

納豆残さの添加が豚の健康に及ぼす影響

森田幹夫, 坂代江¹⁾, 清宮恵美, 津田和之, 真原隆治

The effect that Natto's residue give to the health of swine

Mikio MORITA, Norie SAKA¹⁾, Emi SEIMIYA, Kazuyuki TUDA and Ryuji MABARA

要 約

安全・安心な豚肉を消費者に提供するためには、抗菌性物質などの薬剤に頼らない生産技術が求められている。そこで本研究では納豆のプロバイオティクス機能に注目し、初生子豚に10%納豆液を1週間投与したところ、その後4週間に渡り軟便や下痢の発生が減少し、糞便中の乳酸菌数が増加した。また、3週齢から6週齢の離乳期の子豚に乾燥納豆粉末を投与し、8週齢まで発育、下痢の発生状況、糞便の乳酸菌・大腸菌数、pHおよび臭気について比較検討したところ、嗜好性は高いものの離乳期の子豚への影響は明確に出来なかった。さらに、肥育豚が体重70kgから110kgの間に飼料量の乾燥納豆粒1%及び5%量を添加し、肥育成績、肉質成績、糞便のpHや細菌数及び血中コレステロール値の推移を比較検討したところ、産肉性、肉質などには悪い影響は与えず、腸内細菌のうち乳酸菌群数は納豆投与により良好な菌数で安定的に推移した。それに同調するように大腸菌群数は納豆投与に従い減少し、豚の健康に対しては良い影響を与える傾向が見られた。これらのことから、納豆残さの養豚飼料への添加により飼養技術の改善による豚の健康増進やエコフィードとしての有効利用が図れるものと思われる。

キーワード：納豆、ブタ、プロバイオティクス、腸内細菌、コレステロール

緒 言

近年、食品偽装問題を始めとする食品への安全・安心の高まりや動物用医薬品や農薬などの残留基準をさらに高めたポジティブリスト制度の導入など、食品に対する消費者の関心は益々高まってきている。このように安全・安心な豚肉を消費者に提供するためには抗菌性物質などの薬剤に頼らない生産技術^{3) 7)}が求められている。

そのような中、抗菌性物質の代替としてプロバイオティクスが注目されている。プロバイオティクスとは『腸内微生物のバランスを改善することによって宿主の健康維持に有益な働きをする微生物』と定義され、腸内細菌叢の改善による整腸作用や免疫調節作用等の健康増進作用があるとされている。プロバイオティクスの研究の中心は、ヨーグルト等に含まれる乳酸菌が主体であったが、茨城の特産物である納豆に含まれる

納豆菌にも、乳酸菌やビヒズス菌を増加・安定化させる等の作用を介してプロバイオティクスとしての効果が明らかにされている¹⁾。

一方、茨城県内の納豆工場では品質管理基準外や検査用納豆として年間推定1万トン以上廃棄処分されているという現実もある。

そこで本研究ではこれら納豆工場から排出された納豆残さを利用し、哺乳子豚、離乳子豚及び肥育豚に投与し、豚の健康及び豚肉の生産に及ぼす影響について検討を行った。

材料および方法

1 供試豚

- 1) 哺乳豚への給与
ランドレース種初産母豚の哺乳子豚9腹91頭。
- 2) 離乳豚への給与
ランドレース種初産母豚の離乳期子豚20腹177頭。
- 3) 肉豚への給与
LWD種の肥育豚(70kg~110kg)1区5頭, 3区

1) 現所属：茨城県南農林事務所
稲敷地域農業改良普及センター

で 15 頭。

2 供試納豆

県内納豆工場 (タカノフーズ(株)) より提供された品質検査用納豆を使用。

1) 納豆液

納豆をペースト状にし、蒸留水で 10 倍に希釈した。

2) 乾燥納豆

パックから取り出した納豆を送風低温恒温器の網棚に並べ納豆菌の活性を考慮し、50℃72 時間乾燥した。

3) 納豆粉末

乾燥納豆をミルサー(イワタニ製食品ミル)で粉末処理した。

3 飼養管理

養豚研究所の通常の飼養管理に準じて行った。

4 試験区の設定と投与方法

1) 哺乳豚への給与 (表 1)

納豆区は哺乳子豚に生後 1~7 日齢まで納豆液を 1ml/頭, 1 日 1 回経口投与した。

表 1 試験区の設定

区分	投与条件	腹数 (子数)
納豆区	10%納豆液 1ml/日	5 (49)
対照区	蒸留水 1ml/日	4 (42)

2) 離乳豚への給与 (表 2)

納豆区は 3 週齢から 6 週齢まで納豆粉末を飼料に 1 頭当たり 1 日 1g を毎日振りかけ投与した。

表 2 試験区の設定

区分	投与条件	腹数 (子数)
納豆区	納豆粉末 1 頭・1g/日	10 (86)
対照区	無投与	10 (91)

3) 肉豚への給与 (表 3)

納豆区は体重 70~110kg の肥育後期 (16~23 週齢) に、乾燥納豆を飼料に混合 (1%, 5%) して投与した。

表 3 試験区の設定

区分	投与条件	供試頭数
1%納豆区	乾燥納豆 1% 混合	5
5%納豆区	乾燥納豆 5% 混合	5
対照区	無投与	5

5 基礎飼料の含有抗菌性物質

1) 哺乳期子豚用飼料

アピラマイシン	40g 力価/t
硫酸コリスチン	40g 力価/t
クエン酸モランテル	30g 力価/t

2) 子豚用飼料

クエン酸モランテル	30g 力価/t
硫酸コリスチン	20g 力価/t
ノシペプチド	5g 力価/t

6 調査項目

体重 (肥育成績), 下痢発生状況, 糞便 pH, 糞便中細菌検査, 糞便の臭気, 枝肉・肉質成績, 血清コレステロール値

7 検査材料および検査方法

1) 体重の推移

試験期間中随時, 全頭測定した。

2) 下痢発生状況

毎日観察を行い, その性状や程度を 5 段階 (表 4) で評価した。

表 4 糞便スコア

スコア	糞便性状	糞便形状	状態
0	正常便	形状あり	ほどよい硬さ
1	軟便	やや形状あり	水分がやや多い
2	下利便	形状なし	水分が多い
3	水溶性下痢	流れる	さらに水分が多い
4	水溶性下痢	流れる	水様

3) 糞便 pH 測定

肛門よりゴム手袋で直接採取 (直腸便) し, 蒸留水で 2 倍に希釈したものを pH メーターで測定した。

4) 糞便中の細菌検査

糞便 pH で採取した同一の糞便 1g 中の乳酸菌および大腸菌の菌数を求めた。乳酸菌群は MRS 寒天培地 (嫌気培養), 大腸菌群は DHL 寒天培地 (好気培養) を用い培養した。

5) 糞便の臭気測定

アンモニア, 硫化水素, アミン類および酢酸についてガス検知管を用い測定した。検体は両区それぞれ 6 週齢の 2 豚房から, 1 豚房 10 カ所から新鮮便 1g 見当を採取・プールし 1 検体とした。この 1 体 10g の糞便を 500ml のフラスコに入れ密閉し, 37℃2 時間培養し, ガス検知管で吸引測定し

た。

結果

6) 枝肉・肉質成績

肥育試験終了後、場内と畜・解体し、枝肉形質の測定と肉質は肉質成分分析の定法²⁾に従って、また、肉色、脂肪色の判定はポークカラースタンダードにて行った。

7) 血清コレステロール値測定

ドライケミストリーの検査装置スポットケム SP-4410、アークレイ(株)により実施した。

1) 体重の推移

1) 哺乳豚への給与区 (表 5)

対照区と比較して納豆区の発育が良好であった。納豆投与を終了した1週齢から徐々に差が付き始め、5週齢時点で1.10kg、2カ月齢時点では3.55kgの差が見られた。

表 5 体重の推移

(単位 kg)

区分	生時	3週齢	5週齢	8週齢
納豆区	1.52±0.23	6.38±1.31a	11.68±0.34a	25.78±4.72A
対照区	1.44±0.16	5.69±0.95b	10.60±1.59b	23.00±3.22B

(平均±標準偏差)

異符号間に有意差あり (A:P<0.01, a:P<0.05)

2) 離乳豚への給与区 (表 6)

両区とも生時および3週齢から8週齢までの発育状況に有意な差は見られなかった。

表 6 体重の推移

(単位 kg)

区分	生時	3週齢	5週齢	8週齢
納豆区	1.33±0.30	5.57±1.30	9.99±2.24	23.14±5.93
対照区	1.35±0.28	5.62±1.24	10.09±2.12	23.36±5.74

(平均±標準偏差)

3) 肉豚への給与区 (表 7)

増体重は対照区が優れていたものの有意差はなかった。

表 7 肥育成績

区分	1日平均増体重(g)	飼料要求率
1%納豆区	941.7±36.2	3.33
5%納豆区	976.8±59.4	3.33
対照区	1021.7±181.7	3.29

(平均±標準偏差)

の発生が少なかった。(図 1)

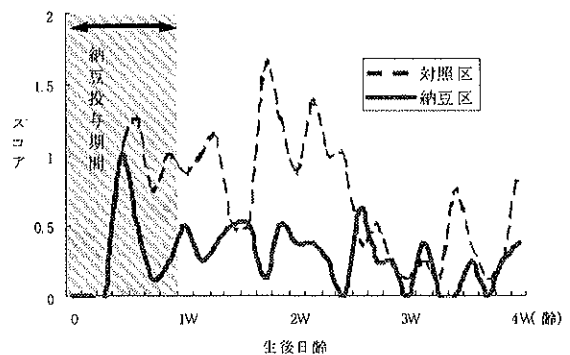


図 1 哺乳豚の下痢発生状況

2) 下痢発生状況

1) 哺乳豚への給与区

哺乳豚の対照区は、スコアの変動が激しく全体的に高く推移し、軟便や下痢の発生が多かった。それに対し納豆液を投与した区では、生後約1週間までは高いスコアが観察されたが、それ以降は変動の幅も小さく低いスコアで安定して推移し軟便や下痢

2) 離乳豚への給与区

離乳豚の試験期間中の下痢発生は納豆区が86頭中4頭(4.7%)、対照区が91頭中3頭(3.3%)と少なく、その程度も軽く同腹内全体に波及することは無かった。

- 3) 肉豚への給与区
納豆給与区、対照区とも下痢の発生はなかった。

対照区は、1週齢の pH がややアルカリ性になったのに対し、納豆区では中性に近い結果となった。2週齢以降ではあまり差がなかった。

3 糞便 pH

1) 哺乳豚への給与区 (表 8)

表 8 糞便 pH の推移 (哺乳豚への給与)

区分	1週齢	2週齢	3週齢	4週齢
納豆区	7.32±0.36A	7.58±0.70	7.65±0.68	7.21±0.28
対照区	7.82±0.48B	7.58±0.54	7.60±0.75	7.36±0.18

(平均±標準偏差) 異符号間に有意差あり (P<0.01)

2) 離乳豚への給与区 (表 9)

対照区は、5週齢でやや pH が低い傾向にあったが大きな差ではなかった。

表 9 糞便 pH の推移 (離乳豚への給与)

区分	3週齢	5週齢	8週齢
納豆区	6.89±0.45	6.50±0.35	6.52±0.45
対照区	6.84±0.45	6.31±0.39	6.48±0.44

(平均±標準偏差)

3) 肉豚への給与区 (表 10)

16週齢では差が見られたが週齢の経過に伴い、と畜時の 23週齢時には各区とも低下し、大きな差は見られなかった。

表 10 糞便 pH の推移 (肥育豚への給与)

区分	16週齢	20週齢	23週齢
1%納豆区	6.42±0.62a	6.22±0.57	6.42±0.67
5%納豆区	7.02±0.91	6.60±0.37	6.16±0.58
対照区	7.50±0.59b	6.72±0.64	6.20±0.39

(平均±標準偏差) 異符号間に有意差あり (P<0.05)

4 糞便中の細菌検査 (糞便 1g 中の細菌数)

1) 哺乳豚への給与区

乳酸菌数は (表 11)、3週齢までは対照区と比較して納豆区での菌数が多くなり、特に 2週齢では納豆区で有意に多くなった。両区とも 3週齢までは徐々に減少する傾向がみられたが、4週齢では増加に転じ、両区とも同等の値を示した。

大腸菌数 (表 12) は、1週齢から 3週齢までは、両区ともほぼ同じ値で推移したが、4週齢では対照区と比較して納豆区が有意に少なくなった。

糞便中菌数比率 (図 2) は、1週齢から 2週齢にかけては両区で同等の結果となった

が、3週齢、4週齢では対照区と比較して納豆区での乳酸菌数比率が高くなった。

表 11 乳酸菌 (log₁₀CFU/g)

区分	1週齢	2週齢	3週齢	4週齢
納豆区	8.64	8.51A	7.97	8.00
対照区	8.19	7.87B	7.81	8.05

異符号間に有意差あり (P<0.01)

表 12 大腸菌 (log10CFU/g)

区分	1週齢	2週齢	3週齢	4週齢
納豆区	6.77	6.77	3.29	0.93A
対照区	7.14	6.38	4.16	4.24B

異符号間に有意差あり (P<0.01)

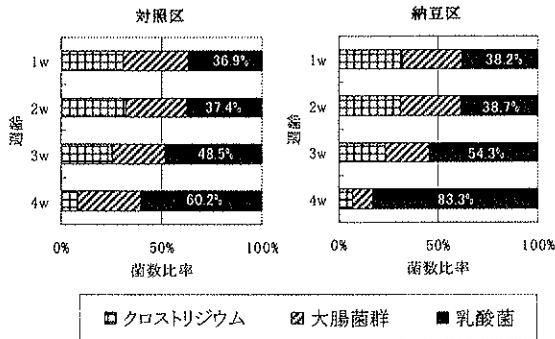


図 2 糞便中菌数比率

2) 離乳豚への給与区 (表 13, 14)

乳酸菌数と大腸菌数は対照区, 納豆区で差はなく推移した。

表 13 乳酸菌 (個/g)

区分	3週齢	6週齢	8週齢
納豆区	1.91×10^8	9.70×10^8	1.48×10^9
対照区	1.74×10^7	9.17×10^8	1.41×10^9

表 14 大腸菌 (個/g)

区分	3週齢	6週齢	8週齢
納豆区	1.81×10^6	3.52×10^7	5.15×10^5
対照区	1.79×10^6	3.99×10^7	5.65×10^5

3) 肉豚への給与区

乳酸菌数, 大腸菌数とも納豆の両区, 対照区で有意な差はなかったものの, 乳酸菌数 (表 15) は納豆区では, 週齢が経過して

も安定していたが, 対照区は週齢の経過に伴い菌数は減少した。大腸菌数 (表 16) は, 逆に納豆投与に従い減少したが, 無投与の対照区は週齢を経ても菌数は減少しなかった。

表 15 乳酸菌 (個/g)

区分	16週齢	20週齢	23週齢
1%納豆区	7.62×10^8	4.42×10^8	5.06×10^8
5%納豆区	5.40×10^8	3.04×10^8	1.80×10^8
対照区	1.14×10^9	3.44×10^8	9.60×10^7

表 16 大腸菌 (個/g)

区分	16週齢	20週齢	23週齢
1%納豆区	2.92×10^4	9.08×10^4	3.40×10^3
5%納豆区	2.01×10^5	2.09×10^4	1.20×10^4
対照区	1.73×10^5	1.65×10^5	2.65×10^5

5 糞便の臭気測定

対照区および納豆区のそれぞれ 2 検体 (測定箇所は計 40 カ所) について 4 種のガスを測定したが, 両区とも以下のように検知感度以下であり差は見られなかった。4 種のガスのうち, ①アンモニア: NH_3 は <0.01%, ②硫化水素: H_2S は <0.15%, ③アミン類: $\text{R} \cdot \text{NH}_2$ は (豚舎ではトリメチルアミン, アンモニアなど) <0.5ppm, ④酢酸: $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ は (豚舎ではイソ吉草酸, n-吉草酸, n-酪酸など) <0.25ppm で検知感度以下であった。

6 枝肉及び肉質成績 (表 17, 表 18)

枝肉における肉色において 1%区と対照区で有意な差であったが, 5%区との間では有意な差とならず納豆との関連はうすいと判断された。その他の枝肉成績 (表 17) に大きな違いはみられなかった。

表 17 枝肉成績

区分	背脂肪厚 (cm)	肉色	脂肪色	ロース断面積 (cm ²)
1%納豆区	1.8±0.3	2.9±0.4a	1.8±0.3	24.7±1.47
5%納豆区	1.8±0.6	3.7±0.6b	1.9±0.4	26.2±2.99
対照区	1.8±0.3	3.9±0.2b	1.6±0.5	22.7±1.94

(平均±標準偏差)

異符号間に有意差あり (P<0.05)

肉質成績 (表 18) では, pH 及び腎周囲脂肪の融点に有意な差がみられたが, その他の項目

では差はみられなかった。

表 18 肉質成績

区分	水分(%)	保水力(%)	加熱損失(%)	pH	脂肪融点(°C)		
					内層	外層	腎周囲
1%納豆区	74.3±0.3	53.9±1.9	33.9±1.9	5.4±0.1a	38.7±2.0	35.5±1.5	44.9±0.8a
5%納豆区	74.7±0.5	56.0±4.9	32.4±1.0	5.4±0.1	38.5±1.1	35.5±1.7	44.3±0.9a
対照区	74.8±0.5	55.0±3.4	32.4±2.1	5.6±0.1b	40.2±3.4	36.8±2.9	45.8±1.8b

(平均±標準偏差) 異符号間に有意差あり (P<0.05)

7 血清中の総コレステロール値 (表 19)

血清 1dl 中の総コレステロール値において納豆両区に大きな変動は見られず、対照区に低下傾向が見られたために、と畜時(23 週齢)に 1%納豆区は対照区よりも有意に低い値を示した。

しかし、16 週齢で 125mg/dl と高い値を示した 5%納豆区の 1 頭も納豆投与 4 週後(20 週齢)には 85mg/dl に低下していた。

表 19 血清総コレステロール値の推移

区分	16 週齢	20 週齢	23 週齢
1%納豆区	74.8±15.4	90.0±8.5	90.2±4.5a
5%納豆区	83.4±26.2	83.3±2.1	86.4±13.3
対照区	87.4±9.7	70.0±2.6	79.0±7.3b

(平均±標準偏差) 異符号間に有意差あり (P<0.05)

考 察

初生子豚に 1 週間納豆を給与すると、その後 4 週間に渡り軟便や下痢の発生が減少した。この結果は、納豆を哺乳子豚に投与することにより、下痢の発生を抑制できることを示している。増体成績からも、納豆を投与した納豆区での発育が良好という結果になり、下痢発生率の減少とあいまって、納豆を給与した哺乳子豚の方がより健康であったと推定された。5 週齢時の体重が大きいほど、その後の発育が良好で、事故率が少ないという報告もあり⁷⁾、納豆を給与した子豚の方が、その後の発育にも有利であることが推測される。

哺乳子豚の糞便 pH は、納豆の投与により 1 週齢時点で対照区よりも低い値を示した。腸内で乳酸菌やビフィズス菌等の善玉菌が増えると、それらが生産する乳酸や酢酸により腸内(糞便) pH が低下するため、腸内細菌叢の乳酸菌等善玉菌が多いか少ないかを推定できる。これらのことから、本試験では、哺乳子豚に納豆を投与したことにより、腸内細菌叢形成に作用し善

玉菌を増加させ、その後の子豚の健康増進に寄与したと推定される。

糞便中細菌数については、納豆の投与により糞便中乳酸菌数が増加し、特に 4 週齢では糞便中細菌数比率における乳酸菌の占める割合が高くなった。このことは、納豆菌が腸管内の乳酸菌を増加・安定させる作用があるという Ozawa ら¹⁵⁾の報告と一致し、また、初生子豚に 1 週間納豆を投与した効果が、投与終了後少なくとも 4 週間後まで続くことを示している。

3 週齢から 6 週齢の離乳期の子豚に乾燥粉末化した納豆を投与し 8 週齢まで観察したが、納豆投与区の下痢発生率がやや低い傾向を示したのみで、他の調査項目には影響を与えない結果になった。このことは、未だ腸内細菌叢が確立されていない初生時に納豆液を投与した場合と、ある程度腸内細菌叢が確立された 3 週齢での投与での違いが推察された。また、今回、離乳豚の下痢の発生が例年に比較して少なかったことは、試験期間前の豚舎における石灰乳塗布の徹底化という見た目以上の衛生環境の向上が

考えられ、下痢発症の頻度や程度に良い影響を与えた可能性も否定できない。このことは無投与である対照区での糞便 pH や乳酸菌数が納豆区と同様良い傾向で推移した結果にもつながることと思われる。

乾燥処理した納豆粒を飼料の 1%及び 5%の割合に混合し体重 70kg からと畜 (110 kg) までの肥育豚 (16 週～23 週齢) に給与しその影響について検討したところ、産肉性や肉質には悪い影響は見られなかった。

糞便中の細菌検査では、乳酸菌数は納豆投与の両区とも週齢が経過してもその数は 10^8 個台と安定していたが、対照区は 10^7 個台に減少した。その反面、大腸菌数は納豆投与に従い減少し、無投与の対照区は週齢を経ても減少しなかった。これは哺乳豚や離乳豚への納豆投与でも見られ、有意な差とはならなかったものの納豆の及ぼした影響と判断された。

血清中の総コレステロール値の推移は納豆投与の両区は大きな変動は見られなかったが、豚の総コレステロール値の正常範囲 (53.6～105.6mg/dl) を超えていた 1 頭も 5%納豆投与後に正常範囲 (125mg/dl→85mg/dl) に低下した。これは北風ら⁴⁾が実施した住民参加によるモニター試験 (納豆 1 日 1 パックを 4 週間摂取) の分析で評価項目が基準値の人では有意な改善を認めなかったが、高コレステロール群で 7.7%、高中性脂肪群で 12.9%の測定値の低下が見られとしており、今回の試験でも同様な効果があったと思われる。また治験者のうち便秘症状自覚者 25 人中、20 人に便秘の改善 (QOL: Quality of Life の向上) が見られたとされ、今回の豚における乳酸菌数の安定のもたらす効果の一つが示唆された。

これからの養豚は、安全安心を求める消費者ニーズに応えられるよう、健康な豚を育て、健康な豚肉を生産することが重要である。本試験では、我々が通常食べている納豆が子豚の健康維持に有効であるとの結果が得られた。さらに、茨城県内には 50 以上の納豆工場が存在し、年間推定 1 万トンにも及ぶ品質管理・検査用納豆が焼却処分されていると考えられている。このこ

とから、今後は未利用資源である納豆残さをエコフィードとして捉え、生産性や環境面など納豆が養豚に及ぼす影響について検討を重ねて行く必要がある。

参考文献

- 1) 藤田昭二ら, 1988, 納豆菌 BN 株の投与が子豚の下痢および母豚糞便中の乳酸菌に及ぼす効果, 畜産の研究, 42 巻 (第 6 号), 71-72
- 2) 石橋晃 (監修), 2001, 新編動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, 444-445・510-511
- 3) 柏岡静ら, 2005, 乾燥オカラ納豆菌の豚に対する投与効果, 徳島県畜産研究所研究報告, No 5, 14-17. No6, 22-27
- 4) 北風政史ら, 2006, 納豆が生活習慣病に与える影響に関する効果確認研究について, 国立循環器病センター, 2006 ニュースリリース: (株)NTT データ
- 5) Ozawa, K., 1994, Effect of natto Bacillus on the intestinal microsystem. In "Basic and Clinical Aspects of Japanese Traditional Food Natto," ed. by Sumi, H. Japan Technology Transfer Association, Tokyo, pp.113-118.
- 6) 坂井尚武, 1987, 離乳子豚に対する飼料用納豆粉末の投与試験, 畜産の研究, 41 巻 (第 4 号), 527-528
- 7) 佐野修, 1982, 5 週齢時体重とその後の発育, 養豚の友, 158 号 44-48