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

丹羽美次・中西五十

日本大学農獣医学部, 神奈川県藤沢市 252

(1994 年 9 月 20 日受付)

要 約 豆腐粕の有効利用を促進するため、豆腐粕に 13.7% の大麦と 0.7% のプレミックスを加えて調製したサイレージを肥育豚に給与して消化試験、ならびに肥育試験を実施するとともに、肥育試験終了後に脂肪融点および脂肪酸組成を調べた。体重 50 kg の LW 交雑種を用い、5 日間の消化試験を行った結果、豆腐粕サイレージ給与区の NFE、粗蛋白質および粗脂肪の消化率はトウモロコシを主体とした対照区と比較して大きな差はなかったが、粗繊維の消化率は有意に高かった。肥育試験は LW・H 交雑種を用いて 3 群を設け約 16 週間にわたって実施し、飼料給与は 1 日 2 回の制限給餌とした。1 群は対照区飼料を全期間給与した。2 群は 1~12 週は豆腐粕サイレージを 100%、13~16 週は対照区飼料を給与した（豆腐粕サイレージ 1 区）。3 群では 1~3 週に豆腐粕サイレージを 100%、4~14 週の間は豆腐粕サイレージと対照区飼料の大豆粕を大麦に代えた飼料を 50%（乾物換算）ずつ、15~16 週には対照区飼料を 100% 給与した（豆腐粕サイレージ 2 区）。肥育試験では、豆腐粕サイレージ 1 区は全飼料の 66%、豆腐粕サイレージ 2 区では 47% をサイレージで代替した。増体日量ならびに飼料要求率はどの期間においても 3 区間に差は認められなかった。また、サイレージの嗜好性は極めて良好であった。背脂肪および腎臓周囲脂肪の融点を測定した結果、サイレージ給与区は対照区に比べ、いずれの部位でも有意に低い傾向を示した。脂肪酸組成では、リノール酸およびリノレン酸は有意に高く、また、オレイン酸およびパルミチン酸は低かった。

結 言

近年、食品製造副産物の廃棄量が激増している。特に、豆腐粕のような高水分の副産物の変敗し易いことから廃棄率も高く、公害の発生源になっている例も多い。

豆腐粕は製造過程において水溶性成分の多くが抽出された残渣であるが、なお可消化養分に富み、新鮮なものは家畜の嗜好性も高い。生豆腐粕は変敗しやすいが、産出後すみやかに的確な方法によって貯蔵することにより、飼料としての利用も促進されと考えられる。著者らは資源の有効利用と廃棄量の減少による環境保全への対応として、豆腐粕をサイレージに調製する貯蔵法について報告した¹⁾。この豆腐粕サイレージ（以下サイレージとする）は不飽和脂肪酸含量の高い脂肪を比較的多量

に含有しており、肉豚への給与により肉質、特に体脂肪に対する影響も考えられる。そのため、サイレージの利用を図るためには豚に対する栄養価や肉質等への影響を明確にする必要がある。以上のことから肥育豚にサイレージを給与し、消化試験、肥育試験を実施するとともに背脂肪厚、脂肪酸組成への影響について調査した。

材料および方法

供試飼料：供試飼料の配合割合は表 1 に示すとうりであり、本学部付属農場慣用の肥育飼料と豆腐粕サイレージを用いた。サイレージは豆腐粕に大麦を 13.7%、カルシウム剤・食塩・ビタミン・微量ミネラル剤混合物を 0.7% 加え 3 週間以上貯蔵したものをを用いた。調製されたサイレージは pH 3.7~3.9、乳酸含量 1.5~2.2%（新鮮

Research on the utilization of food by-product to growing and finishing pigs

2. The effects of tofu cake silage feeding on growth and body fat

Y. NIWA and G. NAKANISI

Department of Animal Science, Nihon University, Fujisawa-shi, 252

物中)と良質であった。また、肥育試験ではサイレージの蛋白質含量が高いことから慣用肥育飼料の大豆粕を大麦で代替した試験飼料も併せて使用した。

供試動物：消化試験には本学部付属農場で生産された体重約50kgのLW交雑種肥育豚6頭(慣用肥育飼料区3頭, サイレージ区3頭)を使用した。供試豚は代謝ケージで単飼し、飼料は1日に乾物換算1kgを朝夕2回500gずつ給与し、水は自由に飲水させた。また、試験期間は予備試験5日間、本試験5日間の全糞採取法により、一元配置法²⁾に従って実施した。採取した糞は約60℃で24時間乾燥し、風乾後粉碎して分析に供した。

肥育試験はLW・H交雑種肥育豚12頭(開始時平均体重28.6±0.4kg)を使用し、性別、体重等を考慮して3区に分けた。飼養方法は3.6m×2.7mの豚房に1群4頭で群飼し、飼料は制限給餌法により朝夕2回等量給与した。体重測定は7日毎に実施し、その結果をもとに日本飼養標準³⁾の肥育豚に対する風乾飼料量を基準として飼料給与量を決定した。肥育試験における飼料の給与法は表3に示すとうり、全期間慣用肥育飼料を給与した対照区、試験開始(1週)から12週までサイレージのみを給与し、その後出荷まで慣用肥育飼料を給与した豆腐粕サイレージ1区および試験開始時より3週間をサイレージ

のみ、4~14週をサイレージと試験用飼料(乾物換算で各50%)、15週から出荷までは対照区と同じ慣用肥育飼料を給与した豆腐粕サイレージ2区を設けた。試験期間は16週間で、試験終了後屠殺し、24時間冷蔵庫内で放冷後豚産肉能力検定基準⁴⁾に従い、背脂肪厚を測定した。また、背脂肪、腎臓周囲脂肪を採取し脂肪融点および脂肪酸組成を調べた。

分析・測定法：一般成分の分析は全て常法⁵⁾によった。体脂肪の脂肪酸組成は約5倍量の無水硫酸ナトリウムと共に磨砕後クロロホルムで抽出、飼料はクロロホルム・メタノール溶液で脂質を抽出して溶媒を除去後、0.5Nナトリウムメチラートでメチル化し、ガスクロマトグラフで測定した。使用した機種はHEWLETT-PACKARD製5890A、カラムはJ&W製DB-WAX15m×0.53mm、運転条件はカラム温度160℃から毎分3℃で200℃まで昇温、注入口温度250℃、検出器はFID、検出器温度270℃、キャリアーガスとしてヘリウムを使用した。得られたクロマトグラフの相対保持時間からC14:0 C16:0 C16:1 C18:0 C18:1 C18:2 C18:3の各脂肪酸を同定し、これらの合計を100%として組成を算出した。脂肪融点は採取した脂肪を細切し、100℃の恒温器中で濾紙を用いて加熱抽出を行い、

表 1. 飼料の配合割合
Table 1. Composition of diets

	Control diet	% (DM %) Tofu cake silage	Experimental diet
Maize	73.3		73.3
Soybean meal	12.0		—
Barley	10.0	13.7(41.9)	22.0
Tofu cake	—	85.6(55.9)	—
Fish meal (CP 60%)	2.6		2.6
CaCO ₃	0.7	} 0.7(2.2)	0.7
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.7		0.7
NaCl	0.4		0.4
Trace mineral premix ¹⁾	0.1		0.1
Vitamin A, D, E premix ²⁾	0.1		0.1
Vitamin B premix ³⁾	0.1		0.1

¹⁾ Trace mineral premix supplied (per kg of diet): Mn 80mg, Zn 50mg, Fe 6mg, I 1mg, Cu 0.6mg.

²⁾ Vitamin A, D, E, premix supplied (per kg of diet): Vitamin A 10000 I.U., vitamin D₃ 2000 I.U., dl- α -tocopherol 10mg.

³⁾ Vitamin B premix supplied (per kg of diet): thiamine 1mg, riboflavin 7mg, pyridoxine·HCl 0.5mg, pantothenic acid 11mg, nicotinic acid 6mg, choline chloride 58mg.

上昇融点法により測定した。

結果および考察

消化試験の結果は表4に示すとうりである。サイレージ区の粗蛋白質とNFEの消化率は対照区に比べ若干低く、粗脂肪はやや高かったが、いずれも有意差は認められなかった。サイレージ区は粗繊維の消化率が対照区に

比べ有意 ($P<0.05$) に高い値を示した。その理由は明確ではないが、対照区飼料とサイレージ中の粗繊維では異なる成分を含有しているためと考えられる。さらに、サイレージ区の粗脂肪の消化率は対照区よりわずかに高い値を示した。これは、サイレージ中の粗脂肪含量が高かったため内因性物質の影響が少なかったこと、およびサイレージ中に含まれる乳酸の一部が粗脂肪として定量されたためと推察された。

肥育試験において給与した全飼料における豆腐粕サイレージの割合は豆腐粕サイレージ1区で66%、2区では47% (豆腐粕としてそれぞれ37%および26%) と高く、サイレージは豚の嗜好性も良好であった。試験期間中の1日増体量、飼料摂取量および飼料要求率を表5に示した。1~3週における1日増体量は豆腐粕サイレージ1、2区がともに対照区を超える値となり、4~12週においても豆腐粕サイレージ1区は対照区とほぼ同等の増体量を示した。豆腐粕サイレージ1区および2区とも各々12週および14週以降の対照区飼料への切替にともない若干の発育停滞が観察された。これは、サイレージが高水分であるため、その給与により消化管内容物重量の増加をもたらし体重が増すものの、飼料の切替に伴って消化管内容物が減少することから見掛け上、増体が停滞するものと考えられる。全期間における1日増体量は対照区の0.75 kg に対し、豆腐粕サイレージ1区は0.72 kg、豆腐粕サイレージ2区は0.73 kg で、有意差は認められなかった。また、全期間の飼料要求率は対照区3.13、豆

表 2. 供試飼料の化学的組成(%)
Table 2. Chemical composition of diets (%)

	Control diet	Tofu cake silage (DM %)
Moisture	11.6	68.4(—)
Crude protein	15.7	6.8(21.5)
Crude fat	3.7	2.9(9.2)
NFE	62.7	17.1(54.1)
Crude fiber	2.5	3.2(10.1)
Ash	3.9	1.6(5.1)
Fatty acid		
C 14	0.8	0.2
C 16	15.2	12.7
C 16-1	1.1	1.0
C 18	3.4	4.2
C 18-1	29.3	23.5
C 18-2	47.4	50.9
C 18-3	2.8	7.5

表 3. 肥育試験の設定
Table 3. Design of fattening trial

Week	1~3	4~12	13~14	15~16
Control	Control diet 100%			
Tofu cake silage 1	Tofu cake silage 100%		Control diet 100%	
Tofo cake silage 2	Tofu cake silage 100%	Experimental diet 50% Tofu cake silage 50%	Control diet 100%	

表 4. 飼料の消化率
Table 4. Effect of tofu cake silage feeding on digestibility in growing pigs

	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber
Control diet	81.1±0.6 ¹⁾	77.3±2.0	91.1±1.4	40.9±2.9
Tofu cake silage	79.3±0.9	79.1±1.3	87.9±1.2	56.7±1.8*

¹⁾ Values are means ± SEM for 3 pigs.

*, Significantly different from the control at $P<0.05$.

腐粕サイレージ 2 区 3.15 と同程度であり, 12 週間にわたりサイレージのみを給与した豆腐粕サイレージ 1 区においてもほとんど違いはなかった。

サイレージ給与が背脂肪の厚さに及ぼす影響を表 6 に示した。各部位とも豆腐粕サイレージ 1 区は有意に厚かったが, 豆腐粕サイレージ 2 区では差は認められなかった。その理由は明確ではないがサイレージ酸酵の過程で一部のアミノ酸が分解され, 必須アミノ酸組成に偏りが生じた可能性もある。また, MATEOS ら⁶⁾は家禽において飼料への大豆油添加により非脂肪性成分の代謝エネルギー効率が改善されたと報告している。本試験で使用するサイレージは豆腐粕由来の粗脂肪を多く含有し, 豚においても MATEOS らの報告と同様の効果が生じた

結果, 背脂肪厚が増加したと考えられる。一般に飼料中に添加された油脂は NFE 等に比べ体脂肪として蓄積されやすく^{7,8)}その脂肪酸組成や融点に影響を及ぼすことが報告⁹⁻¹¹⁾されている。枝肉の 3 部位から採取した脂肪の融点を測定した結果を表 7 に示した。対照区に比べサイレージ給与区は全般に脂肪融点が低く, 豆腐粕サイレージ 1 区の背脂肪内層を除きいずれも有意差 ($P < 0.05$) が認められた。また, 豆腐粕サイレージ 1 区は腎臓周囲脂肪の融点について対照区との間に有意差 ($P < 0.05$) が認められたが, 同時に豆腐粕サイレージ 2 区との間では有意 ($P < 0.05$) に高い値を示した。入江および藤谷¹¹⁾は飼料への油脂添加が脂肪融点に及ぼす影響について, 腎臓周囲脂肪は背脂肪に比べ影響を受けやすい

表 5. 発育増体と飼料要求率

Table 5. Effect of tofu cake silage feeding on daily weight gain, feed intake and feed conversion ratio in growing pigs.

	Week	Daily weight gain (kg)	Feed intake ¹⁾ (kg/head)	Feed conversion ratio
Control	1- 3	0.53±0.12 ²⁾	27.7	2.47
	4-12	0.77±0.10	148.6	3.06
	13-16	0.85±0.06	84.9	3.57
	1-16	0.75±0.11	261.2	3.13
Tofu cake silage 1	1- 3	0.59±0.15	27.1	2.20
	4-12	0.74±0.07	149.0	3.20
	13-16	0.79±0.09	90.6	4.10
	1-16	0.72±0.09	266.7	3.29
Tofu cake silage 2	1- 3	0.60±0.08	27.1	2.15
	4-14	0.76±0.11	188.6	3.22
	15-16	0.74±0.14	40.9	3.93
	1-16	0.73±0.10	256.6	3.14

¹⁾ Air dry matter basis.

²⁾ Values are means ± SEM for 4 pigs.

表 6. 屠体測定値

Table 6. Effect of tofu cake silage feeding on backfat thickness in growing pigs. (cm)

	Control	Tofu cake silage 1	Tofu cake silage 2
Shoulder	3.43±0.29 ^{a1)}	4.33±0.23 ^b	3.76±0.47 ^{ab}
Midback	1.60±0.20 ^a	2.19±0.33 ^b	1.69±0.30 ^{ab}
Loin	2.57±0.35 ^a	3.66±0.38 ^b	2.83±0.41 ^{ab}
Mean	2.52±0.29 ^a	3.39±0.27 ^b	2.77±0.38 ^{ab}

¹⁾ Values are means ± SEM for 4 pigs. Means with different superscript are significantly different at 5% level of Duncan's Multiple Range Test.

表 7. 脂肪融点

Table 7. Melting point of the back fat and leaf fat (°C)

	Control	Tofu cake silage 1	Tofu cake silage 2
Outer back fat	28.3±1.3 ^{al)}	24.5±1.6 ^b	25.7±1.2 ^b
Inner back fat	29.0±0.8 ^a	27.4±0.6 ^{ab}	26.8±0.6 ^b
Kidney leaf fat	40.1±1.2 ^a	37.1±1.0 ^b	33.8±1.8 ^c

^{l)} Values are means ±SEM for 4 pigs. Means with different superscript are significantly different at 5% level of Duncan's Multiple Range Test.

表 8. 体脂肪の脂肪酸組成

Table 8. Fatty acid composition of the back and kidney leaf fat.

	Fatty acid	Control	Tofu cake silage 1	Tofu cake silage 2
Outer back fat	C14:0	1.0±0.1 ^{l)}	0.6±0.1	0.8±0.2
	C16:0	22.6±1.1 ^a	19.9±0.7 ^b	19.8±1.0 ^b
	C16:1	3.8±0.5 ^a	2.3±0.3 ^b	2.4±0.3 ^b
	C18:0	12.4±1.0	11.3±1.0	11.2±1.0
	C18:1	49.9±1.4 ^a	43.5±1.0 ^b	44.7±2.0 ^b
	C18:2	9.1±0.9 ^a	19.8±1.3 ^b	18.4±1.0 ^b
	C18:3	1.2±0.2 ^a	2.6±0.5 ^b	2.7±0.5 ^b
Inner back fat	C14:0	0.8±0.1	0.8±0.2	0.9±0.2
	C16:0	24.4±1.3 ^a	21.0±0.7 ^b	20.2±1.2 ^b
	C16:1	2.6±0.4 ^a	1.6±0.2 ^b	1.9±0.3
	C18:0	15.7±0.6	14.2±0.9	13.4±0.5
	C18:1	47.3±1.5 ^a	43.6±1.0 ^b	41.3±1.4 ^b
	C18:2	8.1±0.5 ^a	16.5±1.1 ^b	18.7±0.9 ^b
	C18:3	1.0±0.1 ^a	2.3±0.3 ^b	3.6±0.4 ^b
Kidney leaf fat	C14:0	1.5±0.4	0.8±0.2	0.9±0.1
	C16:0	27.9±0.9 ^a	23.2±1.1 ^b	22.7±1.4 ^b
	C16:1	2.3±0.5	1.8±0.3	2.4±0.4
	C18:0	17.4±0.6	17.9±0.6	16.0±0.7
	C18:1	42.5±1.3	40.6±1.1	39.8±1.5
	C18:2	7.5±0.6 ^a	13.6±1.0 ^b	16.2±0.9 ^c
	C18:3	0.9±0.2 ^a	2.1±0.3 ^b	2.0±0.2 ^b

^{l)} Values are means ±SEM for 4 pigs. Means with different superscript are significantly different at 5% level of Duncan's Multiple Range Test.

と報告している。本試験において、豆腐粕サイレージ1区は出荷4週間前よりサイレージの給与を中止しているが、豆腐粕サイレージ2区はサイレージ給与量を4~14週まで50%に制限しているものの出荷2週間前まで給与を続けたことによるとと思われる。

背脂肪及び腎臓周囲脂肪中の脂肪酸組成については表8に示した。背脂肪外層において豆腐粕サイレージ1区

は対照区と比べ16:0, C16:1およびC18:1が有意に低く, C18:2およびC18:3が有意に高くなり, 豆腐粕サイレージ2区もほぼ同様の傾向を示した。背脂肪内層は各区とも外層に比べ飽和脂肪酸が高かったが, サイレージ給与区では対照区に比べいずれもC16:0およびC18:1が有意に低く, C18:2およびC18:3が高い値を示した。腎臓周囲脂肪においても, おおむね背脂肪の結

果と同様の傾向を示したが、豆腐粕サイレージ2区のC18:1は対照区より少ないものの有意な差を示さなかった。サイレージ中の脂肪酸組成は対照区飼料と大きな差は認められなかったが、体脂肪中のC18:2は測定したすべての部位で対照区の約2倍を含有していた。このことは、飼料中のC18:2が他の脂肪酸に比べ選択的に蓄積されやすい¹²⁾ことを示している。しかし、代替率の高い豆腐粕サイレージ1区でも屠殺前4週間の給与停止により腎臓周囲脂肪では豆腐粕サイレージ2区に比べ融点の上昇が認められた。従って、サイレージの多給は脂肪の融点や脂肪酸組成に影響を及ぼすものの、給与時期や方法の検討により、ある程度影響を減ずることも可能と考えられ、今後さらに検討を行う必要があろう。

近年、消費者は食品の機能に強い関心を示しており、飽和脂肪酸の過剰摂取が成人病の原因となることや不飽和脂肪酸の効果に関する認識も浸透している。このような状況において、豚肉の品質や脂肪酸組成についても従来と異なる基準によって評価される可能性もあり、本試験におけるサイレージ給与区の枝肉も高リノール酸(C18:2)含有豚肉といった販売法も考えられる。

以上のことから、肥育豚に対するサイレージの給与は脂肪酸組成に影響を及ぼすものの発育に大きな差は認められず、飼料費削減に有効と思われた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、統計処理その他に貴重な助言を

賜った本学動物育種学研究室、泉水直人助教授に深く感謝致します。

文 献

- 1) 丹羽美次・中西五十・栗田隆之：日豚会誌，**30**，128-134，1993.
- 2) 柴田寛三：新生物統計学序説，88-101，創文，東京，1989.
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準，豚（1975年版）中央畜産会，1975.
- 4) 日本種豚登録協会編：豚産肉能力検定実務書，1979.
- 5) 森本 宏（監修）：動物栄養試験法，養賢堂，280-298，1971.
- 6) MATEOS, G.G., and J.L. SELL : Poultry Sci., **59**, 2129-2135, 1980.
- 7) ALLEE, G.L., D.R. ROMSOS, G.A. LEVEILLE and D. H. BAKER : J. Anim. Sci., **35**, 41-47, 1972.
- 8) SEERLEY, R.W., J.P. BRISCOF and H.C. McCAMPBELL : J. Anim. Sci., **46**, 1018-1023, 1978.
- 9) 大武由之・中里孝之・斎藤 馨・佐藤清之・谷田部治之・高橋光輝・岸本赴夫：日畜会報，**41**，407-413，1970.
- 10) VILLEGAS, F.J., H.B. HEDRICK, T.L. VEUM, K.L. McFATE and M.E. BAILEY : J. Anim. Sci., **36**, 633-668, 1973.
- 11) 入江正和・藤谷泰裕：日豚会誌，**26**，255-260，1989.
- 12) BROOKS, C.C., : J. Anim. Sci., **33**, 1224-1230, 1971.

Research on the Utilization of Food By-Product to Growing and Finishing Pigs.

2. The Effects of Tofu Cake Silage Feeding on Growth and Body Fat

Yoshitugu NIWA and Goto NAKANISI

Department of Animal Science, Nihon University, Fujisawa-shi, 252

The fattening and digestion trials were carried out in crossbred pigs by feeding ensiled tofe cake silage with 13.7% of ground barley and 0.7% of vitamin, mineral premix. In the first trial, 50 kg of LW crossbred pigs were fed for 5 days either with ensiled tofu cake silage or with a basal diet, in the control condition, containing maize 73.3%, soybean meal 12%, barley 10%, fish meal 2.6%, and others 2.1%. There were no significant differences in the digestibility of crude protein, crude fat or of NFE between tofu cake silage condition and the control condition. However, the digestibility of crude fiber was significantly higher in the tofu cake silage condition than in the control condition.

Three experimental groups of LWH crossbred pigs were placed on the fattening trial for 16 weeks. Group 1 was supplied with the control diet throughout the trial term. Group 2 was supplied with 100% tofu cake silage during the first 12 weeks and then was supplied with the 100% control diet from the 13th through 16th week (tofu cake silage 1). Group 3 fed 100% tofu cake silage during the first 3 weeks, 50% tofu cake silage and 50 % experimental diet, which contained barley in stead of soy bean meal in the control diet, for the 4th through 13th weeks, and 100 % control diet was fed for the last 2 weeks (tofu cake silage 2). There were no significant differences in the average daily gain among three groups at any stage of the trial. In tofu cake silage 1 and 2, 66% and 47% of the total diet were substituted with tofu cake silage, respectively. No differences among the three groups in feed conversion ratio were found throughout the experimental term. High palatability of the tofu cake silage was observed in the pigs. After the fattening trial, melting points of back and kidney leaf fat were either significantly lower or tended to be lower in the pigs fed with the tofu cake silage compared to those in the control diet. Silage feeds caused a higher concentration of linoleic acid and linolenic acid, but the concentration of palmitic acid was lowered.

The tofu cake silage led to normal growth, and an increase in unsaturated fatty acid, and to lower melting points of body fat in fattening pigs.

Jpn. J. Swine Science, **32**, 1 : 1-7

Key words : Tofu cake, silage, growth, fatty acid composition