

麹菌 (*Aspergillus usami*) による発酵処理大豆粕は、 豚のリン利用性を改善する

矢野史子¹，松田基宏²

要 約

麹菌 (*Aspergillus usami*) で発酵処理した大豆粕を豚の飼料として用いた際の、リンおよびその他の栄養素の消化率について検討した。8週令のラージホワイト種去勢子豚(平均体重23.6kg) 15頭を3グループに分け、それぞれ以下の飼料で10日間飼育した。①大豆粕20%を含む飼料(無処理飼料 P; 0.87%) ②発酵大豆粕20%を含む飼料(発酵飼料 P; 0.91%) ③大豆粕10%と発酵大豆粕10%を含む飼料(混合飼料 P; 0.89%) 5日間の予備飼育の後、糞を5日間採取し、粗蛋白質、灰分、カルシウム、リンの分析を行った。発酵飼料区では無処理区に比べてリンの利用性が有意に改善され、粗蛋白質消化率も上昇した。これらの結果から、麹菌で発酵処理した大豆粕を豚の飼料として用いると、リンと粗蛋白質の消化率が上がり、排泄量を低減できることが示唆された。

緒 言

種子や穀実などの植物性飼料中に含まれるリンは、その多くがフィチン酸もしくは混合塩のフィチンとして存在している。単胃動物はこのフィチン態のリンを分解する酵素を持たないため、リンとして利用できる量は豚では20-30%ときわめて低く、大部分が消化されないまま糞中に排泄される。そのため、総リン量としては飼料中に十分存在しているにもかかわらず、豚や鶏の配合飼料にはリン酸カルシウムなどの鉱物性無機リンが添加され、飼料費を上げるばかりでなく、リンの排泄量をますます増加させることとなっている。飼料中のフィチン態リンを分解して無機リンにすると利用性が改善され、リンの排泄量も軽減できる。フィターゼは、このフィチン態リンを無機リンにまで分解、遊離する働きを持つ加水分解酵素である。近年、微生物由来のフィターゼの大量生産が生物工学的手法で行われ環境負荷物質の軽減という観点から飼料への添加利用が試みられ^{1, 2, 3)}、豚の消化管内でのリンの消化率の変化が報告されている⁴⁾。

一方、糸条菌の一種でフィターゼ活性の高い麹菌 (*Aspergillus usami*) を用いて大豆粕

1. 近畿大学生物理工学部生物工学科

2. 和歌山県畜産試験場

を発酵処理すると、利用性の高い非フィチン態リンが28.2%から91.4%にまで増加し⁵⁾、ラットによるリン吸収率の改善⁶⁾や鶏雛のリン利用性の改善⁷⁾が報告されている。

本試験は、発酵処理大豆粕がリンおよびその他の栄養素の利用性に及ぼす効果を育成豚を用いて検討した。

材料と方法

大豆粕の発酵処理

市販の脱脂大豆粕を既法従って麹菌 (*Aspergillus usami*) を用いて発酵処理した。蒸した大豆粕に $2 \times 10^7 \text{ kg}^{-1}$ の *Aspergillus usami* を摂取し48時間発酵させ、さらに水を加えて12時間発酵させた。これを乾燥粉碎して発酵処理大豆粕とした。無処理の脱脂大豆粕 (SBM) も粉碎して飼料に供した。

消化試験

8週令のラージホワイト種雄去勢豚15頭 (平均体重23.6kg) を5頭ずつ3区に分け、それぞれ無処理大豆粕を含む飼料 (無処理区)、発酵大豆粕を含む飼料 (発酵処理区) および発酵大豆粕と無処理大豆粕を均等に含む飼料 (混合区) を給与した。飼料組成は表1に示した。

動物は10日間のあいだ体重の2%に当たる飼料を1日に2回給与された。また非吸収マーカースとしてポリエチレングリコール4000を飼料中に添加した。5日間の予備期間の後6日目から10日目まで糞の1部を採取し、60度で二晩通風乾燥した。

乾燥した糞サンプルは、1mmメッシュにまで粉碎した後分析に供した。

分析項目

飼料と糞の一般成分およびポリエチレングリコールは常法で分析した。無機物の測定には試料を硝酸-過塩素酸で湿式灰化後、リンは比色法⁸⁾で、カルシウムは原子吸光法で測定した。

結果と考察

実験結果を表2に示した。リンの見かけの消化率は無処理区が26.1%であるのに比べ発酵処理大豆粕 (FSBM) 区で41.9%と有意に高く、発酵処理区でリンの利用性が改善されたことが示された。混合飼料区のリン消化率は発酵処理区と無処理区の間値となったが、両区との間に有意差は認められなかった。カルシウムの消化率は飼料区による差は認められなかった。粗灰分の消化率は発酵処理大豆粕区で最も高く、ついで、混合飼料区、無処理区の

表 1. 飼料組成

	無処理区	発酵処理区	混合区
無処理大豆粕	20%	0%	10%
発酵処理大豆粕	0	20	10
育成豚用市販飼料	80	80	80
粗蛋白質	25.6	26.5	26.1
粗灰分	5.5	5.8	5.7
リン	0.87	0.91	0.89
カルシウム	0.70	0.71	0.70

表 2. 育成豚の栄養素消化率

	無処理区	発酵処理区	混合区
リン	26.1±10.1 ^a	41.9±6.3 ^b	32.9±6.7 ^{a,b}
カルシウム	34.5±6.3	39.4±6.8	38.6±6.3
乾物	70.5±2.8 ^a	77.3±1.6 ^b	76.4±2.4 ^b
粗蛋白質	66.4±2.5 ^a	73.4±2.0 ^b	74.4±4.4 ^b
粗灰分	34.2±7.8 ^a	48.5±4.1 ^b	41.1±4.3 ^{a,b}

a, b ; 異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)

順で、発酵処理区と無処理区の差は有意であった。先の試験⁵⁾で麹菌発酵処理大豆粕ではフィチン態リンがほぼ完全に分解されていたことから、本試験で使用した発酵処理大豆粕もフィチン態リンが十分無機リンに分解されており、発酵処理区飼料に含まれるリンは、無処理区飼料中のリンよりも消化管から容易に吸収されたと考えられる。またフィチン酸が分解されてもカルシウムの消化率が改善しなかったことから、フィチン酸はカルシウム吸収を阻害する要因ではないことが推察された。

インビトロの試験で、発酵処理が小麦や豆の糖と蛋白質の消化率を改善することが報告されている^{9、10、11)}。また本試験で用いた発酵大豆粕飼料で、鶏による粗蛋白質と可溶性無窒素物の利用性が改善されることが報告されている⁶⁾。本試験でも乾物消化率、粗蛋白消化率は、

発酵処理大豆粕区、混合飼料区ともに無処理区より有意に高くなった。麴菌による発酵処理がリンの利用性とは別に蛋白質の利用性を改善したと考えられる。

以上の結果、本試験においては、糞中へのリン排泄量は18%軽減され、窒素排泄量は22%軽減された。(表3)

表3. 育成豚の糞中へのリンと窒素の排泄量 (g/day/head)

	無処理区	発酵処理区	混合区
リン			
摂取量	7.46	7.62	7.55
糞排泄量	5.43	4.44	5.08
吸収量	2.03	3.18	2.47
窒素			
摂取量	34.65	35.63	35.43
糞排泄量	11.62	9.50	9.08

育成豚のリン要求量は非フィチン態リンとして3.7gとされているので¹²⁾、麴菌処理飼料を用いば飼料中の総リン量を少なくでき、さらに排泄リン量をより軽減させることが可能となる。また発酵処理区で、蛋白質等の栄養素の利用性も改善される傾向が認められたことは、発酵処理がフィチン酸だけでなく、その他の有機物の構造にも影響を与えている可能性を示唆している。

本研究を実施するに当たり、麴菌発酵大豆粕を提供して下さった株式会社ニチモウ、および株式会社菱六に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Nelson, T. S., T. R. Shieh, R. J. Wodzinski and J. H. Ware, 1971. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. J. Nutr. 101 : 1289-1293.
- 2) Simons, P. C. M., H. A. J. Versteegh, A. W. Jongbloed, P. A. Kemme, P. Slump, K. D. Bos, M. G. E. Wolters, R. F. Beudeker and G. J. Verschoor, 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and

- pigs. Brit. J. Nutr. 64 : 525-540.
- 3) Schöner, F. J. and P. P. Hope, 1992. Microbial phytase, a tool to alleviate environmental phosphorus pollution from broiler production. Proceedings of the 14th poultry Congress. vol. 3 : 429-432.
 - 4) Jongbloed, A., Z. Mroz and P. A. Kemme, 1992. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. J. Anim. Sci., 70 : 1159-1168.
 - 5) Ilyas, A., M. Hirabayashi, T. Matsui, H. Yano, F. Yano, T. Kikushima, M. Takebe and K. Hayakawa., 1995. A note on the removal of phytate in soybean meal using *Aspergillus usami*. Asian-Australasian J. Anim. Sci., 8 : 135-138.
 - 6) Hirabayashi, M., A. Ilyas, T. Matsui and H. Yano, 1994. The effect of fermented soybean meal on phosphorus absorption in rats. Proceedings of the 7th Animal Science Congress of Asian-Australasian Association of Animal Production Society, vol. 3 : 209-210.
 - 7) Matsui, T., M. Hirabayashi, Y. Iwama, T. Nakajima, F. Yano and H. Yano, 1996. Fermentation of soya-bean meal with *Aspergillus usami* improves phosphorus availability in chicks. Animal Feed Science and Technology, 60 : 131-136.
 - 8) Gomori, G., 1942. A modification of the colorimetric phosphorus determination for use with the photoelectric colorimeter. J. Lab. Clin. Med., 27: 955-960.
 - 9) Gupta, M., N. Khetarpaul and B. M. Chauhan, 1992. Paradi fermentation of wheat : changes in phytic acid content and in vitro utilizability. Plant Foods Human Nutr., 42 : 109-116.
 - 10) Khetarpaul, N. and B. M. Chauhan, 1991. Sequential fermentation of pearl millet by yeasts and lactobacilli : Effect on the antinutrients and in vitro digestibility. Plant Foods for Human Nutr., 41 : 321-328.
 - 11) Yadav, S. and N. Khetarpaul, 1995. Indigenous legume fermentation : Effect on some antinutrients and *in-vitro* utilizability of starch and protein. Food Chemistry, 50 : 403-406.
 - 12) 日本飼養標準・豚. 1993. (農林水産省農林水産技術会議事務局編) 中央畜産会. 東京.