

不同蛋白質來源之人工乳對18日齡離乳仔豬 消化道蛋白酶活性發展之影響⁽¹⁾

蕭智彰⁽²⁾⁽³⁾⁽⁵⁾ 賈玉祥⁽³⁾ 詹德芳⁽⁴⁾

收件日期：98年6月30日；接受日期：98年11月27日

摘要

本試驗探討飼糧中主要蛋白質來源包括脫脂乳粉 (dried skim milk, DSM)、濃縮馬鈴薯蛋白 (potato protein concentrate, PPC) 或濃縮大豆蛋白 (soya protein concentrate, SPC) 對 18 日齡離乳仔豬消化道蛋白酶活性之影響。各主要蛋白質來源佔人工乳中粗蛋白質總含量之三分之一。試驗採用 18 日齡之三品種〔Landrace×Yorkshire 雜交母豬(♀)配 Duroc 公豬(♂)〕雜交仔豬 45 頭(來自 6 胎，其中 4 胎為 9 頭，另 2 胎合計 9 頭，以 5 胎計)，每胎內之仔豬，依體重及性別平均分配至含 DSM、PPC 或 SPC 之飼糧處理組，每隻豬視為一試驗單位，各處理組均為一欄，每欄 15 頭，各處理組仔豬分別於離乳後第 0、5 及 10 天各處理組屠宰 1 頭，試驗為期 10 天。結果顯示，離乳後第 5 天，脫脂乳粉組者在消化道器官重量方面，在離乳後 10 天，其胃黏膜重量及離乳後 5 天及 10 天之胰臟組織重量，分別較濃縮馬鈴薯蛋白組者為重 ($P < 0.05$)，且消化道中胃黏膜中蛋白酶活性、胰臟組織中胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性亦較高 ($P < 0.05$)。離乳後第 10 天，餵飼濃縮大豆蛋白組者與脫脂乳粉組者，除胰凝乳蛋白酶活性以脫脂乳粉組較高 ($P < 0.05$) 外，其餘在消化道器官重量及消化道蛋白酶活性均無顯著差異存在。濃縮馬鈴薯蛋白組之各項測定指標較脫脂乳粉組者為低 ($P < 0.05$)。

關鍵詞：蛋白質來源、消化酶、早期離乳仔豬。

緒言

為提高母豬年產胎次和年產仔豬頭數，飼養業者一般均於仔豬 3 至 4 週齡時，即予以早期離乳 (Cole *et al.*, 1975; Krug *et al.*, 1974)。然仔豬在離乳初期由於飼養環境、日糧形態及其組成

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1543 號。

(2) 本報告為第一作者之國立中興大學碩士論文之一部份。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

(4) 國立中興大學動物科學系。

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

的迅速改變，常造成其生理、心理及營養之緊迫 (Funderburke and Seerley, 1990; Worobec *et al.*, 1999; 夏, 1985)，導致仔豬離乳初期之食慾降低、採食量減少、增重較差，並有生長遲滯之現象發生 (Kornegey *et al.*, 1974; Okai *et al.*, 1976)，嚴重者更導致下痢、死亡 (Armstrong and Clawson, 1980)，致使飼養者蒙受嚴重之經濟損失。因此，如何設法使仔豬能夠安然渡過此時期，實為當務之急。

人工乳係供仔豬出生後 10~14 天至 4 週齡 (體重由 3kg 飼養至 8kg) 所使用組者。對早期離乳之仔豬而言，最易消化、吸收、利用之碳水化合物為乳糖及葡萄糖。因此，人工乳中採用脫脂乳粉為主要原料，既可增加仔豬腸道之中乳糖酶活性 (Graham *et al.*, 1981)，又能同時供生長所需之乳糖 (lactose)、乳蛋白 (milk protein)，故可提高仔豬對蛋白質之利用率，而獲得滿意之飼養成績。但因脫脂乳粉之價格高昂，因此漸有減少脫脂乳粉用量，而採用其它原料之趨勢。因此，本試驗之目的是從消化道生理觀點 (Shih and Hsu, 2006)，探討含不同蛋白質來源之人工乳對 18 日齡離乳仔豬消化道發育之影響，藉測定仔豬消化系統之器官重量及蛋白消化酶活性，期能瞭解仔豬離乳生長遲滯期 (Smith and Lucas, 1956)，探討作為人工乳之最佳主要蛋白質來源。

材料與方法

I. 動物及飼養環境

試驗採用 18 日齡之三品種〔L andrace×Yorkshire 雜交母豬 (♀) 配 Duroc 公豬 (♂)〕雜交仔豬。仔豬於哺乳期間，未餵予教槽料，於 18 日齡當日下午 5 時左右進行離乳。選取 6 胎仔豬，其中 4 胎各 9 頭，另 2 胎合計 9 頭之離乳仔豬，每胎內之仔豬經個別秤重後，依體重及性別分配至 3 欄，每欄 15 頭，共 45 頭仔豬。

試驗豬欄為高床條狀地面，每欄內均設有保溫燈一盞，其下方有保溫墊板，防止小豬受涼。豬舍內啟始溫度維持在 30℃，每週下降 1~2℃。豬舍周圍設帆布簾，防止賊風入侵。每欄置一碗狀飲水器。飼槽為圓筒型之飼槽。仔豬初入欄時，不供飼料，但充分供應飲水，經 15~16 小時禁食，於翌日晨 8~9 時，開始試驗。試驗期間飼料及飲水任食。

II. 設計及日糧

試驗是將 3 種飼糧處理完全逢機地安排於前述三欄仔豬，每處理一欄。3 種處理之飼糧分別由脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白或濃縮大豆蛋白提供作飼糧蛋白質之不同來源。配製人工乳含消化能 3,600kcal/kg、粗蛋白質 22.15%。試驗期間為 10 天，每隻豬視為一試驗單位，各處理組各胎內仔豬分別於離乳後第 0 天、第 5 天及第 10 天各屠宰 1 頭。

試驗所採用之脫脂乳粉係澳洲 Anchor 公司製造，為乳白色粉末狀，粗蛋白質含量為 34%，乳糖含量約為 47%。濃縮馬鈴薯蛋白為荷蘭 Avebe 公司製造，為白色粉末狀，粗蛋白質含量為 75.5%，不含有一般植物性蛋白中所含之蛋白酶抑制因子。而濃縮大豆蛋白為荷蘭 Sahaijk 公司製造之產品，為乳白色粉末狀，其粗蛋白質含量為 64%。該三種蛋白質來源所提供之粗蛋白質量，分別各佔其所配製成人工乳中之粗蛋白質總含量之三分之一。為使 3 處理飼糧之乳糖含量一致，於含濃縮馬鈴薯蛋白或濃縮大豆蛋白之飼糧中添加 9.46% 乳糖。脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白之消化能、粗蛋白質及主要胺基酸組成列於表 1。而人工乳組成列於表 2，飼料原料之營養組成依 NRC (1988) 之分析值為準。仔豬之營養需要量以台灣地區飼養標準 -- 豬 (1990) 為主要之參考依據。各處理組者之飼糧所含之粗蛋白質、消化能及其他主要營養成分等均調整為一致。

表 1. 供試蛋白質來源之消化能、粗蛋白質和主要胺基酸組成 (%)

Table 1. Digestible energy, crude protein and amino acid contents of major protein sources (%)

| Item | Dried skim milk | Potato protein concentrate | Soya protein concentrate |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| Digestible energy (kcal/kg) | 3,600 | 3,600 | 3,600 |
| Crude protein | 34.00 | 75.50 | 64.00 |
| Lysine | 2.64 | 5.91 | 4.60 |
| Methionine | 0.91 | 1.82 | 0.57 |
| Cystine | 0.51 | 1.21 | 3.75 |
| Tryptophan | 0.48 | 1.13 | 1.15 |
| Threonine | 1.54 | 4.60 | 2.72 |
| Histidine | 0.91 | 1.71 | 1.57 |
| Isoleucine | 2.15 | 4.62 | 3.72 |
| Leucine | 3.10 | 7.86 | 6.32 |
| Phenylalanine | 1.57 | 4.87 | 3.70 |
| Tyrosine | 1.17 | 4.34 | 2.95 |
| Valine | 2.31 | 5.42 | 3.78 |
| Arginine | 1.26 | 3.79 | 5.18 |

表 2. 試驗飼糧組成 (%)

Table 2. Components and compositions in creep feed for early-weaned piglets (%)

| Ingredients | Dried skim milk ¹ | Potato protein concentrate ² | Soya protein concentrate ³ |
|-----------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|
| Yellow corn | 32.73 | 32.35 | 29.70 |
| Soybean meal | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| Whole soybean | 11.50 | 11.50 | 11.50 |
| Fish meal | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Dried whey | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Dried skim milk | 19.43 | ----- | ----- |
| Potato protein concentrate | ----- | 8.62 | ----- |
| Soya protein concentrate | ----- | ----- | 10.54 |
| Soybean oil | 1.66 | 1.66 | 1.66 |
| Lactose | 0.36 | 9.46 | 9.46 |
| Corn starch | 2.07 | 3.20 | 2.72 |
| Middling | ----- | ----- | 1.23 |
| Limestone | 0.30 | 0.25 | 0.43 |
| Dicalcium phosphate | 0.47 | 1.48 | 1.08 |
| Sodium chloride | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| L-lysine | 0.12 | 0.11 | 0.13 |
| DL-methionine | 0.06 | 0.07 | 0.25 |
| Vitamin premix ⁴ | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Mineral premix ⁵ | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Calculated value (%) | | | |
| Digestible energy (kcal/kg) | 3,600 | 3,600 | 3,600 |
| Crude protein | 22.15 | 22.15 | 22.15 |
| Lysine | 1.54 | 1.54 | 1.54 |
| Methionine+Cystine | 0.86 | 0.86 | 0.86 |
| Tryptophan | 0.28 | 0.29 | 0.29 |
| Calcium | 0.91 | 0.91 | 0.91 |
| Total phosphorus | 0.75 | 0.75 | 0.75 |

¹ It was produced by Anchor Company, Australia (CP 34%).² It was produced by Avebe Company, Holland (CP 75.5%).³ It was produced by Sahaijk Company, Holland (CP 64%).⁴ Vitamin premix provided per kg of diet with vitamins A 8,000 IU, D₃, 800 IU, E 20 mg, K₃ 1.0 mg, B₁ 2.0 mg, B₂ 5.0 mg, B₁₂ 0.02 mg, pantothenic acid 12 mg, niacin 40 mg, folic acid 0.18 mg, biotin 0.06 mg and choline 120 mg.⁵ Mineral premix provided per kg of diet, Cu 150 mg, Fe 120 mg, Zn 100 mg, Mn 10 mg and Se 0.1 mg.

III. 樣品收集及分析方法

(i) 屠宰及採樣

豬隻依實驗動物管理法，經電擊、放血後，迅速將胃腸道各段取下，放置在冰桶內(盛有碎冰混食鹽)。將胃及胰依序分離。胰臟除去其外部結締組織；胃切開後以生理食鹽水洗淨。所有之新鮮組織分別秤重，胰臟先以錫箔紙包妥後立即冷凍；胃則利用載玻片將黏膜刮下後，以錫箔紙包妥。所有樣品均儲存於 -70℃ 之冷凍櫃中。

(ii) 粗酵素配製

胃黏膜與胰臟組織經定量後，添加 4 倍量 (v/w) 之 0.9% 生理食鹽水，以均質機 (Ystral GmbH D-7801 Dottingen) 均質後，此均質液經冷凍離心機 (SCR 20B Hitachi) 於 4℃，2000g 遠心分離 30 分鐘後，取其上層液即為粗酵素液 (Kidder and Manners, 1978)。以上過程除解剖外均於 4℃ 下進行，未立即分析之粗酵素液均儲存於 -20℃ 冷凍櫃中。

(iii) 各種蛋白質酵素活性之測定

1. 胃蛋白酶 (pepsin) 之測定

依 Rick and Fritch (1974) 所述方法測定之。以血紅蛋白為基質，於 25℃ 下，以 276 nm 之波長測其吸光值。每分鐘增加 0.001 單位之 OD 值所需之酵素量為一活性單位。胃蛋白酶總活性 (total pepsin activity) 為每克新鮮組織中所含之胃蛋白酶活性乘以胃黏膜總重計算之。

2. 胰蛋白酶 (trypsin) 之測定

依 Rick (1974) 所述方法測定之。以 N-benzoyl-arginine ethyl ester (BAEE) 為基質，經水解後，其產物 Benzoyl-arginine 與基質兩組者在 251 nm 下吸光值之差異。胰蛋白酶活性之表示為 25℃ 下，觀察酵素反應量與時間成正比範圍內計算酵素活性。每分鐘水解 1 μ mole 之基質所需之酵素量為一活性單位。胰蛋白酶總活性 (total pepsin activity) 為每克新鮮組織中所含之胰蛋白酶活性乘以胰臟重量計算之。

3. 胰凝乳蛋白酶 (chymotrypsin) 之測定

依 Rick (1974) 所述方法測定之。以 N-benzoyl-tyrosine ethyl ester (BTEE) 為基質，經水解後，其產物 Benzoyl-tyrosine 與基質兩組者在 256 nm 下吸光值之差異。胰凝乳蛋白酶活性之表示為 25℃ 下，觀察酵素反應量與時間成正比範圍內計算酵素活性。每分鐘水解 1 μ mole 之基質所需之酵素量為一活性單位。胰凝乳蛋白酶總活性 (total pepsin activity) 為每克新鮮組織中所含之胰凝乳蛋白酶活性乘以胰臟重量計算之。

IV. 統計分析

試驗所得資料利用試驗分析系統 (SAS, 1996) 進行分析，依一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，再以 Duncan's new multiple range test 比較各處理組間平均值差異顯著性。

結果與討論

I. 胃臟及胃黏膜重量

仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組飼糧，其離乳後第 0

天、5 天及 10 天胃臟重量及胃黏膜重量之變化如表 3 所示。由同日齡不同處理的結果發現，離乳後第 10 天，仔豬餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者較脫脂乳粉組者胃臟重量為低 ($P < 0.05$)。胃臟重量之變化，以相對重量表示，餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者有較低之現象，但同日齡各處理組者間無顯著差異存在。

表 3. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬胃重量和胃黏膜重量之影響

Table 3. Effects of various protein sources in creep feed on the stomach weight and gastric mucosa weight of piglets weaned at 18 day-old

| Item | Protein source | | | SEM |
|---|-------------------|----------------------------|--------------------------|------|
| | Dried skim milk | Potato protein concentrate | Soya protein concentrate | |
| Stomach weight, g | | | | |
| Post-weaning 0 day | 33.4 | 33.3 | 33.1 | 1.03 |
| Post-weaning 5 day | 39.7 | 36.1 | 38.2 | 0.84 |
| Post-weaning 10 day | 48.5 ^a | 43.7 ^b | 47.2 ^{ab} | 0.95 |
| Stomach relative weight, g/ kg body weight | | | | |
| Post-weaning 0 day | 6.80 | 6.78 | 6.74 | 0.67 |
| Post-weaning 5 day | 7.20 | 6.99 | 7.09 | 0.50 |
| Post-weaning 10 day | 7.84 | 7.74 | 7.88 | 0.82 |
| Gastric mucosa weight, g | | | | |
| Post-weaning 0 day | 6.20 | 6.10 | 6.30 | 0.65 |
| Post-weaning 5 day | 7.10 ^a | 6.60 ^b | 6.80 ^b | 0.84 |
| Post-weaning 10 day | 8.70 ^a | 8.20 ^b | 8.50 ^{ab} | 0.98 |
| Gastric mucosa relative weight, g/ kg body weight | | | | |
| Post-weaning 0 day | 1.26 | 1.24 | 1.27 | 0.46 |
| Post-weaning 5 day | 1.29 | 1.28 | 1.26 | 0.30 |
| Post-weaning 10 day | 1.41 | 1.45 | 1.42 | 0.42 |

^{a,b,c} Means in the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means.

在胃黏膜重量方面，離乳後第 5 天，餵飼脫脂乳粉組其胃黏膜重量顯著較濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者為重 ($P < 0.05$)；而離乳後第 10 天，以濃縮馬鈴薯蛋白組者其胃黏膜顯著較輕 ($P < 0.05$)，脫脂乳粉組者與濃縮大豆蛋白組者間則無顯著差異存在。胃黏膜重量以相對重量表示時，各處理組者間並無顯著差異存在。

胃腸道激素之分泌受許多因素影響，其中以攝食量及飼料組成的影響較明顯。當攝食量增加時，體內胃酸之分泌量隨之提高，結果導致胃泌素 (gastrin) 之分泌升高，進而刺激胃組織之生長 (Brook and Grossman, 1970)。本試驗胃臟重量試驗結果與上述報告相同，且不同蛋白質來源，亦會對胃臟之發展情形有所影響。本試驗各處理組每頭豬飼料攝食量分別為：脫脂乳粉組者 236 g/

日，濃縮馬鈴薯蛋白組者 185 g/ 日，濃縮大豆蛋白組者 213 g/ 日，其中攝食量較少之濃縮馬鈴薯蛋白組者，在離乳後 10 天，其胃及胃黏膜重量顯著較低，此顯示，飼料性質及攝食量多寡均會對胃臟發育產生影響。在胃黏膜重量方面，亦有相似結果產生。

II. 胰臟重量

仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組之飼糧，其離乳後第 0 天、5 天及 10 天胰臟重量之變化列於表 4。離乳後第 5 天，餵飼脫脂乳粉組者胰臟重量顯著 ($P < 0.05$) 較濃縮馬鈴薯蛋白組者與濃縮大豆蛋白組者重。離乳後 10 天則以餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者較低，其餘兩組者間無顯著差異存在，此結果與 Kelly *et al.* (1991) 研究相同。

表 4. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬胰臟重量之影響

Table 4. Effects of various protein sources in creep feed on the pancreas weight of piglets weaned at 18 day-old

| Item | Protein source | | | SEM |
|---|-------------------|----------------------------|--------------------------|------|
| | Dried skim milk | Potato protein concentrate | Soya protein concentrate | |
| Pancreas weight, g | | | | |
| Post-weaning 0 day | 6.50 | 6.30 | 6.20 | 0.58 |
| Post-weaning 5 day | 7.40 ^a | 6.20 ^c | 6.80 ^b | 0.63 |
| Post-weaning 10 day | 9.10 ^a | 8.10 ^b | 8.80 ^{ab} | 0.68 |
| Pancreas relative weight, g/ kg body weight | | | | |
| Post-weaning 0 day | 1.32 | 1.29 | 1.26 | 0.42 |
| Post-weaning 5 day | 1.34 | 1.19 | 1.26 | 0.51 |
| Post-weaning 10 day | 1.48 | 1.37 | 1.45 | 0.63 |

^{a,b,c} Means in the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means.

剛出生仔豬在吮食母乳後，其胰臟重量在出生後 24 小時以內迅速上昇。此時期胰臟重量之增加，主要是細胞中蛋白質增加，而使細胞增大之現象 (Corring *et al.*, 1978)。當仔豬隨年齡逐漸增加，其攝食量迅速上昇，除了細胞增生外，亦有細胞增大之現象。在本試驗中，濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者在離乳後第 5 天，仔豬之攝食量較脫脂乳粉組者為低，因此可能導致胰臟重量較輕，至離乳後第 10 天，餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者亦有較輕之胰臟重量，其原因可能與其攝食量高低有關，當仔豬攝食量較低時將限制胰臟組織之發育，因蛋白質來源不同使胰臟重量改變 (Makkink *et al.*, 1994a; Shih *et al.*, 2005)，在本試驗中可以得到驗證。

III. 胃 pH 值與胃蛋白酶活性

仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組之飼糧，其胃 pH 值與胃黏膜中胃蛋白酶活性之變化列於表 5。餵飼脫脂乳粉組者，胃中 pH 值較為穩定。餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者，胃 pH 值隨離乳後天數增加而上升，而餵飼濃縮大豆蛋白組者，則隨日齡之增加而降

低。離乳後第 5 天及第 10 天，胃 pH 值均以餵飼濃縮大豆蛋白組者較低，而以餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者較高 ($P < 0.05$)。

表 5. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬胃 pH 值、胃蛋白酶活性之影響

Table 5. Effects of various protein sources in creep feed on the stomach pH value, activity and total activity of pepsin of gastric mucosa of piglets weaned at 18 day-old

| Item | Protein source | | | SEM |
|---|---------------------|----------------------------|--------------------------|------|
| | Dried skim milk | Potato protein concentrate | Soya protein concentrate | |
| pH in stomach | | | | |
| Post-weaning 0 day | 4.58 | 4.64 | 4.61 | 0.67 |
| Post-weaning 5 day | 4.72 ^{ab} | 4.83 ^a | 4.54 ^b | 0.72 |
| Post-weaning 10 day | 4.62 ^b | 4.91 ^a | 4.28 ^c | 0.68 |
| Activity of pepsin of gastric mucosa, unit/g mucosa | | | | |
| Post-weaning 0 day | 3,546 | 3,480 | 3,466 | 162 |
| Post-weaning 5 day | 3,444 ^a | 2,946 ^b | 3,077 ^b | 208 |
| Post-weaning 10 day | 5,428 ^a | 4,982 ^b | 5,404 ^a | 192 |
| Total activity of pepsin of gastric mucosa, unit/total mucosa | | | | |
| Post-weaning 0 day | 21,985 | 21,228 | 21,835 | 350 |
| Post-weaning 5 day | 24,452 ^a | 19,443 ^b | 20,923 ^b | 482 |
| Post-weaning 10 day | 47,223 ^a | 40,852 ^b | 45,934 ^{ab} | 516 |

¹ One unit of activity expressed as an absorbance increase of 0.01/min at 276 nm of TCA soluble products hydrolyzed from substrate of hemoglobin at 37°C.

^{a,b,c} Means in the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means.

胃黏膜中胃蛋白酶活性方面，仔豬每 g 黏膜中胃蛋白酶活性，除餵飼脫脂乳粉組者外，濃縮馬鈴薯蛋白組者與濃縮大豆蛋白組者兩組間，在離乳後第 5 天顯著較第 0 天低 ($P < 0.05$)，而各組均於離乳後第 10 天上昇。餵飼脫脂乳粉組者則至離乳後第 10 天時開始上升。餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者與濃縮大豆蛋白組者之胃黏膜中胃蛋白酶活性方面，在離乳後第 0 天、5 天及 10 天間，每 g 胃黏膜含有胃蛋白酶之活性分別為 3480、2946 及 4982 unit 與 3466、3077 及 5204 unit，以離乳後第 5 天較低，而離乳後第 10 天最高。不同蛋白質來源飼糧，會影響仔豬胃黏膜中胃蛋白酶活性，在離乳後第 5 天及第 10 天，餵飼脫脂乳粉組者，胃黏膜中胃蛋白酶活性，均顯著較餵飼濃縮馬鈴薯蛋白與濃縮大豆蛋白兩組者為高 ($P < 0.05$)，其中在離乳後第 10 天，則以餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者較各處理組者為低 ($P < 0.05$)。在胃黏膜中胃蛋白酶總活性方面，亦有相似結果產生。

根據 Kidder and Manner (1978) 指出，當胃中 pH 值無法達到胃蛋白酶適當作用範圍，將造成胃黏膜主細胞 (chief cell) 分泌之胃蛋白酶元無法完全有效致活，除導致飼糧中蛋白質在胃中之初步消化 (peptide bond 裂解) 不完全外，使大部分的飼糧以原來形態進入小腸，使其消化能力降低，並會影響胃蛋白酶活性。本試驗中餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者，其胃中 pH 值均較各組者為高，且其胃

黏膜中胃蛋白酶活性與總活性均較低，探究其原因可能是胃中 pH 值較高所致。而同週齡之離乳仔豬間，其胃蛋白酶活性，體重重組者較輕組者為高 (Sloat *et al.*, 1985)，本試驗有相同結果產生。而餵飼以乳蛋白質為主之蛋白質飼糧，胃中 pH 值顯著較濃縮大豆蛋白為主飼糧高，可能是乳蛋白質可提高胃緩衝能力 (buffering capacity) 所致 (Wilson and Leibholz, 1981)。且胃蛋白酶活性隨年齡增加而上升與本試驗一致。

IV. 胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性

仔豬離乳後餵飼脫脂乳粉、濃縮馬鈴薯蛋白及濃縮大豆蛋白三處理組者飼糧，其胰臟組織中胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性之變化列於表 6。餵飼脫脂乳粉組者之胰臟組織胰蛋白酶活性，在離乳後第 5 天降低，而以離乳後第 10 天最高，且高於餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者 ($P < 0.05$)。在餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者，其胰臟組織中胰蛋白酶活性在離乳後第 5 天最低，而後再上昇。餵飼濃縮大豆蛋白組者，則與脫脂乳粉組者有相似之結果，且在離乳後第 10 日齡時，兩處理組者間無差異。

表 6. 不同蛋白質來源人工乳對 18 日齡離乳仔豬胰蛋白酶活性及胰凝乳蛋白酶活性影響

Table 6. Effects of various protein sources in creep feed on the trypsin activity, total trypsin activity, chymotrypsin activity and total chymotrypsin activity of pancreas tissue of piglets weaned at 18 day-old

| Item | Protein source | | | SEM |
|--|--------------------|----------------------------|--------------------------|------|
| | Dried skim milk | Potato protein concentrate | Soya protein Concentrate | |
| Activity of trypsin of pancreas tissue ¹ , unit/g tissue | | | | |
| Post-weaning 0 day | 325 | 323 | 322 | 6.83 |
| Post-weaning 5 day | 237 ^a | 195 ^b | 232 ^a | 7.84 |
| Post-weaning 10 day | 415 ^a | 383 ^b | 406 ^{ab} | 7.71 |
| Total activity of trypsin of pancreas tissue, unit/total tissue | | | | |
| Post-weaning 0 day | 2,112 | 2,034 | 1,997 | 119 |
| Post-weaning 5 day | 1,755 | 1,398 | 1,577 | 133 |
| Post-weaning 10 day | 3,610 ^a | 3,108 ^b | 3,485 ^{ab} | 111 |
| Activity of chymotrypsin of pancreas tissue ² , unit/g tissue | | | | |
| Post-weaning 0 day | 239 | 230 | 232 | 5.94 |
| Post-weaning 5 day | 151 ^a | 112 ^b | 144 ^a | 6.41 |
| Post-weaning 10 day | 299 ^a | 258 ^c | 272 ^b | 6.76 |
| Total activity of chymotrypsin of pancreas tissue, unit/total tissue | | | | |
| Post-weaning 0 day | 1,520 | 1,488 | 1,440 | 88 |
| Post-weaning 5 day | 1,120 ^a | 695 ^c | 979 ^b | 97 |
| Post-weaning 10 day | 2,724 ^a | 2,073 ^c | 2,401 ^b | 106 |

¹ One unit of activity expressed as 1 μ mole of substrate hydrolyzed from a substrate of N-benzoyl-arginine ethyl ester in min at 25°C.

² One unit of activity expressed as 1 μ mole of substrate hydrolyzed from a substrate of N-benzoyl-tyrosine ethyl ester in min at 25°C.

^{a,b,c} Means in the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: Standard error of means.

胰臟組織中胰蛋白酶總活性方面，各處理組者亦隨離乳後天數增加而先下降而後上升的現象。餵飼脫脂乳粉組者在離乳後第 5 天降低，至離乳後第 10 天上升，且胰臟組織中胰蛋白酶總活性高於濃縮馬鈴薯蛋白組者 ($P < 0.05$)。在濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者方面，兩組均於離乳後第 5 天降低，至離乳後第 10 天則上升。

在胰臟組織中胰凝乳蛋白酶活性方面，胰凝乳蛋白酶活性隨離乳後天數增加呈先下降而後上升的現象。餵飼脫脂乳粉組者之胰臟組織中胰凝乳蛋白酶活性，在離乳後第 5 天降低，而以離乳後第 10 天最高，且顯著高於餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者 ($P < 0.05$)。在濃縮馬鈴薯蛋白組者，其胰凝乳蛋白酶活性在離乳後第 5 天最低，而後才上升。在濃縮大豆蛋白組者方面，則與濃縮馬鈴薯蛋白組者有相似之結果產生，且在離乳後第 10 天有顯著高於濃縮馬鈴薯蛋白組者 ($P < 0.05$)。

胰凝乳蛋白酶總活性方面，亦隨乳後天數增加呈先降低而後上升之現象。餵飼脫脂乳粉組者之胰臟組織中胰凝乳蛋白酶總活性，在離乳後第 5 天降低，而以離乳後第 10 天最高，且顯著高於餵飼濃縮馬鈴薯蛋白組者及濃縮大豆蛋白組者 ($P < 0.05$)。在濃縮馬鈴薯蛋白組者，其胰臟組織中胰凝乳蛋白酶活性，在離乳後第 5 天最低，而後才上升。在濃縮大豆蛋白組者，不論是離乳後第 5 天或 10 天，均顯著高於濃縮馬鈴薯蛋白組者 ($P < 0.05$)。

仔豬之胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性方面，均隨日齡之增加而急遽上昇，已有許多學者認同 (Corring *et al.*, 1978; Shields *et al.*, 1980; Lindemann *et al.*, 1986)。對 28 日齡離乳仔豬而言，不論在哺乳期間是否有餵飼教槽料，在離乳後 3-7 天，胰臟組織中胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性有降至最低之現象，特別是胰凝乳蛋白酶 (Lindemann *et al.*, 1986; Owsley *et al.*, 1986)。造成仔豬在離乳後其胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性下降之原因，可能與胰臟組織中蛋白酶對食物改變之調適有關 (Yu *et al.*, 2002)。約需 5-7 天才能建立一個穩定之狀態。因此，在剛離乳後數天，胰臟組織中酵素活性會降低，本試驗得到相同結果。動物胰臟或胰液中蛋白酶活性與飼糧蛋白質含量成正比，而在飼糧蛋白質含量相同基準下，攝食量高低將直接影響胰臟中胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性 (Makkink *et al.*, 1994b; Shih *et al.*, 2005)，其中以胰凝乳蛋白酶反應劇烈 (Corring *et al.*, 1978)。此外，由試驗結果顯示，胰臟組織中蛋白酶活性隨著日齡上升之最直接原因，應是胰臟重量的增加，及每單位胰臟組織中所含胰蛋白酶活性的增加 (Corring *et al.*, 1978)。不同蛋白質含量飼料，會改變胰臟蛋白消化酶活性 (Corring, 1980)，亦得到驗證。且餵飼乳蛋白有較大豆蛋白 (Lindemann *et al.*, 1986) 有較高之胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶活性相一致。但 Graham *et al.* (1981) 則認為造成此結果主要是攝食量提高之緣故 (Sklan and Noy, 2003; Shih and Hsu, 2006)。

結論與建議

人工乳中以濃縮大豆蛋白取代脫脂乳粉之粗蛋白質含量，於離乳後 5 天之胰臟重量、蛋白酶活性顯著較差 ($P < 0.05$)，顯示對剛離乳仔豬而言，乳製品來源蛋白質較濃縮大豆蛋白利用率較佳。但離乳後 10 天，則二組間無顯著差異存在。是以，在乳清粉 20% 之人工乳配方中，採用濃縮大豆蛋白添加乳糖 9.46% 可以全量取代脫脂乳粉之粗蛋白質含量，添加於仔豬用人工乳中。至於濃縮馬鈴薯蛋白組方面，蛋白酶之各項性狀均較脫脂乳粉組為低 ($P < 0.05$)。因此，以濃縮馬鈴薯蛋白添加乳糖 9.46% 全量取代脫脂乳粉之粗蛋白質含量，作為蛋白質來源添加於仔豬用人工乳應屬不恰當。

參考文獻

- 台灣地區養豬飼養標準編輯委員會編。1990。台灣地區飼養標準-豬。中華民國，台灣。
- 夏良宙，1985。仔豬離乳與其管理之探討 (摘自豬隻飼養與營養研討專集-1985)。華香園圖書出版社，台北。pp.141-150。
- Amstrong, W. D. and A. J. Clawson. 1980. Nutrition and management of early weaned pigs: effect of increased nutrient concentrations and (or) supplemental liquid feeding. *J. Anim. Sci.* 50:377-384.
- Brooks, A. M. and M. I. Grossman. 1970. Maximal acid response of Pavlov pouches to food and histamine. *Gut.* 11:153-157.
- Cole, D. J. A., M. A. Varley and P. E. Hughes. 1975. Studies in sow reproduction. 2. the effect of lactation length on the subsequent reproductive performance of the sow. *Anim. Prod.* 20:401-406.
- Corring, T. 1980. The adaptation of digestive enzyme to the diet: its physiological significance. *Reprod. Nutr. Develop.* 20:1217-1235.
- Corring, T., A. Aumaitre and G. Durand. 1978. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. 1. pancreas and pancreatic enzymes. *Nutr. Meta.* 22:231-243.
- Funderburke, D. W. and R. W. Seerley. 1990. The effects of postweaning stressors on pig weight change, blood, liver and digestive tract characteristics. *J. Anim. Sci.* 68:155-162.
- Graham, P. L., D. C. Mahan and R. G. Shields, Jr. 1981. Effect of starter diet and length of feeding regime on performance and digestive enzyme activity of 2-week old weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 53:299-307.
- Kelly, D., J. A. Smyth and K. J. McCracken. 1991. Digestive development of the early-weaned pig. 1. effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post-weaning. *Br. J. Nutr.* 65:169-180.
- Kidder, D. E. and M. J. Manner. 1978. The level and distribution of pigs from 3 weeks of age to maturity. *Br. J. Nutr.* 43:141-153.
- Kornegay, E. T., H. R. Thomas and C. Y. Kramer. 1974. Evaluation of protein levels and milk products for starter diets. *J. Anim. Sci.* 39:527-535.
- Krug, J. L., V. W. Hays, G. L. Cromwell, R. H. Dutt and D. D. Kratzer. 1974. Effect of lactation length on reproductive performance of swine. *J. Anim. Sci. (Suppl.)* 39:216.
- Lindemann, M. D., S. G. Cornelius, S. M. El Kandelgy, R. L. Moser and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 63:1298-1307.
- Makkink, C. A., P. J. M. Berntsen, M. L. Brigitte, B. Kemp and M. W. A. Verstegen. 1994a. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 72:2843-2850.
- Makkink, C. A., G. P. Negulescu, Q. Guixin and M. W. A. Verstegen. 1994b. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. *Br. J. Nutr.* 72:353-368.
- National Research Council. 1988. *Nutrient Requirements of Swine*. 9th National Academy Press, Washington, D.C.
- Okai, D. B., F. X. Aherne and R. T. Hardin. 1976. Effects of creep and starter composition on feed intake and performance of growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 56:573-586.
- Owsley, W. F., D. E. Orr, Jr. and L. F. Tribble. 1986. Effects of age and diet on the development of the

- pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in young pig. *J. Anim. Sci.* 63:497-504.
- Rick, W. 1974. Trypsin and chymotrypsin. In: *Methods of Enzymatic Analysis*, second edition, ed. W. Rick and W. Fritsch, pp.800-815. Academic Press, New York.
- Rick, W. and W. Fritsch. 1974. Pepsin. Measurement with haemoglobin as a substrate. In: *Methods of Enzymatic Analysis*, second edition, ed. W. Rick and W. Fritsch, pp.1046-1052. Academic Press, New York.
- SAS. 1996. SAS (r) Proprietary Software Release 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, U. S. A.
- Shields, Jr. R. G., K. E. Ekstrom and D. C. Mahan. 1980. Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten weeks. *J. Anim. Sci.* 50:257-265.
- Shih, B. L. and J. C. Hsu. 2006. Development of the activities of pancreatic and caecal enzymes in intestine of White Roman goslings. *Br. Poult. Sci.* 47:95-102.
- Shih, B. L., B. Yu and J. C. Hsu. 2005. The development of gastrointestinal tract and pancreatic enzymes in White Roman geese. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18:841-847.
- Sklan, D. and Y. Noy. 2003. Grude protein and essential amino acid requirements in chicks during the first week posthatch. *Br. Poult. Sci.* 44:266-274.
- Sloat, D. A., D. C. Mahan and K. L. Roehrig. 1985. Effect of pig weaning weight on postweaning body composition and digestive enzyme development. *Nutr. Rep. Int.* 31:627-634.
- Wilson, R. H. and J. Leibholz. 1981. Digestion in the pig between 7 and 35 d of age. 2. the digestion of dry matter and pH of digesta in pigs given milk and soya-bean proteins. *Br. J. Nutr.* 45:321-336.
- Worobec, E. K., I. J. H. Duncan and T. M. Widowski. 1999. The effects of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62:173-182.
- Yu, B., T. T. Lee and P. W. S. Chiou. 2002. Effects of different sources of protein and enzyme supplementation on protein digestibility and chyme characteristics in broiler. *Br. Poult. Sci.* 43:424-431.

Effects of various protein sources in creep feed on digestive tract protein enzymes development of piglets weaned at 18 days of age ⁽¹⁾

Chih-Chang Hsiao⁽²⁾⁽³⁾⁽⁵⁾ Yu-Shine Jea⁽³⁾ and Der-Fang Jan⁽⁴⁾

Received : Jun. 30, 2009 ; Accepted : Nov. 27, 2009

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of protein sources in creep feed on digestive tract protein enzymes development of piglets weaned at 18 days of age. The protein sources were dried skim milk (DSM), potato protein concentrate (PPC) or soya protein concentrate (SPC). The protein source provided one third of the total crude protein in the creep feed. Forty-five piglets of Landrace × Yorkshire (♀) crossed with Duroc (♂) from six litters weaned at 18 day-old were used. According to body weight and sex, the piglets were allotted into three pens, each with fifteen piglets. The pens regarded as experimental units were randomly allotted into three dietary treatments, which contained DSM, PPC or SPC as the main source of protein for ten days postweaning. All piglets were slaughtered at 0, 5 and 10 days, respectively. Fifteen piglets (selected from each litter of each pen) were offered to slaughter at each time. The results indicated that feeding with various protein sources in creep feed had a tremendous effect on the gastrointestinal development. At 5th days after weaning, piglets fed DSM had heavier weight of gastric mucosa and pancreas tissue than that of PPC and SPC treatments ($P < 0.05$). The DSM also showed a more activity of pepsin in gastric mucosa, and more activity of trypsin and chymotrypsin in pancreas tissue ($P < 0.05$). At 10 days after weaning, the gastrointestinal tract weight and protease activity did not differ significantly between SPC and DSM treatments, except the activity of chymotrypsin was greater in DSM ($P < 0.05$). Each determination in PPC treatment was less than that in DSM one ($P < 0.05$).

Key words : Protein source, Digestive enzymes, Early-weaned piglet.

(1) Contribution No.1543 from Livestock research Institute, council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) This report was part of the master thesis of the first author at National Chung Hsing University.

(3) Changhua Animal. Propagation Station, COA-LRI, Changhua, Taiwan, ROC.

(4) Department of Animal. Science, National Chung University. 250 Kuo Kuang Road., Taichung 402, Taiwan, R.O.C.

(5) Corresponding author, E-mail:ccchang@mail.tlri.gov.tw.

