養豚飼料へのリンゴジュース粕添加による 尿中窒素排泄量の低減

山本朱美・青木幸尚¹⁾・伊藤 稔・石川雄治*
山内克彦**・山田未知**・古谷 修

(財)畜産環境整備機構畜産環境技術研究所, 福島県西郷村 961-8061

¹⁾現所属: 近畿大学生理工学部, 和歌山県那賀郡打田町, 649-6493

* 福島県畜産試験場, 福島市 960-2156

** 福島県立農業短期大学校, 福島県矢吹町 969-0292

(2001 年 5 月 29 日受付, 2001 年 9 月 19 日受理)

要 約 養豚飼料へのリンゴジュース粕の添加が尿中窒素排泄量に及ぼす影響について検討した。開始時体重が約 40kg の去勢雄豚 8 頭を供試し, 4 頭には CP15.8% のトウモロコシとダイズ粕を主体とする標準的飼料を体重の 3% 給与し (標準飼料区), 他の 4 頭には同量の標準飼料とともに乾燥リンゴジュース粕を体重の 0.9% の割合で添加して給与した (リンゴ粕区)。豚は代謝ケージに収容し, 9 日間の予備試験の後, 5 日間にわたって全量の糞尿を採取して窒素出納を調べた。1 日当たりの窒素摂取量は標準飼料区およびリンゴ粕区で, それぞれ, 31.9 および 35.3g であった。尿中窒素排泄量は, それぞれ, 16.8 および 10.7g とリンゴ粕区で 36% 低くなった ($P<0.01$) が, 逆に, 糞中窒素排泄量は, それぞれ, 5.3 および 10.9g とリンゴ粕区で多くなった ($P<0.01$)。総窒素排泄量は, それぞれ, 22.1 および 21.6g で差が認められなかった。

緒 言

家畜から排出される窒素やリンなどの物質による環境負荷の軽減が大きな課題になっている。とくに, 窒素の場合は尿への排出量が多く, 環境への負荷を与えるとともに悪臭物質の一つであるアンモニア発生の原因となるため, これの低減がきわめて重要である。そこで, 栄養的制御によって,

環境負荷物質である窒素の排泄量そのものを減らす多くの試みがみられるようになった¹⁾。このうち, 窒素の排泄量については, 低 CP 飼料に不足するアミノ酸を添加して給与することによって, 豚の生産性を損なわずに窒素の排泄量を 30~45% 減少させ得ることが明らかにされており^{2~6)}, この技術はすでに養豚の現場で実証, 普及されつつある⁷⁾。

Effect of Dietary Addition of Dried Apple Pomace on the Nitrogen Excretion in Urine and Feces of Growing Pigs

A. YAMAMOTO, Y. AOKI¹⁾, M. ITOH, Y. ISHIKAWA*, Y. YAMAUCHI**, M. YAMADA** and S. FURUYA
Livestock Industry's Environmental Improvement Organization, Institute of Livestock Industry's Environmental Technology, Nishigo, Fukushima, 961-8061

¹⁾ Present address: Department of Biotechnological Science, The School of Biology-Oriented Science and Technology, Kinki University, Wakayama, 649-6493

*Fukushima Prefectural Livestock Experiment Station, Fukushima-shi, Fukushima, 960-2156

**Fukushima Prefectural Agricultural Junior College, Yabuki, Fukushima, 969-0292

一方, CANH *et al.*⁸⁾ は, ビートパルプのような非澱粉多糖類 (non-starch polysaccharide, NSP) を多く含む飼料を給与すると尿中への窒素排泄量が減少し, 逆に糞中への窒素排泄量が増えることを明らかにしている。これは, NSP が多量に大腸に流入することによりそれをエネルギー源として腸内細菌の増殖が活発になるが, その際にタンパク質合成の窒素源として尿素循環⁹⁾により消化管に分泌される尿素が使われるためである。

リンゴジュース粕の大部分は NSP で, 化学的組成はビートパルプに類似している¹⁰⁾。そこで, CANH *et al.*⁸⁾ の成績と同様に, リンゴジュース粕にも尿中窒素排泄量の低減効果があるものと考えて, 一般的飼料に配合して豚に給与し, 尿中窒素排泄量が著しく低減されることを見出したので報告する。

材料および方法

1. 供試飼料および試験豚の飼育条件

供試飼料はトウモロコシとダイズ粕を主体とした飼料 (標準飼料) およびこれに乾燥したリンゴジュース粕を 30% 配合 (リンゴ粕飼料) した 2 種類で, 標準飼料の配合割合を表 1 に示した。

同一試験設計の 2 回の実験に, 体重約 40kg の去勢雄豚 (LWD) 計 8 頭を供試した。1 回の実験は 7 日間の馴致期間に続く連続した 2 試験期間 (各 14 日間) からなり, 4 頭の豚を用いて実験を行った。馴致期間中は, 個別に代謝ケージに収容した 4 頭の豚すべてに体重の 3% 量に相当する量の標準飼料を給与した。これに続く試験期間に, 豚を 2 頭ずつ標準飼料区あるいはリンゴ粕区に割り当てた。試験開始時の体重に基づき, 標準飼料区では標準飼料を体重の 3% に相当する量を, リンゴ粕区では体重の 3% 量の標準飼料に加えてリンゴジュース粕を体重の 0.9% に相当する量を朝 1 回給与した。飲水は自由とした。1 試験期間は 14 日間で, 9 日間の予備試験期と 5 日間の糞尿採取期からなり, 2 期目には試験飼料を反転給与して, 1 回の実験で 2 回窒素出納試験を実施した。したがって, 1 飼料区で 8 頭の豚の窒素出納成績が得られた。なお, 2 回目の実験では, 乾物消化率も測定した。

表 1. 標準飼料の配合割合 (%)

トウモロコシ	69.80
フスマ	3.00
脱脂米ヌカ	3.00
ダイズ粕	19.71
動物性油脂	2.00
炭酸カルシウム	1.20
第 3 リン酸カルシウム	0.60
食塩	0.28
塩化コリン (50%)	0.07
DL-メチオニン	0.03
塩酸 L-リジン	0.11
ビタミン・ミネラル混合物 ¹⁾	0.20

¹⁾飼料 1kg 中含量: ビタミン A 7,140IU, ビタミン D₃ 1,428IU, 酢酸 DL- α トコフェロール 4.7mg, メナジオン亜硫酸ナトリウム 5.3mg, 硝酸チアミン 0.17mg, リボフラビン 1.58mg, 塩酸ピリドキシン 0.17mg, シアノコバラミン 15.1 μ g, ニコチン酸アミド 6.2mg, D-パントテン酸 9.8mg, 葉酸 0.52mg, d-ビオチン 35 μ g, Mn 15.98mg, Fe 267.66mg, Cu 9.81mg, Zn 49.74mg, Co 1.12mg, I 0.24mg

2. 糞および尿の処理, 化学分析および統計処理

窒素出納試験の期間中に排泄された糞および尿は毎日全量を集めて重量を測定し, そのうちの 1/10 量を分析用試料として 4℃ で保存した。5 日間の糞および尿はそれぞれ混合して分析試料としたが, 糞の場合は通風乾燥機により 60℃ で乾燥後, 風乾状態に戻してから, ウィレー粉碎機により粉碎した。

飼料, 糞の風乾試料および尿の窒素濃度の分析は定法¹¹⁾によった。また, 試験結果の有意性の検定は繰り返しのある二元配置による分散分析¹²⁾を行った。

結果および考察

標準飼料およびリンゴ粕飼料の CP 含量は, それぞれ, 15.8 および 13.2% であった。また, リンゴジュース粕そのものの CP 含量は 4.61% で, 飼料成分表¹⁰⁾の 8.5% や Ewing¹³⁾の 7.0% よりも少

表 2. リンゴジュース粕の添加が窒素排泄量に及ぼす影響¹⁾

	標準飼料	リンゴ粕飼料	SE
飼料摂取量 (kg/d)	1.26	1.67(133)**	0.04
窒素摂取量 (g/d)	31.9	35.3 (110)*	1.0
糞中窒素排泄量 (g/d)	5.3	10.9 (204)**	0.3
尿中窒素排泄量 (g/d)	16.8	10.7 (64)**	0.8
総窒素排泄量 (g/d)	22.1	21.6 (98)	0.7

¹⁾各飼料で 8 頭の平均値, () は標準飼料に対する相対値

**P<0.01, *P<0.05

なく, 山田ら¹⁴⁾の 3.4% よりもやや多かった。

標準飼料とリンゴ粕飼料を肥育豚に給与した場合の飼料摂取量および窒素排出量を表 2 に示した。試験期間中は全ての個体で残飼は認めらず, 飼料摂取量はリンゴ粕飼料区で約 30% 多くなった。窒素摂取量は飼料摂取量が多い分, リンゴ粕飼料給与で高くなったが, その差は約 10% であった。1 日当たりの総窒素排泄量は標準飼料区で 22.1g, リンゴ粕飼料区で 21.6g とほとんど差はなかった。しかしながら, 尿中窒素排泄量はリンゴジュース粕の添加により, 標準飼料を給与した場合に比べ 64% にまで減少した。逆に糞中窒素排泄量はリンゴジュース粕の添加により, 約 2 倍に増加した。

表 3 に各供試飼料およびリンゴジュース粕そのものの乾物および見かけの CP 消化率を示した。なお, リンゴジュース粕の消化率は, 標準飼料にリンゴジュース粕を添加しても標準飼料の消化率は変わらないとの前提で算出した。見かけの CP 消化率は, 標準飼料の 83.3% に対してリンゴ粕飼料では 68.9% と低くなり, リンゴジュース粕そのものの CP 消化率は -106.1% と大幅にマイナスとなった。飼料成分表¹⁰⁾では CP の消化率をゼロとしている。2 期目に実施した乾物消化率では, リンゴジュース粕そのものは 4 頭の平均値で 58.7% となり, CP 消化率に比較して高かった。リンゴジュース粕の消化率は, 可溶無窒素物 58%, 粗繊維 48% とされており¹⁰⁾, ここで得られた乾物消化率はほぼ妥当な値と考えられる。リンゴジュース粕の澱粉および糖の含量はそれぞれ, 2 および 15% と少なく¹³⁾, 炭水化物のほとんどが NSP で

表 3. リンゴジュース粕の添加が乾物および見かけの CP 消化率に及ぼす影響

	消化率 (%) ¹⁾	
	乾物	CP
標準飼料	83.0±1.9	83.3± 1.5
リンゴ粕飼料	77.4±1.1	68.9± 2.2
リンゴジュース粕	58.7±4.7	-106.1±25.3

¹⁾乾物消化率は 4 頭, CP 消化率は 8 頭の平均値±標準偏差

あるため, 消化されたものの大部分は菌体タンパク質合成のエネルギーとして使われたものと考えられる。

CANH et al.⁸⁾ は, ビートパルプのような NSP を多く含む飼料を給与すると尿中への窒素排泄量が減少し, 逆に糞中への窒素排泄量が増えることを明らかにしている。これは, NSP が多量に大腸に流入することによりそれをエネルギー源として腸内細菌の繁殖が活発になるが, その際にタンパク質合成の窒素源として尿素循環⁹⁾により消化管に分泌される尿素が使われるためであるとされている。リンゴジュース粕の化学的組成はビートパルプに類似しており¹⁰⁾, CANH et al.⁸⁾ のビートパルプ, ダイズ皮等の NSP を多量に含む飼料原料を用いた成績と同様に, リンゴジュース粕にも尿窒素排泄量の低減効果があることが確かめられた。本試験では, 体重維持に近い制限給餌を行っており, 不断給餌でも同様の効果があるか否かは明らかではないが, CANH et al.⁸⁾ は不断給餌に近い条件でビートパルプを用いて実験を行い, 窒素

の排泄経路が尿から糞に明確に移行することを観察している。したがって、本試験で用いたリンゴジュース粕の添加飼料の場合でも、不断給餌に近い条件で同様の効果があると考えられる。

NSP の給与によって糞中に増える窒素の大部分は菌体タンパク質と考えてよい⁸⁾。この窒素は直接飼料の不消化物に由来するものではなく、いわゆる糞中代謝性窒素である。リンゴ粕飼料の給与によって CP の見かけの消化率が大幅に負になったのはこの代謝性窒素の増加に起因している。

CANH et al.¹⁵⁾ は、飼料中の NSP 含量を増加させると糞と尿の混合物からのアンモニア発生量が直線的に低下することを報告している。これは、NSP の給与によって尿中への窒素排泄量が減ることによっている。豚の尿中の窒素化合物のうち約 97% が尿素の形態で存在する¹⁶⁾が、アンモニアの発生は、この尿中の尿素が糞中に含まれる尿素分解酵素であるウレアーゼと反応する結果である¹⁷⁾。山本ら⁵⁾も、低 CP 飼料の給与により尿中窒素排泄量とともに糞尿混合物からのアンモニア発生量が著しく減ることを報告している。本研究において、一般的な標準飼料へのリンゴジュース粕の 30% の添加により、尿中への窒素排泄量が 36% 低減されることが明らかになったが、アンモニア発生量への影響についての実証は今後の課題である。鈴木らはリンゴジュース粕を 10% 添加した飼料で肥育試験を行い、発育および飼料の利用性はやや劣ったが、養豚飼料原料として十分に利用できると報告している¹⁸⁾。また、山田らは、同じくリンゴジュース粕 10% 添加で、発育と肉質を調べているが、発育には差がなく、脂肪軟化を防ぐ可能性を示唆している¹⁴⁾。発育や肉質についてはさらなる検討が必要であろう。

文 献

- 1) 斎藤 守：ニワトリおよびブタからの環境負荷物質の低減化に関する栄養飼料学的研究の動向，日畜会報，**72**, J177-J199, 2001.
- 2) 古谷 修・渡部正樹・阿部博行・清水俊郎・大門博之・佐藤圭子・今田哲雄・佐藤金一：アミノ酸添加低蛋白質飼料の給与による肉豚における窒素排泄量の低減，日豚会誌，**34**, 15-21, 1997.
- 3) TACHIBANA, F., and H.UBAGAI: Effect of reducing crude protein and energy content in diets with amino acid supplementation on nitrogen balance, performance and carcass characteristics in pigs, Anim.Sci.Technol.(Jpn.), **68**, 640-649, 1997.
- 4) SUZUKI, K., X.C.CHENG, H.Kano, T.SHIMIZU and Y.SATO: Influence of low protein diets on water intake and urine and nitrogen excretion in growing pigs, Anim.Sci. Technol.(Jpn.), **69**, 267-270, 1998.
- 5) 山本朱美・高橋栄二・古川智子・伊藤稔・石川雄治・山内克彦・山田未知・古谷修：肉豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料の給与による尿量，窒素排泄量およびアンモニア発生量の低減効果，日豚会誌，**39**, 20-26, 2002.
- 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準・豚（1998 版），中央畜産会，1998.
- 7) 高木久雄・花積三千人・風早祐次・池田卓夫・山崎廣明・米持千里：肉豚の肥育期における窒素排泄量の低減に関する検討，平成 10 年度流通飼料畜産環境改善機能高度化推進事業報告書，3-47, (社)日本科学飼料協会，東京，1999.
- 8) CANH, T.T., M.W.A.VERSTEGEN, A.J.A. AARNINK and J.W.SCHRAMA: Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs, J.Anim.Sci., **75**, 700-706, 1997.
- 9) MOSENTHIN, W.C., H.SAUER, H.HENKEL, F. AHRENS and C.F.M.de LANGE: Tracer studies of urea kinetics in growing pigs: II. The effect of starch infusion at the distal ileum on urea recycling and bacterial nitrogen excretion, J.Anim.Sci., **70**, 3467-3472, 1992.
- 10) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本標準飼料成分表（1995 年版），中央畜産会，1995.
- 11) 森本 宏（監修）：動物栄養試験法，養賢堂，東京，1971.
- 12) 吉田 実：畜産を中心とする実験計画法，養賢堂，東京，1975.

- 13) EWING, W.N.: The Feeds Directory, Vol. 1, Empress Publishing Netherlands, The Netherlands, 2000.
- 14) 山田未知・相楽朝美・小山有子・金澤忍・山田幸二・山内克彦: 乾燥リンゴジュース粕給与による飼育豚の発育性および脂肪組織と筋肉の脂肪酸組成への影響について, 福島農短大研報, (9), 1-5, 2001.
- 15) CANH, T.T., A.L.SUTTON, A.J.A.AARNINK, M.W.A.VERSTEGEN, J.W.SCHRAMA and G.C.M.BAKKER: Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs, J.Anim.Sci., **76**, 1887-1895, 1998.
- 16) SCHULTE, D.D.: Critical parameters for emissions. In Proceedings of the international symposium: Ammonia and odour control from animal production facilities, eds. J.A.M. Voermans and G.J. Monteny, 23-34, Vinkeloord, The Netherlands, 1997.
- 17) AARNINK, A.J.A., P.HOEKSMA and E.N.J. VAN OUWERKERK: Factors affecting ammonium concentration in slurry from fattening pigs. In Proceedings of the Congress on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, eds. M.W.A.Verstegen, L.A.den Hartog, G.J.M.van Kempen and J.H.M. Metz, 413-420, Pudoc, Wageningen, 1993.
- 18) 鈴木義邦・杉本忠宏・高橋敏能・加藤剛夫: リンゴ搾汁乾燥粕の豚用飼料原料としての利用について, 日豚会誌, **29**, 107, 1992.

Effect of Dietary Addition of Dried Apple Pomace on the Nitrogen Excretion in Urine and Feces of Growing Pigs

Akemi YAMAMOTO, Yukihiisa AOKI¹⁾, Minoru ITOH, Yuji ISHIKAWA*,
Yoshihiko YAMAUCHI**, Michi YAMADA** and Shu FURUYA

Livestock Industry's Environmental Improvement Organization, Institute of Livestock Industry's
Environmental Technology, Nishigo, Fukushima, 961-8061

¹⁾ Present address : Department of Biotechnological Science, The School of Biology-
Oriented Science and Technology, Kinki University, Wakayama, 649-6493

* Fukushima Prefectural Livestock Experiment Station, Fukushima-shi,
Fukushima, 960-2156

** Fukushima Prefectural Agricultural Junior College, Yabuki,
Fukushima, 969-0292

We investigated the effects of addition of dried apple pomace to a corn-soybean meal-based diet (standard diet) on the fecal and urinary nitrogen excretion in growing pigs. Eight barrows (BW approximately 40 kg) were allotted to two treatments of four pigs each, in which the standard diet or the diet supplemented with 30% of dried apple pomace to the standard diet was given. The pigs were placed individually in the metabolism cages. After a 9-d pre-experimental period, urine and feces were quantitatively collected daily, for a 5-d period. The pigs fed the dried apple pomace-supplemented diet excreted 36% less nitrogen in urine and 104% more nitrogen in feces than the pigs fed the standard diet. However, the total nitrogen excretion was not affected by the dried apple pomace supplementation to the standard diet ($P > 0.05$). Apparent CP digestibility of the dried apple pomace was -106.1%.

Jpn. J. Swine Science, **39**, 1 : 8-13

Key words : Pigs, Apple pomace, Diet, Nitrogen balance, Excreta