup>	1.42 <sup>ab</sup>	1.42 <sup>ab</sup>	1.28 <sup>a</sup>	0.08
14 to 21 d					
ADG, g	469.1 <sup>a</sup>	530.6 <sup>ab</sup>	446.4 <sup>a</sup>	562.3 <sup>b</sup>	68.1
ADFI, g	692.2	728.4	646.3	763.4	111.8
Feed/gain	1.47	1.39	1.44	1.36	0.11
21 to 28 d					
ADG, g	561.6 <sup>a</sup>	721.2 <sup>b</sup>	606.0 <sup>a</sup>	694.9 <sup>ab</sup>	74.5
ADFI, g	846.1 <sup>a</sup>	991.6 <sup>b</sup>	915.8 <sup>ab</sup>	1006.6 <sup>b</sup>	100.4
Feed/gain	1.50	1.40	1.51	1.45	0.13
Overall span (0 to 28 d)					
ADG, g	349.0	409.9	360.1	439.3	33.9
ADFI, g	514.6	566.4	524.9	594.2	42.6
Feed/gain	1.47	1.40	1.46	1.36	0.09

Meanings of ADG and ADFI were the same as Table 2.

<sup>a,b</sup> Values within the same row without common superscripts were significantly different ( $P < 0.05$ ).表 4. 飼糧脂肪添加量和粗蛋白質含量對離乳後 1 至 4 週仔豬胰臟重量和蛋白質含量之效應<sup>1</sup>Table 4. The effects of rendered fat and crude protein level on pancreas weight and total protein weight of piglets from weaning to 4 weeks postweaning<sup>1</sup>

Item	Rendered fat/crude protein level ( % vs %)				MSE
	3/18	6/18	3/22	6/22	
Pancreas weight, g					
7 d	6.6	9.3	10.8	13.2	3.3
14 d	20.3	18.9	15.3	18.8	4.0
21 d	28.2	27.3	27.9	29.0	4.1
28 d	35.8	35.2	36.3	37.0	2.4
Total protein from pancreas, g					
7 d	1.05	1.52	2.10	2.20	0.58
14 d	3.55	3.65	2.49	3.53	1.35

21 d	4.77	4.64	5.57	5.81	1.30
28 d	6.65	6.71	6.77	7.13	0.48

<sup>1</sup>Pancreas weight and total protein from pancreas on d 0 postweaning were  $12.5 \pm 1.6$  g and  $2.7 \pm 0.3$  g, respectively.

表 5. 飼糧粗蛋白質含量和脂肪添加量效應對離乳後 1 至 4 週仔豬胰脂肪酶和胰輔脂肪酶比活性和總活性最小均方平均值

Table 5. The specific activity and total activity of pancreatic lipase and colipase (least square means) of piglets by crude protein level (CP) and rendered fat (F) from weaning to 4 weeks postweaning

Item	CP, %		Fat, %		MSE	P-value		
	18	22	3	6		CP	Fat	CP × Fat
Specific activity, U <sup>1</sup> /g								
Lipase	25148	31814	24229	32732	1524	< 0.05	< 0.01	< 0.05
Colipase	9727	9978	9320	10382	595	NS	NS	NS
Total activity <sup>2</sup> , U								
Lipase	120394	169025	115972	173447	10455	< 0.05	< 0.01	< 0.05
Colipase	50665	55735	48739	57660	4800	NS	NS	NS

<sup>1</sup>One U is defined as 1 $\mu$  mole butyric acid released from tributyrin in one minute at 25°C.

<sup>2</sup>Total activity was total protein of pancreas multiplies specific activity of pancreatic enzyme.

NS: No significance.

表 6. 飼糧脂肪添加量和粗蛋白質含量對離乳後 1 至 4 週仔豬胰脂肪酶比活性和總活性量之效應<sup>1</sup>

Table 6. The effects of rendered fat and crude protein level on the development of specific activity and total activity of pancreatic lipase of piglets from weaning to 4 weeks postweaning<sup>1</sup>

Item	Rendered fat / crude protein level ( % vs % )			
	3/18	6/18	3/22	6/22
Specific activity of pancreatic lipase, U <sup>2</sup> /g Protein				
7 d	9759 (2136)	11122 (654)	8862 (2068)	11972 (2100)
14 d	24175 (3336)	25179 (4024)	26571 (7940)	32855 (8111)
21 d	27924 <sup>a</sup> (2350)	29742 <sup>a</sup> (4212)	29639 <sup>a</sup> (5431)	42373 <sup>b</sup> (5428)
28 d	31805 <sup>a</sup> (9527)	41476 <sup>a</sup> (8378)	35098 <sup>a</sup> (2292)	67140 <sup>b</sup> (4575)
Total activity of pancreatic lipase <sup>3</sup> , U				
7 d	10982 (3318)	16856 (4355)	17333 (3946)	36634 (4947)
14 d	82943 (5348)	85527 (4366)	64724 (3482)	116857 (5933)
21 d	132117 <sup>a</sup> (10761)	140541 <sup>a</sup> (46716)	169817 <sup>ab</sup> (37471)	245505 <sup>b</sup> (9045)
28 d	212547 <sup>a</sup> (70142)	281640 <sup>a</sup> (79360)	237316 <sup>a</sup> (14105)	335320 <sup>b</sup> (78792)

<sup>1</sup>The specific activity and total activity of pancreatic lipase on d 0 postweaning were  $19855 \pm 4311$  U/g protein and  $49687 \pm 6028$  U, respectively. Values in the bracket were standard error.

<sup>2</sup>Meaning of one U was the same as Table 5.



<sup>3</sup>Total activity of pancreatic lipase was total protein from pancreas organ multiplies the specific activity of pancreatic lipase.

<sup>a,b</sup> Footnote was the same as Table 3.

表 7. 飼糧脂肪添加量和粗蛋白質含量對離乳後 1 至 4 週仔豬胰輔脂肪酶比活性和總活性量之效應<sup>1</sup>  
 Table 7. The effects of rendered fat and crude protein level on the development of specific activity and total activity of pancreatic colipase of piglets from weaning to 4 weeks postweaning<sup>1</sup>

Item	Rendered fat / crude protein level ( % vs %)			
	3/18	6/18	3/22	6/22
Specific activity pancreatic colipase, U <sup>2</sup> /g protein				
7 d	3485 (366)	4258 (1171)	3803 (688)	4212 (953)
14 d	8227 (1491)	7127 (941)	5553 (1792)	5913 (2458)
21 d	10839 (1929)	11803 (4155)	11631 (2714)	12088 (2328)
28 d	15231 <sup>a</sup> (2176)	16916 <sup>ab</sup> (3318)	15868 <sup>ab</sup> (2352)	20187 <sup>b</sup> (8894)
Total activity of pancreatic colipase <sup>3</sup> , U				
7 d	3660 (286)	7443 (998)	8250 (888)	9068 (986)
14 d	24294 (3467)	33898 (4535)	13861 (4733)	20189 (4571)
21 d	53392 (3308)	56058 (8889)	66966 (9232)	70382 (18598)
28 d	101447 <sup>a</sup> (17328)	114530 <sup>ab</sup> (31057)	107446 <sup>ab</sup> (6510)	143717 <sup>b</sup> (8080)

<sup>1</sup>The specific activity and total activity of pancreatic colipase on d 0 postweaning were respectively 5664 ± 389 U/g protein and 11832 ± 2328 U. Values in the bracket were standard error.

<sup>2</sup>One U is defined as 1μ mole butyric acid released from tributyrin in one minute at 25°C.

<sup>3</sup>Total activity of pancreatic colipase was total protein from pancreas organ multiplies the specific activity of pancreatic colipase.

<sup>a,b</sup> Footnote was the same as Table 3.

## 結 論

仔豬餵飼 22%粗蛋白質和 6%大豆油之飼糧，於 28 日齡離乳後最初期第 1 至 2 週仔豬日增重和飼料效率表現較佳，但是對仔豬之胰脂肪酶比活性和總活性、胰輔脂肪酶比活性和總活性影響不顯著。然而在離乳第 3 和 4 週，仔豬餵飼 22%粗蛋白質和 6%大豆油飼糧有較高之胰脂肪酶比活性和總活性，同時在離乳第 4 週仔豬之胰輔脂肪酶比活性和總活性亦有較高現象。

## 誌 謝

本試驗執行期間承農委會畜產試驗所營養組吳宗庭先生和陳惠茹小姐及程雅琴小姐等同仁協助試驗動物之飼養管理及樣品分析工作，特此致謝。

## 參考文獻

- 臺灣地區養豬飼養標準編輯委員會。1990。臺灣地區飼養標準——豬。行政院農業委員會發行。台灣養豬科學研究所出版。
- AOAC. 1984. Official method of analysis (14th Ed.). Association of official analytical chemists, Washington, DC.
- Bertrand, S., G. A. Anik, O. Malika and V. Dominique. 1982. Response of the exocrine pancreas to quantitative and qualitative variations in dietary lipids. *Am. Physiol.* 242 : G10~G15.
- Borgstrom, B. 1975. On the interactions between pancreatic lipase and colipase and the substrate, and the importance of bile salts. *J. Lipid Research.* 16 (6) : 411~417.
- Cera, K. R., D. C. Mahan, R. F. Cross, G. A. Reinhart and R. E. Whitmoyer. 1988a. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal and morphology in young swine. *J. Anim. Sci.* 66 : 574~584.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1988b. Weekly digestibilities of diets supplemented with corn oil, lard or tallow by weanling swine. *J. Anim. Sci.* 66 (6) : 1430~1437.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1990. Evaluation of various extracted vegetable oils, roasted soybeans, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blend for postweaning swine. *J. Anim. Sci.* 68 (9) : 2756~2765.
- Duan, R. D. and C. Erlanson-Albertsson. 1992. Gastric inhibitory polypeptide stimulates pancreatic lipase and colipase synthesis in rats. *Am. J. Physiol.* 262 : G779~ G784.
- Gargouri, Y., G. Pieroni, C. Riviere, J-F. Saunier, P. A. Lowe, A. Sarda and R. Verger. 1986. Kinetic assay of human gastric lipase on short- and long-chain triacylglycerol emulsion. *Gastroenterology.* 91 : 919~924.。
- Howard, K. A., D. M. Forsyth and T. H. Cline. 1990. The effect of an adaptation period to soybean oil additions in the diets of young pigs. *J. Anim. Sci.* 68 : 678~68.
- Jensen, V. S., S. K. Jensen and K. Jakobsen. 1997. Development of digestive enzyme in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. *J. Anim. Sci.* 75 : 437~445.
- Jorgensen, H., K. Jakobsen and B. O. Eggum. 1992. The influence of different protein, fat and mineral levels on the digestibility of fat and fatty acids measured at the terminal ileum and in feces of growing pigs. *Acta. Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 42 : 177~184.
- Jorgensen, H., K. Jakobsen and B. O. Eggum. 1993. Determination of endogenous fat and fatty acids at the terminal ileum and in feces in growing pigs. *Acta. Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 43 : 177~184.
- Kelly, D., J. A. Smyth and K. J. McCracken. 1991. Digestive development of the early-weaned pig. 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate postweaning period. *Br. J. Nutr.* 65 (2) : 181~188.
- Lindemann, M. D., S. G. Gornelius and S. M. Kandellegly. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62 : 1298~1307.
- Lowe, M. E. 1994. Pancreatic triglyceride lipase and colipase : Insights into dietary fat digestion. *Gastroenterology* 107 : 1524~1536.
- Malika, O., S. Bertrand , G. G. Anikn and A. Genevieve. 1980. Differential regulation of lipase and colipase in the pancreas by dietary fat and protein. *J. Nutr.* 110 : 2302~2309.
- Mohn, S., A. M. Gillis, P. J. Moughan and C. F. M. de Lange. 2000. Influence of dietary lysine and energy

intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. J. Anim. Sci. 78 : 1510~1519.

Momsen, W. E., M. M. Momsen and H. L. Brockman. 1995. Lipid structural reorganization induced by the pancreatic lipase cofactor, procolipase. Biochemistry. 34(21) : 7271~7281.

Overland, M., Z. Mroz and F. Sundatol. 1994. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. J. Anim. Sci. 72 : 2022~2028.

Robertson, A. M., J. J. Clark and J. M. Bruce. 1985. Observed energy intake of weaned piglets and its effect on temperature requirement. Animal Production 40 : 475-479.

SAS. 1996. SAS/STAT User's Guide, Release 6.11 Ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.



# The effect of crude protein and rendered fat levels on growth performance and pancreatic lipase and colipase activity development in postweaning piglets <sup>(1)</sup>

Fang-Chueh Liu<sup>(2)(4)</sup>, Herng-Fu Lee<sup>(2)</sup>, Chin-Bin Hsu<sup>(3)</sup>,  
Shih-Chin Yen<sup>(2)</sup>, and A-Li Hsu<sup>(2)</sup>

Received : Apr. 16, 2003 ; Accepted : Jun. 9, 2003

## Abstract

The objective of this experiment was to investigate the effect of rendered fat and crude protein (CP) levels on the growth performance, specific activity and total pancreatic lipase and colipase activity of postweaning piglets. This experiment was a  $2 \times 2$  factorial design with 3 or 6% soybean oil (SO), and 18 or 22% crude protein levels. Sixty-eight piglets were used in this study. Four piglets per trial group were randomly selected and sacrificed on 7, 14, 21 and 28 d postweaning to measure pancreatic lipase and colipase activity. Four piglets on weaning day were sacrificed to collect pancreas organs to serve as the basal line. The results revealed that piglets fed a diet containing added 6% SO and 22% CP had significantly ( $P < 0.05$ ) higher average daily weight gain (ADG) than those fed of diets containing 3% SO and 18% CP during 7 to 14 d or 14 to 21 d postweaning. Piglets fed a diet containing rendered 6% SO and 18% CP showed better ( $P < 0.05$ ) ADG than piglets fed diets comprised of 3% SO and 18% CP or 3% SO and 22% CP during 21 to 28 d postweaning. Piglet feed efficiency fed a diet containing 6% SO and 22% CP were remarkably ( $P < 0.05$ ) better than those fed 6% SO and 18% CP or 3% SO and 22% CP from 0 to 7 d postweaning. Piglets fed diets containing 6% SO and 22% CP were ( $P < 0.05$ ) better than those fed a diet containing 3% SO and 18% CP from 7 to 14 d postweaning. The specific and total pancreatic lipase activity within those diets were not significantly different 7 and 14 d postweaning. However, pigs fed with diets containing 6% SO and 22% CP were remarkably ( $P < 0.05$ ) better than those fed 3% SO and 18% CP or containing 6% SO and 18% CP of diets on 21 and 28 d postweaning. No significant specific and total pancreatic colipase activity was manifested among those diets on 7, 14, and 21 d postweaning. However, diets containing 6% SO and 22% CP produced higher colipase activity than piglets fed diets containing 3% SO and 18% on 28 d postweaning. Therefore, postweaning piglets fed a diet comprising 6%

---

(1) Contribution No. 1196 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Nutrition Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.

(3) Kaohsiung, Animal Propagation Station, COA-LRI, Pingtung 912, Taiwan, R. O. C.

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

SO and 22% CP would show better growth performance during 0 to 14 d postweaning. However, this diet produced lower specific and total pancreatic lipase or colipase activities. Higher specific and total pancreatic lipase activity was found after 21 d postweaning and colipase activity on the 28 d postweaning colipase activity than fed of diet containing 3% SO with 18% on 28 d postweaning. Therefore, postweaning piglets fed a diet comprising 6% SO with 22% CP would show better growth performance during from 0 to 14 d postweaning, but the diet had lower effect on the development of specific activity and total activity of pancreatic lipase or colipase. However, there is a trend that piglets had higher specific activity and total activity of pancreatic lipase after 21 d postweaning and colipase activity on the 28 d postweaning.

Key words : Protein, Fat, Postweaning piglets, Pancreatic lipase, Pancreatic colipase.