

飼糧添加椰子粕對阿爾拜因山羊增重及瘤胃消化之影響⁽¹⁾

范耕榛⁽²⁾ 蕭宗法⁽²⁾ 李春芳⁽³⁾⁽⁴⁾

收件日期：110 年 7 月 13 日；接受日期：110 年 10 月 8 日

摘 要

椰子粕為東南亞豐富的副產物飼料原料之一，為增加國內多樣化飼料資源的開發，在乳用閩公山羊飼糧中添加不同比例的椰子粕，探討對羊隻增重性能與粗收入之影響，同時以瘤胃開窗乾乳羊評估椰子粕飼糧對瘤胃消化代謝之影響，以期推薦進口椰子粕在國內生長肥育期阿爾拜因山羊飼糧中的適當應用。增重試驗將 20 頭平均 43.5 kg 的阿爾拜因閩公羊隨機分成 4 組，每組 5 頭群飼於高架羊欄 56 日。飼糧依據 NRC (2007) 營養需要量調配成含 0、10、20 或 30% (乾基) 椰子粕的四種等氮等能量試驗飼糧，飼糧由玉米青貯料、盤固乾草、啤酒粕及穀類精料組成，椰子粕以取代部分盤固乾草、精料中玉米及大豆粕的方式加入。增重試驗結果顯示，羊隻需適應含 20 – 30% 椰子粕飼糧約 2 – 3 週；餵飼 0 – 30% 椰子粕飼糧之 4 組羊隻每日乾物質採食量分別為 1.32、1.41、1.25 及 1.21 kg，隻日增重則分別為 137、177、148 及 156 g，飼料轉換率 (採食量 / 增重) 分別為 9.6、8.0、8.4 及 7.8。添加椰子粕各組的日增重與飼料轉換率數值上皆有高於對照組的趨勢，分別提升 17% 與 16%。瘤胃消化試驗以 4 頭瘤胃開窗阿爾拜因乾乳羊進行一個 4 × 4 拉丁方試驗，每期 14 日並於最後 2 日連續間隔 1.5 – 3 小時進行瘤胃內容物採樣，椰子粕在飼糧占比為 0、8、16 或 24%。消化試驗結果顯示，飼糧中椰子粕含量 8 – 24% 不會影響瘤胃消化，4 組羊隻每日加權後的平均瘤胃 pH、氨態氮和揮發性脂肪酸分別為 6.09、15.2 mg/dL 及 112 mM。綜合本次試驗結果顯示，椰子粕可作為山羊良好飼料來源，不影響瘤胃消化環境，但中高量使用時須有適應期。在國內的飼養環境下，生長肥育期之阿爾拜因閩公羊飼糧中可添加 10 – 30% 椰子粕，其增重表現、飼料轉換率及經濟效益都可以獲得明顯改善。

關鍵詞：椰子粕、阿爾拜因山羊、增重、瘤胃消化。

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友善循環作法越來越受重視。從營養觀點來看，飼糧添加副產物可提供能量及粗蛋白質，但通常伴隨著較高的纖維含量，而飼糧纖維含量是決定反芻動物最高乾物質採食量 (dry matter intake, DMI)、咀嚼活動與瘤胃發酵之基礎，尤其是中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF)，其有效性定義為能確保充分的咀嚼活動者 (Grant, 1997)。有效纖維強烈的受到飼料顆粒度大小及瘤胃中滯留時間長短所影響 (Woodford and Murphy, 1988)。副產物纖維的物理性狀與草料提供不同 (Zhu *et al.*, 1997)，其顆粒度較小且密度較高 (Firkins, 1997)。Zhu *et al.* (1997) 及 Grant (1997) 報告指出，以副產物纖維取代飼糧中部分草料纖維，對於瘤胃環境或乳脂率沒有負面之影響，另外，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，較不受纖維顆粒度大小影響 (Lanza *et al.*, 1996; Sanz Sampelayo *et al.*, 1998)，因此，副產物應用於山羊之飼養上應是可行的飼養法。

東南亞種植椰子生產椰子油，椰子果肉經榨油後的副產物即為椰子粕，常用來餵飼反芻動物，其營養成分良好，但依生產地及溶劑萃取或機械壓榨的製程不同，會有很大的變異，粗蛋白質 (crude protein, CP) 分布在 18 – 30%、粗脂肪 (ether extract, EE) 1 – 12%、粗纖維 7 – 18% (Aregheore, 2006)。椰子粕蛋白質品質佳，研究顯示約有 60% 屬於過瘤胃蛋白質 (Sriskandarajah and Komolong, 1987)，在瘤胃中快速發酵的氮含量約 22.4% (Mondal *et al.*, 2008)，

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2681 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所副所長室。

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

過瘤胃後的蛋白質在腸道的消化率約為 90%，其過瘤胃比例與其他飼料成分比較是相當高的 (Mondal *et al.*, 2008; Heuzé *et al.*, 2015)，故飼糧添加椰子粕有助於增加通過瘤胃到小腸的可吸收過瘤胃蛋白質量 (Galgal *et al.*, 1994)。椰子粕在飼糧中添加的文獻多有正面的效果，如山羊的生長增重效果 (Aregheore, 2006)、綿羊瘤胃微生物蛋白的合成效率 (Galgal *et al.*, 1994) 及閩公牛日增重 (Hennessy *et al.*, 1989; Gulbrandsen *et al.*, 1990)；在斐濟熱帶氣候放牧乳牛每日添加 1.8 kg 椰子粕甚至可使產乳量增加達 70% (McIntyre, 1973)。椰子油為高飽和度脂肪酸，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，油脂穩定度高。椰子粕脂肪酸中含有較高比例的月桂酸 (lauric acid, $C_{12:0}$)，具有抗菌及抗真菌特性 (Virgin Coconut Oil Book, 2003)，可能會影響到瘤胃代謝環境，然而 Ehrlich *et al.* (1990) 泌乳牛試驗每日餵飼超過 3 kg 並未見不良影響。國內泌乳羊試驗結果顯示，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，但可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，同時降低影響風味的癸酸 ($C_{10:0}$) 含量，提升羊乳品評與接受度，但高量的添加 (飼糧乾基的 24%) 會影響羊隻之採食量 (范等, 2016)。綜合相關飼養試驗結果得知，椰子粕是一項可用的飼料資源，但其適用量需加以確認。

本次研究以進口椰子粕作為替代飼料，以取代飼糧中部分玉米、大豆粕及盤固乾草的方式加入生長肥育期閩公羊飼糧中，期能推薦椰子粕於國內乳用肉公羊飼糧中之適當添加量，試驗同時以瘤胃開窗羊觀察飼糧添加椰子粕對瘤胃消化之影響。

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

本次生長肥育期閩公羊增重試驗採用完全隨機設計 (completely randomized design, CRD)，選擇體重 35 kg 以上的阿爾拜因閩公羊共 20 頭，依體重等隨機分成 4 組群飼，分別提供含椰子粕 0 (對照組)、10、20 或 30% 的椰子粕飼糧 (飼糧乾基)。乾乳羊瘤胃消化試驗以一個 4 × 4 拉丁方格試驗進行，4 頭瘤胃開窗乾乳羊於個別欄飼養，分別提供含椰子粕 0 (對照組)、8、16 或 24% 的椰子粕飼糧。

試驗飼糧配方參考 NRC (2007) 乳羊營養需要之推薦，閩公羊生長肥育試驗飼糧配方計算以體重 40 kg、每日增重 150 g 的營養需要為基礎，對照組飼糧由約 40% 的牧草、22% 的副產物及 38% 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及盤固乾草，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。乾乳羊瘤胃消化試驗之飼糧配方配合 2016 年泌乳羊椰子粕評估試驗，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，對照組飼糧由約 42% 的牧草、14% 的副產物及 45% 的玉米－大豆粕穀類精料組成 (范等, 2016)。

試驗採購進口椰子粕一批，以其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。

II. 試驗動物及飼養管理

(i) 閩公羊生長肥育試驗：

試驗開始前，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上午空腹過磅，20 頭參試的阿爾拜因閩公羊的平均體重 43.5 ± 5.6 kg，平均日齡 233 ± 12 日。

羊隻依體重隨機均分為 4 組，每組 5 頭，群飼於高架羊欄內 56 日。每欄有 2 個飼槽及自動飲水碗，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。每日分上下午 2 次餵飼，上午 8:00 提供全日餵飼量的 40% 及下午 3:00 提供 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，先以水桶秤取每組羊的 4 項單味原料 (表 1 的玉米青貯料、盤固乾草、啤酒粕青貯料及穀物精料)，倒入羊隻飼槽後再充分手工攪拌均勻。

(ii) 乾乳羊瘤胃消化試驗：

以 4 頭瘤胃開窗乾乳羊進行一個 4 × 4 拉丁方試驗，每頭每期依序提供 4 種飼糧任食。開窗乾乳羊 3 – 4 歲齡，體重約 65 kg。羊隻飼養管理同生長閩公羊試驗，惟採個別欄飼養，每欄有 1 個飼槽及自動飲水碗，每期飼養期 14 日，前 12 日適應，最後兩日連續 48 小時採集瘤胃內容物，測定瘤胃 pH、氨態氮 (ammonia nitrogen, NH_3-N) 與揮發性脂肪酸 (volatile fatty acid, VFA) 變化。

表 1. 阿爾拜因閹公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 castrated Alpine goats (% , DM basis)

Items	Addition ratio of copra meal in diets (%)			
	0	10	20	30
Diet formulations, %				
Corn silage	33.3	33.2	32.8	32.5
Pangolagrass hay	7.2	5.7	4.2	2.8
WBG+corn (10:1) silage ¹	5.7	5.6	5.6	5.5
Grain mixture:	53.8	55.5	57.4	59.2
Corn, ground	23.0	18.6	14.2	9.8
Soybean meal	11.6	7.9	4.3	0.7
Soybean hull, pellet	8.8	8.7	8.7	8.6
Wheat bran	7.3	7.3	7.2	7.1
Copra meal	0	10.0	20.0	30.0
The others ²	3.1	3.1	3.1	3.0
Diet compositions, % --- calculated from ingredients' analyzed values, except the TDN				
Dry matter	51.4	52.0	52.3	53.1
F : B : G ³	40:22:38	39:32:30	37:41:22	35:51:14
Total digestible nutrient (TDN) ⁴	71.1	71.0	70.8	70.8
Crude protein	16.1	16.0	16.7	16.7
Neutral detergent fiber	39.5	43.3	44.8	47.8
Acid detergent fiber	22.3	24.3	24.9	26.8
Ether extract	3.74	4.83	5.38	6.59
Non-structural carbohydrate	33.3	28.3	25.4	20.8
Ca	1.00	1.01	0.92	0.93
P	0.44	0.47	0.47	0.49

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 salt 0.52%, limestone 1.05%, vitamin premix (each gram contained 10,000 IU of vitamin A, 2,000 IU of vitamin D₃, and 55 IU of vitamin E) 0.72%, 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) 0.78%.

³ F : B : G indicated the ratio among the long forage, by-product and concentrate in diet dry matter. Copra meal, WBG+corn silage, soybean hull pellet, and wheat bran in diet were categorized as by-product.

⁴ TDN values were adopted from the Nutrient Requirements of Small Ruminants (NRC, 2007) and the Tables of Feed Compositions, Taiwan (2011).

III. 測定項目

(i) 閹公羊生長肥育試驗：

1. 體重：於試驗開始前連續 2 日上午 8：30 餵飼前空腹過磅，於試驗中及結束時以相同方法連續量測羊隻體重 3 日後平均。
2. 飼糧組成：試驗使用的 4 項單味原料，除穀類精料 1 項在 4 組間組成及配方比例不同且各自先行配製外，其餘 3 項各組皆相同。試驗的第 2、4、6 及 8 週，各連續 3 日採集各項飼糧原料，先以 -20℃ 保存，日後以 55℃ 烘乾 48 小時，熱秤得乾物質率。為降低分析工作負荷，將第 2、4、6 及 8 週每項原料的 12 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) 及李及蕭 (2007) 修正方法測定試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, 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，NSC = 100 - CP - NDF - EE - Ash。

3. 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。試驗於第 2、4、6 及 8 週，各連續 3 日採集各組羊群剩料，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羊隻每 2 週的平均乾物質採食量，並取 4 週平均值為各組羊隻乾物質採食量。
4. 經濟效益評估：以試驗當時各項飼料原料售價、各組羊群實際採食量、當時市場羊隻拍賣價格及各組羊群實際體增重，估算四組的扣除飼料費後粗收入 (income over feed cost, IOFC)。

(ii) 乾乳羊瘤胃消化試驗：

1. 四頭瘤胃開窗乾乳羊於每期第 13 到第 15 日清晨，進行連續兩日 24 h 的瘤胃內容物採樣。每日採樣時間為上午 8:00 (0 h, 餵飼前)、9:30 (1.5 h)、11:00 (3 h)、下午 1:00 (5 h)、3:00 (餵飼前, 7 h)、4:30 (8.5 h)、6:00 (10 h)、夜間 7:30 (11.5 h)、9:30 (13.5 h)、00:00 (16 h)、隔日凌晨 2:30 (18.5 h) 及 5:30 (21.5 h)，共 12 個時間採樣點。
2. 開啟瘤胃瘻管窗後，以勺取出瘤胃內容物約 50 mL，經兩層紗布過濾，馬上測定濾液 pH 值；取 15 mL 濾液入已有 0.3 mL 50% 濃硫酸溶液的 25 mL 可冷凍塑膠罐內酸化 (50:1 v/v)，-20°C 冷凍保存，餘濾液再倒回瘤胃內。冷凍濾液分析前隔夜冷藏平衡後離心 (31,000 x g, 15 分鐘, 5°C)，取上清液以靛酚法分析 NH₃-N 濃度 (Chaney and Marbach, 1962)，並使用 GC/FID (CP-3800, Varian) 進行 VFA 分析，選用 30 m x 0.25 mm x 0.2 µm 毛細管柱 (fused silica capillary column) (#24107, Supelco)，注入器與偵測器溫度分別為 200°C 及 220°C，採初溫 90°C 持續 3 分鐘，再以每分鐘增加 10°C 速度到 170°C 後維持 20 分鐘，每針分析總時間約 31 分鐘，樣品分流比約 60:1，採自動樣品注入，每針注射量 0.5 µL。使用 Supelco 46975U 之 VFA 混合標準品 (C₂ - C₇)，另以個別 VFA 加總為總揮發性脂肪酸 (total volatile fatty acid, TVFA) 濃度。

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，若有顯著差異，再以最小平方均值 (least squares means) 比較處理組間的差異性，本次試驗以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準。

結果與討論

I. 椰子粕添加對飼糧組成之影響

本次試驗採用的椰子粕與范等 (2016) 泌乳羊試驗為同一批原料，其營養組成與消化率分別為 DM 92.5%、CP 23.6%、NDF 55.1%、ADF 28.3%、EE 9.1% 與 NSC 5.4% 及 IVDMD 74.2% (乾基)，屬於中高蛋白質、高纖高油、低澱粉且消化率表現良好的飼料原料。飼糧 4 項單味原料之成分分析結果列如表 2 所示。

表 2. 阿爾拜因閹公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)¹

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

Ingredients ²	DM ³	CP	NDF	ADF	EE	Ash	NSC	Ca	P	IVDMD
Corn silage	25.0	10.4	53.1	30.4	3.23	6.9	26.4	0.35	0.28	65.8
PG hay	88.3	4.1	69.1	43.4	1.55	6.2	19.0	0.55	0.22	43.1
WBG+corn (10:1) silage	30.1	25.5	42.1	18.8	9.99	2.9	19.6	0.18	0.41	50.9
Grain-0%	91.0	20.3	26.8	14.9	3.69	8.3	40.9	1.54	0.57	85.1
Grain-10%	92.1	19.5	34.9	19.3	5.59	8.8	31.2	1.54	0.61	81.3
Grain-20%	92.2	20.3	38.5	21.0	6.44	8.8	25.9	1.35	0.60	78.9
Grain-30%	93.0	19.9	44.4	24.7	8.36	9.3	18.0	1.34	0.62	69.1

¹ Each ingredient was collected 12 times during eight weeks and pooled into one for analyses.

² PG: pangolagrass; WBG+corn: wet brewer's grains mixed with corn meal at 10:1 fresh weight ratio; Grain-0%, 10%, 20%, and 30% indicated the four corn-soybean meal grain mixtures with 0, 10%, 20%, or 30% 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, and IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility.

椰子粕在閹公羊飼糧中，依序加入 0、10、20 或 30%，其加入方式主要在取代穀類精料中的玉米、大豆粕及牧草盤固乾草（表 1）。反芻動物飼糧可由長纖牧草、副產物與穀類精料組成，本次試驗將椰子粕、啤酒粕 + 玉米之青貯料、大豆殼與麩皮歸類於副產物，比較對照組（0% 組）與最高添加的 30% 組，椰子粕的添加降低飼糧長纖牧草比例約 13%（40 vs. 35%），但明顯增加 2.3 倍的副產物比例（22 vs. 51%），同時明顯降低 63% 的穀類精料比例（38 vs. 14%）。4 組飼糧 CP 濃度相近，平均 16.4%（16.0 – 16.7%），椰子粕中高脂肪含量可彌補能量供應並提高能量利用效率，4 組飼糧的 TDN 濃度亦相近，平均 70.9%（70.8 – 71.1%），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 39.5% 增加到 47.8%，增幅 21%；EE 自 3.74% 增加到 6.59%，增幅 76%；相對的，飼糧澱粉醣類含量（NSC）則隨之明顯降低，自 33.3% 減低至 20.8%，降幅 38%（表 1）。瘤胃消化試驗之乾乳羊採食泌乳羊飼糧（范等，2016），飼糧中依序加入 0 – 24% 椰子粕，椰子粕添加對飼糧組成影響也一致，即隨著高纖高油椰子粕添加比例的增加，飼糧副產比例增加，穀物精料比例降低，NDF、ADF 與 EE 含量隨之增加，但 NSC 含量則明顯下降。

II. 椰子粕飼糧對閹公羊採食量、增重及粗效益之影響

椰子粕飼糧對閹公羊採食與增重性能之影響結果整理於表 3，圖 1 則顯示羊群各週鮮物採食量變化與適應情形。在乾物質採食量方面，閹公羊飼養試驗為分組群飼因此僅以平均值表示，沒有進一步的統計分析。由現場觀察顯示，羊群對含 10% 椰子粕飼糧的接受度很高很快，全期採食量表現也略高於對照組（1.41 vs. 1.32 kg/d/head）；當飼糧中椰子粕調高至 20% 與 30% 時則會影響羊隻採食意願，羊隻需要 2 – 3 週時間的適應，並且適應後的採食量仍持續較對照組為低（圖 1），羊群採食 20% 椰子粕飼糧的採食量較對照組減少 5%（1.25 vs. 1.32 kg/d），羊群採食 30% 椰子粕飼糧的採食量較對照組減少達 8%（1.21 vs. 1.32 kg/d）。另外，試驗期間羊隻採食量未隨著日齡及體重的增加而提高，環境氣溫升高可能是影響因素之一。依據畜試所 B2N89 氣象測站（中央氣象局，2021）歷史資料顯示，試驗期間自民國 98 年 2 月底 3 月初的日均溫 19 – 21℃，逐漸升高至 4 月下旬的 26 – 27℃，氣溫自涼爽舒適升高到溫濕度指數（temperature and humidity index, THI）約 75 的溫和熱緊迫，導致採食量的持平（圖 2），此亦反映在日增重的減緩上。

在日增重方面，飼糧添加 10 – 30% 椰子粕組的表現有較對照組為佳的趨勢。在試驗前 3 週，羊隻增重效果以添加 10% 組最佳（218 g/d），添加 20% 組及 30% 組表現與對照組相近（164 – 173 g/d），此應為還在適應階段採食量較低所致；三個添加組適應後（28 – 56 日）的平均隻日增重達 140 g，較對照組的 109 g 增加了 28%；三椰子粕添加組的全期平均隻日增重雖較對照組增加 17%（160 vs. 137 g），促進增重之趨勢明顯，然因羊隻個體變異較大且參試頭數較少，增重提升趨勢並未達顯著差異（表 3）。在飼料轉換率（採食量 / 增重）方面，添加椰子粕組皆有較好的表現（7.8 – 8.4 vs. 9.6），椰子粕添加組平均飼料轉換率為 8.1，表示每採食 8.1 kg 飼糧乾物質即可以增加 1 kg 體重，對照組則需要 9.6 kg 採食量，轉換效率提升 16%。這個結果顯示椰子粕的添加可明顯提升羊隻對飼糧營養分吸收利用的效率（表 3）。

表 3. 椰子粕飼糧對阿爾拜因閹公羊生長性能之影響

Table 3. Effects of dietary addition of copra meal on growth performance of castrated Alpine goats

Items	Addition ratio of copra meal in diets (%)				SEM ²
	0	10	20	30	
Number of animal	5	5	5	5	—
Initial body weight, kg	43.8	43.6	43.3	43.3	2.5
Trial period, days	56	56	56	56	—
Dry matter intake, kg/day	1.32	1.41	1.25	1.21	—
Average daily gain, g	137 ± 18	177 ± 65	148 ± 59	156 ± 25	21
Feed conversion ratio ¹	9.6	8.0	8.4	7.8	—

¹ Feed conversion ratio was calculated as DMI/ADG.

² Average daily gain was not affected by the copra meal addition ($P > 0.05$).

相關飼養文獻多同意椰子粕的適口性是一需要考量的因素，Ehrlich *et al.* (1990) 研究放牧牛隻外加椰子粕任食，牛隻需要大約 2 週的訓練才能夠達到良好的採食。McCandlish and Weaver (1922) 餵飼乳牛亞麻籽粕、大豆粕、玉米筋粉、花生粕及椰子粕等多種蛋白質補充飼料原料，椰子粕組之採食量最低，推測椰子粕可能具有特殊風

味影響動物採食。影響高量椰子粕飼糧對羊隻採食量的另一個因素，可能是其飼糧高纖維與低 NSC 的含量，本次試驗 30% 椰子粕飼糧的 NDF 高達 47.8%，而 NSC 已降到 20.8%，由於瘤胃空間彈性有限，飼糧 NDF 含量會限制羊隻採食量。Aregheore (2006) 試驗結果與本次試驗所觀察到的一致，即肉羊採食量雖然隨飼糧中椰子粕含量增加而降低，但日增重及飼料轉換率則呈現增加及改善之效果，此亦符合 Aregheore and Susumu (2003) 之推論，當飼糧的蛋白質及能量的量與品質適當時，動物乾物質採食量會降低，但其採食之營養分仍可以符合動物用於維持、生長、懷孕、泌乳及產毛所需，即養分利用效率較高。椰子粕含相對高量中鏈脂肪酸，范等 (2016) 添加椰子粕於泌乳羊飼糧中，可顯著增加羊乳中鏈脂肪酸 C₁₂ 與 C₁₄ 比例，而中鏈脂肪酸是一類可快速吸收利用的高能量來源，被推薦為羊乳健康特色之一 (Haenlein, 2004)。由本次試驗結果推測，椰子粕的高過瘤胃蛋白質、較高量易消化吸收的中鏈脂肪酸及較高粗脂肪含量等特性，應該伴演著重要改善養分品質的角色，同時也顯示羊隻對高纖低 NSC 飼糧的耐受能力頗高。

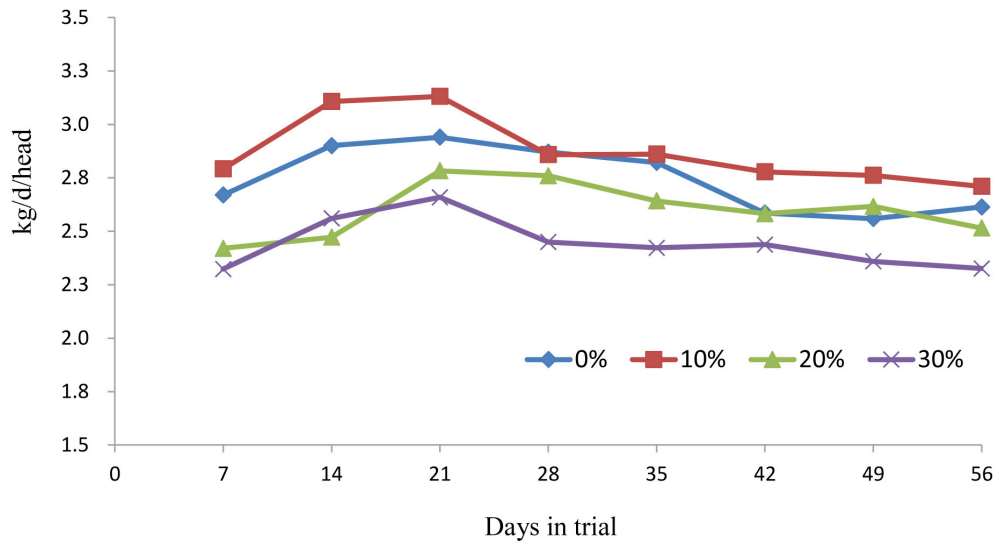


圖 1. 阿爾拜因閹公羊採食含 0 – 30% 椰子粕飼糧之每週採食量變化。X 軸：試驗日數；Y 軸：飼糧採食量 (餵飼基)，kg/ 日/ 頭。

Fig. 1. Weekly intake changes of castrated Alpine goats fed diets added with 0 – 30% copra meal. X axis: days in trial; Y axis: intake (as-fed basis), kg/d/head.

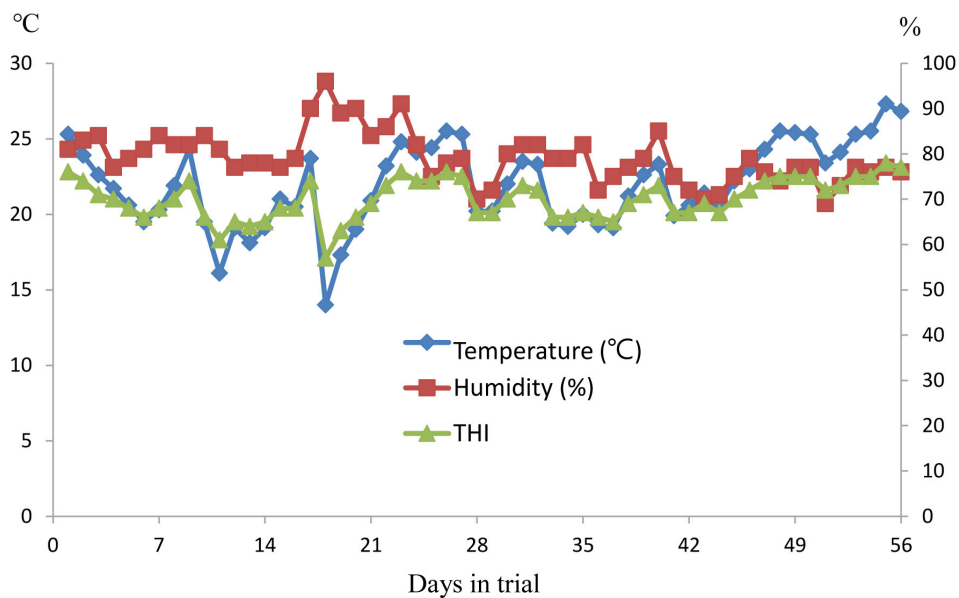


圖 2. 阿爾拜因閹公羊椰子粕飼養試驗期間的氣候日變化。X 軸：試驗日數；左 Y 軸：日均溫，°C；右 Y 軸：相對濕度，%、溫濕度指數。

Fig. 2. Daily climate changes during the copra meal feeding trial for castrated Alpine goats. X axis: days in trial; left Y axis: average temperature, °C; right Y axis: average relative humidity, %, and temperature and humidity index (THI).

應用椰子粕飼糧的經濟效益評估，以各組羊隻扣除飼料費後粗收入進行比較 (表 4)。每日每頭羊隻飼糧費用依試驗期間飼糧單價 (表 4 註腳) 與飼糧配方計算，四組每公斤飼糧乾物單價在 9.2 – 9.4 元，乘以各組羊隻實際乾物採食量得到每日每頭飼糧成本在 11.1 – 13.1 元，肉羊之增重收入以當時彰化縣肉品市場公告之閩公羊每公斤活體重 154 元為基準，乘以各組之日增重，得四組每頭羊每日增重收入為 21.1 – 27.3 元。每日總收入與飼糧費差異即得各組的扣除飼料費後粗收入，在 8.7 – 14.1 元。推算結果顯示，餵飼 10 – 30% 椰子粕飼糧三組之粗收入皆高於對照組，平均較對照組提升約 47% 之粗收入，並以增重最高的 10% 組最高，約增加 63%，轉換效率最佳的 30% 添加組也提升了 48% 的粗收入。試驗期間椰子粕購入價格為每公斤 8.7 元，經濟效益的評估除了受性能表現的影響外，也受各飼糧原料價格的變動而可能有所不同，效益分析結果提供應用上的參考。

綜合本次飼養試驗結果，顯示椰子粕可作為肉羊良好飼料來源。在國內的飼養環境下，生長肥育期之乳用閩公羊飼糧中可添加 10 – 30% 椰子粕，其增重表現、飼料轉換率及經濟效益都可以獲得明顯改善。飼糧添加 10% 椰子粕有助採食量，但添加 20 – 30% 高量椰子粕時，羊隻則需要 2 – 3 週的適應期。

表 4. 椰子粕飼糧對阿爾拜因閩公羊的經濟效益評估

Table 4. Economic evaluation for castrated Alpine goats fed copra meal diet

Items	Addition ratio of copra meal in diets (%)			
	0	10	20	30
Feed cost, NT\$/kg DM ¹	9.4	9.3	9.2	9.2
Daily feed cost, NT\$/goat	12.4	13.1	11.5	11.1
Daily income from BW gain, NT\$/ goat ²	21.1	27.3	22.8	24.0
IOFC, NT\$/goat/day ³	8.7 (100%)	14.1 (163%)	11.3 (163%)	12.9 (163%)

¹ The 2009 unit price (NT\$/kg) of diet ingredients (as fed basis) was 1.95 for corn silage, 4.80 for pangolagrass hay, 2.55 for wet brewer's grains+corn silage, 5.5 for soybean hull pellet, 8.55 for corn, 14.27 for soybean meal, 8.7 for copra meal, 11.43 for grain mixture of control group, 10.97 for 10% group, 10.55 for 20% group, and 10.15 for 30% group, respectively.

² Body weight (BW) price in Changhua auction market was NT\$ 154 per kg in 2009.

³ IOFC: Income over feed cost.

III. 椰子粕飼糧對乾乳羊瘤胃消化之影響

添加 0 – 24% 椰子粕的飼糧對乾乳羊瘤胃消化之影響整理於圖 3 及表 5。圖 3 顯示椰子粕飼糧對乾乳羊瘤胃內容物 pH 值、氨態氮、總 VFA 之日變化影響；表 5 之瘤胃 pH 值、氨態氮、總 VFA 及個別 VFA 濃度數據，皆以一日內 12 個採樣點數據之加權平均值 (以相鄰二採樣點測定值的平均乘以該採樣時間間距，加總後除以 24 小時) 表示。

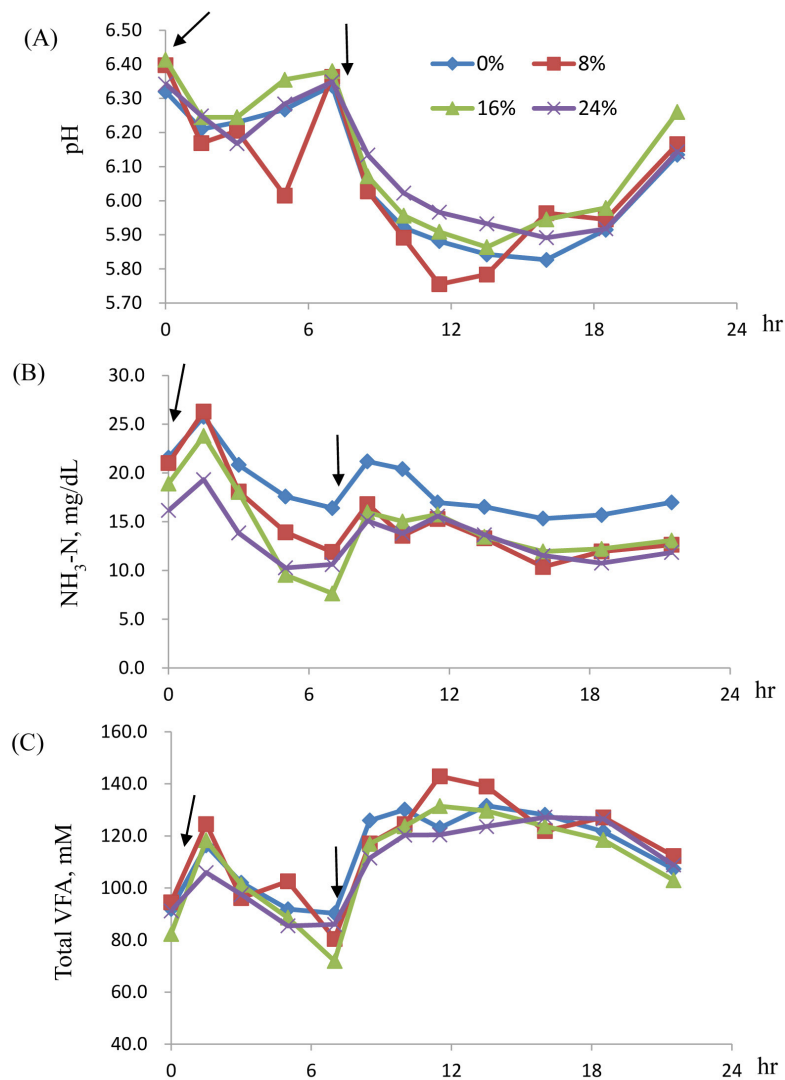
表 5. 椰子粕飼糧對乾乳羊瘤胃消化之影響^{1,2}

Table 5. Effects of dietary addition of copra meal on rumen fluid characteristics of dairy dry goats^{1,2}

Items	Addition ratio of copra meal in diets (%)				SEM ⁴
	0	8	16	24	
pH	6.06	6.05	6.13	6.10	0.06
Highest pH	6.34	6.40	6.41	6.35	—
Lowest pH	5.83	5.76	5.86	5.89	—
H - L	0.51	0.64	0.55	0.46	—
pH < 6.0, hrs	8.5	8.5	8.5	7.0	—
pH < 6.0, % of day	35	35	35	29	—
NH ₃ -N, mg/dL	18.3	14.9	14.2	13.2	2.8
Highest NH ₃ -N	25.8	26.3	23.8	19.3	—
Lowest NH ₃ -N	15.3	10.4	7.7	10.3	—
H - L	10.4	15.9	16.2	9.0	—

表 5. 椰子粕飼糧對乾乳羊瘤胃消化之影響^{1,2}(續)Table 5. Effects of dietary addition of copra meal on rumen fluid characteristics of dairy dry goats^{1,2}(continued)

Items	Addition ratio of copra meal in diets (%)				SEM ⁴
	0	8	16	24	
Volatile fatty acids, molar %					
C ₂	66.7	66.1	65.4	67.6	0.6
C ₃	18.2	18.7	18.9	16.9	0.4
C ₄	12.5	12.6	13.1	13.4	0.3
C ₂ /C ₃	3.7	3.5	3.5	4.0	—
Total VFA, mM ³	113.5	115.8	109.3	109.8	7.0

¹ Four rumen-cannulated Alpine dry goats in a 4 × 4 Latin square design with 14 days a period.² Data were expressed as the 24-hr weighed results.³ Total VFA: the sum of C₂, C₃, iso-C₄, C₄, iso-C₅, C₅, C₆, and C₇.⁴ All the rumen fluid parameters were not affected by the copra meal addition (P > 0.05).圖 3. 椰子粕飼糧對乾乳羊瘤胃 pH、氨態氮及總揮發性脂肪酸等日變化之影響。在一個 4 × 4 拉丁方試驗中，椰子粕分別添加入飼糧乾基的 0, 8, 16 或 24%。X 軸：上午 8：00 餵飼 (0 hr) 後時間，小時；Y 軸：瘤胃 pH 值 (A)、NH₃-N, mg/dL (B) 及 Total VFA, mM (C)，箭頭指餵飼時間。Fig. 3. Effect of copra meal diet on the diurnal ruminal pH, NH₃-N, and total VFA change of dairy dry goats. Copra meal was added in diet 0, 8, 16 or 24% (DM basis) in a 4 × 4 Latin square design. X: hrs after 8-am feeding; Y: ruminal pH (A), NH₃-N, mg/dL (B), and Total VFA, mM (C). Arrows indicate the twice feeding.

瘤胃內容物 pH 值之加權平均值、最高值、最低值、差異值及低於 6.0 的時間與比例，在各處理組間無顯著差異。瘤胃 pH 值於下午 3 點餵飼後的 5 – 9 小時降到最低 (約夜間 8 – 凌晨 0 點)，四組瘤胃 pH 約在下午 6 點至凌晨 2 點 30 分的 8 個小時內，低於一般認為影響牛隻瘤胃健康的 6.0 以下，McCarthy *et al.* (1989) 指出瘤胃 pH 值 6.8 時纖維分解菌活性最佳，當 pH 值降低纖維消化率也會隨著下降，特別是在 6.0 以下時。瘤胃氨態氮於早上餵飼後 1.5 小時濃度最高，四組瘤胃氨態氮加權平均濃度介於 18.3 – 13.2 mg/dL 之間，椰子粕添加不影響瘤胃氨態氮濃度但有較低之趨勢 (圖 3 (B))，推測可能是由於處理組飼糧以椰子粕取代部分大豆粕，椰子粕過瘤胃蛋白比例較大豆粕為高，因此降低在瘤胃的釋出，也表示氮利用率的改善。採樣期間之瘤胃內容物個別乙酸、丙酸、丁酸及總 VFA 濃度在處理組間亦無顯著差異，VFA 濃度相近表示三種不同含量之椰子粕飼糧在瘤胃中發酵程度與對照組相近，至於文獻提及椰子粕脂肪酸中含有較高比例的月桂酸，有抗菌及抗真菌特性而可能會影響到瘤胃代謝環境 (Virgin Coconut Oil Book, 2003) 之疑慮，在本次試驗觀察所得的瘤胃消化反應中應未發生，因此羊隻飼糧添加到 24% 的椰子粕應未造成對瘤胃微生物發酵的抑制作用。本次瘤胃消化試驗結果顯示，乾乳羊飼糧添加 8 – 24% 椰子粕並不會影響羊隻瘤胃消化環境。

參考文獻

- 中央氣象局。2021。農業氣象觀測網監測系統。<https://agr.cwb.gov.tw/NAGR/>。
- 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 40：59-65。
- 范耕榛、蕭宗法、李春芳。2016。泌乳山羊飼糧中椰子粕適當用量之探討。畜產研究 49：50-59。
- 行政院農業委員會畜產試驗所。2011。臺灣飼料成分手冊，第三版。畜產試驗所專輯第 147 號，臺南市。
- 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.
- Aregheore, E. M. and G. Susumu. 2003. Nutritive value of breadfruit (*Artocarpus altilis*, Park) in concentrate supplement of growing crossbred Anglo-Nubian goats. Thai. J. Agric. Sci. 36: 121-128.
- Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Chaney, A. L. and E. P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8: 130-132.
- 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.
- Firkins, J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. J. Dairy Sci. 80: 1426-1437.
- Galgai, 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.
- Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. J. Dairy Sci. 80: 1438-1446.
- Gulbrandsen, B., N. F. Standfast, and T. J. Kempton. 1990. Supplementation of grazing steers with copra meal. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 18: 236-239.
- 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 pasture hay. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 2: 77-84.
- Heuzé, V., G. Tran, D. Sauvant, and D. Bastianelli. 2015. Copra meal and coconut by-products. Retrieved from <https://www.feedipedia.org/node/46>
- 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.
- McCarthy, R. D., T. H. Klusmeyer, Jr. J. L. Vicini, and J. H. Clark. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. J. Dairy Sci. 72: 2002-2016.
- 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.

- Mondal, G., T. K. Walli, and A. K. Patra, 2008. In vitro and in sacco ruminal protein degradability of common Indian feed ingredients. *Livest. Res. Rural Dev.*, 20: 63. Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/mond20063.htm>.
- 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.
- Sriskandarajah, N. and M. Komolong. 1987. Evaluation of crop by-products for ruminant feeding in Papua New Guinea. *Proc. 4th AAAP Anim. Science Cong.*, pp. 293, Hamilton, New Zealand.
- 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.
- Virgin Coconut Oil Book. 2003. *Virgin Coconut Oil*. The Coconut Diet Forum. <http://coconut-info.com/>.
- Woodford, S. T. and M. R. Murphy. 1988. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 71: 674-686.
- 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.

Effect of dietary addition of copra meal on growth performance and rumen digestion of Alpine goats ⁽¹⁾

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

Received: Jul. 13, 2021; Accepted: Oct. 8, 2021

Abstract

Copra meal is one of the rich by-product for feed ingredients in Southeast Asia. To increase the diverse feed resources, imported copra meal was added into goat diets at different levels. The study explores into the growth performance and economic benefit and evaluates rumen digestion. The study aims to recommend the proper utilization of copra meal in diets for growing Alpine goats. A total of 20 head of castrated Alpine goats with averaged body weight of 43.5 kg were randomly assigned into four treatments and group-fed for 56 days. Four iso-nitrogen and energy diets were formulated according to NRC (2007) recommendation to include copra meal at 0, 10, 20, or 30% (dry matter basis). Diets were constituted by corn silage, pangolagrass hay, wet brewer's grains and grain mixture. Copra meal substituted partially the pangolagrass hay, corn and soybean meal. Results from growing trial indicated castrated goats needed two to three weeks to adapt diets containing 20 – 30% copra meal. Four goat groups fed diets with 0 – 30% copra meal had daily dry matter intake per head of 1.32, 1.41, 1.25, and 1.21 kg, daily body weight gain of 137, 177, 148, and 156 g, and feed conversion ratio (DMI/ADG) of 9.6, 8.0, 8.4, and 7.8, respectively. The addition of copra meal showed strong tendency in improving the goat's daily gain by 17% and efficiency by 16%. Ruminant digestion trial was conducted by four rumen-cannulated Alpine dry goats in a 4 × 4 Latin square design with 14 days a period. At the last 48 h of each period, rumen content were sampled every 1.5 to 3 hours. Dry goats consumed diets containing copra meal at 0, 8, 16, or 24% sequentially. Results from rumen digestion showed diets with 8 – 24% copra meal would not affect any rumen digestion parameter. Diurnal and weighed pH, NH₃-N and total volatile fatty acids of rumen content of four groups were averaged 6.09, 15.2 mg/dL and 112 mM, respectively. In summary, copra meal could become a good alternative feed source for dairy goats to produce meat. It will not affect the rumen digestion but requires adaptation when formulated at medium to high level in diets. Under our feeding condition, copra meal could be added into diet 10 – 30% for castrated growing Alpine goats. The body weight gain, feed conversion efficiency, and economic benefits all achieve numerically better performance.

Key words: Copra meal, Alpine goat, Growth, Rumen digestion.

(1) Contribution No. 2681 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Deputy Director General Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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