

# 豆腐渣消化率及在泌乳牛飼糧的適當用量<sup>(1)</sup>

陳吉斌<sup>(2)</sup> 李春芳<sup>(2)</sup> 蕭宗法<sup>(2)</sup> 陳茂墻<sup>(2)(3)</sup>

收件日期：90 年 8 月 7 日；接受日期：90 年 9 月 24 日

## 摘 要

豆腐渣是黃豆製作豆腐等食品後的剩餘物，為本省常用的乳牛飼糧原料之一。本試驗目的在測定豆腐渣的活體消化率及其在泌乳牛完全混合日糧中的適當用量。試驗一將九頭平均體重 457±29 kg 的荷蘭公牛逢機分成三組，進行全糞收集的表面總消化道消化率測定，得知在盤固乾草任食下，飼糧添加 10 或 20 kg 豆腐渣可以顯著提升乾物採食量佔體重的比例，且改善除了纖維以外的營養組成分的消化率，以差異法計算得到豆腐渣乾物質、粗蛋白質、中洗纖維、總可消化營養分及可消化能分別為 79.3、82.1、68.8、87.4% 及 3.98 Mcal/kg。試驗二將 22 頭平均泌乳量 23.6 kg 的荷蘭乳牛經兩週變積期飼養後依照乳量逢機分成三組，餵飼含豆腐渣 0、10 或 20 kg 的完全混合日糧六週。豆腐渣以取代精料及盤固半乾青貯草量方式加入飼糧。試驗所得豆腐渣乾物質、粗蛋白質與中洗纖維含量分別為 10.3、25.5 與 42.9%（乾基）。豆腐渣的加入提高飼糧粗蛋白質濃度與精料比例，但並未顯著影響牛隻乾物採食量、3.5%乳脂校正乳量與大部份的生乳組成，僅 10 kg 用量組顯著降低生乳比重（1.0311 vs. 1.0321,  $P<0.01$ ），三組牛群的採食量分別為 21.5、20.4 與 20.3 kg/頭/日；校正乳量分別為 21.9、23.7 與 22.6 kg/頭/日。經濟效益評估方面，三組扣除飼料費後的粗收入分別為 186、205 與 184 元/頭/日。綜合試驗結果顯示，豆腐渣是一種高消化率的自產飼料資源，以取代方式加入飼糧時，推薦泌乳牛每日每頭適當豆腐渣採食量為 10 kg（餵飼基）。

關鍵詞：豆腐渣、消化率、泌乳性能、乳牛。

## 緒 言

豆腐是東方人喜愛的傳統食品，其製作方法是將黃豆加水浸泡後研磨，再加水調至適當濃度後以 100℃ 煮沸四分鐘，經壓榨分離，漿的部份可以製造豆腐、豆乾、豆皮等食品；殘渣的部份即為豆腐渣，其含水量高達 90%，但粗蛋白質與中洗纖維含量亦豐富，可以分別達到 20 與 40%（乾

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1083 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 目前通訊處：新竹市光華街78巷5號1樓。

基)以上,是營養成分良好的一種副產物。估計每公斤黃豆加工後約產生 2.11 kg 的豆腐渣(陳, 1982),因此本省豆腐渣的產量甚為可觀,為適當處理這個副產物避免造成環境污染,陳(1982)曾將豆腐渣添加於麵粉、糯米粉或其他原料中,製作中西式點心、高纖麵包等食品,大部分豆腐渣則用來當作家畜飼料,餵飼豬、牛與羊,呂(1999)配製含豆腐渣 20 與 30% 的完全混合日糧(total mixed rations, TMR)飼養山羊,蘇及楊(2000)以豆腐渣為青貯料原料餵飼羊隻,Chiou *et al.* (1998)也以含豆腐渣 10%或豆腐渣與啤酒粕各 5% 的 TMR 餵飼泌乳牛。

酪農使用豆腐渣飼養乳牛的情形很普遍,在價格便宜地區且有高量使用的情形,一般使用的經驗認為日糧中含適當量的豆腐渣可以增加乳牛泌乳量,但若使用不當會影響乳成分,其中最常見的是乳脂率的下降,甚至影響乳牛的健康。妥善利用副產物為飼料來源時,需要評估其對牛隻泌乳量、乳品質、營養平衡以及經濟效益等的影響,影響牛乳成分的因素主要為精料的質與量(Huber and Boman, 1966; Jorgensen *et al.*, 1965)及飼糧纖維的含量(Lofgren and Warner, 1970),豆腐渣是一種高水分、高蛋白質及高纖維含量的副產物,其纖維的有效性仍待評估,使用豆腐渣出現的乳脂率降低問題,有可能是緣於其直接添加導致飼糧精料比例偏高所致,因此本次試驗在測定豆腐渣的消化率外,探討豆腐渣在泌乳牛 TMR 中的適當用法與用量,希望藉由豆腐渣副產物的使用來降低牛乳生產成本,發揮豆腐渣的最高經濟效益。

## 材料與方法

### I. 豆腐渣表面總消化道消化率測定

為瞭解一般豆腐渣的組成,試驗前分別於台北、楊梅、新竹、苗栗、草屯、嘉義、高雄等地採集豆腐渣樣品( $n=10$ ),以 60 到 70°C 烘乾 48 小時,經 1 mm Wiley mill 磨細後,依照 A.O.A.C. (1980) 方法進行乾物質、粗蛋白質、粗纖維、粗灰分、鈣與磷之測定。

由於豆腐渣不適於做為單獨飼糧餵飼牛隻,因此設計在盤固乾草任食下添加豆腐渣的方式來進行活體消化試驗。將九頭平均體重  $457 \pm 29$  kg 的荷蘭(Holstein)公牛依完全逢機設計(CRD)分成三組,進行全糞收集的表面總消化道消化率測定。三組飼糧處理皆以盤固乾草任食與水任食為基礎,每頭牛每日另外分別添加豆腐渣 0、10 或 20 kg (餵飼基),每日每頭維礦補充包括食鹽 25 g、磷酸氫鈣 25 g、維生素 A 20,000 I.U.及維生素 D 4,000 I.U.。牛隻試驗前後過磅。各組飼糧分上下午兩次提供,適應期兩週後上消化台十天,開始記錄每日採食量與排糞量,全糞收集期前兩天開始採集飼糧樣品,個別牛隻當日全糞混合均勻後取 3% 冷藏保存,七日收集完成後以牛為單位混合。飼糧與牛糞樣品的一般組成分析如前節所述,並增加粗脂肪分析,中洗纖維(NDF)、酸洗纖維(ADF)與酸洗木質素(ADL)依據 Goering and van Soest (1970) 方法分析,總熱能(gross energy)以絕熱卡計(adiabatic calorimeter)測定,飼糧樣品以兩段式試管方法測定其試管乾物質消化率(李等, 1984)。

各組飼糧組成消化率以採食量、排糞量及化學組成分析結果計算,豆腐渣消化率的計算則以單獨盤固乾草餵飼組所得消化率為基礎,假設盤固草消化率不受豆腐渣添加的影響,以差異法計算豆腐渣添加兩組的豆腐渣消化率。試驗所得各項性能與消化率資料,以 SAS (1988) 一般線性模式(GLM)進行統計分析,當處理差異顯著時,再以最小均方平均值(least squares means, LSM)比較組間差異,差異顯著水準設定為 5%。

## II. 豆腐渣在泌乳牛完全混合日糧中的適當用量

### (i) 早期試驗

早年豆腐渣的使用常造成乳脂肪率降低的情形，因此 1982 年時即將平均泌乳量 16.2 kg 的 32 頭泌乳牛逢機分成四組，進行每期一個月的四期試驗。牛群在盤固草地放牧，並以 2.5 kg 乳量比 1 kg 比例提供玉米-大豆粕精料。第一期試驗四組牛隻每日補充相同的 15 kg 豆腐渣，第二、三期時四組分別補充 10、15、20 或 25 kg 豆腐渣，第四期則全部不補充豆腐渣。各期試驗的第三週起記錄泌乳量，並採集個別乳樣以貝氏法 (Babcock) 分析脂肪率，四組牛群餵飼五種豆腐渣量所得的乳量資料與豆腐渣補充量做迴歸分析。

### (ii) 近期試驗

試驗設計採用具有變積期的完全逢機設計 (沈, 1995)，於 1998 年底在相同飼養管理下將 22 頭荷蘭泌乳牛群飼兩週做為變積期，而後依乳量、胎次與泌乳天數逢機分成三組群飼六週，每組七到八頭試驗牛隻。試驗開始時牛群的平均泌乳量為  $23.6 \pm 3.4$  kg、泌乳天數  $97 \pm 61$  天及體重  $597 \pm 58$  kg。

牛隻以 TMR 方式餵飼，試驗飼糧組成包括穀類精料、苜蓿、盤固半乾青貯草及豆腐渣等，詳細配方列於表 2。豆腐渣餵飼量處理分別為每日每頭 0、10 或 20 kg (餵飼基)，並且以每 10 kg 豆腐渣取代 0.5 kg 精料及 1.0 kg 盤固半乾青貯草方式加入 TMR，同時為去除 TMR 乾物質含量的差異，豆腐渣 0 及 10 kg 兩組再加水調整，使三組 TMR 乾物質都在 45% 範圍。每天 TMR 於清晨六點與下午 3:30 兩次配製提供，配製量以隔日有總配製量的 5 到 10% 剩料來調整。飼糧營養濃度符合 NRC (1989) 泌乳量 25 kg 泌乳量所需。

泌乳性能測定項目包括體重變化、飼糧組成、採食量、泌乳量、乳成分及粗收入等。牛隻於試驗開始與結束時，連續兩天過磅。試驗第三週起，每週採集各飼糧 ( $n=3$ ) 及豆腐渣 ( $n=6$ )，60 °C 烘乾磨細後，分析乾物質、粗蛋白質、粗脂肪、酸洗纖維、酸洗木質素、鈣與磷 (A.O.A.C., 1984)、中洗纖維 (van Soest *et al.*, 1991) 及試管乾物質消化率 (李等, 1984)。每天記錄 TMR 配製量與剩料量，第三週起採集剩料，處理與分析方法同飼糧樣品。逐日記錄個別牛隻泌乳量，以變積期第二週與試驗期第三週起為統計資料。個別牛隻 am-pm 乳樣於變積期 ( $n=2$ ) 與試驗期 ( $n=3$ ) 分別採集，測定比重 (Quevenne lactometer, 奎氏牛乳比重計) 與滴定酸度 (中國國家標準, 1972)，乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、固形物及體細胞數等以乳成分與體細胞數合併分析儀 Combi-250 (Foss Electric, Denmark) 測定。

試驗所得性能資料的統計分析如前一節所述，統計模式為  $Y_{ij} = \mu + \beta (X_{ij} - \bar{X}..) + TFP_i + \varepsilon_{ij}$ ，其中  $Y_{ij}$  第  $i$  處理的第  $j$  觀測值， $\mu$  為總平均值， $\beta$  為  $Y$  依  $X$  影響的迴歸係數， $TFP_i$  為豆腐渣效應， $\varepsilon_{ij}$  為試驗誤差。

## 結果與討論

### I. 豆腐渣表面總消化道消化率測定

全省採集的豆腐渣的化學組成及其變異，經分析後得知分別為乾物質  $8.8 \pm 1.1\%$ 、粗蛋白質  $20.9 \pm 2.9\%$ 、粗纖維  $20.4 \pm 1.4\%$ 、粗灰分  $4.0 \pm 0.4\%$ 、鈣  $0.57 \pm 0.07\%$  及磷  $0.10 \pm 0.01\%$  (乾基)，由分析結果顯示，豆腐渣容易酸敗係導因於高達 90% 的含水量，現場使用時無法儲存是豆腐渣利用上的一個缺點。消化率與飼養試驗的飼糧化學組成分析結果列於表 1，豆腐渣有 21 到 25% 的粗蛋白質、41 到 43% 的中洗纖維、25 到 27% 的酸洗纖維、20 到 26.5% 的非結構性碳水化

合物，而酸洗木質素僅 1.5%，試管乾物質消化率高達 81 到 86%，顯示豆腐渣是一種高蛋白質、高纖維且高消化率的自產飼糧來源。

荷蘭肉公牛在盤固乾草任食下，餵飼添加豆腐渣 0、10 或 20 kg 飼糧後的飼糧表面總消化道消化率，列如表 3 所示。測定結果顯示，添加豆腐渣不會抑制肉公牛對盤固乾草的採食量，但有促進總乾物採食量的趨勢 ( $P < 0.06$ )，使乾物採食量佔體重的百分比隨豆腐渣添加量的增加而增加 ( $P < 0.03$ )。在飼糧消化率方面，飼糧中添加 10 或 20 kg 的豆腐渣，可以顯著改善除了纖維以外的營養分的消化率，這包括了乾物質、有機物、粗脂肪、無氮抽出物、粗蛋白質 ( $Y_1$ )、可消化能 ( $Y_2$ ) 與總可消化營養分 ( $Y_3$ ) 等，其中後三項養分的消化率並隨豆腐渣添加量的增加而增加，三項飼糧養分消化率與豆腐渣餵飼量 ( $X$ ) 皆呈直線性相關： $Y_1 = 55.38 + 0.555 X$ ,  $R^2 = 0.99$ ,  $Y_2 = 2.18 + 0.021X$ ,  $R^2 = 0.97$ ,  $Y_3 = 50.92 + 0.445 X$ ,  $R^2 = 0.96$ 。

表 1. 豆腐渣消化與泌乳試驗的飼糧化學成分 (%，乾基)

Table 1. Chemical compositions of feed ingredients in tofu pomace experiments (%，DM basis)

Constitutes	DM <sup>1</sup>	CP <sup>1</sup>	NDF <sup>1</sup>	ADF <sup>1</sup>	ADL <sup>1</sup>	NSC <sup>1</sup>	Ca	P	IVDMD <sup>1</sup>
Digestion trial of bulls:									
TFP <sup>2</sup>	9.9	21.2	41.2	27.4	1.6	26.5	0.67	0.23	86.1
PG <sup>2</sup> hay	83.2	10.4	73.5	44.7	6.2	4.6	0.32	0.18	43.5
Feeding trial of lactating cows:									
Concentrate <sup>3</sup>	91.0	20.3	12.8	5.4	1.2	54.0	1.39	0.81	91.0
WB <sup>2</sup>	91.1	19.4	56.4	14.2	4.2	13.7	0.11	1.31	69.8
TFP <sup>2</sup>	10.3	25.5	42.9	25.1	1.4	20.0	0.59	0.33	81.2
Dehy. AP <sup>2</sup>	95.4	20.3	39.0	25.2	6.0	25.9	2.12	0.22	71.0
AH <sup>2</sup>	87.9	19.3	45.8	36.5	7.5	21.4	1.34	0.31	62.8
PG <sup>2</sup> haylage	55.6	8.8	72.5	44.2	5.9	10.2	0.22	0.16	49.2

<sup>1</sup> DM : dry matter, CP : crude protein, NDF : neutral detergent fiber, ADF : acid detergent fiber, NSC : nonstructural carbohydrate, IVDMD : in vitro dry matter digestibility.

<sup>2</sup> TFP : tofu pomace, PG : pangolagrass, WB : wheat bran, Dehy. AP : dehydrated alfalfa pellet, AH : alfalfa hay.

<sup>3</sup> Concentrate was consisted of ground corn 56.6, SBM 32.0, alfalfa meal 5.0, molasses 3.0,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0.4,  $\text{CaCO}_3$  0.8, Dicalcium phosphate 1.0, salt 1.0 and vitamin and mineral premix 0.2% (as fed basis).

相對的，豆腐渣添加並不影響飼糧纖維消化率，這個結果與李等 (1983) 添加精料於甘蔗梢飼糧並不影響其粗纖維消化率的結果相同。本次試驗中飼糧纖維主要供應源為盤固乾草，三組中洗纖維由盤固乾草提供的比例分別為 100、92 與 84%，因此飼糧纖維消化率應主要決定於盤固乾草，再者，若將豆腐渣視為精料，三組飼糧芻料比例分別為 100、86.7 與 75%，也仍屬於高芻料飼糧，因此推測豆腐渣的添加不會影響瘤胃 pH 及瘤胃纖維消化率，呂 (1999) 以含豆腐渣 0 到 30 % 的 TMR 餵飼山羊，得知豆腐渣組的瘤胃 pH 反而有較 0% 組為高的趨勢，Chiou *et al.* (1998) 以泌乳牛 TMR 餵飼瘤胃開窗牛後得知，含有 10% 豆腐渣飼糧（估計豆腐渣採食量在 10 到 15 kg，餵飼基）也不會降低瘤胃 pH 值。

表 2. 泌乳牛豆腐渣飼養試驗的完全混合日糧

Table 2. Total mixed rations for lactating cows in tofu pomace (TFP) feeding trial

Items	Levels of tofu pomace in diets, kg		
	0	10	20
Diet formulation (kg per day per cow, as fed basis)			
Corn-SBM concentrate	10.0	9.5	9.0
Wheat bran	1.0	1.0	1.0
Tofu pomace	0.0	10.0	20.0
Dehydrated alfalfa pellet	1.0	1.0	1.0
Alfalfa hay	3.0	3.0	3.0
Pangolagrass haylage	10.5	9.5	8.7
Added water	16.5	8.0	0.0
Diet compositions (DM basis)			
DM, <sup>1</sup> %	46.3	46.3	45.9
CP, <sup>1</sup> %	16.6	17.3	17.8
NDF, <sup>1</sup> %	38.6	38.4	38.5
ADF, <sup>1</sup> %	22.7	22.6	22.6
NSC, <sup>1</sup> %	32.2	31.6	30.9
Ca, %	1.01	1.00	0.99
P, %	0.54	0.53	0.53
Grain:Forage	51:49	54:46	57:43

<sup>1</sup> DM : dry matter, CP : crude protein, NDF : neutral-detergent fiber, ADF : acid-detergent fiber, NSC : nonstructural carbohydrate.

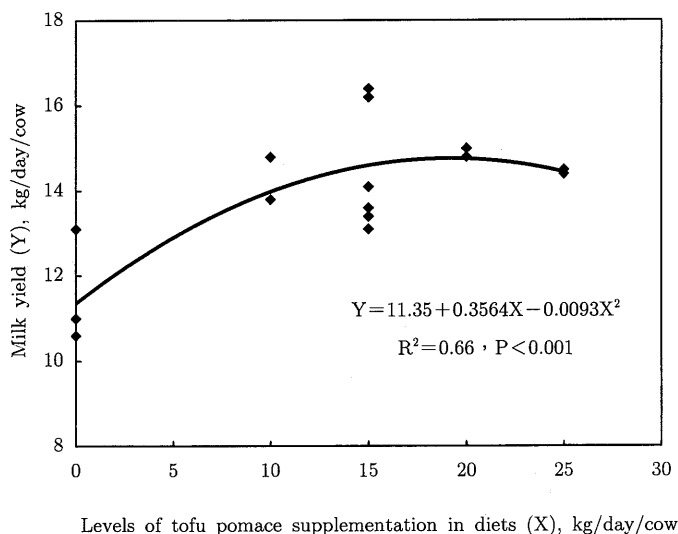


圖 1. 飼糧豆腐渣添加量與乳牛泌乳量的相關。

Fig. 1. Relationships between milk yield and levels of tofu pomace supplementation in diets.

某些飼糧不合適做為唯一飼糧，以進行活體消化率測定，豆腐渣即為一明顯例子，因此其消化率評定必須藉由其它輔助方法如差異法，李等（1983）結論飼糧性質相近時的協同作用較大，但性質差異大的飼糧協同作用小，因此消化率上互相影響的程度較低，如甘蔗梢與玉米及大豆粕，因此本次試驗也採用性質迥異的盤固乾草與豆腐渣搭配，Reid *et al.*（1988）也以差異法測定添加精料下的麥桿的消化率，以比較麥桿品系與種類對其消化率的影響。表 3 列出經差異法計算後得到的豆腐渣消化率，兩組計算所得的豆腐渣消化率都相近，沒有顯著差異，豆腐渣乾物質、粗蛋白質、中洗纖維、總可消化營養分與可消化能分別高達 79.3、82.1、68.8、87.4%與 3.98 Mcal/kg，顯示豆腐渣的確是一種營養價值相當高的飼糧來源，應加以妥善利用。

表 3. 荷蘭公牛豆腐渣表面總消化道消化率測定

Table 3. Apparent total tract digestibilities of tofu pomace (TFP) of Holstein bulls by total feces collection

Items	Diets			Sig. <sup>2</sup>	Digestibilities of TFP <sup>1</sup>		
	TFP 0	TFP 10	TFP 20		TFP 10	TFP 20	Avg.
Initial BW <sup>3</sup> , kg	476	455	444				
BW change, kg/day	-1.11	-0.35	-1.24				
Daily DMI <sup>3</sup> , kg	6.07	6.70	7.12	(P<0.06)			
Pangolagrass hay	6.07	5.81	5.34				
Tofu pomace	0	0.89	1.78				
PG <sup>3</sup> intake, %BW	1.33	1.33	1.30				
DMI, %BW	1.33 <sup>b</sup>	1.53 <sup>ab</sup>	1.74 <sup>a</sup>	*			
Apparent digestibilities:							
Dry matter, %	52.8 <sup>b</sup>	56.8 <sup>a</sup>	58.9 <sup>a</sup>	**	81.5	77.0	79.3
Organic matter, %	54.8 <sup>b</sup>	59.2 <sup>a</sup>	61.3 <sup>a</sup>	**	84.0	79.8	81.9
Crude protein, %	55.0 <sup>c</sup>	61.7 <sup>b</sup>	66.1 <sup>a</sup>	***	81.6	82.6	82.1
Crude fat, %	23.7 <sup>b</sup>	54.4 <sup>a</sup>	63.6 <sup>a</sup>	***	92.3	97.8	95.1
NDF <sup>3</sup> , %	56.9	58.2	57.5		72.2	65.4	68.8
ADF <sup>3</sup> , %	50.5	53.3	54.2		78.8	81.7	80.3
NFE <sup>3</sup> , %	50.5 <sup>b</sup>	55.1 <sup>a</sup>	57.5 <sup>a</sup>	**	83.3	78.9	81.1
DE <sup>3</sup> , Mcal/kg	2.16 <sup>c</sup>	2.43 <sup>b</sup>	2.58 <sup>a</sup>	***	4.09	3.86	3.98
TDN <sup>3</sup> , %	50.4 <sup>c</sup>	56.4 <sup>b</sup>	59.3 <sup>a</sup>	***	88.9	85.9	87.4

<sup>1</sup> Calculated by difference. Digestibilities of TFP from two diets were all similar.

<sup>2</sup> Sig.: Significance, \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001.

<sup>3</sup> BW: body weight, DMI: dry matter intake, PG: pangolagrass, NFE: nitrogen free extract, TDN: total digestible nutrients, DE: digestible energy.

## II. 豆腐渣在泌乳牛完全混合日糧中的適當用量

### (i) 早期試驗

將豆腐渣視為精料時，額外補充牛隻每日每頭豆腐渣 0 到 25 kg (X) 增加了飼糧精料比例，其對泌乳量 (Y<sub>1</sub>) 的影響為二次曲線的相關，繪如圖 1，二者迴歸方程式為  $Y_1 = 11.35 + 0.3564X - 0.0093X^2$ ,  $R^2 = 0.66$ ,  $P < .001$ ，以豆腐渣補充 19 kg 時得到最高的泌乳量 15 kg，再高的用量則會抑制乳的合成。乳脂率 (Y<sub>2</sub>) 與豆腐渣額外補充量為負相關，乳脂率隨豆腐渣補充量的增加而降低， $Y_2 = 3.48 - 0.022X$ ,  $R^2 = 0.24$ ,  $P < .06$ 。

雖然早期試驗的乳量水準偏低，但飼糧精料比對泌乳性能的影響情形與相關報告相同，即飼糧精料比例有其最高限量，這個觀念對維持牛隻健康是非常重要的。Tessmann *et al.* (1991) 以苜蓿與玉米大豆配製五組精料比例不同的 TMR 餵飼經產乳牛，同時各組精料比例都隨泌乳期調降，試驗得知增加飼糧精料比例可以增加泌乳量，但最高精料比組降低乳脂率、乾物採食量與乳量，精料比例自高到低的五組牛隻的 305-2X-ME 乳量分別為 8,295 (泌乳早中末三期精料比分別為 61.8、51.8 及 31.8%)、8,659 (51.8、41.8 及 21.8%)、7,563、6,849 及 6,000 kg (全期精料比僅 1.8%)，飼糧精料比例與乳量也是呈二次曲線的相關。

(ii) 近期試驗

飼糧中使用豆腐渣 0、10 或 20 kg 對飼糧組成的影響列於表 2。由於豆腐渣是一種高蛋白高纖的飼糧，因此以取代精料和盤固草方式加入 TMR 後，使飼糧粗蛋白質濃度自 16.6 增加到 17.8%，非結構性碳水化合物自 32.2 降低到 30.9%，但不影響纖維含量，中洗纖維平均 38.5%，酸洗纖維平均 22.6% (乾基)，三組織纖維含量都高於 NRC (1989) 推薦的 28 與 21%。因為本研究小組對豆腐渣纖維的有效性仍在評估中，因此先將豆腐渣歸類為精料的情況下，豆腐渣的加入將飼糧精料比例自 51% 增加到 57%。

試驗牛群採分組群飼管理，因此牛隻採食量無法做統計分析 (表 4)。自組平均數值比較，豆腐渣的取代加入降低乾物質採食量 5% (21.5 vs. 20.4 kg)。Lahr *et al.* (1983) 於配製前加水方式調整飼糧乾物質，得知飼糧乾物質 64、52 與 40% 時的乾物質採食量顯著低於 78% 組 (19.8 vs. 22.3 kg)，但四組泌乳量差異不顯著，Robinson *et al.* (1990) 認為外加水的處理方式會影響牛隻表現，因為該研究組將精料浸水 24 小時，使水分吸收為細胞內水分後，飼糧乾物質 60、45 或 35% 對牛隻採食、泌乳與瘤胃消化的影響都相近。飼糧含水量影響採食量的三個原因，包括高水分飼糧所含的不良發酵產物或低 pH 值、高水分飼糧增加飼糧體積 (bulk) 而使採食受限於瘤胃容積 (rumen fill) 及高水分飼糧增加水的採食而使採食受限於瘤胃內水分的輸送能力 (Robinson *et al.*, 1990)。本次試驗 TMR 含水量相近，但包括豆腐渣與盤固半乾青貯草的細胞內水分及每次配製前豆腐渣 0 與 10 kg 兩組的外加水，因此推測豆腐渣組較低的採食量，可能緣自其本身某些不利適口性的成分所致，這部份推論有待進一步深入探討。

豆腐渣使用在泌乳性能方面，除了 10 kg 組顯著降低生乳比重外，對其它乳量及乳成分的影響都相近 (表 4)。數值上，豆腐渣組有增加泌乳量與降低乳脂率的現象，也有較高泌乳效率的趨勢，其原因可能緣於豆腐渣組較高的飼糧精料比例，或豆腐渣較高的可溶解蛋白質，Chiou *et al.* (1998) 以啤酒粕或豆腐渣取代精料中大豆粕，得到含豆腐渣 10% 飼糧的泌乳量顯著增加，認為豆腐渣 24.9% 的可溶解蛋白質，高於啤酒粕的 10.5% 與大豆粕的 20.4%，因此有助瘤胃微生物合成、增加丙酸及乳糖濃度，最後導致泌乳量的顯著增加。相對的，本次試驗豆腐渣 20 kg 組的 3.5% 乳脂校正乳量，在數值上較 10 kg 為低，也可能導致於豆腐渣較高的可溶解蛋白質，因 Chiou *et al.* (1998) 也發現豆腐渣飼糧的瘤胃氨態氮濃度顯著高於對照組及啤酒粕組，需要花費額外能量去代謝，降低了牛乳的合成效率。在經濟效益分析上，豆腐渣 10 kg 組有較好的粗收入，平均每日每頭扣除飼料費後粗收入高出不使用的對照組及使用 20 kg 組 20 元新臺幣，顯示 TMR 中包括豆腐渣 10 kg 是較為經濟的飼養模式。

綜合本次試驗結果顯示，豆腐渣是一種營養價值相當高的自產飼料，其總可消化營養分高達 87.4%，應加以妥善利用。豆腐渣以取代部分精料與盤固草方式加入泌乳牛 TMR，不會顯著影響泌乳量及乳脂肪與乳蛋白質濃度，但以豆腐渣 10 kg 使用量有較高的經濟效益，增加每日每頭粗收入達新臺幣 20 元，因此推薦泌乳牛適當的豆腐渣提供量為每日每頭 10 kg，即佔 TMR 乾基的 5.3%。

表 4. 飼糧豆腐渣用量對乳牛採食量與泌乳性能的影響

Table 4. Effects of dietary tofu pomace (TFP) levels on intakes and milking performance of Holstein cows

Items	Levels of TFP in diets, kg (as fed)			P < <sup>1</sup>
	0	10	20	
DM intake, <sup>2</sup> kg/day	21.5	20.4	20.3	---
CP intake, <sup>2</sup> kg/day	3.6	3.6	3.7	---
NDF intake, <sup>2</sup> kg/day	8.2	7.6	7.6	---
NSC intake, <sup>2</sup> kg/day	7.0	6.6	6.4	---
BW change, <sup>2</sup> kg/day	0.47	0.43	0.13	0.10
Actual milk yield, kg/day	22.1	23.8	24.2	0.15
3.5% Fat corrected milk, kg/day	21.9	23.7	22.6	
Milk efficiency, 3.5% FCM/DMI	1.02	1.16	1.11	
Milk compositions and daily yield				
Fat, %	3.47	3.38	3.13	
Fat, kg	0.76	0.82	0.75	
Protein, %	3.17	3.10	3.01	
Protein, kg	0.70	0.74	0.72	
Lactose, %	4.62	4.60	4.63	
Lactose, kg	1.02	1.09	1.12	
Total solid, %	11.9	12.0	11.4	
Total solid, kg	2.64	2.86	2.76	
Specific gravity	1.0321 <sup>a</sup>	1.0311 <sup>b</sup>	1.0320 <sup>a</sup>	0.01
Titrateable acidity, %	0.136	0.133	0.132	
Somatic cell count, *10 <sup>3</sup> /ml	322	411	401	
Economic comparisons, NT\$ per cow per day				
Feed cost <sup>3</sup>	170	164	166	
Milk check <sup>4</sup>	356	369	349	
Income over feed cost	186	205	184	

<sup>a, b</sup> Means in the same row with different subscripts differ significantly (P < 0.05)<sup>1</sup> P > 0.20 were not shown. --- indicated no statistics was applied due to group feeding.<sup>2</sup> DM : dry matter, CP : crude protein, NDF : neutral-detergent fiber, NSC : nonstructural carbohydrate, BW : body weight.<sup>3</sup> Feed cost was calculated from the local price of each ingredients during the experimental period, i.e. corn-SBM concentrate 8.3, wheat bran 4.5, dehydrated alfalfa pellet 8.3, alfalfa hay 9.0, tofu pomace 1.0 and pangolagrass haylage 3.0 NT\$ per kg (as fed basis).<sup>4</sup> Raw milk price was based on the milk fat percentage and specific gravity according to the milk prices announced by Taiwan Province in 1997.

## 誌 謝

本次試驗牛隻飼養管理與飼料分析由分所王斌財先生、邱盛旺先生與陳意文小姐完成，牛乳分析工作由李素珍小姐及牛乳實驗室提供協助，才能使試驗順利完成，特此申謝。



## 參考文獻

- 中國國家標準。1972。乳品檢驗法：酸度之滴定（CNS 3441，類號 N6057）、比重之測定（CNS 3442，類號 N6058）。經濟部中央標準局，臺北。
- 呂明宗。1999。日糧中添加豆腐渣對山羊生長、屠體性狀及瘤胃性狀之影響。畜產研究 32(4)：373~382。
- 沈明來。1995。試驗設計學。p. 479。眾光出版，臺北。
- 李春芳、沈添富、陳茂牆。1984。利用不同方法評估農作副產物之營養價值。中畜會誌 13(3, 4)：35~51。
- 李春芳、陳吉斌、蕭宗法、陳茂牆、沈添富。1983。採食量及協同作用對牛隻消化率測定之影響。畜產研究 16(2)：5~14。
- 陳淑華。1982。豆渣之加工利用。農林學報 31(1)：27~43。
- 蘇安國、楊森玄。2000。玉米豆腐渣青貯料餵飼波爾和臺灣山羊之雜交仔羊對其生長性能及經濟效益之分析。畜產研究 33(2)：183~191。
- Association of Official Analytical Chemistry. 1980. Official Methods of Analysis, 13th ed. A.O.A.C., Washington, DC.
- Association of Official Analytical Chemistry. 1984. Official Methods of Analysis, 14th ed. A.O.A.C., Washington, DC.
- Chiou, P. W.-S., C. R. Chen, K. J. Chen and B. Yu. 1998. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. Anim. Feed Sci. Technol. 74 : 123~134.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- Huber, J. T. and R. L. Boman. 1966. Nutritional factors affecting the solids-not-fat content of milk. J. Dairy Sci. 49 : 816~821.
- Jorgensen, N. A., L. H. Schultz and G. R. Barr. 1965. Factors influencing milk fat depression on rations high in concentrates. J. Dairy Sci. 48 : 1031~1039.
- Lahr, D. A., D. E. Otterby, D. G. Johnson, J. G. Linn and R. G. Lundquist. 1983. Effects of moisture content of complete diets on feed intake and milk production by cows. J. Dairy Sci. 66 : 1891~1900.
- Lofgren, P. A. and R. G. Warner. 1970. Influence of various fiber sources and fractions on milk fat percentage. J. Dairy Sci. 53 : 296~304.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6<sup>th</sup> rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Reid, G. W., E. R. Ørskov and M. Kay. 1988. A note on the effect of variety, type of straw and ammonia treatment on digestibility and on growth rate in steers. Anim. Prod. 47 : 157~160.

- Robinson, P. H., P. L. Burgess and R. E. McQueen. 1990. Influence of moisture content of mixed rations on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73 : 2916~2921.
- SAS® 1988. User's Guide: Statistics. Releases 6.03 ed. SAS Inst., Inc., Cary, NC. USA.
- Tessmann, N. J., H. D. Radloff, J. Kleinmans, T. R. Dhiman and L. D. Satter. 1991. Milk production response to dietary forage:grain ratio. *J. Dairy Sci.* 74 : 2696~2707.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 : 3583~3597.

# **In Vivo Digestibilities of Tofu Pomace and its Optimal Level Used in a Total Mixed Ration for Dairy Lactating Cows<sup>(1)</sup>**

Chi-Pin Chen<sup>(2)</sup>, Churng-Faung Lee<sup>(2)</sup>,  
Tzong-Faa Shiao<sup>(2)</sup> and Mao-Chiang Chen<sup>(2)(3)</sup>

Received Aug. 7, 2001 ; Accepted Sep. 24, 2001

## **Abstract**

Tofu pomace (TFP) is the residue from tofu production and is commonly used as a feed ingredient for dairy cattle in Taiwan. The objectives of these studies were to measure its in vivo digestibility and determine its optimal level in a total mixed ration for lactating cows. A total of nine Holstein bulls averaged BW  $457 \pm 29$  kg were randomly assigned into three groups for a total feces collection digestion trial. Pangolagrass hay and water were offered *ad lib.* for all groups and TFP was supplemented at 0, 10 or 20 kg per day per head (as fed basis). Results showed that addition of TFP significantly improved the dry matter intake (DMI) expressed as percentage of body weight and the nutrient digestibilities except for the fiber content. Apparent digestibilities of DM, CP, NDF and TDN and digestible energy of TFP were 79.3, 82.1, 68.8 and 87.4% and 3.98 Mcal/kg, respectively. In feeding trial, twenty-two Holstein lactating cows with average milk yield of 23.6 kg were allocated into three groups for six weeks and provided total mixed rations containing 0, 10, or 20 kg TFP per day per cow. Tofu pomace was added into diets by substituting partial grain mixture and pangolagrass haylage. Dry matter, CP and NDF contents of TFP were 10.3, 25.5 and 42.9% on a DM basis. Addition of TFP increased the dietary CP levels and grain ratio but did not affect the DMI and 3.5% fat corrected milk yield. DMI of these three groups were 21.5, 20.4 and 20.3 kg and milk yield were 21.9, 23.7 and 22.6 kg per day per cow, respectively. Among milk components, only the specific gravity was significantly lowered in TFP 10 kg group (1.0311 vs. 1.0321,  $P < 0.01$ ). The TFP 10 kg group increased daily crude income by 20 NT\$ per cow as compared with the other two groups. It was concluded that TFP is a highly digestible feed ingredient for dairy cows and can be properly compounded into a TMR at the rate of 10 kg per day per cow or 5.3% on dry matter basis.

Key words : Tofu pomace, Digestibility, Milking performance, Dairy cattle.

---

(1) Contribution No. 1083 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchu Branch Institute, COA-TLRI, Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.

(3) Current address: 1<sup>st</sup> Floor, No. 5, Lane 78, Guang-Hwa street, Hsin-Chu, Taiwan 300, R.O.C.