

菇類副產物對仔羊之生長性能、糞便指數及血液抗氧化物之影響⁽¹⁾

施柏齡⁽²⁾ 李宗育⁽²⁾ 呂昀陞⁽⁴⁾ 李滋泰⁽⁵⁾ 范耕榛⁽³⁾⁽⁶⁾

收件日期：113 年 7 月 3 日；接受日期：114 年 3 月 20 日

摘 要

本試驗旨在研究餵飼菇類副產物對仔羊之生長性能、糞便指數及血液抗氧化物之影響，評估仔羊餵飼農副產物的效果，以提升農副產物之資源再利用。40 頭 4 週齡之阿爾拜因及撒能之雜交仔羊，逢機分配至 4 個飼糧處理組中，每處理組 5 重複（欄），每欄 2 隻仔羊。飼糧處理組包括以基礎玉米—大豆粕飼糧（對照組），飼糧中添加烘乾粉碎之 3% 杏鮑菇副產物、3% 金針菇副產物、杏鮑菇副產物與金針菇副產物各 1.5% 等 4 種飼糧。試驗為期 12 週，試驗期間 0—4 週（5—8 週齡）仔羊每日給予 1,000 mL 代用乳（150 克乳粉還原配製），採精料任飼與自由飲水方式。試驗期間測定仔羊生長性能、糞便指數、血液性狀及血液脂質代謝等。結果顯示，金針菇副產物之總酚類化合物、還原力及自由基清除能力（DPPH）均高於杏鮑菇副產物。飼糧添加 1.5% 杏鮑菇副產物與 1.5% 金針菇副產物處理組於試驗 0—12 週全期之仔羊增重顯著高於對照組（ $P < 0.05$ ），但於 0—4 週、5—8 週及 9—12 週試驗期間，仔羊飼料採食量與飼料轉換率各處理組之間並無顯著差異。試驗在 9—12 週期間飼糧添加 3% 金針菇副產物及兩種副產物各 1.5% 組之糞便指數顯著低於對照組（ $P < 0.05$ ）；仔羊添加菇類副產物處理組之第 4 週及第 12 週血液 IgM 含量均顯著高於對照組（ $P < 0.05$ ）；綜合上述，試驗全期以添加 1.5% 兩種菇類副產物處理組增重效果顯著最佳，菇類副產物具有促進仔羊健康與生長的潛力。

關鍵詞：菇類副產物、生長性能、仔羊。

緒 言

隨著全球飼料原料價格上漲，農業廢棄物資源循環利用的概念已經廣被禽畜飼養業者採用，研發農業資源廢棄物再製技術，轉變成禽畜可利用之飼料原料，如能利用農業副產物取代部分進口之飼料原料與乾草，可以降低禽畜生產成本並減少農業副產物廢棄處理成本。菇類每年產量約為 140,464 公噸，下腳料若以 10% 計算，約為 14,046 公噸（臺灣菇類發展協會，2020）。如能將菇類副產物或下腳料有效飼料化，可改善飼養成本及環保之問題。臺灣逐年限縮飼料中可使用的抗生素種類，畜產業界必須積極開發具保健功效之飼料添加物，以改善經濟動物之健康狀況（Antunes *et al.*, 2020），菇類副產物可能是其中的選項之一。

利用國產農業副產物之植物多醣，可取代抗生素生長促進劑（antibiotic growth promoters, AGPs）使用，維護畜禽健康（施等，2022）。菇類富含多種機能性成分，包含多醣體、三萜類及多酚化合物等，試驗證實菇類可以調節免疫力、抗發炎、抗腫瘤、抗細菌、抗病毒、降膽固醇及降血糖等功效（Lee *et al.*, 2015; Mahfuz *et al.*, 2020a）。例如添加菇類及白木耳等副產物，其所含之多醣能提高畜禽之生長性能，並有取代抗生素之效果；杏鮑菇具生理活性蛋白如漆酶（laccase），能降解植物細胞壁中之木質素（Wang and Ng, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008）；抗菌蛋白（hemolysin）能抑制芽孢桿菌（*Bacillus*）的生長（Ngai and Ng, 2006）。金針菇具抗氧化性的超氧歧化酶（superoxide dismutase, SOD）富含胺基酸、維生素、糖蛋白及多醣等物質，並具有降血清膽固醇及抗癌作用（Manzi and Pizzoferrato, 2000）。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2817 號。

(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。

(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。

(4) 農業部畜產試驗所植物病理組。

(5) 國立中興大學動物科學系，40227 臺中市南區興大路 145 號。

(6) 通訊作者，E-mail: m38208@mail.tlri.gov.tw。

菇類多醣體富含酚類、DPPH (α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) 清除力及鐵離子螯合力 (抗氧化力指標) 具有免疫刺激與不同程度清除自由基之抗氧化功效 (Gyamfi *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2008; Manzi and Pizzoferrato, 2000; Hsieh *et al.*, 2021)。Lai *et al.* (2015) 指出蛋雞採食杏鮑菇可提高產蛋率、蛋品質及抗氧化力。施等 (2022) 以土雞飼予蟲草與杏鮑菇可促進土雞生長、飼料轉換率及健康且不影響其屠體性狀，顯示菇類副產物具有保健之飼料添加物的潛力。本試驗將以金針菇及杏鮑菇加工過程中所產生之副產物作為飼料原料，將其添加於仔羊飼糧，評估其對仔羊的生長性能、血液性狀及糞便指數，以提升菇類副產物之使用價值。

材料與方法

I. 菇類副產物營養成分及機能性成分分析

菇類副產物包含：杏鮑菇修整後副產物 (*Pleurotus eryngii* stalk residue, PESR) (來源為青松農場，臺中市新社區)、金針菇修整後副產物 (*Flammulina velutipes* stalk residue, FVSR) (來源為社頭養菇農場，彰化縣社頭鄉)，分別以烘箱 60°C 烘乾後，磨粉備用。營養成分依 AOAC (2019) 分析粗蛋白、粗纖維、鈣及磷等含量。機能性成分分析前，先以粉末乾重 10 倍的蒸餾水萃取 2 小時 (100°C)，之後減壓濃縮至適當體積，冷凍乾燥後備用。機能性成分分析包含多醣體 (polysaccharide)、總酚類物 (total phenolics)、黃酮類物 (flavonoid)、三萜類物 (triterpenoid)、麥角硫因 (ergothioneine) 和腺苷 (adenosine) 等含量分析依 Hsieh *et al.* (2021) 測定之，並測定抗氧化力。

- (i) 多醣體含量測定：取乾燥樣品粉末 0.1 g 加 0.75 N HCl 5 mL 於沸水中迴流加熱及過濾後，萃取液經適當稀釋，加苯酚溶液 0.5 mL 再加濃硫酸 2.5 mL，作用 30 min 後，測 OD_{488 nm} 下的吸光值。
- (ii) 總多酚化合物測定：取 0.1 g 的乾燥樣品粉末之氫氧化鈉萃取液，經適當稀釋後與 Folin-Ciocalteu reagent 0.25 mL 反應，最後加入 20% Na₂CO₃ 0.25 mL 作用 2 h 後，以 OD_{750 nm} 測定吸光值，並以不同濃度之沒食子酸 (gallic acid) 作為對照。
- (iii) 總黃酮含量測定：取適量樣品，以 70% 酒精進行 16 h 萃取。實驗取 200 μ L 酒精萃取液加入 70% 酒精 1,140 μ L 及 5% NaNO₂ 60 μ L，混合後反應 6 min，加入 10% Al (NO₃)₃ · 9H₂O 600 μ L 反應 6 min，加入 1 N NaOH 2,000 μ L 混合後反應 15 min，測 OD_{510 nm} 吸光值。並以不同濃度槲皮素 (quercetin) 為標準品，製作標準曲線。
- (iv) 總三萜類含量測定：總三萜類分析樣品，取樣品 0.1 mL 加入香草酸冰醋酸溶液 0.4 mL 和過氯酸 0.8 mL，經水浴後加入冰醋酸 0.2 mL 反應 15 min。以分光光度計測定 OD_{548 nm} 吸光值。
- (v) 麥角硫因和腺苷含量測定：以高效能液相層析儀，分別配製成不同濃度之標準品溶液，分析條件為移動相為水和甲醇，樣品注入體積為 10 μ L，流速 0.8 mL/min，分析管柱為高效逆向層析管柱 (GL Science 138 ODS-3, 5 μ m, 4.6 $\times$ 250 mm)，以 UV 260 nm 波長偵測樣品含量。
- (vi) 菇類副產物抗氧化分析項目包含總酚類化合物、還原力、螯合亞鐵離子能力及清除 DPPH 自由基等項目 Lee *et al.* (2013) 所述分析。

II. 試驗動物與飼糧處理

動物試驗經過畜試所實驗動物照護及使用小組審核通過 (畜試動字 104-27)，本試驗使用畜試所營養組仔羊進行。以 40 頭 4 週齡之阿爾拜因及撒能之雜交仔羊，隨機分配至 4 個飼糧處理組中，每處理組 5 重複 (欄)，每欄 2 隻仔羊。基礎日糧為以玉米、大豆粕為主的精料 (表 1)，將其設為對照組。處理組為基礎日糧外加 3% 菇類副產物粉末，分為 3% 杏鮑菇組、3% 金針菇組及各添加 1.5% 之混合組，試驗為期 12 週，8 週齡前 (試驗 0 – 4 週) 之仔羊每日給予 1,000 mL 代用乳 (150 克代乳粉還原配製)，教槽料及飲水任飼，8 週齡 (試驗第 4 週結束時) 離乳。測定仔羊生長性能、糞便指數及血液性狀等。

III. 測定項目

- (i) 試驗期間共計 12 週，測定飼糧營養組成、記錄採食量及增重，並計算飼料轉換率 (飼料量 / 增重)。
- (ii) 於試驗開始及試驗期間，每日上、下午定時由專人個別觀察仔羊糞便指數 (Burke *et al.*, 2013)，並以當天糞便最高分數的觀察值之評分做為該欄當日的分數。
糞便指數由形狀評分為 1 到 5 分：
1 分—正常：堅而不硬，成粒狀。
2 分—軟：糞便不成型，堆積成一團，不流動。

- 3 分—半固液：黏稠帶顆粒狀，固定在木條或斜板上。
- 4 分—液狀：分濺在床單上，範圍小，流動性低。
- 5 分—水漾狀：完全液態，落下後流至溝槽中。

表 1. 仔羊基礎試驗飼糧組成

Table 1. The compositions of basal diet for goat kids

Item	%
Dehydrated alfalfa pellet	13.05
Skim milk powder	5.22
Soybean hull	5.22
Corn, ground	49.60
Soybean meal, CP 43%	13.05
Soybean oil	1.30
Fish meal, CP 65%	3.91
Whey powder	5.22
Molasses	1.30
Salt	0.26
Limestone, pulverized	1.04
Dicalcium phosphate	0.52
Vitamin premix ^a	0.18
Mineral premix ^b	0.13
Total	100
Calculated value	
ME, kcal/kg	2,870
Analyzed value, %	
Crude protein	17.15
Crude fiber	5.79
Calcium	1.51
Total phosphorus	0.56

^a Vitamin premix included 0.18% of vitamins. Each gram of vitamin premix contained 10,000 IU of vitamin A, 2,000 IU of vitamin D₃, and 55 IU of vitamin E.

^b Mineral premix included 0.13% of mineral. Each kilogram of mineral premix contained 16 gm of Cu, 15 gm of Mn, 0.2 g of Co, 53 g of Zn, 1 g of I, and 0.5 g of Se.

- (iii) 試驗期間第 4、8 及第 12 週時，各組各 10 頭仔羊採血，保定後以頸靜脈抽 10 mL，測定血中免疫球蛋白 (IgG、IgA、IgM) 含量等 (施等, 2022)，另以 3,000 g 轉速離心 10 min 後得之血清，凍存於 -20℃ 冷凍庫備檢。參考白等 (1996) 方法，以血液生化分析儀 (Hitachi 7150, Japan) 分析血中葡萄糖 (glucose)、天門冬胺酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)、丙胺酸轉胺酶 (glutamic pyruvic transaminase, GPT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, ALB)、球蛋白 (globulin)、尿素氮 (urea nitrogen)、肌酸酐 (creatinine, CREA)、總膽固醇 (total cholesterol)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、高密度脂蛋白 (high-density lipoprotein, HDL)、低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL)。試驗第 12 週依 Lee *et al.* (2013) 方法測定抗氧化力，包括穀胱甘過氧化酶 (glutathione peroxidase, GPx)、抗氧化物 (antioxidant)、過氧化氫酶 (catalase, CAT)、超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 及硫代巴比妥酸反應性物質 (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)。

- (iv) 試驗飼糧一般營養成分：飼糧中粗蛋白，粗纖維、鈣及磷含量依 AOAC (2019) 方法進行。

IV. 統計分析

試驗所得數值資料採用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2014) 進行分析，以飼料為處理，使用一般線性模式 (general

linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以最小平方均值 (least square mean, LSM) 進行試驗資料處理間差異比較。使用的數學模型為

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = 欄中仔羊之觀察值； μ = 總平均值； T_i = 飼糧處理的固定效應； ε_{ij} = 當欄位為試驗單位時的殘差誤差。

試驗單位以 4 種飼糧處理組別進行分析，仔羊依照完全隨機設計分佈在 20 個欄位內。使用變異數分析比較 4 種飼糧處理之間的平均值，如果變量受到處理影響顯著，則以 $P < 0.05$ 代表顯著性差異。

結果與討論

I. 菇類副產物營養成分分析及抗氧化力

由菇類副產物營養成分分析結果顯示，杏鮑菇副產物一般營養成分無論是粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維、鈣及磷含量均較金針菇副產物略高，但兩者整體營養成分分析值結果相近 (表 2)。由兩種菇類副產物抗氧化力分析結果，無論以總酚類化合物、還原力及 DPPH 清除率 (清除自由基)，均以金針菇副產物較杏鮑菇副產物為高。分析兩種菇類副產物之機能性成分如表 2，菇類副產物之杏鮑菇子實體之粗蛋白質為 17.3% (乾基) (施等, 2022)，Hsieh *et al.* (2021) 研究顯示杏鮑菇及秀珍菇副產物之粗蛋白質含量分別為 17.21 及 22.42%，本試驗之杏鮑菇副產物之粗蛋白質含量略低於文獻值，副產物可能受基質影響，營養成分略低於子實體；兩種菇類副產物機能性成分分析結果發現杏鮑菇副產物總多醣體略高於金針菇副產物 (2.5% vs. 1.8%)；總酚類物、三帖類物及總黃酮含量則以金針菇副產物較高；麥角固醇及腺苷含量則以杏鮑菇副產物有較高之現象，二種菇類副產物成分分析值，除中洗纖維呈顯著差異之外 ($P < 0.05$)，其餘分析項目則在統計上未有顯著差異。Lee *et al.* (2016) 指出杏鮑菇每克乾物重含粗多醣 1.65 mg，麥角固醇 1.25 mg，總多酚化合物 5 mg，腺苷 0.58 mg，本試驗菇類副產物機能成分分析值與其結果相似。

表 2. 菇類副產物營養分及機能成分分析值

Table 2. The nutrient analyzed value and bioactive compound for stalk residue of *Pleurotus eryngii* and stalk residue of *Flammulina velutipes*¹

Items	PESR	FVSR
Moisture, %	11.79	7.29
Crude protein, %	15.05 ± 0.11*	14.58 ± 0.44
Calcium, %	0.55 ± 0.03	0.29 ± 0.06
Phosphorus, %	0.40 ± 0.02	0.87 ± 0.05
Acid-detergent fiber, %	29.53 ± 1.15	23.09 ± 1.73
Neutral-detergent fiber, %	40.80 ± 1.12 ^a	33.53 ± 1.15 ^b
Crude polysaccharide (mg/g DW*)	2.5 ± 0.13	1.8 ± 0.06
Total phenolics (mg/g DW*)	4.5 ± 0.12	5.8 ± 0.18
Crude triterpenoid (mg/g DW*)	0.9 ± 0.60	1.9 ± 0.29
Flavonoid (mg/g DW*)	3.2 ± 0.28	4.4 ± 0.23
Ergothioneine (mg/g DW*)	1.18 ± 0.14	0.50 ± 0.12
Adenosine (mg/g DW*)	0.4 ± 0.05	0.3 ± 0.06
Ferrous ion chelating power, %	60 ± 2.89	75 ± 2.96
DPPH radical scavenging activity (mg/mL)	47 ± 3.18	54 ± 2.31

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 4.

* mean ± SE.

DW*: dry weight.

Hsieh *et al.* (2021) 研究結果顯示杏鮑菇及金針菇之 DPPH 分別為 34 及 28%，而本試驗結果杏鮑菇副產物與金針菇副產物之 DPPH 分別為 47 及 54%，本試驗結果高於先前 Hsieh *et al.* (2021) 之杏鮑菇及金針菇研究結果；然而該篇文獻中鐵離子螯合力分別為 70 及 79%，則略高於本試驗結果。整體而言，金針菇副產物與杏鮑菇副產物均具有抗氧化力之機能性。

II. 生長性能

飼糧添加菇類副產物對仔羊生長之影響如表 3，仔羊採食量無論是試驗第 0—4 週、5—8 週、9—12 週或全期均以 1.5% 杏鮑菇及 1.5% 金針菇副產物處理組有提高之趨勢 ($P < 0.1$)，但未達顯著差異。於 0—8 週試驗期間，雖仔羊增重以對照組有較低的趨勢 ($P < 0.1$)，但未達顯著差異，隨試驗日期拉長至 9—12 週時，添加菇類副產物飼糧處理組顯著較對照組提高仔羊增重 ($P < 0.05$)。綜合 0—12 週試驗全期而言，添加兩種各 1.5% 菇類副產物處理組顯著高於對照組仔羊增重 ($P < 0.05$)；但無論是 0—4 週、5—8 週及 9—12 週試驗期間，仔羊飼料轉換率於各組之間結果均相近；試驗第 9—12 週添加兩種各 1.5% 菇類副產物處理組明顯提高仔羊增重，可能是因為有較高採食量所致，但採食量未達統計上之顯著差異。蘇等 (2002) 研究使用撒能與阿爾拜因仔羊，每日餵以 0.5 kg、1.0 kg 或任食由代奶粉所沖泡的乳汁及搭配教槽料（精料與切碎盤固乾草）任食 10 週，結果顯示 5—7 週及 7—10 週齡公仔羊平均每日增重、飼料採食量及飼料換肉率，分別為 0.108—0.246 kg、0.411—0.683 kg、3.17—9.34；仔母羊分別為 0.120—0.234 kg、0.411—0.683 kg、2.23—8.16，仔羊離乳前之增重，受到仔羊初生體重、營養、品種與性別等影響，在離乳前，持續採食足夠乳汁是有其必要性，且教槽料亦要充足的供應仔羊任食，以滿足仔羊在離乳前增重之營養需要量。Lee *et al.* (2013) 發現添加 1—2% 菇類副產物可提高肉雞增重，施等 (2022) 研究發現，添加 0.5% 蟲草米及 0.5% 杏鮑菇飼料土雞 16 週可明顯提高雞在隻增重及改善飼料轉換率。

表 3. 飼糧添加菇類副產物對仔羊採食量及生長性能之影響

Table 3. Supplementation of mushroom stalk residue on feed intake and growth performances of goat kids

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR
0—4 weeks ²				
Feed intake, g/d/head	278 ± 51.61*	298 ± 42.53	291 ± 39.35	291 ± 59.96
Body weight gain, g /d/head	142 ± 9.50	159 ± 7.32	161 ± 8.34	166 ± 12.67
Feed conversion ratio (Feed/gain)	1.95 ± 0.17	1.88 ± 0.12	1.81 ± 0.10	1.72 ± 0.06
5—8 weeks				
Feed intake, g /d/head	512 ± 51.84	484 ± 96.28	490 ± 103.1	580 ± 96.97
Body weight gain, g/d/head	148 ± 5.43	167 ± 7.63	156 ± 11.68	166 ± 10.76
Feed conversion ratio (Feed/gain)	3.35 ± 0.43	2.88 ± 0.55	3.28 ± 0.63	3.48 ± 0.51
9—12 weeks				
Feed intake, g/d/head	694 ± 68.97	731 ± 97.59	770 ± 107.3	820 ± 71.41
Body weight gain, g/d/head	149 ^c ± 8.58	158 ^{bc} ± 7.51	178 ^{ab} ± 7.96	187 ^a ± 12.50
Feed conversion ratio (Feed/gain)	4.50 ± 0.28	4.71 ± 0.37	4.68 ± 0.26	4.43 ± 0.24
0—12 weeks				
Start BW, kg/head	6.81 ± 0.28	6.89 ± 0.28	6.97 ± 0.35	6.76 ± 0.35
Finish BW, kg/head	19.08 ^b ± 1.48	20.33 ^{ab} ± 1.13	20.83 ^{ab} ± 1.38	21.30 ^a ± 1.09
Feed intake, g/d/head	453 ± 57.25	478 ± 97.87	451 ± 81.18	521 ± 72.52
Body weight gain, g/d/head	146 ^b ± 14.45	160 ^{ab} ± 15.78	165 ^{ab} ± 18.07	173 ^a ± 31.64
Feed conversion ratio (Feed/gain)	3.10 ± 0.05	2.98 ± 0.10	2.78 ± 0.05	3.01 ± 0.07

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

^{2, 3} The feed intake consisted of 1,000 mL of milk replacer (prepared with 150 grams of milk powder) daily from 0 to 4 weeks.

n = 5.

* mean ± SD.

范等 (2020) 以菇類副產物餵飼泌乳山羊評估泌乳性能及保健之效果，顯示 3% 金針菇類副產物及 2% 杏鮑菇類副產物有較高的趨勢 ($P < 0.1$)，但在乳脂率及乳蛋白率則與對照組並無明顯差異。Soon (2014) 使用韓國黑山羊 (Korean black goats) 於完全混合日糧 (total mixed ration, TMR) 中添加菇類副產物進行飼養試驗，結果顯示 TMR 含 10 – 15% 菇類副產物較未添加或添加 5% 菇類副產物組改善羊隻增重、乾物質及氮表面消化率，並推薦使用菇類副產物作為反芻動物取代傳統芻料作為原料來源。在本試驗結果也顯示餵飼菇類副產物飼糧有提高仔羊增重之效果，具有飼料應用上的潛力。

表 4. 飼糧添加菇類副產物對仔羊糞便指數之影響

Table 4. Supplementation of mushroom stalk residue on fecal index of goat kids

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR	SEM
4 weeks	1.87	1.32	1.39	1.39	0.18
8 weeks	1.54	1.10	1.23	1.12	0.11
12 weeks	1.56 ^a	1.42 ^{ab}	1.18 ^b	1.08 ^b	0.12

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 5.

表 5. 飼糧添加菇類副產物對仔羊血液免疫蛋白含量之影響

Table 5. Supplementation of mushroom stalk residue on the immune response of goat kids

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR	SEM
IgA, µg/mL					
4 weeks	43.6	36.2	32.7	36.5	5.95
8 weeks	37.6	45.9	51.7	46.5	6.04
12 weeks	26.6 ^b	49.4 ^a	38.7 ^a	30.4 ^{ab}	3.47
Mean	40.8	43.8	39.2	39.8	3.27
IgM, µg/mL					
4 weeks	1,832 ^b	1,879 ^b	2,311 ^a	2,398 ^a	114
8 weeks	1,766	1,758	1,818	1,756	127
12 weeks	1,473 ^b	1,531 ^a	1,535 ^a	1,560 ^a	18.8
Mean	1,387	1,506	1,466	1,571	110
IgG, µg/mL					
4 weeks	1,535	1,430	1,189	1,420	217
8 weeks	3,933	4,590	4,489	4,297	791
12 weeks	6,884	8,602	7,554	6,656	534
Mean	4,084	4,874	4,374	3,857	446

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 10.

在仔羊糞便指數方面，試驗開始時在各處理組糞便指數結果均相近，於 0 – 4 週及 5 – 8 週時仔羊糞便指數雖以對照組有提高之趨勢 ($P < 0.1$)，但在統計上尚未達到顯著差異；但 9 – 12 週試驗期則以添加 3% 金針菇副產物及兩種菇類副產物各 1.5% 處理組明顯較對照組降低糞便指數 ($P < 0.05$)，顯示添加金針菇副產物或混合菇類副產物可減輕下痢症狀。Hsieh *et al.* (2021) 發現白肉雞採食菇類可提高肉雞迴腸及盲腸中微生物增殖作用，尤其是金針菇副產物。Guo *et al.* (2018a) 以不同比例杏鮑菇副產物補充於三品雜交哺乳仔豬作為墊料 (mushroom bed) 及自由採食，結果發現當添加杏鮑菇副產物時，可提高哺乳豬日增重較未添加菇副產物者為高，下痢頻率及死亡率亦明顯降低，同時可促進空腸及迴腸消化酵素活性之發展，試驗中添加杏鮑菇副產物比例愈高，則效

果越明顯，該試驗證實菇類副產物可使仔豬結直腸中有較高益生菌（乳酸菌類）菌量，同時顯著減少沙門氏菌及病原性大腸桿菌菌數。Dan and Hao (2023) 以 2 – 4% 金針菇飼予離乳後仔豬 28 日齡可顯著減少仔豬下痢症狀及頻率，同時添加 2% 菇副產物組可提高仔豬氮消化率。上述研究結果可能說明本試驗餵飼仔羊金針菇副產物及兩種菇副產物混合組，可能可以促進消化道器官功能性發育及益生菌優勢化，進而降低仔羊下痢症狀，進而提高仔羊日增重的結果。

III. 血液性狀

在仔羊血液免疫球蛋白 (immunoglobulin, Ig) 含量方面，試驗期間第 12 週時以添加 3% 杏鮑菇副產物或 3% 金針菇副產物處理組顯著較對照組提高血中 IgA ($P < 0.05$)，第 4 及 8 週則無明顯變化；而血液 IgM 於試驗第 4 週及第 12 週時均以添加菇類副產物處理組明顯較對照組提高 ($P < 0.05$)；血液 IgG 含量於各試驗分期階段及全期之結果於各處理組之間均相近。

免疫球蛋白主要由漿細胞分泌，被免疫系統用於鑑別與中和外來物質（抗原）如細菌、病毒等病原體的 Y 字型單體。抗體分泌由含蛋白質的抗原所刺激依賴 T 淋巴細胞反應分泌 IgG 為主，由多醣體抗原所誘發非依賴 T 淋巴細胞反應，主要分泌 IgM 為主。菇類多醣體可能經門脈循環進入仔羊體內，具有免疫調節及輔助免疫反應之功能，能激活巨噬細胞、樹突狀細胞和自然殺手細胞，透過促進細胞激素的分泌，啟動細胞本身的活化作用，增強免疫反應。Guo *et al.* (2018b) 試驗指稱，以 25% 鋸木屑 + 25% 稻穀 + 50% 杏鮑菇副產物作為哺乳豬墊料並供自由採食，發現可提高仔豬血中 T 淋巴球及 B 淋巴球含量之趨勢，同時提升小腸粘膜之 IgA 免疫球蛋白含量明顯增加，此可能經由激活細胞激素 interleukin-1 (IL-1)、interleukin-6 (IL-6) 及 tumor necrosis factor- α (TNF- α) 等，造成特異性免疫球蛋白 IgA 或 IgM 含量之提升，其結論與本試驗仔羊採食菇類可提升血中 IgA 具有一致性。Long *et al.* (2024) 以杏鮑菇副產物餵飼黑山羊仔羊，發現可提升仔羊血中 IgA 及 IgM 含量，並減少血中 GOT 及 interleukin-6 (IL-6) 含量；上述研究結論與本試驗仔羊採食菇類具有提高免疫球蛋白之結果相似。

飼糧添加菇類副產物對仔羊血液抗氧化物含量之影響如表 6，仔羊經 12 週飼養試驗期之後，血中抗氧化物、麩胱甘肽過氧化物酶及超氧化物歧化酶雖於各處理組之間結果均相近，但仍以含菇類副產物飼糧處理組有略高之趨勢；過氧化氫酶則以添加兩種菇類副產物各 1.5% 處理組顯著最高 ($P < 0.05$)，而 3% 杏鮑菇或 3% 金針菇副產物組次之，對照組則明顯最低 ($P < 0.05$)，顯示菇類副產物飼養可提高仔羊體內抗氧化能力；但添加菇類副產物對仔羊血液硫代巴比妥酸反應物質並無明顯的變化。

表 6. 飼糧添加菇類副產物對 12 週仔羊血液抗氧化物含量之影響

Table 6. Supplementation of mushrooms stalk residue on the blood antioxidant enzyme activities of goat kids during 12 weeks period

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR	SEM
Antioxidant, mM/mL	2.42	2.97	2.76	2.75	0.36
GPx, nmol/min/mL	51.44	51.50	52.10	52.46	5.20
CAT, nmol/min/mL	15.62 ^b	18.45 ^{ab}	18.68 ^{ab}	24.25 ^a	2.78
SOD, U/mL	37.41	38.88	38.28	38.71	4.62
TBARS, μ M/mL	13.05	12.68	12.78	12.20	3.28

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*, FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

² GPx: glutathione peroxidase; CAT: catalase; SOD: superoxide dismutase; TBARS: thiobarbituric acid reactive substances. n = 10.

Mahfuz *et al.* (2019) 以白肉雞飼予含金針菇副產物之 35 日齡飼養試驗發現，飼糧添加 1% 或 2% 金針菇副產物可明顯提高白肉雞血中麩胱甘肽過氧化物酶、超氧化物歧化酶及過氧化氫酶等抗氧化力指標，本試驗結果顯示仔羊採食含菇類副產物之飼糧可明顯提高血中抗氧化力酵素活性與上述研究結果一致。

仔羊血液生化值方面，於試驗期第 4 週及第 8 週時，添加菇類副產物飼糧處理組並不影響血液葡萄糖含量，但隨仔羊採食試驗飼糧至第 12 週時，則以對照組明顯最低 ($P < 0.05$)，而全期血液葡萄糖平均值含量則無明顯變化；仔羊血液 GOT、GPT、鹼性磷酸酶、總蛋白、球蛋白、尿素氮及肌酸肝含量於各處理組之間結果均相近，但於試驗期第 4 週及第 8 週之血中白蛋白含量以添加 3% 金針菇副產物組及兩種 1.5% 菇類副產物混合組呈顯著較高之勢 ($P < 0.05$)。白蛋白為動物體蛋白質營養之重要指標，Huang *et al.* (2015) 研究也發現，在粗蛋白

質缺乏的日糧中添加甲硫胺酸能顯著提高血清白蛋白濃度，當試驗組的總蛋白和白蛋白濃度提高時，顯示梅花鹿對胺基酸的代謝能力及蛋白質吸收利用效率有所改善。菇類副產物飼糧的補充可能促進了蛋白質的吸收與利用，梅花鹿試驗中白蛋白含量與鹿對蛋白質利用情形，可能說明本試驗結果，白蛋白濃度的提高與顯著提升試驗第 12 週體重形成因果關係。

表 7. 飼糧添加菇類副產物對仔羊血液生化值之影響

Table 7. Supplementation of mushrooms stalk residue on the blood characteristics of goat kids

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR	SEM
Glucose, mg/dL					
4 weeks	90	92	89	95	0.12
8 weeks	82	87	82	86	1.85
12 weeks	76 ^b	80 ^{ab}	79 ^{ab}	84 ^a	1.89
Mean	83	87	83	89	2.33
Glutamic oxaloacetic transaminase, U/L					
4 weeks	71	74	78	72	3.02
8 weeks	76		75	82	3.97
12 weeks	81	84	83	82	5.89
Mean	79	79	76	81	2.63
Glutamic pyruvic transaminase, U/L					
4 weeks	16.5	17.0	17.0	16.2	1.04
8 weeks	18.5	20.5	18.1	20.8	1.12
12 weeks	17.7	19.6	18.1	18.8	0.81
Mean	19.03	19.03	17.74	17.56	0.63
Alkaline phosphatase, U/L					
4 weeks	366	364	438	500	120
8 weeks	363	639	301	439	128
12 weeks	381	434	349	489	195
Mean	370	426	362	506	89.87
Total protein, g/dL					
4 weeks	5.56	5.35	5.32	3.56	0.19
8 weeks	6.21	6.06	6.28	6.07	0.20
12 weeks	6.37	6.16	6.31	6.38	0.19
Mean	6.04	5.85	5.97	5.99	0.14
Albumin, g/dL					
4 weeks	2.85 ^b	3.02 ^{ab}	3.08 ^{ab}	3.23 ^a	0.08
8 weeks	3.02 ^b	3.00 ^b	3.81 ^a	3.42 ^a	0.10
12 weeks	3.37	3.43	3.46	3.64	0.09
Mean	3.18	3.07	3.18	3.12	0.06
Globulin, g/dL					
4 weeks	2.40	2.50	2.24	2.33	0.16
8 weeks	3.16	3.05	3.27	2.84	0.22
12 weeks	2.94	2.79	2.83	2.75	0.16
Mean	2.86	2.78	2.78	2.57	0.12
Urea nitrogen, mg/dL					
4 weeks	11.50	11.81	10.45	11.61	1.02
8 weeks	17.58	15.01	15.40	16.41	1.30

表 7. 飼糧添加菇類副產物對仔羊血液生化值之影響 (續)

Table 7. Supplementation of mushrooms stalk residue on the blood characteristics of goat kids (continued)

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR	SEM
12 weeks	19.80	18.30	16.43	18.08	1.48
Mean	15.81	15.54	14.09	14.80	0.87
Creatinine, mg/dL					
4 weeks	0.65	0.68	0.62	0.62	0.02
8 weeks	0.68	0.66	0.66	0.65	0.03
12 weeks	0.74	0.73	0.68	0.75	0.02
Mean	0.69	0.68	0.65	0.67	0.02

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.
n = 10.

表 8. 飼糧添加菇類副產物對仔羊血液脂質之影響

Table 8. Supplementation of mushroom stalk residue on the blood lipid contents of goat kids

Items	Control	3% PESR ¹	3% FVSR ¹	1.5% PESR + 1.5% FVSR	SEM
Total cholesterol, mg/dL					
4 weeks	104	95.10	87.00	106	12.65
8 weeks	84.55 ^a	65.50 ^b	68.11 ^b	73.80 ^{ab}	5.88
12 weeks	83.37 ^a	69.80 ^b	87.78 ^a	74.50 ^{ab}	5.15
Mean	84.16	76.80	70.96	81.84	5.45
Triglyceride, mg/dL					
4 weeks	36.00	33.70	40.55	38.55	6.32
8 weeks	36.40	36.30	42.66	32.90	5.12
12 weeks	28.30	27.40	26.89	26.38	3.11
Mean	33.56	32.46	38.03	32.84	3.17
High-density lipoprotein, mg/dL					
4 weeks	53.00	54.90	53.48	59.08	5.74
8 weeks	40.65 ^b	43.74 ^{ab}	45.04 ^{ab}	51.56 ^a	3.10
12 weeks	38.71 ^b	46.43 ^{ab}	43.68 ^{ab}	50.27 ^a	2.89
Mean	44.64 ^b	46.40 ^{ab}	49.51 ^{ab}	53.37 ^a	2.52
Low-density lipoprotein, mg/dL					
4 weeks	40.06	33.46	24.95	39.87	7.13
8 weeks	21.21	17.75	17.65	25.83	2.99
12 weeks	21.31	20.64	17.68	23.82	2.14
Mean	27.53	23.95	19.10	26.65	3.03
LDL/HDL ratio					
4 weeks	0.69	0.60	0.57	0.60	0.07
8 weeks	0.47	0.44	0.41	0.48	0.04
12 weeks	0.43	0.46	0.43	0.52	0.03
Mean	0.53	0.49	0.47	0.55	0.03

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

¹ PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.
n = 10.

仔羊血液脂質成分方面，於試驗期第 8 週或 12 週時，以添加 3% 杏鮑菇副產物或 3% 金針菇副產物處理組有較低血中總膽固醇含量 ($P < 0.05$)；仔羊血中高密度膽固醇 (HDL) 含量於試驗期第 8 週或第 12 週時，均以添加菇類副產物飼糧處理組有提高的趨勢，以含兩種 1.5% 菇類副產物處理組明顯較對照組提高 ($P < 0.05$)；仔羊血中三酸甘油酯及低密度膽固醇及高 / 低密度膽固醇比例於各處理組之間並無明顯變化。

研究報告指出，以 2 – 4% 金針菇飼予 28 日齡離乳仔豬，發現添加 2% 金針菇副產物可明顯增加離乳仔豬血清總蛋白質、白蛋白及 SOD 酵素活性。同時降低仔豬血清中總膽固醇及丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 含量 (Dan and Hao, 2023)。本試驗結果，仔羊採食菇類副產物具提高血中白蛋白或降低血中膽固醇含量之趨勢與上述研究結論頗為相符。依王等 (2021) 以白羅曼鵝採食含 2 – 6% 杏鮑菇下腳料試驗發現，含 4% 杏鮑菇飼糧餵飼 8 週，鵝隻血中三酸甘油酯相較未添加者有明顯降低。Mahfuz *et al.* (2020b) 以蛋雞餵飼 2 – 6% 金針菇飼糧試驗發現，蛋雞添加 4% 金針菇可明顯提高蛋雞血中白蛋白、IgM 及 IgG 含量；本研究結果顯示，菇類具有提升仔羊血液白蛋白含量，並具有降低膽固醇含量之功效。

結 論

飼糧添加菇類副產物對試驗 8 週內之仔羊增重無明顯差異，然第 9 – 12 週以 3% 金針菇組及兩種各 1.5% 菇組均呈明顯提高仔羊體增重，且較低糞便指數及減少下痢的發生率。

誌 謝

本試驗經前農試所副研究員陳美杏博士指導菇類來源及加工技術指導；李進寶先生及羊舍同仁協助羊隻飼養管理與採樣相關工作，才使試驗順利推動完成，謹此誌謝。

參考文獻

- 王勝德、陳美惠、施柏齡、沈士怡、廖士傑。2021。杏鮑菇下腳料應用於白羅曼肉鵝飼養價值之評估。畜產研究 54：1-8。
- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學，立宇出版社，臺南。
- 施柏齡、陳美杏、呂昀陞、范耕榛、李宗育。2022。飼糧添加蟲草米與菇頭對土雞生長、屠體性狀及健康之影響。畜產研究 55：110-119。
- 范耕榛、陳美杏、施柏齡、李宗育、李春芳。2020。飼糧添加菇類副產物對乳山羊泌乳性能之影響。中畜會誌 49 (增刊)：349。
- 臺灣菇類發展協會。2020。菇類產業調查。臺中市。
- 蘇安國、楊深玄、陳水財、謝瑞春。2002。仔羊飼養模式之建立－I. 離乳前仔羊飼養方式對離乳時仔羊生長性狀之影響。畜產研究 35：281-292。
- Antunes, F., S. Marçal, O. Taofiq, A. M. M. B. Morais, A. C. Freitas, I. C. F. R. Ferreira, and M. Pintado. 2020. Valorization of mushroom by-products as a source of value-added compounds and potential applications. *Molecules*. 25: 2672.
- AOAC. 2019. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists: official methods of analysis of AOAC international. 21st edition, AOAC, Washington DC.
- Burke, J. M., J. E. Miller, T. H. Terrill, S. Orlik, M. Acharya, and J. A. Mosjidis., 2013. *Sericea lespedeza* as an aid in the control of *Eimeria* spp. in lambs. *Vet. Parasitol.* 193: 39-46.
- Dan, K. and Z. Hao. 2023. Effect of dietary mushroom residue on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical indexes of weaned piglets. *Feed Res.* 46: 11-15.
- Guo, T., J. Ma, Y. Wu, Y. Chen, and X. Guo. 2018a. Effect of fermentation bed with spent mushroom substrate of *pleurotus eryngii* on weaning piglets. *Anim. Husba. Feed Sci.* 10: 84-89.
- Guo, T., Y. Wu, W. Gao, and L. Li. 2018b. Effects of spent mushroom substrate of *pleurotus eryngii* as fermentation bed padding on growth performance, intestinal microflora and immunity of weaning piglets. *Anim. Husb. Feed Sci.* 10: 168-

173.

- Gyamfi, M. A., M. Yonamine, and Y. Aniya. 1999. Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: *Thonningia sanguinea* on experimentally-induced liver injuries. *Gen. Pharmacol.* 32: 661-667.
- Hsieh, Y. C., W. C. Lin, W. Y. Chuang, M. H. Chen, S. C. Chang, and T. T. Lee. 2021. Effects of mushroom waster medium and stalk residues on the growth performance and oxidative status in broilers. *Anim. Biosci.* 34: 265-275.
- Huang, J., T. Zhang, B. Kun, G. Li, and K. Wang. 2015. Effect of supplementation of lysine and methionine on growth performance, nutrients digestibility and serum biochemical indices for growing sika deer (*Cervus Nippon*) fed protein deficient diet. *Italian J. Anim. Sci.* 14: 61-65.
- Kim, M. Y., P. Seguin, J. K. Ahn, J. J. Kim, S. C. Chun, E. H. Kim, S. H. Seo, E. Y. Kang, S. L. Kim, Y. J. Park, H. M. Ro, and I. M. Chung. 2008. Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. *J. Agric. Food Chem.* 56: 7265-7270.
- Lai, L. P., M. T. Lee, C. S. Chen, B. Yu, and T. T. Lee. 2015. Effects of co-fermented *Pleurotus eryngii* stalk residues and soybean hulls by *Aureobasidium pullulans* on performance and intestinal morphology in broiler chickens. *Poult. Sci.* 94: 2959-2969.
- Lee, T. T., J. Y. Ciou, C. L. Chen, and B. Yu. 2013. Effect of *Echinacea purpurea* L. on oxidative status and meat quality in Arbor Acres broilers. *J. Sci. Food Agric.* 93: 166-172.
- Lee, M. T., W. C. Lin, B. Yu, and T. T. Lee. 2016. Antioxidant capacity of phytochemicals and their potential effects on oxidative status in animals. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 30: 299-308.
- Lee, T. T., C. C. Wang, C. H. Chang, and B. Yu. 2015. Antimicrobial activity in vitro and growth performance of broilers supplemented with dried *Pleurotus eryngii* stalk residue. *Jo. Adva. Agric. Tech.* 2: 143-146.
- Long, Y., W. Xiao, Y. Zhao, C. Yuan, D. Wang, Y. Yang, C. Su, P. Paengkoum, and Y. Han. 2024. Effects of *Flammulina velutipes* mushroom residues on growth performance, apparent digestibility, serum biochemical indicators, rumen fermentation and microbial of Guizhou black goat. *Front Microbiol.* 15: 134-147.
- Mahfuz, S., T. He, S. Liu, D. Wu, S. Long, and X. Piao. 2019. Dietary inclusion of mushroom (*Flammulina velutipes*) stem waste on growth performance, antibody response, immune status, and serum cholesterol in broiler chickens. *Animals* 9: 692-670.
- Mahfuz, S., T. He, J. Ma, H. Liu, S. Long, Qi. Shang, L. Zhang, J. Yin, and P. Xiangshu. 2020a. Mushroom (*Flammulina velutipes*) stem residue on growth performance, meat quality, antioxidant status and lipid metabolism of broilers. *Ital. J. Anim. Sci.* 19: 803-813.
- Mahfuz, S., S. Wang, M. Chen, Fi Zao, D. Zhen, Z. J. Liu, and H. Song. 2020b. Effects of mushroom stem waste (*Flammulina velutipes*) on laying performance, egg quality and serum biochemical indices. *Pakistan J. Zool.* 52: 255-262.
- Manzi, P. and L. Pizzoferrato. 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem.* 68: 315-318.
- Ngai, P. H., and T. B. Ng. 2006. A hemolysin from the mushroom *Pleurotus eryngii*. *Appl. Microbiol. Biotech.* 72: 1185-1191.
- Rodríguez, E., F. J. Ruiz-Dueñas, R. Kooistra., A. Ram, A. T. Martínez, and M. J. Martínez. 2008. Isolation of two laccase genes from the white-rot fungus *Pleurotus eryngii* and heterologous expression of the pel3 encoded protein. *J. Biotech.* 134: 9-19.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute (2014) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, NC.
- Soon, H. B. 2014. Effects of total mixed fermentations with spent mushroom (*Flammulina velutipes*) and wet brewer's grain on growth performance, feed intake and nutrient digestibility in Korean black goats. *J. Kor. Grassl. Forage. Sci.* 34: 45-51.
- Wang, H. X. and T. B. Ng. 2006. Purification of a laccase from fruiting bodies of the mushroom *Pleurotus eryngii*. *Appl. Microbiol. Biotech.* 69: 521-525.

Effects of mushroom by-product on the growth performance, fecal index and blood antioxidant in goat kids ⁽¹⁾

Bor-Ling Shih ⁽²⁾ Tsung-Yu Lee ⁽²⁾ Yun-Sheng Leu ⁽⁵⁾ Tzu-Tai Lee ⁽⁴⁾ and Geng-Jen Fan ⁽³⁾⁽⁶⁾

Received: Jul. 3, 2024; Accepted: Mar. 20, 2025

Abstract

This study was aimed to evaluate the effect of adding mushroom by-product to the daily diets for goat kids on growth performance, fecal index, and blood antioxidant, and thereby improve the reuse of agricultural by-product. Forty 4-wk-old Alpine or Saanen hybrid kids were randomly assigned to 4 diet treatment groups, with each treatment group replicating (row) in 5 and 2 goat kits per row. The diet control group included the basal corn-soybean meal (comparison group), including 4 diets added with dried and pulverized 3% *Pleurotus Eryngii* by-product, and 3% *Flammulina enoki* by-product, 1.5% *Pleurotus Eryngii* by-product, and 1.5% *Flammulina enoki* by-product. The experiment lasted 12 weeks. For the first 0-4 week, kids (5-8 week of age) received 1,000mL of milk replacer (150 g reconstituted milk) daily, adopting concentrated feed and water ad libitum. The experiment conducted tests on the growth performance, fecal index, blood traits, and lipid metabolism in blood of goat kids. The results showed that the total polyphenol compounds (TPC), reducing power and free radical scavenging capacity (DPPH) scavenging rate of *Flammulina enoki* by-product were higher than those of *Pleurotus Eryngii* by-product. The treatment group fed the diet of 1.5% *Pleurotus Eryngii* by-product and 1.5% of *Flammulina enoki* by-product during the 0-12 week period showed significantly higher weight gain than those from the control group ($P < 0.05$). However, there is no significant difference in feed intake and feed conversion rate among the treatment groups during the 0-4, 5-8, and 9-12-week periods. During the 9 and 12 wk, kids fed 3% *Flammulina enoki* by-product and mixture diet of 1.5% each of the two by-products showed significant decrease in the fecal index than that of the control group ($P < 0.05$). The treatment group fed diet adding mushroom by-products showed significantly higher content of IgM concentration in blood at the 4th and 12th week than the control group ($P < 0.05$). In sum of the above, supplementing 1.5% each of the two mushroom types to the diet of treatment groups will result in optimal effect in weight gain while the mushroom by-product could improve the health and growth performance in kids.

Key words: Mushroom by-product, Growth performance, Goat kids.

(1) Contribution No. 2817 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Plant Pathology Group, MOA-ARI, No. 189, Zhongzheng Rd, Wufeng, 41362, Taichung, Taiwan, R. O. C.

(5) Department of Animal Science, National Chung Hsing University, 40227, Taichung, Taiwan, R. O. C.

(6) Corresponding author, E-mail: m38208@mail.tlri.gov.tw.