

穀物および大豆粕の粒度または煮熟処理が人工消化率および豚の消化率に及ぼす影響

誌名	日本養豚学会誌 = The Japanese journal of swine science
ISSN	0913882X
著者	古谷, 修 梶, 雄次
巻/号	24巻2号
掲載ページ	p. 87-93
発行年月	1987年6月

穀物および大豆粕の粒度または煮熟処理が人工消化率および豚の消化率に及ぼす影響

古谷 修・梶 雄次

農水省九州農業試験場

(1986年11月8日 受付)

要 約 穀物および大豆粕の粒度ならびに穀物の煮熟処理が栄養素の消化率に及ぼす影響について、豚小腸液を用いる人工消化試験および豚による消化試験で検討した。トウモロコシ、玄米、大麦、小麦および市販フレーク状大豆粕は篩を付けずに、また、裸麦は3 mm 目篩の付いた粉碎機で粉碎したものを粗粒とし、それらをさらに1 mm の篩で粉碎したものを微粒とした。マイロは1 mm 目篩付きで粉碎したもののみを微粒として供試した。また、粗粒穀物および微粒マイロを、ビーカーで10分間煮熟し、これらを煮熟試料として実験に供試した。試験の結果はつぎの通りである。1) 穀物の微粉碎および煮熟処理によって、乾物および粗蛋白質 (CP) の人工消化率は明らかに高まった ($P < 0.05$)。この改善の程度は玄米でもっとも著しく、小麦や大麦では比較的小さかった。これは、玄米が小麦や大麦に比べて硬質なため、消化酵素が内部に浸透しにくいことによると考えられた。2) 豚による玄米微粒のエネルギーおよび CP の消化率は、粗粒に比較して、それぞれ5 および 10% 高かった ($P < 0.05$)。3) 豚の小腸末端および全消化管でのエネルギーおよび CP の消化率には、大豆粕の粒度によって有意差は認められなかったが、人工消化試験による乾物、CP および非蛋白窒素の消化率 (遊離率) はフレーク状大豆粕 (未粉碎) の場合が、粗粒および微粒大豆粕よりも明らかに低かった ($P < 0.05$)。

結 言

穀物は粉碎により豚での消化率が高まることはよく知られており¹⁾、最近では、杉本・高橋²⁾がトウモロコシの粒度と消化率との関係について明らかにしている。一方、大豆粕等の蛋白質飼料原料については、従来、粉碎の効果はほとんどないものとされている。しかし、これは大腸を含めた消化管全体における消化試験から導かれた結論である。蛋白質は大腸において微生物の作用を受けるが、この分解産物は主としてアンモニアおよびアミン類であり、吸収されたものは大部分が尿素として排泄される³⁾。したがって、蛋白質に限れば、小腸末端まで

の消化率でその利用性を判断するのがもっとも正確と考えられるが、そこでの消化率が粒度によってどのように影響を受けるかは明らかでない。

著者等はさきに、豚小腸液を用いる消化試験⁴⁾によって、カンショ、パレイショおよびキャッサバの乾燥方法および煮熟処理が栄養価に及ぼす影響について報告した⁵⁾が、そこで用いた人工消化試験は豚の小腸末端までの消化をよく反映するものとされている³⁾。

そこで、本研究では、豚小腸液を用いる人工消化試験によって、主要穀物であるトウモロコシ、玄米、大麦、小麦、裸麦およびマイロについて、それらの粒度および煮熟処理が栄養価に及ぼす影響を調べた。この実験の結果、玄米の消化率が、粒度によって著しい影響を受けることが判明したので、玄米については豚による消化試験を実施した。さらに、大豆粕についても、粒度を変えて豚による消化試験を行うとともに、人工消化率および豚の小腸末端までの消化率を測定した。

なお、供試した穀物のうち、裸麦は、最近、四国農業試験場で、高蛋白質、高リジンを育種目標にして開発さ

Influence of particle size or boiling treatments of cereals and soybean meal upon *in-vitro* digestibility of nutrients and digestion trials with pigs.

S. FURUYA and Y. KAJI

Kyushu National Agricultural Experiment Station.

れた系統(四系 8422)である。

材料および方法

供試飼料原料

供試穀物は、トウモロコシ、玄米、大麦、小麦(以上場内産)、裸麦(四国農試 1985 年産)およびマイロ(米国産)の6種であった。場内産の4種類の穀物については大型粉碎機(丸七式、篩なし)で、また、裸麦は実験用小型粉碎器(3 mm 篩)で粉碎したものを粗粒試料とし、これらを実験室用超遠心粉碎器(1 mm 篩)で粉碎したものを微粒試料とした。さらに、粗粒試料 10 g をピーカーに秤取し、200 ml の水を加えて10分間煮熟、その後凍結乾燥したものを煮熟試料とした。マイロは、微粒試料を前述と同様の方法で煮熟したものを供試した。大豆粕は、市販のフレーク状大豆粕をそのまま(フレーク状試料)、またはこれを穀物の場合と同様に粉碎した粗粒および微粒試料の合計3種類を供試した。

人工消化試験

人工消化試験は古谷らが開発した方法⁴⁾によったが、従来の乾物および粗蛋白質(CP)の消化率に加えて、非蛋白窒素(NPN)の遊離率を TAVERNER & FARRELL の方法⁶⁾に従って測定した。すなわち、ペプシンおよび小腸液による反応後の濾過液を定量とし、その 10 ml を三角フラスコに取り、これに 15% スルホサルチル酸を 25 ml 加えた。30分間振とう後、遠心分離(3,000 rpm, 30分間)し、上澄液の一部をケールダール法による窒素の測定に供した。なお、人工消化試験の反応濾過液には、ペプシンおよび豚小腸液に由来する NPN が含まれるので、別に試料を加えないで人工消化試験を行い、この濾液中の NPN をブランクとして差し引き、これを試料に含有される窒素で除して NPN の遊離率とした。

豚による玄米の消化試験

豚における玄米の消化率を試験1および試験2の2回にわたって測定したが、試験1では対照としてトウモロコシも供試した。供試飼料は、粗粒および微粒試料にカゼインを6%配合したものであった(表1)。試験1では体重約 30 kg の子豚4頭を用い、4種類の飼料で、4期にわたって、4×4のラテン方格法で実施した。各試験期間は5日として後の2日間の糞を部分的に採取し、酸化クロム法⁷⁾によって供試飼料の CP およびエネルギーの消化率を測定した。飼料給与量は1日に1,800 g とし、午後5時、午前1時および同9時に 600 g 宛分与した。飲水は自由とした。各試料の CP の真の消化率は、併用したカゼインの真の消化率を 100%⁸⁾として

表 1 豚における玄米およびトウモロコシの消化率測定に用いた供試飼料の配合割合と化学組成

	飼 料	
	玄米	トウモロコシ
飼料原料(%)		
玄米	90	—
トウモロコシ	—	90
カゼイン	6	6
炭酸カルシウム	1	1
リン酸3石灰	2	2
食塩	0.5	0.5
ビタミン・ミネラル混合物*	0.4	0.4
酸化クロム	0.1	0.1
化学組成		
乾物(%)	85.3	90.2
粗蛋白質(%)	12.2	12.7
総エネルギー(cal/g)	3793	3987

* 飼料 1 kg 中含量: ビタミンA 10000 IU, ビタミンD₃ 2000 IU, ビタミンE 10 IU, チアミン 2 mg, リボフラビン 14 mg, ピリドキシン塩酸塩 1 mg, パントテン酸 22 mg, ニコチン酸 12 mg, コリン 115 mg, Mn 50 mg, Zn 60 mg, Cu 10 mg, Fe 50 mg, I 1 mg

古谷・高橋の方法⁸⁾により算出した。エネルギーの見かけの消化率の算出においても、カゼインの消化率を 100% とした。試験2では、体重約 40 kg の子豚4頭を用い、玄米の粗粒および微粒それぞれからなる2種類の飼料について、試験1と同様の方法で2期にわたって消化試験を行った。

豚による大豆粕の消化試験

基礎飼料として豚産肉能力検定飼料を用い、これとこの30%を3種類の粒度の異なる大豆粕で代替した合計4種類の飼料を供試した。供試豚は体重約 40 kg の子豚4頭で、1期7日間とし、4×4のラテン方格法で実施した。飼料給与量は1日1,800 g で朝1回与えた。飲水は自由とした。糞は後の3日間に部分採取し、分析に供した。消化率の算出は酸化クロム法⁷⁾によった。

大豆粕の豚小腸末端での消化試験

基礎飼料(トウモロコシ 52, ルーサンミール 4, コーンスターチ 40, 炭酸カルシウム 1, リン酸 3石灰 2, 食塩 0.5, 微量ミネラルおよびビタミン混合物(表1参照) 0.4 および酸化クロム 0.1%, CP 5.16%) およびそのコーンスターチ 40%のうち 38.3%を粒度の異なる3種類の大豆粕で代替し、CPを22%とした合計4種類の飼料を供試した。供試豚は体重約 30 kg で小腸末端に

表2 供試穀物の一般化学組成(乾物中含量)

	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	粗繊維 (%)	可溶無窒素物 (%)	灰分 (%)	総エネルギー (cal/g)
トウモロコシ	9.4	5.2	1.9	82.1	1.4	4498
玄米	10.3	3.4	0.5	84.2	1.6	4404
大麦	10.6	2.5	4.3	80.5	2.1	4419
小麦	13.1	2.7	1.7	80.8	1.7	4459
裸麦	13.4	2.9	1.6	79.9	2.2	4420
マイロ	10.3	4.0	1.9	82.3	1.5	4491

表3 供試穀物の粒度分布と平均粒度(幾何平均)

	トウモロコシ		玄米		大麦		小麦		裸麦		マイロ
	粗粒	微粒	粗粒	微粒	粗粒	微粒	粗粒	微粒	粗粒	微粒	微粒
粒度分布(%)											
1.68-3.33 mm	13	—	42	—	20	—	25	—	19	—	—
1.00-1.68 mm	39	—	48	—	56	—	33	—	52	—	—
0.71-1.00 mm	23	4	5	34	15	8	9	6	8	17	4
0.30-0.71 mm	15	50	4	41	7	39	16	32	10	39	40
0.15-0.30 mm	10	45	1	25	2	48	16	51	11	42	54
0.10-0.15 mm	—	1	—	—	—	4	1	8	—	2	2
0.06-0.10 mm	—	—	—	—	—	1	—	3	—	—	—
平均粒度(mm)	0.95	0.36	1.61	0.50	1.28	0.34	0.95	0.30	1.09	0.38	0.33

T字型カニューレを装着した豚4頭で、4×4のラテン方格法により、1期4日間で後の3日間の午後2~3時に既報の方法⁹⁾で小腸液を採取した。1日飼料給与量は1,800gで、1日3回、8時間等間隔で分与した。飲水は自由とした。小腸末端でのCPの真の消化率は、既報¹⁰⁾の方法と同様に算出した。

化学分析および統計処理

試料の一般化学分析は、AOAC法に準拠した方法⁷⁾によった。エネルギーの測定はポンプ自動熱量計(島津製作所、CA-3型)、酸化クロムの定量はリン酸カリウムを用いる吉田らの方法⁷⁾によって行った。処理区間の有意性の検定はTUKEYの方法¹¹⁾によった。

結果および考察

穀物の粉碎、煮熟処理による人工消化率の差違

供試した穀物の一般化学組成を乾物中含量として表2に示した。CPはトウモロコシで9.4%ともっとも低く、裸麦が13.4%で最高であった。この新系統の裸麦のCP含量は収穫年次によってかなり差があることが知られている¹²⁾。本実験で供試した裸麦は1985年産であったが、1986年産のCPは15.7%(古谷・梶、未発表)で、1985

年産のCP含量は比較的低い部類に入るものと考えられた。粗脂肪はトウモロコシとマイロで高く、粗繊維は大麦が高かった。可溶無窒素物の含量は玄米で最高となった。

穀物の粒度分布と平均粒度を表3に示した。粒度測定に使用した篩は径が3.33mmから0.06mmまでのものであった。平均粒度は、各篩上に残存した試料はその篩とそれより一段粗い篩との中間の粒度をもつものと仮定した上で、幾何平均として算出した。トウモロコシについてみると、粗粒では1mmを中心に分布しており、平均粒度は0.95mmであった。玄米の粗粒では、平均粒度は1.61mmとかなり大きく、しかも1mm以上のところに集中しているのが特徴的であった。1mmの篩を付けて粉碎した微粒では、小麦で平均粒度が0.30mmともっとも小さく、逆に、玄米は0.50mmともっとも粗かった。このように、同一の粉碎条件でも穀物によって粉碎に難易があり、とくに玄米は粉碎しにくかった。

各穀物の粗粒、微粒および煮熟試料の人工消化率を表4に示した。穀物の乾物についてみると、玄米の粗粒では51.7%ときわめて低くなった。この理由の一つとし

表4 供試穀物の人工消化率(%)

	乾 物				粗 蛋 白 質			
	粗 粒	微 粒	煮熟*	標準誤差	粗 粒	微 粒	煮熟*	標準誤差
トウモロコシ	60.7 ^b	81.6 ^a	82.6 ^a	0.5	54.3 ^c	79.1 ^a	74.9 ^b	1.3
玄 米	51.7 ^b	91.0 ^a	91.5 ^a	2.3	43.9 ^c	86.6 ^a	72.8 ^b	1.6
大 麦	73.3 ^b	79.7 ^a	80.0 ^a	0.6	66.0 ^c	84.5 ^a	79.9 ^b	0.6
小 麦	78.5 ^b	86.3 ^a	85.3 ^a	0.4	77.8 ^c	88.9 ^a	84.2 ^b	0.5
裸 麦	55.0 ^b	82.5 ^a	81.4 ^a	1.0	61.2 ^c	88.3 ^a	79.4 ^b	1.2
マ イ ロ	—	80.8 ^b	86.8 ^a	0.5	—	72.5	72.9	1.0

*粗粒飼料(マイロのみ微粒飼料)を10分間煮熟

^{a, b, c}同一穀物, 同一養分内で異符号間に有意差(P<0.05)

て、玄米の粗粒の粒度が他よりも粗かったことが挙げられる。これに対して、小麦の消化率は78.5%ときわめて高かったが、その粒度が小さかったことが要因の一つであろう。また、粗粒試料をさらに1mm目篩で粉碎して微粒にすると、乾物の消化率はかなり改善されることがわかった。とくに玄米では、粗粒の51.7%から91%と約40%高まった。これに対して、大麦と小麦では、微粉碎の効果は比較的少なかった。粗粒試料を煮熟した場合にも、微粉碎とほぼ同様の効果が認められた。本実験では、マイロは微粒試料を煮熟して供試したが、煮熟の乾物消化率は微粒よりも6%高くなった。したがって、他の穀物の場合にも、微粒試料を煮熟した場合にはここで示した値よりも多少高くなることが考えられる。

つぎに、CPの消化率をみると、微粉碎の効果は傾向としては乾物の場合と同様であった。すなわち、玄米の場合には、粗粒の43.9%から微粒の86.6%とほぼ2倍にまで消化率が改善されたが、小麦では粗粒でも77.8%と高く、微粉碎によっても11%の改善にとどまった。粗粒試料を煮熟した場合には、CPの消化率は高まってはいるものの、乾物消化率の場合と異なり、微粉碎による効果よりも小さかった。また、マイロの場合には、微粒72.5%、それを煮熟した場合が72.9%で、煮熟の効果はほとんど認められなかった。これは、乾物消化率が煮熟によって6%改善されたのと異なる。

以上の結果は、粉碎と煮熟という二つの処理は、それぞれ異なる機構によって消化率を改善させていることを示唆するものと考えられる。すなわち、粉碎の場合には、試料の表面積を拡大させることによって消化酵素の作用を促進させる、いわば、物理的な効果であり、したがって、消化酵素の種類に関係なく効果がある。一方、煮熟処理は主としてでん粉の化学構造を変化させ、その消化に係わるアミラーゼの作用を特異的に促進させるものと考えられる。穀物の煮熟処理によればCPよりもでん

粉質を主体とする乾物の消化率の改善効果が大きかったことは、以上のことで少なくとも部分的には説明されよう。

玄米の粒度と豚による消化率

玄米の粒度を変えて豚で消化試験を行った成績は見当たらないが、既述のように、玄米の粉碎程度で人工消化率に著しい差が生じることがわかった。そこで、玄米の粗粒と微粒を供試して、豚による消化試験を2回にわたって実施した。試験の結果を表5に示したが、玄米の微粒では、粗粒に比較して、エネルギーおよびCPの消化率がともに高く、エネルギーでは、約5%、また、CPでは約10%の差が認められた。玄米のCPの豚による消化率を人工消化率と比較すると、微粒については両方で大きな差は認められなかったが、粗粒では豚での消化率が著しく高かった。人工消化試験は豚の小腸末端までの消化過程を模倣したものであるため、粗粒の場合に豚でのCP消化率が人工消化率よりも著しく高かったのは、大腸での消化が重要な働きをしたためと考えられる。大腸においては、炭水化物の場合は微生物の作用で揮発性脂肪酸にまで分解されたものは生体に吸収されてエネルギー源として利用されるが、蛋白質の分解産物はほとんど生体に利用されないことが知られている³⁾。玄米の粗粒と微粒の豚によるCP消化率は人工消化試験でみられた程大きな差は認められなかったが、粗粒の消化率は大腸での消化に大きく依存しており、かつ、そこでの分解産物がほとんど生体に利用されないとすれば、粗粒と微粒における蛋白質の栄養価の差は、豚による消化試験から得られた差よりも実際には大きいものと考えられる。

試験1ではトウモロコシも供試したが、エネルギーおよびCPの消化率とも微粒の方が高い傾向を示し、それぞれ、2.7および7.5%の差が認められた(表5)。これは、杉本・高橋²⁾が、3mm篩および1mm篩で粉碎しての粒度分布が、本試験の粗粒および微粒にそれぞ

表5 豚による玄米およびトウモロコシの消化率(%)*

	試験 1		試験 2	
	エネルギー	粗蛋白質	エネルギー	粗蛋白質
玄 米				
粗 粒	84.7 ^{ab}	73.5	84.8 ^a	71.9 ^a
微 粒	89.3 ^a	82.5	89.4 ^b	82.5 ^b
トウモロコシ				
粗 粒	81.8 ^b	71.6	—	—
微 粒	84.5 ^{ab}	79.1	—	—
標準誤差	1.2	4.9	0.6	1.8

* 従来の消化試験による成績, 粗蛋白質は真の消化率

a, b 同一列で異符号間に有意差 (P<0.05)

表6 大豆粕の粒度による消化率(%)の差違

	平均粒度* (mm)	豚による消化率		人工消化率			豚小腸末端での粗蛋白質の真の消化率
		エネルギー	粗蛋白質	乾物	粗蛋白質	非蛋白N	
フレーク状	3.12	83.8	90.5	66.7 ^a	87.4 ^a	78.3 ^a	77.1
粗 粒	0.84	82.7	88.6	71.2 ^b	90.8 ^b	85.0 ^b	80.1
微 粒	0.49	81.4	88.2	71.1 ^b	91.8 ^b	85.6 ^b	80.6
標準誤差		2.2	0.8	0.7	0.4	1.0	2.6

* 幾何平均

a, b 同一列で異符号間に有意差 (P<0.05)

れ近似していたトウモロコシで求めた, エネルギーおよび CP の消化率のそれぞれの差である 2.3 および 8.3% とよく一致した。

大豆粕の粒度による消化率の差違

養豚飼料の主要な蛋白質源である大豆粕については, 粒度によって消化率に差があるとする知見は見られず, 一般には, 蛋白質飼料においては粒度はほとんど関係ないものとされている。しかし, 生体にとって実際に有効とされる小腸末端までの蛋白質の消化率に, 粒度による差がないかどうかは明かでない。そこで, 本実験では, 粒度の異なる 3 種類の大豆粕を供試し, まず, 豚による従来の消化試験を実施, つぎに, 豚小腸液を用いる人工消化試験を行い, さらに, カニューレ装着豚を用いて小腸末端までの CP の消化率を測定した (表 6)。

供試した大豆粕の平均粒度はフレーク状試料が 3.12 mm と他のものよりも著しく粗かった。

豚の全消化管での消化率は, エネルギーと CP について測定したが, いずれにおいても粒度による差は認められず, むしろ, 粒度の粗い方の消化率が高い傾向を示した。この結果は, 大豆粕の場合は, 穀類とは異なり, 粉碎しても消化率は改善されないとする従来の一般的な

考え方を支持している。ところが, 人工消化試験の結果によると, 乾物および CP の消化率および NPN の遊離率のいずれにおいても, フレーク状が明らかに低くなった (P<0.05)。このことから, 小腸末端までの消化率には大豆粕の粒度によって差のあることが示唆された。そこで, 実際に豚を用いて小腸末端までの CP の真の消化率を測定したが, その結果, フレーク状の消化率は粗粒および微粒に比較して, 約 3% 低い結果が得られた。この差の大きさは, 人工消化試験の CP の消化率の場合と同程度であったが, 測定誤差が大きかったため有意差とはならなかった。

豚の小腸末端までの消化率が粒度によってどのように影響されるかを調べた研究は, 今のところ多くはないが, SAUER ら¹³⁾ は小麦で, また, OWSLEY ら¹⁴⁾ はマイロで粒度の影響を調べ, いずれも粒度が細かい程 CP の消化率が高まることを報告している。著者らも, 玄米で粒度が細かいと小腸末端までの CP の消化率が改善される可能性を示唆している¹⁰⁾。大豆粕のように, 粒度によって消化管全体での消化率は影響されなくても, 小腸末端まででは差が生じる可能性もあり, 生体にとって真に有効な蛋白質は小腸末端までに消化吸収される部分であ

ることを考えれば、今後、小腸末端での消化率の測定がより重要なものになろう。

豚の消化率に影響を及ぼす変動要因は多様であるが、そのうち飼料の粒度については、杉本・高橋も指摘している²⁾ように、従来あまり考慮されないきらいがあった。穀類の場合は勿論であるが、蛋白質飼料原料についても粒度によって消化率が変動する可能性があり、飼料の消化率の測定、あるいは、比較評価に当たっては、粒度についても十分考慮すべきものと考えられる。

終りに、本稿の校閲を賜った当場畜産部長宮園幸男博士、動物管理を担当された志柿良一、林 房高、橋本邦博、江藤浩幸の各技官に厚く御礼申し上げます。また、本研究の遂行に当たって援助を賜った、鹿児島県畜産試験場主任研究員福島俊八郎氏に深謝します。

文 献

- 1) LAWRENCE, T.L.J.: Recent Advances in Animal Nutrition-1978, W. Haresign & D. Lewis, eds. Butterwoths, London, 1979.
- 2) 杉本巨之・高橋正也: 日豚研誌, 23, 57~61, 1986.
- 3) 亀高正夫・堀口雅昭・石橋 晃・古谷 修: 基礎家畜飼養学, 養賢堂, 東京, 1984.
- 4) FURUYA, S., K. SAKAMOTO & S. TAKAHASHI: Br. J. Nutr., 41, 511~520, 1979.
- 5) 古谷 修・長野錬太郎: 日豚研誌, 23, 62~67, 1986.
- 6) TAVERNER, M.R. & D.J. FARRELL: Br. J. Nutr., 46, 173~180, 1981.
- 7) 森本 宏 (監修): 動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, 1971.
- 8) 古谷 修・高橋正也: 日畜会報, 50, 790~795, 1979.
- 9) 古谷 修・長野錬太郎・梶 雄次: 日畜会報, 57, 859~870, 1986.
- 10) 古谷 修・梶 雄次: 日畜会報, 58, 228~235, 1987.
- 11) 吉田 実: 畜産を中心とする実験計画法, 101~116, 養賢堂, 東京, 1975.
- 12) 土黒定信・武政正明・山崎昌良: 家禽会誌, 23, 326~333, 1986.
- 13) SAUER, W.C., S.C. STOTHERS & G.D. PHILLIPS: Can. J. Anim. Sci., 57, 585~597, 1981.
- 14) OWSLEY, W.F., D.A. KNABE & T.D. TANKSLEY, Jr.: J. Anim. Sci., 52, 557~566, 1981.

INFLUENCES OF PARTICLE SIZE OR BOILING TREATMENTS OF
CEREALS AND SOYBEAN MEAL UPON *IN-VITRO* DIGESTIBILITY
OF NUTRIENTS AND DIGESTION TRIALS WITH PIGS

Shu FURUYA and Yuji KAJI

Kyushu National Agricultural Experiment Station
Nishi-goshi, Kumamoto 861-11

The influences of particle sizes of cereals and soybean meal upon the digestibility of nutrients were examined in this study by an *in-vitro* method using intestinal fluid of pigs and by digestion trials with growing pigs. The influences of boiling treatments of cereals upon the digestibility of nutrients were also studied with the *in-vitro* method.

Corn, rice, barley, wheat and commercial flaked soybean meal were ground in a mill without a screen, while naked barley was ground with a 3 mm screen into beads size and then through a 1 mm sieve into fine corpuscles. By this means, particles with geometrical mean (mm) diameters of 0.95, 1.61, 1.28, 0.95, 0.84, and 1.09 were produced for bead-size samples, respectively, and those of 0.36, 0.50, 0.34, 0.30, 0.49 and 0.38 for fine particle samples, respectively. Milo was ground and sieved through a 1 mm screen (fine) into a mean particle size of 0.33 mm. The beads-size cereals and fine milo particles were treated with boiling each in a beaker for 10 minutes (boiled).

The results revealed :

1) Grinding of cereals into finer sizes and their boiling treatment evidently improved the *in-vitro* digestibility of dry matter and crude protein (CP). The grade of the improvement was the highest of rice, whereas that of wheat or barley was relatively small. This was deemed attributable to the fact that rice is harder and more resistive than wheat or barley, by which digestive enzymes could less easily penetrate into the grain particles in rice.

2) Energy and CP digestibility of fine particles of rice in a digestion trial with pigs were found 5% and 10% higher than those of beads-size particles, respectively ($P < 0.05$).

3) When measured at the terminal ileum and over the whole digestive tracts of pigs, there was no significant difference ($P > 0.05$) among the varying particle sizes of soybean meals, whereas the digestibilities of dry matter, CP and non-protein nitrogen by the *in-vitro* digestion trial were clearly lower ($P < 0.05$) in soybean flakes (unground) than soybean flakes in fine and beads-size particles.

Jap. J. Swine Science 24, 2: 87-93