

## 肥育豚への乾燥豆腐粕給与が発育と肉質に及ぼす影響

設楽 修\*・岩本英治\*・和田政夫\*\*

### 要 約

乾燥豆腐粕を配合飼料と15%及び30%代替して、平均体重71kgの肥育豚15頭に出荷体重である110kgに達するまで給与し、発育、枝肉及び肉質に及ぼす影響を検討した。

- 1 1日平均増体量は、乾燥豆腐粕を30%代替給与することにより低下した。
- 2 枝肉成績は、代替量による差がなかった。
- 3 胸最長筋のHunter色値は、乾燥豆腐粕を15%及び30%代替給与することにより明度(L)の増加と赤色度(a)の減少がみられた。
- 4 加熱胸最長筋の多汁性は、乾燥豆腐粕を30%代替給与することにより低下した。
- 5 加熱胸最長筋の物理性は、代替量による差がなかった。
- 6 皮下脂肪内層の脂肪酸組成は、乾燥豆腐粕を15%及び30%代替給与することにより不飽和脂肪酸割合が増加し、同時に融点が低下した。

## Effects of Feeding of Dried Soybean Curd residue on Growth and Meat Quality of Finishing Pigs

Osamu SHIDARA, Eiji IWAMOTO and Masao WADA

### Summary

In order to investigate the effective use of food by-product, the diet containing dried soy-bean curd residue (DSCR) were fed to finishing pigs. Fifteen pigs were divided into three experimental groups with different diets. Group 1 was the control given 100% basal diet (formula feed). Group 2 was given a mixture of 85% basal diet and 15% DSCR. Group 3 was given a mixture of 70% basal diet and 30% DSCR. Pigs were kept fed ad libitum from average body weight 71kg to 110kg, and daily gain, feed conversion, carcass quality and meat quality were examined.

- (1) Daily gain of group 3 was inferior to group 1.
- (2) Carcass quality was not affected by the treatments.
- (3) Hunter value of longissimus muscle showed L-value increase and a-value decrease in group 2 and 3.
- (4) Juiciness of cooked longissimus muscle were decreased in group 3.
- (5) Texture of cooked longissimus muscle was not affected by the treatments.
- (6) In the fatty acid composition of subcutaneous inner layer fat, unsaturated fatty acids increased and melting point fell in group 2 and 3.

キーワード：肥育豚，乾燥豆腐粕，発育，肉質

### 緒 言

豆腐は我が国の重要な伝統食品であり、さらに近年大

豆に含まれるレシチンやイソフラボンなどの機能性成分が注目され、生産量が増加している。一方、豆腐粕は高水分で保水性が高いため、大豆使用量の1.2~1.3倍量が発生するが、常温では変質が早いなどの理由で、大半が産業廃棄物として焼却処分されてきた。しかし、最近では有機質資源のリサイクルを目的として、食品、ペット

2004年8月31日受理

\* 兵庫県立農林水産技術総合センター畜産技術センター

\*\* 現和田山家畜保健衛生所

表1 乾燥豆腐粕と配合飼料の一般成分(現物中%)

区分	水分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	可消化養分総量	可消化粗蛋白質	比重
乾燥豆腐粕	8.0	23.6	11.0	44.4	9.3	3.7	66.6	16.3	0.26
配合飼料	8.7	16.3	5.9	61.4	3.2	4.5	77.0	12.5	0.72

乾燥豆腐粕の可消化養分総量と可消化粗蛋白質は日本標準飼料成分表(2001年版)<sup>1)</sup>を用いた計算値、配合飼料の可消化養分総量と可消化粗蛋白質はメーカーの表示値

表2 乾燥豆腐粕と配合飼料の脂肪酸組成(%)

区分	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	UFA <sup>1)</sup>
乾燥豆腐粕	0.0	11.0	0.1	3.9	21.5	55.7	7.7	85.0
配合飼料	0.7	19.1	1.1	5.4	33.4	36.4	1.8	74.3

1) UFA:不飽和脂肪酸割合

表3 試験飼料の配合割合と栄養価

区分	配合割合(%)		TDN (%)	DCP (%)
	乾燥豆腐粕	配合飼料		
対照区	0	100	77.0	12.5
15%代替区	15	85	75.4	13.1
30%代替区	30	70	73.9	13.6

TDNとDCPは計算値

フード、ネコ砂、キノコ培地等への利用について研究開発が行われている。畜産業においては、嗜好性の良い蛋白質源として古くから酪農経営において利用され、保存性を高めるためにプラスチックドラム缶を用いた簡易なサイレージ調製技術も開発されてきた<sup>4)</sup>が、現在は農家戸数の減少や小規模豆腐粕製造業者の減少に伴う輸送距離の延長等の要因により、利用されにくい状況にある。

一方、農林水産省は平成13年に施行した「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」により、食品廃棄物のリサイクルを食品関連業者に義務づけ、環境汚染を防止するとともに食料自給率の引上げにつなげる方針を打ち出した。これを受けて、食品産業界は積極的に食品リサイクルに取り組み始めている。

そこで今回、循環型社会先導プロジェクト推進事業の「植物性食品加工副産物の地域循環型事業構築プロジェクト」の一環として、発生量の多い豆腐粕を地域循環させる中で、養豚用飼料原料としての利用の可能性を検討することになった。過去に実施された豚への給与試験では、生<sup>3, 8, 9)</sup>またはサイレージ化<sup>11, 12)</sup>での給与が多い。そこで、本試験では保存性が高く配合飼料への添加が容易な乾燥豆腐粕の肥育豚への給与が、発育と肉質に及ぼす影響を検討したので報告する。

#### 材料及び方法

試験は2002年10月～12月までの3か月間実施した。

供試豚はランドレース種雌豚と大ヨークシャー種雄豚

表4 測定項目と分析方法

測定項目	分析方法
枝肉測尺	豚産肉能力後代検定の方法 <sup>13)</sup> により実施。格付の上を3, 中を2, 並を1として格付点数を表示
水分	105℃24時間加熱乾燥法
粗蛋白質	ケルダール法
粗脂肪	エーテル抽出法
粗繊維	硫酸及び水酸化ナトリウム処理残さから灰分を減じた
粗灰分	575℃で2時間灰化
可溶無窒素物	計算値
肉色	畜試式豚標準肉色模型により判定
脂肪色	畜試式豚標準脂肪色模型により判定
マーブリング	米国肉豚生産者協会 <sup>9)</sup> の示すマーブリングスタンダードのスコア
Hunter色値	測色色差計を用いてL(明度), a(赤色度)及びb(黄色度)を測定
加熱損失率	ビニール袋に入れて70℃の温湯で1時間加熱した胸最長筋の重量減少率
圧搾肉汁率	35kg/cm <sup>2</sup> で1分間加圧した加熱胸最長筋の重量減少率
テクスチャー	加熱胸最長筋を用いて、38mm内径カップ、クロム9mmプランジャーを使用して測定
剪断力価	加熱胸最長筋を用いて、直径12mmの筋肉で測定
融点	皮下脂肪内層による上昇融点法
脂肪酸組成	Folchの方法 <sup>2)</sup> により抽出後、メチルエステル化し、ガスクロで測定

の交配により、1週間以内に出産した3腹の一代雑種豚(LW)から体重約70kgの去勢豚15頭を選定し、腹及び体重を考慮して1区当たり5頭ずつを3区に配置した。乾燥豆腐粕は四国化工機(株)の製品を用い、配合飼料は市販の肉豚肥育用配合飼料を用いた。乾燥豆腐粕及び配合飼料の一般成分を表1に、脂肪酸組成を表2に示す。また、試験飼料の配合割合と栄養価を表3に示す。試験区は配合飼料100%の対照区と、乾燥豆腐粕の配合飼料との代替率による15%代替区及び30%代替区の3区を設けた。供試豚は1.6×4.2mの豚房内で不断給餌、自由飲水により群飼し、体重が110kgに到達した個体から順次試験を終了した。

調査項目は、体重は毎週測定し、飼料摂取量は全期間の量を集計した。また、枝肉の測定、採取した最後肋骨付着部以降の胸最長筋の一般分析と加熱肉の物理性の測定及び皮下脂肪内層の融点と脂肪酸組成の測定は表4に示す方法で行った。統計処理は1元配置分散分析により、多重比較はTukeyの方法により行った。

結 果

乾燥豆腐粕は可消化養分総量（以下TDNと呼ぶ）が66.6%，可消化粗蛋白質含量（以下DCPと呼ぶ）が16.3%で，試験飼料の栄養価は乾燥豆腐粕の代替割合が高くなるにつれてTDNが減少し，DCPが増加した。乾燥豆腐粕の豚における嗜好性は良好であった。

供試豚の発育成績を表5に示す。1日平均増体量（以下DGと呼ぶ）は対照区が最も多く，次いで15%代替区，30%代替区の順に低下し，対照区と30%代替区の間には有意差が認められた。また飼料要求率も増体の良い対照区が良く，代替割合に応じて低下する傾向が認められた。

供試豚の枝肉成績を表6に示す。と体長と背腰長II，格付点数及び背脂肪の厚さのいずれも区間に有意差は認められなかった。

胸最長筋の一般成分を表7に示す。筋肉中の水分含量，粗蛋白質含量及び粗脂肪含量のいずれも区間に有意差は認められなかった。

胸最長筋の肉色，脂肪色及びマーブリングを表8に示す。畜試式豚標準肉色模型を用いた目視による肉色では

表5 発育成績

区 分	開始 体重(kg)	終了時 体重(kg)	日増 体量(g)	飼料 要求率	終了 日齢
対 照 区	71.3±3.0	112.0±2.1	957±87 <sup>a</sup>	3.77	167.8±5.7
15%代替区	71.4±3.3	112.6±2.0	843±85 <sup>a</sup>	3.95	174.6±7.0
30%代替区	71.8±2.6	111.7±2.6	802±88 <sup>a</sup>	4.08	177.4±10.7
平均値±標準偏差 異符号間に有意差あり(a-b:p<0.05)					

表6 枝肉成績

区 分	と体長 (kg)	背腰長II (cm)	格付 点数	背脂肪の厚さ(mm)		
				カタ	セ	コシ平均
対 照 区	100.1±0.6	73.4±2.3	2.5±0.5	38±5	18±2	29±2
15%代替区	100.0±3.5	73.9±2.7	2.3±0.5	36±2	19±1	27±1
30%代替区	98.5±3.1	73.5±4.0	2.5±0.6	39±3	22±2	30±3
平均値±標準偏差						

表7 胸最長筋の一般成分(%)

区 分	水分	粗蛋白質	粗脂肪
対 照 区	74.1±0.5	22.9±0.4	3.0±0.4
15%代替区	74.6±0.6	22.7±0.3	2.5±0.3
30%代替区	73.9±0.6	22.8±0.8	2.8±0.6
平均値±標準偏差			

表8 胸最長筋の肉色と脂肪色及びマーブリング

区 分	肉 色	脂肪色	マーブ リング	肉 色 <sup>1)</sup>			脂 肪 色 <sup>1)</sup>		
				L	a	b	L	a	b
対 照 区	3.3±0.3	1.0±0	2.0±0.7	47.7±0.5 <sup>b</sup>	8.3±0.3 <sup>a</sup>	6.8±0.6	69.8±0.6	3.3±0.4	6.2±0.4
15%代替区	3.0±0.0	1.0±0	1.9±0.5	49.5±0.4 <sup>a</sup>	7.2±0.3 <sup>a</sup>	6.3±0.5	69.3±1.9	3.2±0.2	6.3±0.5
30%代替区	3.0±0.0	1.0±0	1.9±0.8	50.1±1.1 <sup>a</sup>	7.1±0.2 <sup>a</sup>	6.4±0.6	68.9±0.4	3.4±0.1	6.0±0.3

1) Hunter 色値 平均値±標準偏差 異符号間に有意差あり (a - b : p < 0.05)

区間に有意差はなかったが，Hunter 色値による肉色は，Lで代替区が対照区よりも有意に明るくなり，aで代替区が対照区よりも有意に赤色が薄かった。また畜試式豚標準脂肪色模型を用いた目視による脂肪色はいずれの区も差がなく，Hunter 色値においてもL，a及びbのいずれも区間に有意差は認められなかった。また，マーブリングも区間に有意差は認められなかった。

加熱胸最長筋の保水性を表9に示す。加熱損失率は区間に有意差がなかったが，圧搾肉汁率は30%代替区が対照区よりも有意に低くなった。また，加熱胸最長筋の物理性を表10に示すが，テクスチャーと剪断力価において区間に有意差はなかった。

皮下脂肪内層の脂肪酸組成と融点を表11に示す。脂肪酸組成ではC18：2、C18：3及び不飽和脂肪酸割合において区間に有意差が認められ，代替区で増加した。また，C18：1は代替区で減少する傾向が認められた。さらに，融点は代替区が対照区よりも有意に低かった。

考 察

供試豚の1日平均増体量は，対照区が最も優れ，以下15%代替区，30%代替区の順で，飼料要求率も同様の結果となったが，これは乾燥豆腐粕代替割合の増加により飼料のTDNが減少したことによると思われる。さらに，乾燥豆腐粕は単にTDNが低だけでなく，比重が小さく(0.26)容積が大きいため，摂取した飼料容積当たりの栄養価が低く，配合飼料と同等の栄養摂取ができなかつ

表9 加熱胸最長筋の保水性

区 分	加熱損失率(%)	圧搾肉汁率(%)
対 照 区	30.7±1.7	43.3±4.2 <sup>b</sup>
15%代替区	28.2±2.3	42.7±4.5 <sup>ab</sup>
30%代替区	29.7±1.7	40.2±4.1 <sup>a</sup>
平均値±標準偏差 異符号間に有意差あり(a - b : p < 0.05)		

表10 加熱胸最長筋の物理性

区 分	テクスチャー			剪断力価	
	硬さ(kg)	凝集性	附着性(cm)	ガム性	(kg)
対 照 区	5.8±0.5	0.7±0.0	0.4±0.1	394±50	3.4±0.2
15%代替区	5.6±0.4	0.7±0.0	0.4±0.1	369±31	3.5±0.3
30%代替区	6.1±0.4	0.7±0.1	0.4±0.1	410±53	3.6±0.1
平均値±標準偏差					

表11 皮下脂肪内層の脂肪酸組成と融点

区分	脂肪酸組成(%)								融点 (°C)
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	UFA <sup>1)</sup>	
対照区	1.4±0.1	26.5±0.3	1.5±0.1	17.6±0.3	40.4±0.7	10.6±0.6 <sup>d</sup>	0.6±0.1 <sup>d</sup>	54.3±0.4 <sup>d</sup>	34.8±1.2 <sup>b</sup>
15%代替区	1.3±0.1	24.1±1.4	1.3±0.1	17.3±1.0	38.4±0.8	15.0±1.1 <sup>c</sup>	1.0±0.1 <sup>c</sup>	56.7±1.5 <sup>d</sup>	31.9±1.0 <sup>c</sup>
30%代替区	1.2±0.1	22.9±0.7	1.5±0.1	17.8±0.5	37.3±1.0	15.8±1.1 <sup>c</sup>	1.4±0.3 <sup>c</sup>	61.4±0.7 <sup>e</sup>	29.6±0.8 <sup>c</sup>

1) UFA:不飽和脂肪酸割合 平均値±標準偏差 異符号間に有意差あり(a-b:p<0.05, c-d:p<0.01)

たことも増体が劣った要因と考えられる。

枝肉成績は、骨格の発育状態を示すと体長及び背腰長Ⅱと、枝肉全体の評価である格付点数において乾燥豆腐粕給与による悪影響は見られず、背脂肪の厚さも区間に差がなかった。今回の試験を生の豆腐粕に換算すると15%代替は44%代替、30%代替は65%代替に相当するが、肥育豚に豆腐粕を多給した丹羽ら<sup>11, 12)</sup>は、生豆腐粕を44%含むサイレージを81日間給与した豚の枝肉では影響はみられず、生豆腐粕を86%含むサイレージを12週間給与した豚の枝肉では背脂肪が有意に厚くなったと報告している。今回の試験における30%代替区の豆腐粕生換算率65%では厚脂は見られなかったが、これ以上の代替は厚脂を招く可能性が増加するので、注意が必要と考えられる。

胸最長筋の肉質では、Hunter色値において代替区の肉色は対照区よりも明るく赤みが少なかった。浜口ら<sup>3)</sup>や丹羽ら<sup>12)</sup>は豆腐粕の給与によって肉色が明るく赤みが減少する傾向がみられたと報告している。一般に、豚の肉色は肥育期間が長いほど暗赤色になるが、今回の成績では代替区で肥育期間が延長された結果、肉色に逆の変化がみられたことから、豆腐粕が豚の肉色に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

加熱胸最長筋における30%代替区の圧搾肉汁率の有意な低下は、調理肉の多汁性が低いことを示している。豆腐粕給与豚の加熱肉質に関する報告は見あたらず、この低下が本試験のみの現象かどうかは明らかでないが、一般的に調理した豚肉は多汁性の低いものが多いため、今以上に多汁性が低下することは豚肉の嗜好性の低下にもつながることが考えられる。

豆腐粕を給与した豚肉の脂肪酸組成及び融点に及ぼす影響については、多くの報告<sup>6, 7, 9, 11, 12)</sup>が皮下脂肪における不飽和脂肪酸割合の増加と融点の低下を指摘している。豆腐粕を給与した豚の脂肪酸組成は、豆腐粕に多く含まれる不飽和脂肪酸の18:2や18:3が移行して増加し、逆に18:1が減少するという特徴を持ち<sup>6)</sup>、本試験においても同様の結果であった。このうち18:2は不飽和脂肪酸の中でも優先的に蓄積されやすく、30%代替区

では極めて高い値を示した。不飽和脂肪酸の増加は融点の低下につながり、代替区の融点はいずれも対照区に対して有意に低下し、いわゆる軟脂傾向が認められた。軟脂に対する評価基準として丹羽ら<sup>12)</sup>は、豆腐粕サイレージを給与した豚の皮下脂肪について、30°C以上の融点であれば外観上も市場取引上も問題はないと判断している。本試験では30%代替区の融点が市場取引上問題となる可能性がある。一般に豚の軟脂が問題となる場合には、カボック粕の飼料添加が推奨されている<sup>7)</sup>。カボック粕は脂肪酸の不飽和化酵素系を阻害する作用があり、数%の添加で軟脂を改善できるため、豆腐粕を養豚用飼料原料として利用する場合はカボック粕を積極的に利用することにより、皮下脂肪の融点低下が改善され、枝肉評価に悪影響を及ぼさなくなるものと思われる。

乾燥豆腐粕の利用可能な購入価格を、15%代替について考察すると、価格に影響する要因としてはDG、飼料要求率、出荷日齢が考えられるが、試験期間中の飼料費に着目した場合、配合飼料単価を40円とすると、体重70~110kgの増体に要した飼料費は対照区が6,032円、15%代替区の配合飼料費が5,372円で対照区との差が660円となり、この差額で23.7kgの乾燥豆腐粕が購入できれば両区の飼料費は同じになる。これは1kg当たり27.8円になり、乾燥豆腐粕の価格がこれ以下であれば、飼料費を引き下げることができる計算になる。

以上のように、乾燥豆腐粕は養豚用飼料原料として利用が可能であり、乾燥により栄養成分のばらつきがほとんどなくなるため<sup>3)</sup>、飼料計算も容易である。しかし、配合飼料との代替割合については、30%代替では増体と皮下脂肪の融点に問題があるため、発育、枝肉成績、肉質及び加熱肉の物理性に影響を及ぼさない15%代替が実用的である。なお、15%代替時の皮下脂肪の融点低下については枝肉評価上問題はないと考えられるが、飼料にカボック粕を添加すれば、より脂肪のしまりの良い豚肉生産が可能になると考えられる。

#### 引用文献

- (1) 独立行政法人 農業技術研究機構 (2001): 日本標

- 準飼料成分表 (2001年版) (中央畜産会) : 78-79
- (2) Folch J., M.Less and G.H.Sloane Stanley (1957) : A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues : J.Biol.Chem. 226,497-509
- (3) 浜田 充・吉田宣夫 (1999) : 未利用資源の養豚飼料化体系の確立Ⅱ肥育豚への乾燥豆腐粕給与 : 埼玉畜研報 3, 18-25
- (4) 今井明夫・本間暁子・波多野正蔵・多田伸市・高山肇・大久保志輝 (1995) : 豆腐粕の保存と流通利用方法の確立Ⅰプラスチックドラム缶の利用 : 新潟畜試研報 11, 5-9
- (5) 井上直人・古賀照章・浅井貴之・太田堯道 (1989) : 豆腐粕における一般6成分の変動の実態 : 長野畜試研報 22, 16-23
- (6) 入江正和 (1989) : 飼料への大豆油添加とその添加時期による豚の皮下脂肪の脂肪酸組成と厚さの変化 : 日豚会誌 26(4), 247-254
- (7) 入江正和・大本邦介 (1985) : 高リノール酸飼料給与豚におけるカボック粕の軟脂改善効果 : 日豚研誌 22, 168-173
- (8) 伊藤 均・安芸 博・今西禎雄 (1993) : 肥育豚に対する生豆腐粕の飼料利用性について : 三重農技七畜研報 21, 17-28
- (9) 伊藤米人・秋永達雄・宮崎 巖 (1985) : 豆腐粕の養豚飼料としての飼料価値 : 東京畜試研報 21, 21-29
- (10) National Pork Producers Council (1999) : Pork Quality Standards, IOWA
- (11) 丹羽美次・中西五十 (1995) : 食品製造副産物の肥育豚における利用性に関する研究 2. 豆腐粕サイレージ給与による発育および体脂肪に及ぼす影響 : 日豚会誌 32, 1-7
- (12) 丹羽美次・中西五十 (2002) : 豆腐粕, パン屑主体サイレージおよびパスタ屑の給与が肥育豚の発育および体脂肪に及ぼす影響 : 日豚会誌 39, 157-165
- (13) 社団法人 日本種豚登録協会 (1990) : 豚産肉能力検定実務書 (社団法人 日本種豚登録協会) 26-49