

子豚用人工乳前期飼料に配合する大豆粕の加工方法の違いが離乳子豚の発育およびIgG濃度に及ぼす影響

山本英二・大和碩哉
(畜産研究所)

早期(生後21日)離乳子豚に給与する飼料中のタンパク質源としてのエクストルーダー大豆粕、膨化大豆粕、未処理大豆粕が子豚の増体および免疫グロブリンG(IgG)濃度に及ぼす影響と経済性について検討した。

未処理大豆粕、膨化大豆粕およびエクストルーダー処理大豆粕および脱脂粉乳(対照)を配合した人工乳前期飼料を21~42日齢の子豚に給与したところ、1日平均飼料摂取量では各区間に差は認められなかった。未処理大豆粕および膨化大豆粕を給与した子豚の1日平均増体量は、脱脂粉乳給与の場合に比べて有意($p < 0.05$)に低かったが、エクストルーダー処理大豆粕を給与した子豚では差がなかった。このことは未処理大豆粕を給与した子豚では全頭が下痢し、膨化大豆粕給与では子豚の半数が下痢をしたのに比べ、エクストルーダー大豆粕を給与した子豚は8頭中1頭と下痢の発生が少なかったことが原因と考えられる。大豆タンパク質抗原に特異的なIgG濃度は未処理大豆粕給与子豚では、給与終了時(42日齢)に有意に増加した。また、膨化大豆粕給与子豚では給与終了時に増加する傾向であった。しかし、エクストルーダー大豆粕給与子豚では差がみられなかったことから、大豆粕をエクストルーダー加工することにより、大豆タンパク質抗原が減少していることが示唆された。離乳後21日間に1頭当たりの子豚が摂取した飼料費は、エクストルーダー大豆粕区が1,680円と脱脂粉乳区2,129円に比べて21%安くなり、子豚の増体も差は認められなかった。

[キーワード: 早期離乳子豚, 増体, エクストルーダー大豆粕, 免疫グロブリンG, 下痢, 人工乳]

Effects of the Differences in Processing Methods of Soybean Meal Composed of Artificial Milk during the Early Stage of Growth Performance and on Immunoglobulin G Concentrations in Postweaning Pigs. Eiji YAMAMOTO and Sekiya YAMATO (Fukuoka Agric. Res. Cent, Chikushino Fukuoka 818-8549 Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent* 19: 101 - 105 (2000)

Influences and economic values of extruded soybean meal (A), expanded soybean meal (B) and also unprocessed soybean meal (C) as the protein resource in the feed in terms of early-weaning (21days) pigs were analyzed growth performance and immunoglobulin G (Ig G) concentrations.

The average amount of daily feed intake composed of A, B, C or dried skim milk (control) for pigs of 21 to 42 days old was not different for any period. The average daily weight gain was significantly ($P < 0.05$) less for pigs fed diets B and C compared with pigs fed the dried skim milk diet, but the average daily gain for pigs fed diet C was similar to the control group. This may be due to the fact that diarrhea was observed for all pigs fed diet C and half of the pigs fed diet B, yet there was little occurrence of diarrhea (1 head in 8) for pigs fed diet A. The Ig G concentrations specific to soybean protein antigens were increased significantly in pigs 21 to 42 days old by the last day of diet C being fed. Also, there was a similar trend in antibody concentrations, increasing when the pigs were fed diet B at the end of period. However, the fact that difference was not observed in the antibody of pigs fed diet A, suggests that the soybean protein antigen is reduced by extrusion of the soybean meal. Feed expenses per head for postweaning pigs 21 days after weaning are 21% lower at 1,680 yen for the extruded soybean meal diet compared with 2,129 yen for the dried skim milk. Also, there was no difference on growth performance in pigs.

[Key word: early - weaning pig, growth performance, extruded soybean meal, immunoglobulin G, diarrhea, artificial milk]

緒言

人工乳前期飼料中のタンパク質源には、嗜好性が良く、消化率の高い脱脂粉乳が利用されているが、他のタンパク質源に比べて価格が高い。大豆粕を代表とする加工された大豆は、脱脂粉乳に比べて安価であり、良質なタンパク質源として家畜用配合飼料に広く利用されている。しかし、大豆タンパク質中には幼齢の動物に対して、下痢や過敏症による成長阻害を引き起こす抗原が含まれているため、早期離乳子豚に無処理のまま給与することは適さない。一方、大豆粕に各種の加工処理することにより、大豆粕飼料の栄養価や大豆粕抗原が改善され、早期離乳子豚への給与が可能になるという報告がさ

れている²⁾³⁾⁶⁾。特に、二軸エクストルーダーを用いた加工処理は大豆粕の高い栄養価を残しながら、離乳子豚の成長を阻害する大豆中のタンパク抗原量を250分の1に低減できることが報告されている¹⁾。しかし、加工方法の異なる大豆粕飼料の給与が、早期離乳子豚の免疫反応に与える影響についての報告は少なく、二軸エクストルーダー処理大豆粕の給与について検討した報告はない。

そこで、人工乳前期飼料として、未処理の大豆粕、膨化処理した大豆粕およびエクストルーダー処理した大豆粕の給与が、離乳子豚の増体と主な体液性免疫である血清中の免疫グロブリンG(IgG)に及ぼす影響について明らかにした。

第1表 試験飼料の配合割合

飼料名	試験1		試験2		試験3	
	未処理大豆粕	脱脂粉乳1	膨化大豆粕	脱脂粉乳2	エクストルーダー大豆粕	脱脂粉乳3
	%	%	%	%	%	%
脱脂粉乳	—	53.40	—	53.40	—	53.40
未処理大豆粕	44.30	—	—	—	—	—
膨化处理大豆粕	—	—	39.47	—	—	—
エクストルーダー処理大豆粕	—	—	—	—	31.80	—
乾燥ホエー	—	—	—	—	37.20	—
コーンスターチ	39.15	32.00	43.98	32.00	11.06	36.36
砂糖	10.00	10.00	10.00	10.00	12.00	7.00
コーン油	3.00	3.00	3.00	3.00	5.20	1.50
第2リン酸カルシウム	2.43	1.00	2.34	1.00	1.11	1.00
炭酸カルシウム	0.35	—	0.41	—	0.76	—
塩 (NaCl)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
塩酸Lリジン	0.17	—	0.20	—	0.15	—
DLメチオニン	—	—	—	—	0.10	0.12
ビタミン、ミネラルミックス	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
可消化養分総量	82.02	87.13	85.08	87.13	85.10	84.94
可消化粗蛋白質	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
リジン	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
カルシウム	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
リン	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
塩 (NaCl)	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46

材料および方法

1 試験飼料および供試子豚

哺乳期子豚用前期飼料の配合割合を第1表に示した。試験1では大豆タンパク質抗原が離乳子豚に及ぼす影響を調査するため、未処理大豆粕を配合した飼料、試験2では加水加熱により加工した膨化处理大豆粕を配合した人工乳前期飼料を用い、試験3ではエクストルーダー処理大豆粕と子豚の嗜好性と発育を向上させるため乾燥ホエーを配合した飼料を給与し、脱脂粉乳を配合した対照飼料の給与と比較した。なお、大豆タンパク質源の違いが子豚の増体および消化に及ぼす影響を明らかにするため、腸内細菌叢に影響を与える抗菌性物質は一切添加しなかった。

試験1では大ヨークシャー種(♀)とランドレース種(♂)の一代雑種(WL)子豚を、試験2および試験3では大ヨークシャー種(W)子豚を用いた。各試験において対照の脱脂粉乳給与と各処理大豆粕給与の比較を行うため、それぞれの給与区に21日齢で離乳した同腹子豚の雄2頭、雌2頭を配置した。子豚は生時から離乳までのこの床の高床式分娩室で飼養し、離乳後は消毒薬および石灰乳により消毒したコンクリート平床分娩室に移動させることにより、細菌性下痢が発生するのを極力防止した。また、供試子豚は分娩豚舎平床において雌雄群飼、試験期間は離乳時～42日齢までとし、2反復試験を

実施した。試験終了後は市販の人工乳後期飼料(TDN81%, DCP16%)を給与した。人工乳前期飼料の栄養価はいずれの試験区および対照区も可消化粗蛋白質(以下DCP)を18.00%, 第1制限アミノ酸のリジンを1.46%になるように調整した。飼料給与は不断給餌とし、飲水は自由とした。

試験期間は試験1が平成6年10～11月、試験2が平成7年4～5月、試験3が平成8年4～5月に実施した。

2 調査項目および方法

調査項目は、21～42日齢までの1日平均増体量(以下DG)、1日平均飼料摂取量(以下FI)および下痢した子豚の頭数とした。下痢の発生が増体に及ぼす影響を調査するため、28日齢までは下痢した子豚の治療を実施しなかった。さらに試験終了後の子豚の発育への影響について、市販の人工乳後期飼料を給与後、14日間における子豚のDG、FIを調査した。

また、試験開始前(21日齢)と試験終了時(42日齢)に子豚の頸動脈あるいは頸静脈から真空採血管を用いて採血し、遠心分離機(1,500回転、10分)にて血清を分離した。IgG濃度の測定はC. C. Hankinsら⁹⁾の方法に基づいて、酵素抗体法(ELISA)を用いて、子豚の血清中の大豆タンパク質抗原に特異的なIgG濃度を測定した。

第2表 タンパク質飼料の異なる子豚の増体、飼料摂取量及び飼料要求率

生後 日数	項目	試験1		試験2		試験3	
		未処理 大豆粕	脱脂粉乳1	膨化 大豆粕	脱脂粉乳2	エクストルーダー 大豆粕	脱脂粉乳3
21~28	1日平均増体重 (g)	29 ^a	80 ^b	93 ^c	157 ^d	179	184
	1日平均飼料摂取量 (g)	230	210	210	220	300	320
	飼料要求率	7.93	2.63	2.25	1.40	1.69	1.75
28~35	1日平均増体重 (g)	148 ^a	249 ^b	289 ^c	357 ^d	293	307
	1日平均飼料摂取量 (g)	380	440	450	430	330	340
	飼料要求率	2.56	1.77	1.51	1.20	1.11	1.11
35~42	1日平均増体重 (g)	193 ^a	355 ^b	293 ^c	420 ^d	443	532
	1日平均飼料摂取量 (g)	390	370	500	540	910	880
	飼料要求率	2.02	1.04	1.71	1.29	2.06	1.66
21~42	1日平均増体重 (g)	124 ^a	228 ^b	228 ^c	312 ^d	291	326
	1日平均飼料摂取量 (g)	334	348	390	400	500	510
	飼料要求率	2.70	1.53	1.71	1.28	1.65	1.51
42~56	1日平均増体重 (g)	617	638	635	687	701 ^a	631 ^a
	1日平均飼料摂取量 (g)	980	971	1112	1200	1057	941
	飼料要求率	1.52	1.59	1.75	1.75	1.60	1.62

1) 飼料要求率=飼料摂取量/増体重
2) 横列のa-b, c-d間に有意差あり (p<0.05): t検定にて統計処理

結 果

未処理大豆粕、膨化大豆粕、エクストルーダー大豆粕および脱脂粉乳(対照)を配合した人工乳前期飼料を給与した21~42日齢の子豚のDG, FI, 飼料要求率(以下FC)と市販の人工乳後期飼料を給与した14日間における子豚のDG, FI, FCは表2に示した。飼料摂取量については各区分とも差は認められなかった。

試験1 未処理大豆粕と脱脂粉乳の比較

21~28日齢, 28~35日齢, 35~42日齢および21~42日齢(以下全期間)において、脱脂粉乳給与子豚のDGが80g, 249g, 355gおよび228gと未処理大豆粕給与子豚の29g, 148g, 193gおよび124gに比べ、いずれの期間においても有意(p<0.05)に大きかった。FCはいずれの期間においても、脱脂粉乳給与子豚が2.63, 1.77, 1.04, 1.53と未処理大豆粕給与子豚の7.93, 2.56, 2.02, 2.70に比べ、優れている傾向にあった。市販人工乳後期飼料を給与した42~56日齢子豚のDG, FIおよびFCは、脱脂粉乳と未処理大豆粕の給与子豚の間に差は認められなかった(第2表)。試験終了時(42日齢)の大豆タンパク質抗原に特異的IgG濃度は、未処理大豆粕給与子豚において、試験開始前(21日齢)に比べ、有意(p<0.01)に増加した(第1図)。

下痢がみられた子豚は、脱脂粉乳では8頭中1頭であったが、未処理大豆粕では8頭全てであった(第3表)。脱脂粉乳および未処理大豆粕を給与した子豚の下痢はいずれも23~28日齢までに発生しており、症状は黄色の軟便であり、血便や水溶性下痢便はみられなかった。

試験2 膨化処理大豆粕と脱脂粉乳の比較

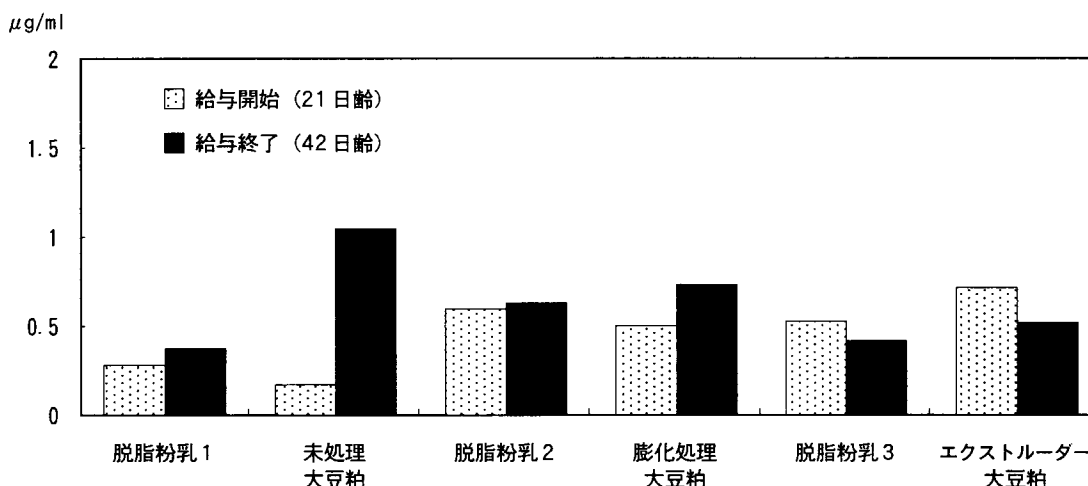
DGは21~28日齢, 28~35日齢, 35~42日齢および全期間のいずれも、脱脂粉乳給与子豚が157g, 357g, 420gおよび312gと膨化処理大豆粕給与子豚の93g, 298g, 293gおよび228gに比べ、いずれの期間においても有意(p<0.05)に大きかった。FCはいずれの期間においても、脱脂粉乳給与子豚の1.40, 1.20, 1.29および1.28と膨化処理大豆粕給与子豚の2.25, 1.51, 1.71および1.71に比べ、優れている傾向がみられた。市販人工乳後期飼料の給与後のDG, FIおよびFCには脱脂粉乳と膨化大豆粕の給与子豚間に差がみられなかった(第2表)。膨化処理大豆粕給与子豚の大豆タンパク質抗原に特異的IgG濃度は、試験開始前に比べ、試験終了時は有意ではないが増加する傾向にあった(第1図)。

第3表 子豚の下痢発生頭数

区	下痢頭数/供試頭数
脱脂粉乳1	1/8
未処理大豆粕	8/8
脱脂粉乳2	2/8
膨化大豆粕	4/8
脱脂粉乳3	1/8
エクストルーダー大豆粕	2/8

注) 観察期間: 試験飼料給与開始から終了まで21日間

試験期間中に下痢がみられた子豚は、脱脂粉乳給与子豚では8頭中2頭であったが、膨化大豆粕給与子豚では、8頭中4頭であった(第3表)。脱脂粉乳および膨化大豆粕を給与した子豚の下痢はいずれも23~28日齢ま



第1図 大豆タンパク質抗原に特異的なIgG濃度の変化

で発生しており、症状は黄色の軟便であり、血便や水溶性下痢便はみられなかった。

試験3 エクストルーダー処理大豆粕と脱脂粉乳の比較

DGは21～28日齢、28～35日齢、35～42日齢および全期間について、脱脂粉乳給与子豚が184g、307g、532gおよび326gとエクストルーダー大豆粕給与子豚の179g、293g、443gおよび291gに比べ、有意差がなかった。FCはいずれの期間においても、脱脂粉乳給与子豚が1.75、1.11、1.66および1.51とエクストルーダー大豆粕給与子豚の1.69、1.11、2.06および1.65に比べ、差がなかった。市販人工乳後期飼料の給与後のDGはエクストルーダー大豆粕給与子豚が701gと、脱脂粉乳給与子豚の631gに比べ、有意 ($p < 0.05$) に大きかった(第2表)。FIではエクストルーダー大豆粕給与子豚が、1057gと脱脂粉乳給与子豚の941gに比べ、摂取量が多い傾向にあった。そのため、FCはエクストルーダー大豆粕給与子豚が、1.60と脱脂粉乳給与子豚の1.62に比べ、差がなかった。

大豆タンパク質抗原に特異的なIgG濃度は、両区とも試験開始前と有意差がなかった(第1図)。下痢がみられた子豚は、脱脂粉乳給与子豚では8頭中1頭、エクストルーダー大豆粕給与子豚では、8頭中2頭と少なかった(第3表)。脱脂粉乳およびエクストルーダー大豆粕を給与した子豚の下痢はいずれも23～26日齢までに発生しており、症状は黄色の軟便であり、血便や水溶性下痢便はみられなかった。

考 察

人工乳後期飼料や肥育用飼料に比べて、人工乳前期飼料の価格が高くなる一因になっている脱脂粉乳の代替として、タンパク質成分が近似し、かつ比較的安価なタンパク質原料として大豆粕を用いた人工乳前期飼料の配合の可能性について検討した。

飼料に含まれる大豆タンパク質中には離乳子豚にアレルギーを引き起こす抗原物質が含まれており、抗原に対する過敏症により胃腸の絨毛が損傷を受けるため、結果として胃腸の吸収が阻害され、下痢を引き起こす原因

となる⁹⁾⁷⁾。このため、生産現場においては離乳子豚に未処理大豆粕を給与することが避けられている。

今回の試験において、未処理大豆粕配合飼料および膨化処理大豆粕配合飼料を給与した子豚のDGは、対照の脱脂粉乳の給与に比べて、特に飼料給与直後の21～28日齢では明らかに劣った。これはどちらの区の子豚においても半数以上に下痢が発生したためであり、下痢した子豚は28日齢時体測するまで治療していないため、未処理および膨化処理大豆粕給与区の子豚8頭中2頭において、28日齢の体重が21日齢時より減少していた。子豚の下痢は人工乳前期飼料給与3～8日後までに発生しており、給与した配合飼料の影響と思われる。また、下痢を発生しなくなった28日齢以後も、未処理および膨化大豆粕給与子豚は脱脂粉乳給与子豚に比べて、FIが同様でありながらDGが有意に小さかったことから、下痢以外にタンパク質等の消化性等について、脱脂粉乳に劣る部分があると推察される。

試験1において未処理大豆粕を給与した子豚のIgG濃度が増加したこと、試験2において膨化処理大豆粕を給与した子豚のIgG濃度が有意ではないが増加する傾向がみられたことから、大豆タンパク質中に抗原物質が存在することが推察される。このことから、未処理大豆粕および膨化大豆粕を給与した子豚は、大豆タンパク質中の抗原物質の影響により、下痢が多発したものと考えられる。以上のことから、未処理および膨化処理大豆粕は、離乳子豚の脱脂粉乳の代替としてタンパク質原料に適当でないと思われる。一方、エクストルーダー処理大豆粕を給与した子豚の血清中の大豆タンパク質抗原に対するIgG濃度に差がみられないこと、下痢する子豚が少ないことから、エクストルーダー処理により大豆タンパク質抗原がかなり低減していると考えられる。したがって、エクストルーダー処理大豆粕は離乳子豚の人工乳前期飼料原料として、利用価値が高いといえる。

大豆粕を配合した人工乳に乾燥ホエーを添加することにより、大豆タンパク質の利用が促進され、子豚の増体が改善することが報告されている⁹⁾。今試験ではエクストルーダー処理大豆粕区の人工乳に乾燥ホエーを添加し

ており、この区のDGが脱脂粉乳区と同等であったのは、下痢の発生が少なかったことに加えて、乾燥ホエーを添加した効果もあったと推察される。

市販人工乳後期飼料には大豆粕が20%配合されており、大豆タンパク質抗原も相当含まれていると考えられるが、給与した子豚に下痢は発生しなくなった。これは子豚の腸内の消化酵素の活性が上がったこと、栄養を吸収する腸絨毛が発達したことにより、大豆タンパク質抗原の影響を受けにくくなったのではないかと考えられる。また、市販人工乳後期飼料中に抗菌性物質や消化酵素等の生理活性作用のある物質の添加されているので、その効果により大豆タンパク質抗原による腸の炎症が消えて、子豚の下痢が止まったためと推察される。

今回の試験において、離乳後21日間に1頭当たりの子豚が摂取した飼料費は、エクストルーダー処理大豆粕区が1,680円(159円/kg)と脱脂粉乳区の2,129円(197円/kg)に比べ、21%安くなっており、エクストルーダー大豆粕は、早期離乳子豚に給与するタンパク質飼料として有効であり、飼料費を低減できることが明らかになった。

謝 辞

本試験を行うに際し、大豆粕の膨化およびエクストルーダー処理、飼料配合、並びに血清分析に協力していただいた理研農産加工株式会社の福籠哲男氏に謝意を表します。

引用文献

- 1) 大石章夫, 坂部みどり, 渡部一憲, 漆畑益巳, 幾田一哉, 杉本馨, 原田宏(1995)二軸エクストルーダー処理により抗原性を低減化した脱脂大豆の栄養価評価, 日畜会報.66(8), 720-724.
- 2) K. G. FRIESEN, R. D. GOODBAND, J. L. NELESSEN, F. BLECHA, D. N. REDDY, P. G. REDDY and L. J. KATS (1993) The effect of pre- and postweaning exposure to soybean meal on Growth performance and on the immune response in the early-weaned pig. J. Anim. Sci. 71 (8) : 2089-2098.
- 3) K. G. FRIESEN, J. L. NELESSEN, R. D. GOODBAND,

F. BLECHA and L. J. KATS (1993) The effect of moist extraction of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pigs. J. Anim. Sci. 71 (8) : 2099-2109.

- 4) D. DREAU, J. P. LALLES, V. PHILOUZE-ROME, R. TOULLEC and H. SALMON (1994) Local and systemic Immune responses to soybean protein ingestion in the early-weaned pigs. J. Anim. Sci. 72 (8) : 2090-2098.
- 5) C. C. HANKINS, P. R. NOLAND, A. W. BURKS, Jr., C. CONNAUGHTON, G. COCKRELL and C. L. METZ (1992) Effect of soy protein ingestion on total and specific immunoglobulin G concentrations in neonatal porcine serum measured by enzymelinked immunosorbent assay. J. Anim. Sci. 70 (10) : 3096-3101.
- 6) Li, D. F., J. L. NELSEN, P. G. REDDY, F. BLECHA, J. D. HANCOCK, G. L. ALLEE, R. D. GOODBAND and R. D. KLEMM (1990) Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. J. Anim. Sci. 68 (7) : 1790-1799.
- 7) Li, D. F., J. L. NELSEN, P. G. REDDY, F. BLECHA, R. D. KLEMM, D. W. GIESTING, J. D. HANCOCK, G. L. ALLEE, R. D. GOODBAND (1991) Measuring suitability of soybean products for early-weaned pig with immunological criteria. J. Anim. Sci. 69 (11) : 3299-3309.
- 8) RICHARD K. A., C. SPECIALE, N. D. STAITE, A. E. BERGER, M. R. DEIBEL Jr., B. C. FINZEL and H. M. EINSPATHER. (1989) Soybean trypsin inhibitor an IL1 like protein? Agents Actions 27 : 265.
- 9) D.C. MAHAN (1992) Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. J. Anim. Sci. 70 (8) : 2182-2187.