

泌乳山羊飼糧中椰子粕適當用量之探討⁽¹⁾

范耕榛⁽²⁾ 蕭宗法⁽³⁾ 李春芳⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：104 年 10 月 1 日；接受日期：105 年 2 月 17 日

摘 要

為增加多樣化飼料資源的應用，在泌乳山羊飼糧中添加不同比例的椰子粕，探討對泌乳性能、羊乳脂肪酸組成、羊乳接受度與粗收入之影響，以期推薦進口椰子粕在國內泌乳山羊飼糧中的適當用量。試驗進行兩次，每次 28 日，每次使用 20 頭乳量 2 kg 以上之阿爾拜因及撒能乳羊，羊隻飼養於個別高架羊欄，逢機分為四組，分別餵飼含 0% (對照組)、8%、16% 或 24% (乾基) 的椰子粕飼糧，椰子粕以取代對照組飼糧中部分盤固乾草、磨碎玉米與大豆粕的方式加入，並調整各試驗飼糧的粗蛋白質與總可消化營養分濃度相近。泌乳羊飼糧添加 8% 到 24% 的椰子粕，不影響羊隻乳脂率、乳蛋白質率及乳總固形物率等乳成分，但有效降低乳中尿素氮濃度 (35.4 vs. 40.0 mg/dL, $P < 0.05$)；以中鏈脂肪酸為主的椰子粕，可以增加羊乳中鏈脂肪酸含量 ($\leq C_{14:0}$, 37.2 vs. 34.0%, $P < 0.05$)，但同時也減低了長鏈的共軛亞麻油酸與多元不飽和脂肪酸比例；乳羊飼糧中添加椰子粕可以降低影響風味的癩酸 ($C_{10:0}$) 含量，因此提升羊乳品評與接受度。椰子粕加入泌乳羊飼糧的 8% 到 24%，會負面影響羊隻乾物質採食量、乳量及粗收入，尤其是高量添加的 24% 組，採食量較對照組下降 16% (1.76 vs. 2.09 kg/d, $P < 0.05$)，乳量減少 13% (2.59 vs. 2.97 kg/d, $P < 0.10$)。綜合本次試驗結果顯示，椰子粕可以使用在泌乳羊隻飼糧中，其適當用量建議為飼糧乾基的 16%。

關鍵詞：椰子粕、乳山羊、羊乳脂肪酸、泌乳性能、羊乳感官品評。

緒 言

全球飼料價格高漲，使用副產物飼養反芻動物以降低生產成本的作法越來越受重視。東南亞國家種植大量的椰子以生產椰子油，椰子果肉經過榨油處理後的副產物即為椰子粕，傳統上用來餵飼反芻動物，但其營養成分依產地及抽油製程 (溶劑萃取或機械壓榨) 的不同而有很大的變異，粗蛋白質分布在 18% – 30%、油脂 1% – 12%、粗纖維 7% – 18% (Aregheore, 2006)。

椰子粕蛋白質中約有 61% 為過瘤胃蛋白質 (Sriskandarajah and Komolong, 1987)，因此增加椰子粕的採食可以增加飼糧到小腸的過瘤胃蛋白質提供量 (Galgal *et al.*, 1994)。椰子粕高的乾物質率及蛋白質特性使其易於應用在家畜飼料配方上，Aregheore (2006) 以椰子粕取代以麵包果及乾燥啤酒糟為主之精料的 0、25、50 或 75%，隨著替代比例之增加，生長期山羊的增重與飼料轉換率隨之提升，乾物質、粗蛋白質及能量之消化利用率亦顯著改善；對其他反芻家畜，椰子粕改善綿羊瘤胃微生物蛋白的合成效率 (Galgal *et al.*, 1994)、小閩公牛之日增重 (Hennessy *et al.*, 1989) 及泌乳牛的乳量 (McIntyre, 1973)。綜合相關飼養試驗結果顯示，椰子粕是一項可用的飼料資源。椰子粕的另一組成特色，是其椰子脂肪酸的高飽和度及以中鏈三酸甘油酯 (medium chain triglycerides, MCT, $C_{6:0}$ – $C_{12:0}$ 或 $C_{6:0}$ – $C_{14:0}$) 為主的組成，椰子油是常用食用油中脂肪酸飽和度最高的食用油，因此穩定度高而受食品加工業青睞。椰子脂肪酸組成中有 7.8% 的辛酸 (caprylic acid, $C_{8:0}$)、7.6% 的癩酸 (capric acid, $C_{10:0}$)、45% 的月桂酸 (lauric acid, $C_{12:0}$)、18% 的肉豆蔻酸 (myristic acid, $C_{14:0}$) 及 9.5% 的棕櫚酸 (palmitic acid, $C_{16:0}$)，其中鏈 $C_{8:0}$ 、 $C_{10:0}$ 及 $C_{12:0}$ 脂肪酸有助減低消化擾亂問題，但亦可能增加血中膽固醇 (Ensminger and Ensminger, 1993)。本試驗以進口椰子粕為一多元化替代飼料，以取代飼糧中部分玉米、大豆粕及盤固乾草的方式加入泌乳山羊飼糧中，期能推薦椰子粕於國內乳羊飼養模式及氣候環境下之適當使用方法。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2353 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產業組。

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

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所營養組試驗羊舍進行，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 98035 號申請核准在案。

I. 試驗設計

本次試驗泌乳性能部分（乳量與乳成分）採用有變積分析的完全隨機設計 (completely randomized design with covariance analysis)，其餘體重、採食量、羊乳脂肪酸與羊乳品評結果等採完全隨機設計 (CRD)。將 20 頭撒能及阿爾拜因泌乳羊依照乳量、體重及胎次隨機均分為四組，每組 5 頭，參試羊隻飼養於高架個別欄，分別提供含椰子粕 0%（對照組）、8%、16% 或 24% 的椰子粕飼糧（飼糧乾基）。試驗進行兩次，每次 28 天，試驗開始 0 – 14 天為適應期，第三及第四週為正式期，進行採樣與性能測定工作。第一次試驗前，羊隻都處於相同的環境與飼養管理下，試驗開始前連續兩日測定個別羊隻乳量及乳成分，以做為兩次試驗的變積校正基礎。第一次試驗結束後，參試羊群重新隨機分組，進行第二次試驗，分組時避免羊隻重複相同處理。

飼糧配方計算以體重 60 kg、每日產乳量 3 kg 及日增重 52 g 的泌乳羊營養需要為基礎 (NRC, 2007)，對照組飼糧由約 42% 的牧草、約 14% 的副產物及約 45% 的玉米—大豆粕穀類精料組成（乾基，表 1），牧草部分有玉米青貯料、青割狼尾草、盤固乾草及脫水苜蓿粒，副產物部分有啤酒粕 + 玉米粉青貯料（10：1 餵飼基）、大豆殼粒及麩皮。試驗採購進口椰子粕一批，成分與消化率分析結果顯示品質良好，其乾物質 (dry matter, DM)、粗蛋白質 (crude protein, CP)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF)、粗脂肪 (ether extract, EE) 與試管乾物質消化率 (in vitro dry matter digestibility, IVDMD) 分別為 92.5%、23.6%、55.1%、9.1% 及 74.2%（乾基，表 2），因此以取代對照組飼糧中部分盤固乾草、玉米與大豆粕的方式加入飼糧中的穀類精料，同時調整各組飼糧的粗蛋白質與總可消化營養分 (total digestible nutrient, TDN)，使營養濃度相近。

為評估椰子粕在國內泌乳山羊飼糧中的適當添加量，於兩次試驗的第三及第四週進行飼糧原料採樣、個別羊隻剩料採樣、個別羊隻乳量測定、個別羊隻一般乳成分與乳脂肪酸組成分析、各組羊乳的感官品評及評估應用椰子粕的經濟效益。

II. 試驗動物及飼養管理

試驗開始前，20 頭參試的撒能及阿爾拜因乳山羊的平均性能為泌乳月數 2.90 ± 2.28 月、乳量 2.91 ± 0.61 kg、乳脂率 $3.47 \pm 0.50\%$ 、乳蛋白質率 $2.73 \pm 0.26\%$ 、乳糖率 $4.36 \pm 0.21\%$ 、體重 56.3 ± 8.3 kg 及胎次 2.2 ± 1.2 胎。

羊隻隨機分組後，依序循環安置於羊舍內同一排高架個別羊欄內，每個羊欄均有飼槽及自動飲水碗，羊群飼養管理相同，當氣溫高時開啟羊舍內風扇以降溫及增加換氣。每日分別於上午 7：00 與下午 3：30 擠乳。每天分上下午兩次餵飼，餵飼量約為上午 8：00 的 40% 及下午 3：00 的 60%，觀察羊隻每餐剩料量作為其餵飼量調整之依據，使隔日上午剩料約為總日提供量的 5 – 10%，以達任食。試驗飼糧餵飼時，先以水桶秤取每頭羊的七項單味原料，倒入羊隻飼槽後再充分手工攪拌均勻。

III. 測定項目

- (i) 體重：採用第一次試驗資料，於試驗開始與結束的連續兩日上午 8：30 餵飼前空腹過磅。
- (ii) 飼糧組成：試驗使用的七項單味原料的組成，僅穀類精料一項在四組間不同。於兩次試驗的第三週及第四週，各連續 4 日採集各項飼糧原料，先以 -20°C 保存，日後以 55°C 烘乾 48 小時，熱秤得乾物質率，為降低分析工作負荷，以一次試驗為單位，將每項原料的八個乾燥後樣品均勻再採樣以混合成一個樣品，經 1 mm 孔徑 Wiley mill 粉碎後送本組飼料化驗中心，依 AOAC (2000) 方法分析 CP、EE、粗灰分 (crude ash, Ash)、鈣及磷的含量，於本研究室依 Goering and Van Soest (1970) 方法分析 NDF 及酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 含量，並參考 Tilley and Terry (1963) 與李及蕭 (2007) 修正方法測定 IVDMD。飼糧原料分析結果用來計算各組飼糧組成及其非結構性碳水化合物 (non structural carbohydrate, NSC) 含量， $\text{NSC} = 100 - \text{CP} - \text{NDF} - \text{EE} - \text{Ash}$ 。
- (iii) 採食量：飼糧提供羊隻任食。每日記錄羊隻飼糧上下午的提供量與隔日上午剩餘量，調整餵量使隔日剩料量為總提供量的 5 – 10%。每次試驗於第三週及第四週，各連續 4 日採集個別羊隻剩料，先行冷凍保存後再烘乾如飼料原料之處理。所有剩料烘乾熱秤得乾物質率，與飼糧乾物供應量計算個別羊隻八日的平均乾物質採食量。
- (iv) 泌乳量：於兩次試驗的第 25 日到第 28 日，連續 4 日測定個別羊隻的每日泌乳量。
- (v) 一般乳成分：於兩次試驗的第 26 日到第 28 日，連續 3 日採集個別羊隻乳樣。由於擠乳時間非 12 小時間隔，

因此上下午乳樣依其乳量比例 (約 2 : 1) 混合成一日乳樣，送本所新竹分所牛乳檢驗室以乳成分與體細胞合併測定儀 (Combi-Foss 5000, Denmark) 分析一般乳成分，包括乳脂率、乳蛋白質率、乳糖率與乳總固形物濃度等。

表 1. 泌乳山羊椰子粕飼養試驗之飼糧組成及營養成分 (%，乾基)

Table 1. Diet formulations and compositions in copra meal feeding experiment fed to lactating goats (%，DM basis)

Items	Addition ratio of copra meal in diets			
	0%	8%	16%	24%
Diet formulations, %				
Corn silage	19.9	19.9	19.9	19.9
Napiergrass, green-cut	11.1	11.1	11.1	11.1
Pangolagrass hay	3.87	3.21	2.25	1.60
Alfalfa pellet	6.7	6.7	6.7	6.7
WBG+corn (10:1) silage ¹	7.1	7.1	7.1	7.1
Soybean hull	6.6	6.6	6.6	6.6
Grain mixture:	44.6	45.4	46.3	47.3
Corn, ground	25.9	21.3	17.1	13.5
Soybean meal	13.0	10.4	7.5	4.2
Copra meal	0.0	8.0	16.1	24.1
Others ²	5.7	5.7	5.7	5.7
Diet compositions, % --- calculated from ingredients' analyzed values, except TDN				
Dry matter	40.8	40.9	40.9	41.1
F : B : G ³	35 : 14 : 45	34 : 22 : 37	33 : 30 : 30	33 : 38 : 23
Total digestible nutrient	70.7	70.3	70.1	69.8
Crude protein	18.0	17.8	18.2	18.2
Neutral detergent fiber	38.8	41.8	44.6	48.5
Acid detergent fiber	22.2	23.5	25.3	27.4
Ether extract	3.54	3.96	4.52	5.30
Non structural carbohydrate	30.8	27.7	23.7	18.9
Ca	0.98	0.88	0.87	0.77
P	0.42	0.41	0.44	0.44

¹ Silage of wet brewer's grains and corn meal mixed at 10 to 1 fresh weight ratio.

² The other ingredients in the grain mixture included fish meal 0.83%, wheat bran 1.94%, Ca-by pass fat (BIOPASS 85, Holland, containing 84% of fat and 9% of calcium) 0.35%, urea 0.10%, salt 0.21%, limestone 0.48%, K₂CO₃ 0.37%, NaHCO₃ 0.66%, MgO 0.22%, vitamin premix (each gram contained 10,000 IU of vitamin A, 2,000 IU of vitamin D₃ and 55 IU of vitamin E) 0.27% and mineral premix (each kilogram contained 10 gm of Cu, 10 gm of Mn, 0.2 gm of Co, 40 gm of Zn, 1 gm of I and 0.3 gm of Se) 0.18%.

³ F : B : G indicated the ratio among the long forage, by-products and grain mixture in diets. Percentage of copra meal in diet was categorized as by-product.

(vi) 羊乳脂肪酸組成分析：

1. 在採取個別羊隻乳樣的同時，取每頭羊三日混合乳樣約 100 mL 於 -20℃ 冷凍保存。乳樣於脂肪酸分析前隔夜冷藏回溫解凍，再以水浴加溫至 37℃，緩和混勻之後採樣，參考 Chouinard *et al.* (1999) 方法，以 hexane 及 isopropanol 等進行乳脂肪的萃取與脂肪酸的甲基酯化處理。
2. 以附火焰離子偵測器 (flame ionization detector, FID) 的氣相層析儀 (Varian CP-3800) 分析羊乳脂肪酸組成。選用 30 m × 0.25 mm ID 的 SPTM-2380 毛細管柱 (24110-U, Supelco, USA)，攜帶氣體 N₂、補充氣體 N₂、燃燒氣體 H₂ 及空氣之流量分別為每分鐘 1 mL、30 mL、30 mL 及 300 mL，注入器與偵測器溫度分別為 240℃ 及 250℃，烘箱升溫計畫採初溫 100℃ 2 分鐘、每分鐘 10℃ 加溫到 165℃、1℃ 升溫至 190℃、6℃

升溫達終溫 230℃ 後維持 30 分鐘 (每針分析時間約 70 分鐘) , 樣品分流比採用 50 : 1 , 樣品注射量為 1 μL 。

3. 使用甲基酯化脂肪酸標準品五種, 分別為 $\text{C}_8 - \text{C}_{24}$ (#18918, Supelco)、 $\text{C}_4 - \text{C}_{24}$ (#18919, Supelco) 及三種共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid, CLA) 標準品, 10(E),12(Z) - $\text{C}_{18:2}$ (#1254, Matreya)、9(Z), 11(E) - $\text{C}_{18:2}$ (#1255, Matreya) 與 9(E), 11(E) - $\text{C}_{18:2}$ (#1257, Matreya) 。

(vii) 羊乳感官品評：在採取個別羊隻乳樣的同時, 收集品評用之乳樣。每日擠乳時準備四個集乳桶, 將同組五頭羊隻生乳置入同一乳桶中, 每日每桶各取 400 mL 於 4℃ 冷藏。於第 4 天上午將各組三日生乳充分混合成一個樣品, 以四層紗布過濾, 隔水加熱至 80℃ 30 分鐘, 回溫至 45℃ 左右, 進行品評。邀請各研究室人員參加品評, 同時提供四組乳樣, 品評評分項目包括色澤、風味、質地、接受度、整體觀感及購買意願等, 評分採 5 分制, 1 分為非常不喜歡, 5 分為非常喜歡。

(viii) 經濟效益評估：以試驗當時各飼料原料售價、各組羊群實際採食量、生羊乳收購價及各組羊群實際泌乳量, 估算應用椰子粕的扣除飼料費後粗收入 (income over feed cost, IOFC) 。

IV. 統計分析

試驗所得資料以 SAS 統計軟體 (2005) 進行一般線性模式 (general linear model, GLM) 分析, 若達 5% 顯著差異水準, 再以最小平方均值 (least squares means) 比較處理組的差異性。

結果與討論

I. 椰子粕添加對泌乳羊飼糧組成之影響

本次試驗採用的椰子粕是椰子果肉榨油 (壓榨) 後的剩餘物, 其含有中高量的蛋白質 (CP 23.6%)、纖維 (NDF 55.1%, ADF 28.3%)、脂肪 (EE 9.1%) 與偏低的澱粉等醣類 (NSC 僅 5.4%), 然試管乾物質消化率 (IVDMD 74.2%) 是飼糧原料中除了穀類精料外最高的一項 (乾基, 表 2), 顯示椰子粕可提供為良好的反芻動物飼糧來源。

表 2. 泌乳山羊椰子粕飼養試驗之飼糧原料成分與試管乾物質消化率 (%, 乾基)

Table 2. Compositions and in vitro dry matter digestibilities of feed ingredients in copra meal feeding experiment fed to lactating goats (%, DM basis)¹

Ingredients ²	DM ³	CP	NDF	ADF	EE	Ash	NSC	Ca	P	IVDMD
Corn silage	22.5	9.9	66.9	37.7	2.78	6.4	14.0	0.31	0.24	60.7
NP, green-cut	15.7	11.1	67.7	41.1	2.29	12.7	6.1	0.36	0.38	55.6
PG hay	85.5	8.8	72.5	40.7	2.09	6.0	10.7	0.39	0.13	45.5
Alfalfa pellet	93.8	18.8	42.7	31.7	1.88	10.9	25.7	2.17	0.23	63.3
WBG + corn (10:1) silage	29.8	27.8	42.3	20.2	11.92	3.1	14.9	0.19	0.45	53.3
Soybean hull	91.0	13.2	67.5	47.7	2.69	5.0	11.6	0.16	0.60	72.4
Copra meal	92.5	23.6	55.1	28.3	9.10	6.9	5.4	0.11	0.63	74.2
Grain-0%	90.8	22.4	13.1	5.4	3.23	10.3	50.9	1.43	0.57	89.0
Grain-8%	91.0	21.7	20.5	8.8	4.10	10.0	43.7	1.21	0.56	84.1
Grain-16%	91.1	22.2	27.3	13.1	5.22	10.5	34.8	1.18	0.61	79.3
Grain-24%	91.1	22.0	36.2	18.0	6.76	10.6	24.4	0.96	0.59	75.9

¹ Each ingredient was collected eight times per trial and pooled into one. Each value was averaged from two analyses by trial.

² NP: napiergrass; PG: pangolagrass; WBG+corn: wet brewer's grains mixed with corn meal at 10:1 fresh weight ratio; Grain-0%, 8%, 16% and 24%: corn-soybean meal grain mixture with 0, 8%, 16%, or 24% of copra meal.

³ DM: dry matter; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid-detergent fiber; EE: ether extract; NSC: non structural carbohydrate (= 100-CP-NDF-EE-Ash); Ca: calcium, P: phosphorus; IVDMD: in vitro dry matter digestibility.

椰子粕添加於飼糧中影響飼糧組成, 可能進而影響羊隻性能, 尤其在高使用比例時。椰子粕在泌乳山羊飼糧中, 依序加入 0%、8%、16% 或 24% (乾基), 其加入方式主要在取代穀類精料中的玉米及大豆粕 (表 1)。反芻動物飼糧可由長纖牧草、副產物與穀類精料組成, 椰子粕歸類於副產物, 比較對照組 (0% 組) 與最高添加的

24% 組，椰子粕的添加對飼糧長纖維牧草的比例影響不大 (35% 略降至 33%)，但明顯增加 2.7 倍的副產物比例 (14% vs. 38%)，同時明顯降低 51% 的穀類精料比例 (45% vs. 23%)。四組飼糧 CP 濃度相近 (約 18%)，椰子粕中高脂肪含量可彌補能量供應，因此四組飼糧的 TDN 濃度亦相近 (約 70%)，但飼糧纖維含量與脂肪含量則隨著椰子粕用量的增加而明顯增加，NDF 自 38.8% 增加到 48.5%，增幅 25%；EE 自 3.54% 增加到 5.30%，增幅 50%；相對的，飼糧澱粉醣類含量則隨之明顯降低，自 30.8% 減低至 18.9%，降幅 39% (乾基，表 1)。

II. 椰子粕飼糧對羊隻體重變化、採食量及泌乳性能之影響

椰子粕飼糧對泌乳羊性能之影響結果整理於表 3。飼糧添加 8% 到 24% 的椰子粕不影響泌乳羊隻的體重變化。羊隻乾物質採食量在椰子粕添加 8% 與 16% 組時，有略微降低的趨勢，但高量添加 24% 椰子粕時，造成羊隻乾物質採食量顯著較對照組為低 ($P < 0.05$)，每頭每天減少 0.33 kg (降低 15.8%)；羊隻乳量的表現直接反應採食量的影響，添加 8% 與 16% 略微降低乳量，但添加 24% 時的乳量即有低於對照組乳量之趨勢 ($P < 0.10$)，每頭每天減少 0.38 kg (降低 12.8%)。

表 3. 飼糧添加椰子粕對泌乳羊乾物質採食量、體重變化及泌乳性能之影響

Table 3. Effects of copra meal in diets on dry matter intake, body weight change and milking performance of lactating goat

Items	Addition ratio of copra meal in diets				SEM
	0%	8%	16%	24%	
N	10	10	10	10	
Dry matter intake, kg/d	2.09 ^a	1.96 ^{ab}	1.94 ^{ab}	1.76 ^b	0.09
Body weight change, g/d ¹	41	52	90	9	28
Milk production, kg/d ^{&}	2.97	2.67	2.80	2.59	0.15
3.5 % fat corrected milk, kg/d	2.40	2.13	2.27	2.11	0.13
Milk efficiency, milk / DMI	1.42	1.36	1.44	1.47	0.04
Milk fat, %	3.05	3.00	3.10	3.16	0.06
Milk fat yield, g/d	90	80	86	81	5
Milk protein, %	2.75	2.73	2.66	2.68	0.03
Milk protein yield, g/d	80	73	74	68	5
Milk lactose, %	4.32 ^a	4.16 ^b	4.20 ^{ab}	4.14 ^b	0.04
Milk lactose yield, g/d	128	111	118	108	7
Milk total solid, %	10.82	10.59	10.67	10.68	0.08
Milk total solid yield, g/d	321	281	298	274	17
Milk urea nitrogen, mg/dL	40.0 ^a	34.9 ^b	35.4 ^b	36.0 ^b	1.3

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

[&] Milk production of control group (0%) is higher than that of 24% group ($P < 0.10$).

¹ Only trial one is included.

在椰子粕飼養效果的討論中，認為椰子粕的適口性是一需要考量的因素，McCandlish and Weaver (1922) 比較多種蛋白質補充飼料，結果顯示原料適口性依次為亞麻仁油粕、大豆粕、玉米麩質飼料、花生粕及椰子粕，推測可能是椰子粕萃油過程中產生不良風味而影響動物的採食意願；Ehrlich *et al.* (1990) 以牛隻放牧與椰子粕任食的飼養方式進行研究，也發現牛隻大約需要兩週的適應，才能夠達到良好的椰子粕採食量。影響高量椰子粕飼糧對羊隻採食量與乳量的另一個因素，可能是其飼糧纖維與醣類的含量。有關副產物纖維品質的討論，Zhu *et al.* (1997) 報告指出，副產物纖維的物理性狀與芻料提供不同，主要是其顆粒度較小且密度較高 (Firkins, 1997)，以副產物纖維取代飼糧中部分芻料纖維，對於瘤胃環境或乳脂率沒有負面影響 (Zhu *et al.*, 1997; Grant, 1997)，而且綿羊及山羊是較能夠適應飼糧中含有較多低品質纖維的反芻動物品種，他們較不受纖維顆粒度大小的影響 (Sanz Sampelayo *et al.*, 1998; Lanza *et al.*, 1996)；然而 Aregheore (2006) 認為纖維含量是椰子粕使用上最大的限制，Mertens (1985) 指出由於瘤胃空間彈性有限，飼糧 NDF 含量是限制牛隻採食量的物理性因子，其提出牛隻乾物質採食量 (占體重 %) 估算公式 $DMI (\%BW) = 120/NDF\%$ ，而 Nocek (1997) 也建議增加飼糧中 NSC 雖有效提升乳量，但為避免瘤胃過酸及其他代謝擾亂，泌乳牛飼糧中最高 NSC 含量以占飼糧乾基的 30 – 40% 為宜。本次試驗顯示飼糧中添加 8% (飼糧 NDF 41.8%，NSC 27.7%) 或 16% (飼糧 NDF 44.6%，NSC 23.7%) 椰子粕，並不

會明顯影響羊隻表現，但再增高到 24% 時 (飼糧 NDF 48.5%，NSC 18.9%)，即有明顯負面影響出現，採食量與乳量都明顯下降，24% 組飼糧過高的纖維與偏低的醣類含量應該也是主要影響因素，本次試驗結果顯示椰子粕可以使用在羊隻飼糧中，但其最高用量推薦應低於 24%。這個推論也與本所近年研究結果所推薦的 333 飼糧模式 (范等, 2012) 一致，即飼糧中長纖牧草、副產物與穀類精料比例分別約占 1/3，椰子粕添加 16% 組的飼糧組成比例接近 333 推薦比例，而添加 24% 組的副產物比例 38% 已偏高，穀料精料比例 23% 已偏低。

在羊乳成分方面，飼糧添加 8% 到 24% 的椰子粕不影響羊乳乳脂率、乳蛋白質率及乳總固形物率及三者日產量，唯椰子粕添加 8% 及 24% 兩組羊乳的乳糖率，顯著低於對照組 (4.15% vs. 4.32%, $P < 0.05$) (表 3)。壓榨抽油的椰子粕仍含有中高量的脂肪 (EE 9.1%，表 2)，本次四組飼糧的 EE 雖然隨著椰子粕添加比例的增加而增加，但並未能促進乳脂率的增加，乳脂率僅在添加 16% 與 24% 兩組有數字上略為增加的趨勢。

乳中尿素氮濃度以添加椰子粕三組顯著低於對照組 (35.4 vs. 40.0 mg/dL, $P < 0.05$, 表 3)。乳中尿素氮濃度與瘤胃氨態氮濃度相關性高，當瘤胃氨態氮濃度偏高時，表示飼糧所提供的粗蛋白質在瘤胃分解速度偏高，或在瘤胃易發酵碳水化合物與可分解蛋白質的同期化不足，使蛋白質在瘤胃中被微生物快速分解成氨但無法有效利用，多餘的瘤胃氨態氮須經血液運送至肝臟轉變成尿素以解毒，運送到乳中即提高了乳中尿素氮濃度，因此造成蛋白質利用上的浪費。文獻中報告，椰子粕蛋白質可能因壓榨過程的受熱而有效提升其過瘤胃蛋白質到其總粗蛋白質的 61% (Sriskandarajah and Komolong, 1987)，因此椰子粕飼糧餵飼後的瘤胃氨態氮濃度應較未添加的對照組為低，並進一步降低血中及乳中尿素氮濃度；另也有報告指出椰子粕的粗蛋白質特性不僅在瘤胃中被分解率低，且在腸道的消化率亦高 (González *et al.*, 2001; Hvelplund, 1985)，本次試驗結果與椰子粕飼糧有改善飼糧蛋白質利用效率的觀察一致。

III. 椰子粕飼糧對羊乳脂肪酸組成影響

表 4 列出椰子粕飼糧對羊乳脂肪酸組成比例影響之統計結果。飼糧添加椰子粕會改變羊乳脂肪酸組成，由於椰子油是以 MCT 為主的高飽和度脂肪 (Ensminger and Ensminger, 1993)，三組添加椰子粕飼糧主要的影響在增加了 $C_{14:0}$ 及 $C_{14:0}$ 以下飽和脂肪酸比例、降低 $C_{18:0}$ 比例、降低 CLA 比例及降低多元不飽和脂肪酸比例 ($P < 0.05$)。討論人類健康的文獻中，雖然提及會增加人類血中膽固醇風險的脂肪酸包括 $C_{8:0}$ 到 $C_{16:0}$ 脂肪酸，但也有越來越多的機能性食物報告中指出，相較於食物中常見的長鏈脂肪酸 (long chain triglycerides, LCT)，MCT 可直接經肝門靜脈系統吸收，是一類可快速吸收利用的高能量來源，且不易堆積為體脂肪，因此在嬰幼兒照顧及一些病患的飲食中非常重要 (Babayan, 1987)，羊乳脂肪酸的 MCT 含量較牛乳高出 46% (0.89 vs. 0.61 g/100 g milk)，被推薦為羊乳健康特色之一 (Haenlein, 2004)。CLA 係指一群具有 18 個碳原子與共軛雙烯基的多不飽和脂肪酸，CLA 的抗癌效果已經在老鼠動物模式研究及細胞株培養實驗中證實，即使只添加到飼糧的 0.1%，已可抑制老鼠的乳房腫瘤 (Schut *et al.*, 1997)，其他效果尚包括抗肥胖、抗糖尿病、抗心臟血管疾病、調整免疫功能等 (Aydin, 2005)，CLA 的主要食物來源為反芻動物的乳與肉。椰子粕脂肪酸以中鏈脂肪酸為主，其添加降低長鏈 CLA 與多不飽和脂肪酸比例是可接受的結果。由羊乳脂肪酸組成變化的討論，顯示添加中鏈脂肪酸為主的椰子粕於飼糧中，同時有其正反兩面的影響。

IV. 椰子粕飼糧對羊乳感官品評之影響

兩次試驗的羊乳感官品評結果如表 5 所示，共回收有效問卷 50 份，參加品評人員的年齡分布於 20 到 60 歲，飲用乳製品一週一次以上者約占 70%，但極少飲用羊乳，70% 以上品評人員對羊乳喜好之程度為普通。品評結果顯示，羊隻採食添加椰子粕飼糧所生產的羊乳，在色澤、風味、質地、接受度、整體觀感及購買意願上，一致的有較對照組為佳的趨勢，其中在羊乳色澤及質地上，更達到顯著改善的效果 ($P < 0.05$)。生乳風味主要來自脂肪酸，羊乳中含有較高的中鏈脂肪酸，脂肪酸碳鏈短時較不安定，羊乳的特殊羊膻味主要為其癩酸氧化所產生 (張等, 1995)。本次試驗中，飼糧添加高量椰子粕到 24% 時，顯著降低羊乳中鏈脂肪酸 $C_{6:0}$ 、 $C_{8:0}$ 及 $C_{10:0}$ 比例 ($P < 0.05$)，且椰子粕 8% 與 16% 兩組的癩酸比例也有數字上降低的趨勢，因此癩酸的降低可以推測為椰子粕飼糧改善羊乳感官品評的主因。綜合羊乳感官品評之結果，顯示應用椰子粕於泌乳羊飼糧中對提昇羊乳感官品評是有益的。

V. 椰子粕飼養之經濟效益評估

應用椰子粕飼糧的經濟效益評估，以各組羊隻的扣除飼料費後粗收入進行比較 (表 6)。試驗於民國 98 年底進行，每日每頭羊隻飼糧費用，採用當時本所飼料廠之飼料原料單價與產業組購買牧草青貯料之價格，依試驗配方計算 (表 6 註腳)。羊隻每日飼糧成本換算成每公斤乾物質之價格，乘以各組乾物質採食量，為每日每頭飼糧成本。每頭泌乳羊之每日收入以本所近年平均每公斤生羊乳售價 30 元為基準，乘以羊隻每日泌乳量，得每頭羊每日總收入。將每日總收入減去每日飼糧費用即得各組的粗收入。經濟效益的評估除了受性能表現的影響外，

也隨時受各飼料原料相對價格的變動而有所不同。本次試驗結果顯示三組椰子粕飼糧之粗收入皆低於對照組，下降幅度在 5% 到 11%，主要反應出椰子粕飼糧使羊隻乳量降低的結果，添加 16% 組則尚可以維持對照組 95% 的粗收入。

表 4. 飼糧添加椰子粕對羊乳脂肪酸組成之影響 (%)

Table 4. Effects of copra meal in diets on the fatty acid profile of milk from lactating goat (%)

Fatty acids ¹	Addition rate of copra meal in diets				SEM
	0%	8%	16%	24%	
N	10	10	10	10	
C _{4:0}	3.19	3.14	3.12	3.16	0.06
C _{6:0}	2.64 ^a	2.56 ^a	2.57 ^a	2.39 ^b	0.05
C _{8:0}	2.92 ^a	2.81 ^a	2.82 ^a	2.47 ^b	0.08
C _{10:0}	10.30 ^a	9.86 ^a	9.75 ^a	8.57 ^b	0.31
C _{12:0}	4.22 ^b	5.63 ^b	6.54 ^a	6.57 ^a	0.27
C _{14:0}	10.68 ^c	12.42 ^b	13.26 ^a	13.56 ^a	0.23
C _{16:0}	31.58	31.73	32.01	32.18	0.58
C _{18:0}	8.90 ^a	7.21 ^b	7.31 ^b	6.63 ^b	0.32
C _{18:1, c9}	19.13	18.50	17.49	18.38	0.60
C _{18:2, t10, c12} (CLA)	0.23	0.25	0.24	0.25	0.01
C _{18:2, c9, 12}	2.38 ^a	2.06 ^b	1.78 ^c	1.65 ^c	0.09
C _{20:0}	0.24 ^a	0.21 ^b	0.22 ^b	0.20 ^b	0.01
C _{18:3, c9, 12, 15}	0.33 ^a	0.31 ^{ab}	0.28 ^b	0.28 ^b	0.01
C _{18:2, c9, t11} (CLA)	0.90 ^a	0.84 ^{ab}	0.76 ^b	0.75 ^b	0.04
C _{22:0}	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01
C _{20:5}	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
Saturated fatty acids	76.3	77.2	78.6	77.7	0.7
Sat. FA \leq C _{14:0}	34.0 ^b	36.6 ^a	38.1 ^a	36.9 ^a	0.8
Mono unsaturated FA	19.8	19.3	18.3	19.4	0.6
Poly unsaturated FA	3.90 ^a	3.51 ^b	3.08 ^c	2.96 ^c	0.12
SAFA/USFA	3.31	3.45	3.67	3.52	0.12
CLA	1.16 ^a	1.11 ^{ab}	1.03 ^b	1.02 ^b	0.04

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

¹ CLA: conjugated linoleic acid, Sat. FA: saturated fatty acids, SAFA/USFA: saturated fatty acids / unsaturated fatty acids.

表 5. 飼糧添加椰子粕對羊乳感官品評之影響

Table 5. Effects of copra meal in goat diets on its milk panel test

Items	Addition rate of copra meal in diets				SEM
	0%	8%	16%	24%	
Color	3.11 ^b	3.61 ^a	3.35 ^{ab}	3.65 ^a	0.12
Flavor	3.07	3.41	3.13	3.17	0.13
Texture	2.91 ^b	3.47 ^a	3.20 ^{ab}	3.04 ^b	0.14
Acceptance	2.93	3.40	3.18	3.04	0.14
Overall impression	3.02	3.49	3.40	3.32	0.14
Purchase intention	1.73	2.25	2.10	2.25	0.20

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

表 6. 飼糧添加椰子粕對泌乳羊產乳之經濟效益評估

Table 6. Evaluation of the economic benefit when copra meal was added into lactating goat diets

Items	Addition copra meal in diets			
	0%	8%	16%	24%
Diet cost, NT\$/kg diet DM ¹	10.96	10.81	10.76	10.49
Diet cost, NT\$/day/goat	22.91	21.19	20.88	18.46
Milk income, NT\$/day/goat ²	89.10	80.10	84.00	77.70
Income over feed cost, NT\$/day/goat	66.19	58.91	63.12	59.24
	(100%)	(89%)	(95%)	(89%)

¹ The price in NT\$ per kg of dietary ingredients was 1.95 for corn silage, 1.27 for green-cut napiergrass, 4.80 for pangolagrass hay, 15.5 for alfalfa pellet, 2.55 for wet brewers' grains+corn silage, 5.5 for soybean hull pellet, 8.55 for corn, 14.27 for soybean meal, 8.7 for copra meal, 16.59 for grain mixture of control group, 16.39 for 8% group, 16.40 for 16% group and 15.97 for 24% group, respectively.

² The averaged raw milk price of our Institute experimental goat farm NT\$ 30 per kg was used.

結 論

泌乳羊飼糧添加 8% 到 24% 的椰子粕，不影響羊隻乳脂率、乳蛋白質率及乳總固形物率等乳成分，但有效降低乳中尿素氮濃度；以中鏈脂肪酸為主的椰子粕，可以增加羊乳中鏈脂肪酸含量，但同時也減低長鏈的共軛亞麻油酸與多元不飽和脂肪酸比例；乳羊飼糧中添加椰子粕可以降低影響風味的癸酸含量，因此提升羊乳品評與接受度。椰子粕以取代玉米、大豆粕與盤固乾草方式加入泌乳羊飼糧的 8% 到 24%，會負面影響羊隻乾物質採食量、乳量及粗收入，尤其是高量添加的 24%。綜合本次試驗結果顯示，椰子粕可以使用在泌乳羊隻飼糧中，但其適當用量推薦為飼糧乾基的 16%。

參考文獻

- 李春芳、蕭宗法。2007。反芻動物飼料試管乾物質消化率 (IVDMD) 方法之修改。畜產研究 40(1)：59-65。
- 范耕榛、楊德威、蕭宗法、李春芳。2012。低長纖牧草飼糧中穀類與副產物比例對乳山羊泌乳性能之影響。中畜會誌 41 (增刊)：250。
- 張勝善、李愛卿、沈華山、洪連欉。1995。生羊乳冷藏時間對罐裝保久羊乳貯存期間品質之影響。中畜會誌 24(2)：205-214。
- Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Aregheore, E. M. 2006. Utilization of concentrate supplements containing varying levels of copra cake (*Cocos nucifera*) by growing goats fed a basal diet of napier grass (*Pennisetum purpureum*). Small Rum. Res. 64: 87-93.
- Aydin, R. 2005. Conjugated linoleic acid: chemical structure, sources and biological properties. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 29: 189-195.
- Babayan, V. K. 1987. Specialty lipids and their biofunctionality. Lipids 22(6): 417-420.
- Chouinard, P. Y., L. Corneau, D. M. Barbano, L. E. Metzger and D. E. Bauman. 1999. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. J. Nutr. 129: 1579-1584.
- Ehrlich, W. K., P. C. Upton, R. T. Cowan and R. J. Moss. 1990. Copra meal as a supplement for grazing dairy cows. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 18: 196-199.
- Ensminger, M. E. and A. H. Ensminger. 1993. Foods & Nutrition Encyclopedia. 2nd ed. pp. 440. CRC press.
- Firkins, J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. J. Dairy Sci. 80: 1426-1437.
- Galgall, K. K., N. P. McMeniman and B. W. Norton. 1994. Effect of copra expeller pellet supplementation on the flow of nutrients from the rumen of sheep fed low quality pangola grass (*Digitaria decumbens*). Small Rum. Res. 15: 31-37.
- 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, USA.

- González, J., S. Andrés, M. R. Alvir and C. A. Rodríguez. 2001. Rumen degradability and intestinal digestibility of coconut meal. *Anim. Res.* 50: 201-204.
- Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80: 1438-1446.
- Haenlein, G. F. W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rum. Res.* 51: 155-163.
- Hennessy, D. W., T. J. Kempton and P. J. Williamson. 1989. Copra meal as a supplement to cattle offered a low quality native pasture hay. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2: 77-84.
- Hvelplund, T. 1985. Digestibility of rumen microbial protein and undegraded dietary protein estimated in the small intestine of sheep and by in sacco procedure. *Acta Agric. Scand. (Suppl.)* 25: 132-144.
- Lanza, A., P. Pennisi, L. Biondi, M. Lanza and A. N. Keshtkaran. 1996. Effects of feeding system and different feeds on milk production and quality in Comisana ewes. I. Use of dry complete diet. *Agric. Med.* 126: 22-31.
- McCandlish, A. C. and E. Weaver. 1922. Coconut meal, gluten feed, peanut meal and soybean meal as protein supplements for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 5: 27-38.
- McIntyre, K. H. 1973. Use of coconut meal and molasses as supplements to grazing for dairy cows in Fiji. *Trop. Agric. (Trinidad)* 50: 17-23.
- Mertens, D. R. 1985. Effects of fiber on feed quality for dairy cows. In: *Proc. 46th Minn. Nutr. Conf.* pp. 209-224. St. Paul, University of Minnesota.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on lameness. *J. Dairy Sci.* 80: 1005-1028.
- National Research Council. 2007. Nutrient requirements of small ruminants. *Nat. Acad. Sci.*, Washington, DC.
- Sanz Sampelayo, M. R., L. Perez and L. Amigo. 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating Granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 81: 492-498.
- SAS. 2005. User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Inc., Cary, NC.
- Schut, H. A. J., D. A. Cummings, M. H. E. Smale, S. Josyula and M. D. Friesen. 1997. DNA adducts of heterocyclic amines: formation, removal and inhibition by dietary components. *Mutat. Res.* 376: 185-194.
- Sriskandarajah, N. and M. Komolong. 1987. Evaluation of crop by-products for ruminant feeding in Papua New Guinea. *Proc. 4th AAAP Anim. Sci. Cong.*, Hamilton, New Zealand. pp. 293.
- Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for In Vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18: 104-111.
- Zhu, J. S., S. R. Stokes and M. R. Murphy. 1997. Substitution of neutral detergent fiber from forage with neutral detergent fiber from by-products in the diet of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 80: 2901-2906.

The proper utilization of copra meal in diets for dairy goats ⁽¹⁾

Geng-Jen Fan ⁽²⁾ Tzong-Faa Shiao ⁽³⁾ and Churng-Faung Lee ⁽²⁾⁽⁴⁾

Received: Oct. 1, 2015; Accepted: Feb. 17, 2016

Abstract

To exploit the available feed resources and their proper utilization, imported copra meal was added into diets for lactating goats to evaluate its effect on milking performance, milk fatty acid profile, milk acceptance and crude income. Two repeated trials with 28 days each were conducted. A total of 20 head Alpine and Saanen lactating goats each trial with milk yield above 2 kg a day were used. Goats were raised in individual pens and assigned into four groups randomly. Copra meal was added into diets at 0% (control), 8%, 16% or 24% (dry matter basis) by substituting part of the corn, soybean meal and pangolagrass hay. Four diets were formulated to have similar protein and energy content. The addition of copra meal did not affect the concentrations of fat, protein and total solid of milk but effectively decreased the milk urea nitrogen (35.4 vs. 40.0 mg/dL, $P < 0.05$). Copra meal containing major the medium chain triglycerides (MCT) increased the MCT ratio in goat milk as expected ($\leq C_{14:0}$, 37.2 vs. 34.0%, $P < 0.05$) and at the same time the ratios of long chain conjugated linoleic acids and polyunsaturated fatty acids also decreased. Capric acid ($C_{10:0}$) the main flavor influential factor in milk decreased following the dietary addition of copra meal. This might elucidate the reason why the copra meal groups could improve their milk panel test results and finally the acceptance. Nevertheless, dry matter intake, milk yield and crude income of goats tended to be adversely affected by the copra meal addition, especially the 24% highest group. Comparing with the control group, diet with 24% copra meal decreased goat dry matter intake by 16% (1.76 vs. 2.09 kg/d, $P < 0.05$) and dropped milk yield by 13% (2.59 vs. 2.97 kg/d, $P < 0.10$), respectively. The remarkable high NDF (48.5%) and low nonstructural carbohydrate (18.9%) contents could contribute to the low performance. In summary, copra meal could be an available feedstuff for lactating goat in Taiwan. The suitable recommended ratio in diet dry matter is suggested to be 16%.

Key words: Copra meal, Dairy goat, Milk fatty acid profile, Milking performance, Panel test.

(1) Contribution No. 2353 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Nutrition Division, COA-LRI, No. 112, Farm Rd, Hsinhua, Tainan 71246, Taiwan, R.O.C.

(3) Animal Industry Division, COA-LRI, No. 112, Farm Rd, Hsinhua, Tainan 71246, Taiwan, R.O.C.

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