

水解羽毛粉原料發酵技術開發 提高豬隻生產效率之

1
黃憲榮

一、前言

臺灣地區高溫多濕，為改善飼料利用效率及促進畜禽生長，偶有發生飼料中添加抗生素而造成畜禽產品發生藥物殘留的問題。歐盟自2006年起，全面禁止使用抗生素作為飼料添加物，同時尋找適宜之抗生素替代物成為近年研究風潮，如益生菌、植物性飼料添加劑及微生物發酵產品等。益生菌（Probiotics）是指益於宿主健康之活微生物，在畜牧業中，利用益生菌添加於動物飼料，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。而植物性飼料添加劑則已經被廣泛地利用以取代抗生素，因其植物屬性衍生之萃取物（Extract）對動物生長有促進



| 註1：行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。



效果。微生物發酵產品可消化分解蛋白質及碳水化合物，減少基質中抗營養物質及改善營養價值，且其生產成本低、效率高，所生產之產品較未經處理之原料能提高其營養價值，促進動物成長及改善飼料利用效率，可用於取代抗生素，使產品符合衛生安全的目的。目前養豬產業常見母豬繁殖表現、哺乳仔豬與離乳仔豬之育成率及日增重欠佳，而此與哺乳母豬飼料採食量偏低、母豬及仔豬之免疫能力未見提升有關。

大豆粕與魚粉兩者皆為動物飼料中常用之蛋白質來源，在豬隻均會使用以提高之動物生長表現。魚粉為動物性蛋白質原料，其含量高之粗蛋白質、胺基酸組成平衡、營養可利用率高及適口性佳及促進生長因子等特性。而大豆粕為植物性蛋白質原料含量高之粗蛋白質、豐富碳水化合物、膳食纖維與礦物質，但大豆粕中含有胰蛋白酶抑制因子、過敏性蛋白、致脹氣性寡糖與植酸等多種抗營養因子，會降低大豆粕在動物飼糧中之營養價值及利用性。目前大豆粕與魚粉等蛋白質飼料原料來源日益短少，且價格昂貴等問題，致使副產物再利用日漸受到重視。

二、廢棄雞羽毛產業問題

臺灣每年生產約2.2億隻白肉雞（羽毛約占體重的5%），其羽毛如不

妥善處理，亦會造成環境污染。羽毛之粗蛋白含量高達85%，其中角蛋白約占90%，角蛋白中雙硫鍵氫鍵及疏水性作用，使溶解性低而難以被酵素分解造成低利用率，使得羽毛在單胃動物飼糧用量受限。且羽毛粉為胺基酸組成不平衡之高蛋白質原料，其缺乏甲硫胺酸、離胺酸、組胺酸以及色胺酸。目前產業方法以高溫高壓水解較多，過程中會先以高壓蒸氣（270~340 kpa）蒸煮30~60分鐘後再乾燥之。蒸煮過程中會使一些胺基酸流失或變性，進而對單胃動物消化率及利用率有不良影響。因此羽毛粉之飼糧使用量受到限制，目前在豬隻的建議量不超過5%。然而酵素或生物分解技術具有將羽毛粉改良至類似黃豆粉飼養效果之潛力。加工過程中使用羽毛水解酵素可縮短加工時間、降低溫度壓力需求並減少胺基酸破壞，進而達到降低加工成本、改善營養價值之功效。為解決上述問題，行政院農業委員會畜產試驗所與國立嘉義大學共同研發二階段發酵技術，



圖1. 納豆酵母粉為淡黃色、粉末無刺鼻味。

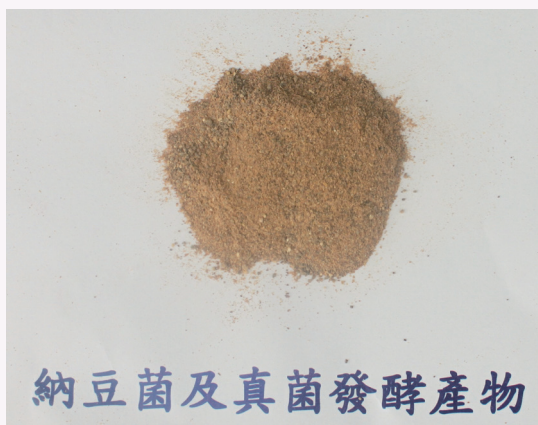


圖2. 納豆真菌發酵產物為黃褐色、粉末有刺鼻味。



圖3. 添加5%納豆酵母粉顯著提高屠體肌肉之紅色度(a值)。

以益生菌及羽毛粉與大豆粕為基質材料，開發出兼具飼料效率及處理廢棄羽毛的環保飼料。

三、發酵飼料製成技術

目前以微生物發酵在植物性蛋白應用在豬隻飼糧，具有改善生長性狀等已有許多文獻。但在羽毛粉之發酵則較為稀少。而本研究利用菌株生產分解羽毛酵素，具有將羽毛粉改善至類似黃豆粉之潛力。菌株使用具有角蛋白分解能力強之 *Bacillus subtilis* Da2、Da6 和 *B. amyloliquefaciens* Da15、Da16 和蛋白質分解能力強的 *B. subtilis* var. *natto* N21 作為第一階段發酵菌株，然後加入產酸能力強的 *Saccharomyces cerevisiae* Y10 或 *Lactobacillus sporogenes* L12 作為第二階段發酵菌株。以 3:2 或 1:1 的比例混合大豆粕和羽毛粉作為發酵基質，

進行二階段混合型固態發酵，進行新型式的蛋白質飼料原料開發及生產（納豆酵母粉，圖1），並應用於豬隻飼糧。

四、應用豬隻研究

研究顯示，所開發之納豆酵母粉與含納豆菌真菌發酵產物（內含益生菌、酵素及具保健功效之植物粉末或萃取物如肉桂及辣椒等）（圖2），開發成飼料添加物，其二階段發酵技術可消化分解蛋白質及碳水化合物，減少基質中抗營養物質及將大分子蛋白質降解為小分子肽，改善營養價值且營養吸收率高，用以取代抗生素與磺胺劑等藥物使用，其飼糧中添加對豬隻具有調節免疫力之功效以改善保育、生長、肥育豬之生長性狀及提高屠體肌肉之紅色度（a值）（圖3）、哺乳期母豬之飼料採食量與哺乳仔豬之免疫表現、增重及育成率及減低母豬

表 1. 納豆酵母粉及納豆真菌發酵產物添加於豬之最適添加量建議

添加量	懷孕後期及泌乳期	教槽人工乳料	保育期料	生長期料	肥育期料
納豆酵母粉	2%	3%	2.5% 或 5%	3%	2.5%
納豆真菌發酵產物	0%	0.2%	0.15%	0%	0%

失重與縮短離乳至再發情天數之生產性能效果，與產業當前需要契合。

五、推廣與展望

針對納豆酵母粉與含納豆菌真菌發酵產物，添加於懷孕後期與哺乳母豬、保育豬、生長豬及肥育豬等階段飼糧，可發現其對繁殖性能、生長性能、免疫反應及屠體性狀有正面效果，能提升豬隻之生產及利潤效益（表 1）。

羽毛主要由角蛋白構成，一般細菌難以分解利用。目前 *Bacillus subtilis* var. *natto* Da16 對培養基羽毛水解率 72 小時只達 79.1%，期望此技術爾後能再突破，進而能提高羽毛水解率及提升動物消化率與免疫力，促使此技術產業化，成經濟動物的保健用飼料添加物，以替代預防性抗生物質的使用，增強對氣候變遷與疾病流行衝擊的防禦，改善經濟動物之生產效率及食品安全之目標。

