

# 飼糧添加發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿產茸性能、鹿茸組成及免疫力之影響<sup>(1)</sup>

張以恆<sup>(2)</sup> 林信宏<sup>(2)</sup> 林正鏞<sup>(2)(3)</sup>

收件日期：106 年 12 月 5 日；接受日期：107 年 2 月 1 日

## 摘 要

本試驗旨在探討臺灣水鹿產茸期餵飼發酵飼料 (fermented feedstuff, FF) 與納豆菌及真菌發酵產物 (natto and fungal fermentative products, NF) 對鹿茸生產性能及免疫力之影響。本試驗利用臺灣水鹿公鹿 12 隻，依據個體前次鹿茸重量及年齡進行分組，分為對照組、發酵飼料組 (添加 1% 之發酵飼料)、納豆菌及真菌發酵產物組 (添加 1% 之發酵飼料及 0.15% 之納豆菌及真菌發酵產物) 共 3 組，於產茸期進行餵飼試驗，試驗平均長茸期為 70 天，試驗期間飼糧及飲水採任食。試驗結果顯示，臺灣水鹿產茸期之體增重於各組間並無顯著差異，但飼料乾物質採食量佔體重比例，則以發酵飼料組顯著較其他組為低 ( $P < 0.05$ )。鹿茸重量及鹿茸增幅於組間雖未達統計差異，但發酵飼料組之鹿茸重量及鹿茸增幅有提升之趨勢。鹿茸乾物質之灰分及磷含量，在發酵飼料組與納豆菌及真菌發酵產物組均顯著高於對照組 ( $P < 0.05$ )，鈣含量亦有提升之趨勢。血液中免疫球蛋白濃度於試驗前後，各組間均無顯著差異。綜合試驗結果，添加 1% 之發酵飼料於臺灣水鹿產茸期飼料中，具有顯著增加鹿茸灰分和磷含量，與增加鹿茸產量之趨勢。

關鍵詞：臺灣水鹿、發酵飼料、納豆菌及真菌發酵產物、產茸性能及鹿茸組成、免疫力。

## 緒 言

益生菌 (probiotics) 是指益於宿主健康之活微生物 (FAO/WHO, 2002)，被廣泛應用於食品及醫療產業，以促進人類健康。近年來許多研究指出，益生菌所含活菌並非能造成正面影響之必需要件，許多死的益生菌在人體或動物實驗中均觀察到對健康之助益 (Lahtinen, 2012)。因此，活菌體及其衍生或代謝產物、死菌體、菌萃取物等，都漸漸被納入益生菌的範圍。許多文化中均有利用生物質經益生菌發酵作為食品的歷史，如最多樣化的發酵乳製品、發酵蔬菜與納豆等，而發酵食物被認為與促進健康相關。在畜牧業中，利用益生菌添加於動物飼料，亦行之有年，對於動物腸胃道之消化吸收頗有助益。不僅如此，益生菌更成為相當有潛力的抗生素使用之替代方案，歐盟自 2006 年起全面禁止使用抗生素作為畜禽飼養之飼料添加物，研究學者更積極尋找能夠取代抗生素之植生劑 (phytochemicals)，使得益生菌及其相關產物作為飼料添加物之研究更加蓬勃發展。飼料添加物利用發酵等生物技術，可提升其益生菌含量、酵素、代謝產物及重組產物，並可將化合物轉換成更有效之成分 (Stanbury *et al.*, 1995)，且其生產成本低、效率高，發酵後之產品較未經處理之原料更提高其營養價值，促進動物成長及改善飼料利用效率 (Lee and Yu, 2013)。

臺灣水鹿為反芻動物，其營養乃依賴瘤胃微生物分解飼糧中之粗纖維，代謝成動物體可利用之型式。圈飼為國內臺灣水鹿主要之飼養型式，完全圈飼下，飼養者提供之日糧為鹿隻唯一營養來源，常因飼糧調配失當與營養不足，影響瘤胃正常功能，降低瘤胃微生物之消化及代謝效率，導致產茸性能無法充分發揮，甚至影響健康 (劉, 2015)。鹿茸重量約佔雄鹿本身體重 1 – 5% (Huxley, 1931)，鹿隻個體之攝食情況、營養吸收及身體狀況直接反映在鹿茸之重量及品質上，每日 25 – 40% 之鈣攝取量供給鹿茸骨質生成時磷酸鈣沉積之礦化作用 (Muir *et al.*, 1987)。鹿茸快速生長期間，公馴鹿每日吸收至鹿茸上之鈣及磷達 25 g 及 12 g 以上 (Moen and Pastor, 1998)。美國鹿隻飼養者常使用商業化的益生菌添加物，以增加飼料利用效率及減少病原菌散播，促進鹿隻的營養吸收並達到增加產茸量的效果。加拿大為維持鹿隻消化道之健康，亦建議於精料中添加酵母和益生菌 (Deer feeding guide, 2012)。產茸期公

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2587 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

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

鹿為因應鹿茸快速生長，營養需求大幅提升，如養分及礦物質攝取或吸收不足，易造成鹿茸生長停滯等情況 (劉，2015)。一般養鹿業者相信使用益生菌有許多優點，可提高飼料利用效率、提高鹿茸生產量，並且降低成本且增加收益。

國內產業使用之飼料添加物多為進口產品，需積極開發國產飼料添加物，並了解其對鹿隻食用之安全性，以提高商業應用價值、動物生產能力及產業競爭力。近年來，國內開發多種益生菌發酵飼料或飼料添加物，其中包括發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物。相較於人類益生菌產品常使用的乳酸桿菌屬 (*Lactobacillus*)，在動物營養方面，常使用的益生菌種類為枯草桿菌屬 (*Bacillus*)、腸球菌屬 (*Enterococcus*) 以及酵母菌屬 (*Saccharomyces*) (Simon *et al.*, 2001)，發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物即為利用枯草桿菌屬及酵母菌屬之菌種進行發酵製成之國產飼料添加物。黃等 (2016a) 研究利用 *Bacillus subtilis natto* 及 *Saccharomyces cerevisiae* 等菌種，利用二階段固態發酵產製發酵飼料。梁 (2015) 以 *B. subtilis natto* 進行發酵，製成含 poly- $\gamma$ -glutamic acid ( $\gamma$ -PGA) 發酵產物，再以冬蟲夏草、靈芝、牛樟芝及紅樣葡萄座腔菌 (*Botryosphaeria rhodina*) 所培養之真菌菌絲體複合物混合數種中草藥，製成納豆菌及真菌發酵產物。*B. subtilis* 學名為枯草芽孢桿菌，*B. subtilis natto* 又稱為納豆菌，是枯草芽孢桿菌之亞種，除應用於日本傳統發酵食品外，亦常作為益生菌進行生物質發酵，以產生大量  $\gamma$ -PGA，許多研究指出  $\gamma$ -PGA 能促進動物對礦物質之利用率 (Tanimoto *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2008)。 $\gamma$ -PGA 是一種無毒且可生物分解之羧胺酸聚合物，已廣泛應用於食品、醫療及廢水處理產業，而 *B. subtilis* 是最常用以生物性合成  $\gamma$ -PGA 之菌種 (Luo *et al.*, 2016)。經 *B. subtilis natto* 發酵後之原料，能提升其營養組成及動物利用率，進而改善腸道微生物平衡 (Patterson and Burkholder, 2003)，促進腸道消化，提高動物生長性能 (Kasmani *et al.*, 2012)。

本試驗期透過富含益生菌、 $\gamma$ -PGA 與  $\beta$ -glucan 之發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物，添加於臺灣水鹿產茸期飼糧中，提升瘤胃之消化代謝能力以改善飼料利用效率，提高鹿隻礦物質利用率，並探討發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿免疫反應之影響，以期提升臺灣水鹿產茸能力，以加強國產鹿茸之市場競爭力。

## 材料與方法

### I. 試驗設計與實驗動物

依據之前研究成果進行鹿隻飼糧營養成分設計 (黃等, 2015; 黃等, 2016b)，各組飼糧含等代謝能與等蛋白質，分為三組，即對照組 (control group)、發酵飼料組 (FF group) 與納豆菌及真菌發酵產物組 (NF group)。本試驗使用之發酵飼料製程參考賴 (2014) 之方法，以動物性及植物性蛋白質原料進行混合成 CP 61% 之蛋白質混合粉做為發酵基質，額外添加 10% 水分後以 121°C 滅菌 30 分鐘，冷卻後進行二階段發酵。第一階段調整基質中 *B. subtilis natto* N21 菌數至  $1 \times 10^6$  CFU/g 後，進行好氧發酵 2 天。第二階段以 *S. cerevisiae* Y10，調至菌數  $1 \times 10^6$  CFU/g 後，進行厭氧發酵 3 天。發酵完畢後，以 65°C 乾燥至水分 12% 以下即得。納豆菌及真菌發酵產物以大豆粕作為發酵基質，調整水分至 65% 後以 121°C 滅菌 30 分鐘。冷卻後以 *B. subtilis natto* BS2 菌液，調整基質菌數至  $1 \times 10^6$  CFU/g 後好氧發酵 3 天，以 55°C 乾燥至水分 12% 以下，為納豆發酵產物。再根據霍等 (2014) 之方法，以冬蟲夏草、靈芝、牛樟芝及紅樣葡萄座腔菌 (*B. rhodina*) 所培養之真菌菌絲體複合物 (含 3%  $\beta$ -glucan) 與中草藥 (辣椒、土肉桂、小葉葡萄等) 及納豆發酵產物以固定比例混合後，即為納豆菌及真菌發酵產物。試驗飼糧含粗蛋白質 15%、代謝能 2,400 kcal/kg、鈣 0.6% 與磷含量 0.4%。產茸期每日餵飼商用混合草料 70% (主要成分為梯牧草、百慕達草、葛蘭草、甜燕麥、苜蓿粒、大豆殼及玉米片，乾基含蛋白質 14.09%、代謝能 2,410 kcal/kg)、苜蓿草塊 10% 及試驗精料 20%。依據組別配製不同試驗精料，對照組中不含發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物，發酵飼料組含總飼糧 1% 之發酵飼料，而納豆菌及真菌發酵產物組含總飼糧 1% 發酵飼料及總飼糧 0.15% 之納豆菌及真菌發酵產物，試驗精料組成成分如表 1。

試驗動物採用高雄種畜繁殖場飼養之臺灣水鹿公鹿 12 隻，依據個體年齡及前次鹿茸重量進行區段隨機分組，每組 4 隻，各組之年齡與前次茸重如表 2。鹿隻飼養於個別欄位，每日餵飼兩次，試驗期間提供充足飲水與飼糧任食。鹿茸採割時間平均為硬角解角後 70 天，試驗結束時採割鹿茸並測量整副鹿茸重量。

### II. 測定項目與方法

#### (i) 採食量及體重

試驗開始前兩週為試驗料適應期，採逐漸增加比例方式進行飼糧置換。試驗期間記錄個體採食量，以個體當日餵飼總重扣除隔日早上剩料重為鹿隻日採食量。試驗開始前及採割鹿茸日以磅秤量測體重。

#### (ii) 血液生化值

試驗開始時及取茸日進行鹿隻頸靜脈採血，離心後取血清樣本，利用免疫比濁法以 ABBOTT c16000 機型進行血液中免疫球蛋白 (immunoglobulin) IgG, IgA 及 IgM 之濃度檢測。

表 1. 試驗精料組成分

Table 1. Formulation of diets for Taiwan Formosan sambar deer during antler growing period

Ingredients, %	Control group	FF* group	NF** group
Yellow corn (CP 7.5%)	53.00	53.00	53.00
Soybean meal (CP 43.5%)	20.00	15.00	14.25
Wheat bran	25.00	25.00	25.00
Salt	1.60	1.60	1.60
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.20	0.20	0.20
Mineral premix <sub>2</sub>	0.20	0.20	0.20
Fermented feedstuff (FF)	—	5.00	5.00
Natto and fungal fermentative product (NF)	—	—	0.75

\*FF: fermented feedstuff.

\*\*NF: natto and fungal fermentative products.

<sup>1</sup> Supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 1,000 IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 500 IU; Vitamin E, 500 IU.

<sup>2</sup> Supplied per kilogram of diet: Cu (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O), 16 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub>), 6 mg; Co (CoCO<sub>3</sub>), 0.2 mg; Zn (ZnO), 30 mg; I (KI), 1.5 mg; Se (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>), 0.3 mg.

表 2. 鹿隻分組後各組平均年齡及前次茸重

Table 2. Average of last antler velvet weight and ages of each group

Items	Control group	FF* group	NF** group
Last velvet weight, kg	1.38 ± 0.51	1.38 ± 0.51	1.38 ± 0.48
Age, years	6.86 ± 1.97	8.42 ± 3.28	8.08 ± 4.17

\*FF and \*\*NF as Table 1 described.

### (iii) 產茸性狀及鹿茸成分

試驗結束時採割鹿茸並測量整副鹿茸重量後，冷凍保存於 -20°C 待測成分。將冷凍後鹿茸以電動切片機切片，分為蠟片（尖端）、血片（上段）、風片（中段）與骨片（基部）四部位，等比例混合後測定鹿茸中水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分、鈣及磷之含量。水分含量測定利用 65°C 烘箱每隔 4 小時取出量測樣品重量，烘乾至前後次樣品重量變化小於 0.5% 為止，計算其水分含量。烘乾後之樣品以組織研磨機製成粉末狀，混勻後取樣進行成分測定。粗蛋白質、粗脂肪及粗灰分含量測定依據中華民國國家標準飼料檢驗法 (1986) 制定方法進行分析，鈣及磷含量測定依據 AOAC(2000) 制定方法進行分析。

### III. 統計分析

試驗數據以統計分析軟體 GraphPad Prism 6.01 (2012) 進行統計分析，結果以平均值 ± 標準誤差表示。以 t 檢驗 (Student's t test) 進行兩組間平均值比較，以單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 進行多組間之平均值比較，並以 Tukey's 多重比較 (Tukey's multiple comparison test) 作為事後檢定之標準。當 P < 0.05 時達統計顯著差異。

## 結果與討論

### I. 採食表現與體重變化

飼糧中添加發酵飼料或添加納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿產茸期採食量及體增重之影響如表 3 所示。發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物均含有特殊氣味，納豆菌及真菌發酵產物則有刺激味，於適應期直接換料恐影響鹿隻食慾，而於試驗開始前 2 週以對照組飼料稀釋，逐漸增加餵飼比例。結果顯示，臺灣水鹿產茸期之乾物質採食量及體增重於各組間並無顯著差異，但進一步以乾物質採食量佔體重比例分析，則發現發酵飼料組顯著較其他組為低。簡 (2012) 於探討臺灣水鹿鹿茸組織中抗氧化酶含量與鹿茸品質之關係時，發現調整飼糧中粗

蛋白質含量 (11, 13, 15%) 亦不顯著影響臺灣水鹿隻日採食量及產茸量。臺灣水鹿體成熟年齡約為 5 至 6 歲，本試驗使用鹿隻平均年齡為 7.8 歲，體重已趨於平穩，在採食量與體增重方面可能較不易產生明顯變化。

表 3. 飼糧中添加發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿採食量及體重之影響

Table 3. The effects of fermented feedstuff (FF) and natto and fungal fermentative products (NF) on dry matter (DM) intake and body weight of Formosan sambar deer

Items	Control group	FF group	NF group
Average DM intake, kg/d	3.80 ± 0.70	2.82 ± 0.78	3.44 ± 0.88
Initial body weight <sup>1</sup> , kg	131.05 ± 12.60	127.20 ± 18.40	116.63 ± 12.04
Finished body weight <sup>1</sup> , kg	143.95 ± 25.44	125.50 ± 23.66	129.42 ± 23.64
Body weight gain <sup>2</sup> , %	9.54 ± 13.64	-2.09 ± 5.72	10.24 ± 10.07
DM intake / body weight <sup>3</sup> , %	2.76 ± 0.30 <sup>a</sup>	2.20 ± 0.34 <sup>b</sup>	2.78 ± 0.55 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Means within the same row without the same superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Body weights were measured at the beginning and the end of trial as the first and second body weight, respectively.

<sup>2</sup> Body weight gain, % = (finished body weight - initial body weight) / (initial body weight) × 100.

<sup>3</sup> DM intake / body weight, % = average DM intake / (average of initial and finished body weight) × 100.

## II. 產茸性能

臺灣水鹿產茸期飼糧添加發酵飼料或納豆菌及真菌發酵產物對鹿茸產量之影響如表 4 所示。結果顯示，飼糧中添加發酵飼料或額外添加納豆菌及真菌發酵產物相較於對照組對該產茸期之鹿茸重量並無顯著差異，但發酵飼料組之鹿茸重量有增加之趨勢，為對照組之 1.17 倍。將試驗該次產茸重量與前次產茸重量進行比較以計算其產茸增幅，顯示各組之產茸增幅無顯著差異。然進一步分析數據得知，發酵飼料組內 3/4 個體之鹿茸產量增幅達 30% 以上 (38.3%、37.1% 與 32.4%)，有明顯增加之趨勢，平均產茸增幅為對照組之 1.56 倍，顯示餵飼發酵飼料對產茸性能有正向影響之趨勢。綜合本試驗採食量與體重變化數據得知，臺灣水鹿產茸期飼糧中添加發酵飼料在不顯著影響體重變化下，具有以略低之採食量而表現出較佳產茸性能之潛力。

表 4. 飼糧中添加發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿產茸性能之影響

Table 4. The effects of fermented feedstuff (FF) and natto and fungal fermentative products (NF) on antler velvet performances of Formosan sambar deer

Items	Control group	FF group	NF group
Antler velvet weight, kg	1.47 ± 0.21	1.72 ± 0.63	1.39 ± 0.24
Last antler velvet weight, kg	1.38 ± 0.51	1.38 ± 0.51	1.38 ± 0.48
Antler velvet growing rate <sup>1</sup> , %	17.41 ± 31.97	27.10 ± 15.48	9.20 ± 23.94

<sup>1</sup> Antler velvet growing rate, % = average of [(individual antler velvet weight - last antler velvet weight) / antler velvet weight] × 100.

## III. 鹿茸成分

飼糧中添加發酵飼料或添加納豆菌及真菌發酵產物，對臺灣水鹿鹿茸成分之影響如表 5 所示。結果顯示，在臺灣水鹿產茸期飼糧添加發酵飼料或添加納豆菌及真菌發酵產物，其鹿茸之灰分、磷及鈣等礦物質含量較對照組有增加之現象。餵飼含發酵飼料或納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿鹿茸之水分含量並無顯著差異，乾物質中粗蛋白質及粗脂肪含量亦無顯著影響。以粗灰分作為礦物質含量指標之檢測顯示，在發酵飼料組與納豆菌及真菌發酵產物組，其鹿茸乾物質中之粗灰分含量均顯著較對照組增加 ( $P < 0.05$ )。進一步檢測鹿茸乾物質中鈣及磷含量發現，發酵飼料組與納豆菌及真菌發酵產物組之鹿茸乾物質中磷含量均顯著高於對照組 ( $P < 0.05$ )；鈣含量雖未達統計顯著差異，但在發酵飼料組 ( $P < 0.058$ ) 與納豆菌及真菌發酵產物組 ( $P < 0.060$ ) 亦有較對照組增加之趨勢。

先前研究指出，*B. subtilis* 能不斷地分泌  $\gamma$ -PGA 於培養液中，多種 *Bacillus* 屬的菌均有分泌  $\gamma$ -PGA 至細胞外之能力 (Shih *et al.*, 2004)。 $\gamma$ -PGA 對於礦物質吸收有顯著促進之效果，不論在體外或體內中都有增加鈣溶解度的現象。體外實驗  $\gamma$ -PGA 可直接增加鈣離子溶解度，給予單一劑量之  $\gamma$ -PGA 顯著地增加大鼠小腸中之可溶性鈣含

量 (Yang *et al.*, 2008)。在停經期女性給予單一劑量之  $\gamma$ -PGA 亦能促進其腸內鈣吸收，尤其在吸收能力較低者結果更為顯著 (Tanimoto *et al.*, 2007)。 $\gamma$ -PGA 於 1937 年被發現存在於 *B. anthracis* 細胞壁中，現今利用微生物於生物質發酵而生合成  $\gamma$ -PGA 已是最有經濟效益之產製方式，並廣泛應用於食品加工業 (Luo *et al.*, 2016)。本試驗中利用 *Bacillus* 菌屬產製之發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物，添加於臺灣水鹿產茸期飼糧中，顯著增加其鹿茸中粗灰分及磷含量，鈣含量亦有明顯提升之趨勢，與先前研究發現相互呼應。綜合以上結果，臺灣水鹿產茸期飼糧發酵飼料或額外添加納豆菌及真菌發酵產物均能顯著提高鹿茸中之粗灰分及磷含量，鈣含量亦有增加之趨勢。

表 5. 飼糧中添加發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿鹿茸成分之影響

Table 5. The effects of fermented feedstuff (FF) and natto and fungal fermentative products (NF) on the composition of antler velvet of Formosan sambar deer

Items	Control group	FF group	NF group
Moisture, %	65.84 ± 3.79	62.17 ± 2.63	64.89 ± 2.46
Percentage of dry matter			
Crude protein, %	55.07 ± 5.92	50.32 ± 1.04	52.46 ± 2.09
Crude fat, %	4.25 ± 2.93	5.14 ± 2.64	3.05 ± 0.59
Crude ash, %	34.93 ± 3.49 <sup>a</sup>	39.36 ± 1.54 <sup>b</sup>	39.03 ± 1.56 <sup>b</sup>
Calcium, %	11.97 ± 1.24	13.26 ± 0.66	13.28 ± 0.74
Phosphorus, %	5.98 ± 0.69 <sup>a</sup>	6.80 ± 0.23 <sup>b</sup>	6.74 ± 0.24 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> Means within the same row without the same superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

#### IV. 血液免疫性狀

鹿隻在飼料試驗前及取茸日進行個別抽血，作為試驗前後之血液樣本，進行血液中免疫球蛋白含量測定。IgG 濃度於試驗前後均低於測量範圍 ( $< 6$  mg/dL)，試驗前之 IgM 濃度低於測量範圍 ( $< 1$  mg/dL)，而試驗結束時各組間無顯著差異。在血液中 IgA 濃度部分，試驗前後各組間亦無顯著差異 (表 6)。一般認為益生菌對於免疫力之調節具有相關性，益生菌能增強體液免疫反應因而促進腸胃的免疫屏障 (Kaila *et al.*, 1992; Isolauri *et al.*, 2001)，*Bifidobacterium breve* 菌能增強小鼠對霍亂毒素刺激之 IgA 免疫反應 (Yasui *et al.*, 1992)，在患有急性輪狀病毒腹瀉之孩童食用 *Lactobacillus rhamnosus GG* 菌後，能增加 IgA 分泌細胞 (Kaila *et al.*, 1992)，顯示在受到外來物刺激時，益生菌能促進宿主之免疫調節能力。在發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物之應用，先前研究亦曾探討在其他物種採食後之免疫性狀。梁 (2015) 利用發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物添加於蛋雞飼糧中，發現其對蛋雞血液中 IgG 及 IgM 濃度均無顯著影響，而黃等 (2014; 2016a) 在生長豬及肥育豬之試驗顯示，飼糧添加發酵飼料顯著增加血清中 IgG 及 IgA 含量。發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物於禽類、單胃動物及反芻動物採食後，顯示不同之血液免疫球蛋白濃度表現，可能與物種反應不同有關，其作用機制值得進一步探討。

表 6. 飼糧中添加發酵飼料與納豆菌及真菌發酵產物對臺灣水鹿血液免疫性狀之影響

Table 6. The effects of fermented feedstuff (FF) and natto and fungal fermentative products (NF) on blood immunological parameters of Formosan sambar deer

Items	Beginning of trial			End of trial		
	Control	FF	NF	Control	FF	NF
IgG (mg/dL)	$< 6$	$< 6$	$< 6$	$< 6$	$< 6$	$< 6$
IgA (mg/dL)	8.3 ± 0.5	6.8 ± 1.5	7.3 ± 1.7	27.0 ± 1.4	25.8 ± 2.9	24.8 ± 2.1
IgM (mg/dL)	$< 1$	$< 1$	$< 1$	1.3 ± 0.5	1.0 ± 0.0	1.3 ± 0.5

## 結 論

臺灣水鹿於產茸期飼料中添加發酵飼料能顯著提升鹿茸乾物質中粗灰分含量，其中磷含量顯著增加，鈣含量及產茸性能亦有明顯增加之趨勢。以經濟效益換算添加發酵飼料對臺灣水鹿鹿茸重量增加之趨勢數據，顯示飼料發酵

飼料組平均隻日成本增加約 1.5 元，以餵飼產茸期 70 天計算，成本約增加 105 元，其鹿茸較對照組平均增加約 249 克。以平均市價 1,000 元 / 臺兩 (26.7 元 / 公克) 估算，產茸期餵飼發酵飼料組每頭公鹿獲益約增加 6,648 元。

## 誌 謝

本試驗承本場畜產經營系宋文霖先生協助現場飼養管理及紀錄，以及潘春花小姐與林秀蘭小姐協助現場飼養工作，特此感謝。

## 參考文獻

- 中華民國國家標準飼料檢驗法。1986。行政院經濟部標準檢驗局。臺北。
- 梁純宜。2015。飼糧中添加 CU300 或納豆酵母粉對蛋雞生產性能、雞蛋品質及免疫能力之影響。國立嘉義大學動物科學系，碩士論文，嘉義。
- 黃憲榮、王漢昇、李秀蘭、許晉賓、王治華、林正鏞、許岩得、翁博群、陳國隆。2014。飼糧添加二階段混合型發酵飼料原料對生長豬生長性能及免疫性狀之影響。畜產研究 47(4)：239-250。
- 黃憲榮、林信宏、許晉賓、康獻仁、林正鏞。2015。飼糧添加過瘤胃胺基酸及不同粗蛋白質濃度對鹿茸產量及血液生化值之影響。中畜會誌 44(增刊)：265。
- 黃憲榮、翁博群、許晉賓、王漢昇、李秀蘭、許岩得、林正鏞、陳國隆。2016a。飼糧添加二階段混合型益生菌發酵飼料對肥育豬免疫性狀之影響。畜產研究 49(3)：184-193。
- 黃憲榮、林信宏、許晉賓、康獻仁、林正鏞。2016b。飼糧添加聚麩胺酸及不同鈣磷濃度對臺灣水鹿產茸性能及血液生化值之影響。中畜會誌 45(增刊)：254。
- 霍怡華、黃琳蘋、陳菽承、陳國隆。2014。飼糧中添加發酵複合產物對法國裸頸雞生長及屠體性狀之影響。第十一屆優質雞的改良生產暨發展研討會論文集：145-147。海南，中國。
- 賴勁翰。2014。開發生產納豆酵母粉並探討其對雞促進生長之機制。國立嘉義大學動物科學系，碩士論文，嘉義市。
- 簡佑玲。2012。臺灣水鹿鹿茸組織中抗氧化酶含量與鹿茸品質之關係。國立屏東科技大學動物科學與畜產系，碩士論文，屏東縣。
- 劉國輝。2015。科學養殖常識鹿養殖新技術。元華文創股份有限公司，臺北，pp. 9-11。
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC international. 17<sup>th</sup> ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD, USA.
- Deer feeding guide. 2012. Record rack, Cargil Incorporated. USA.
- Food and Agriculture Organization (FAO) / World Health Organization (WHO). 2002. Report of a Joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food.
- GraphPad Prism 6.01. 2012. GraphPad Software Inc., San Diego, CA. USA.
- Huxley, J. S. 1931. The relative size of antlers of deer. J. Zool. 101: 819-864.
- Isolauri, E., Y. Sütas, P. Kankaanpää, H. Arvilommi and S. Salminen. 2001. Probiotics: effects on immunity. Am. J. Clin. Nutr. 73(2): 444s-450s.
- Kaila, M., E. Isolauri, E. Soppi, E. Virtanen, S. Laine and H. Arvilommi. 1992. Enhancement of the circulating antibody secreting cell response in human diarrhea by a human *Lactobacillus* strain. Pediatr. Res. 32(2): 141-144.
- Kasmani, F. B., M. A. K. Torshizi, A. Allameh and F. Shariatmadari. 2012. A novel aflatoxin-binding *Bacillus* probiotic: Performance, serum biochemistry, and immunological parameters in Japanese quail. Poult. Sci. 91: 1846-1853.
- Lahtinen, S. J. 2012. Probiotic viability - does it matter? Microb. Ecol. Health Dis. 23: 18567.
- Lee, T. T. and B. Yu. 2013. Application of biologics to feedstuff. Afr. J. Biotechnol. 12(6): 526-530.
- Luo, Z., Y. Guo, J. Liu, H. Qiu, M. Zhao, W. Zou and S. Li. 2016. Microbial synthesis of poly- $\gamma$ -glutamic acid: current progress, challenges, and future perspectives. Biotechnol. Biofuels. 9(1): 134.
- Moen, R. and J. Pastor. 1998. Simulating antler growth and energy, nitrogen, calcium and phosphorus metabolism in caribou. Rangifer. 18(5): 85-97.
- Muir, P. D., A. R. Skyes, and G. K. Barrell. 1987. Growth and mineralisation of antlers in red deer (*Cervus elaphus*). NZ. J. Agric. Res. 30: 305-315.

- Patterson, J. A and K. M. Burkholder. 2003. Application of probiotics and prebiotics in poultry production. *Poult Sci.* 82: 627-631.
- Shih, I. L., Y. T. Van and M. H. Shen. 2004. Biomedical applications of chemically and microbiologically synthesized poly (glutamic acid) and poly (lysine). *Mini. Rev. Med. Chem.* 4: 179-188.
- Simon, O., A. Jadamus and W. Vahjen. 2001. Probiotic feed additives - effectiveness and expected modes of action. *J. Anim. Feed Sci.* 10: 51-67.
- Stanbury, P. F., A. Whitaker and S. J. Hall. 1995. Media for industrial fermentation. In: *Principles of Fermentation Technology*. Oxford 2<sup>nd</sup>. UK. pp. 93-121.
- Tanimoto, H., T. Fox, J. Eagles, H. Satoh, H. Nozawa, A. Okiyama, Y. Morinaga and S. J. Fairweather-Tait. 2007. Acute effect of poly-gamma-glutamic acid on calcium absorption in post-menopausal women. *J. Am. Coll. Nutr.* 26(6): 645-649.
- Yang, L. C., J. B. Wu, G. H. Ho, S. C. Yang, Y. P. Huang and W. C. Lin. 2008. Effects of poly-gamma-glutamic acid on calcium absorption in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 72(12): 3084-3090.
- Yasui, H., N. Nagaoka, A. Mike, K. Hayakawa and M. Ohwaki. 1992. Detection of bifidobacterium strains that induce large quantities of IgA. *Microb. Ecol. Health Dis.* 5(3): 155-162.

# The effect of diet supplemented with fermented feedstuff (FF) and natto and fungal fermentative products (NF) on antler velvet weight, content and immunity in Formosan sambar deer <sup>(1)</sup>

I-Heng Chang <sup>(2)</sup> Shin-Hung Lin <sup>(2)</sup> and Cheng-Yung Lin <sup>(2)(3)</sup>

Received: Dec. 5, 2017; Accepted: Feb. 1, 2018

## Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of fermented feedstuff (FF) and natto and fungal fermentative products (NF) during velvet growing phase on the antler velvet performance and immunity in Formosan sambar deer. Based on the age and previous antler performance, 12 male deer was divided into 3 groups utilizing block randomization, which were control, FF (containing 1% of FF), and NF (containing 1% of FF and 0.15% of NF) group, each group was fed different concentrated feed. The average antler develop period was 70 days, feed and water was provided ad libitum. The results showed that the body weight gain were no significant difference between groups, yet the dry matter intake / body weight was significant decreased ( $P < 0.05$ ) in FF group. The antler velvet weight and growing rate were no significant difference between groups but largely increased in FF group. The crude ash and phosphorous content of antler velvet dry matter were both significantly increased in FF and NF group ( $P < 0.05$ ), and calcium content of antler velvet dry matter was also markedly elevated. The concentrations of immunoglobulins were no significant difference between groups. Taken together, by using 1% of FF during velvet growing phase, the mineral concentration of antler velvet was significantly increased and antler velvet growing potential was markedly elevated in Formosan sambar deer.

Key words: Formosan sambar deer, Fermented feedstuff, Natto and fungal fermentative products, Antler velvet weight and content, Immunity.

---

(1) Contribution No. 2587 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Kaohsiung Animal Propagation Station, COA-LRI, Pingtung 91247, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: jengyong@mail.tlri.gov.tw.