

中ヨークシャー交雑種肥育豚への 発酵リキッド飼料給与プログラムの検討

山本 禎・小嶋信雄¹ (¹神奈川県畜産課)

Study of Fermented Liquid Feeding Program for Fattening Pigs in Yorkshire Cross

Tadashi YAMAMOTO, Nobuo KOJIMA

食品残さを乳酸発酵させた発酵リキッド飼料を用いて中ヨークシャー種25%交雑種肥育豚による肥育前期（体重約30kg）からの肥育試験を実施した。本試験ではこれまで発酵リキッド飼料給与時の課題とされてきた肥育後期（体重約70～110kg）における発育性、生産される豚肉の厚脂及び軟脂への対策として、肥育後期に少量の配合飼料を混合して給与する試験区を設定し、最適な給与プログラムを検討した。

その結果、肥育後期に配合飼料を10%混合することにより発育性は大幅に向上し、配合飼料のみによる肥育と同等になった。また、枝肉、肉質調査から、背脂肪が厚くなる傾向は見られたものの、肉質は良好であり、脂肪融点も配合飼料給与と同等以上まで上昇した。脂肪酸組成については、発酵リキッド飼料のみを給与した豚と配合飼料を混合した豚では同様であり、配合飼料のみを給与した豚とはC18:1（オレイン酸）、C18:2（リノール酸）、C18:3（リノレン酸）において有意差が見られた。

このことより、発酵リキッド飼料給与を基本に肥育後期特に体重約70kgから配合飼料を10%混合する給与プログラムが今回の試験においては発育性、肉質ともに最も適した給与プログラムと考えられた。

キーワード：食品残さ、発酵リキッド飼料、中ヨークシャー種、
発育性、肉質

現在、食品残さの飼料化には発酵乾燥法等乾燥技術が主に開発されているが、一般的に食品残さは水分が多く、その処理にコストがかかる。一方で豚は液状の飼料を好んで食べることが知られており、食品残さ飼料化技術の中にはその習性を利用して飼料を液状で調製するリキッド法があり、水分の多い食品残さの利用に有効であり、かつ肥育前期から出荷まで全量給与が可能なことなどが特長と言われている。当センターにおけるこれまでの試験では、中ヨークシャー種（以下Y）交雑種は発酵リキッド飼料に対する適性が高く、肥育前期からの給与でも比較的良好な発育、肉質を示すことがわかっている。一方で、特に肥育後期において配合飼料給与に比べ、発育が遅れがちなこと、枝肉の背脂肪が厚くなること（厚脂）、脂肪が軟らかくなること等が課題となっていた。

本研究では発酵リキッド法による豚の肥育技術

を確立し、食品残さを減量して地域環境への負荷を低減させるとともに生産コストの低減を図りつつ豚肉の品質を向上させるため、Y25%交雑種を用い、発酵リキッド飼料の肥育前期からの給与と肥育後期における配合飼料との併用による肥育試験を行い、発育性、肉質の両面から発酵リキッド飼料を利用した飼料給与プログラムを検討した。

材料及び報告

1. 供試豚

生後11週齢のLYD（Y25%交雑種）、を4試験区各4頭ずつ16頭（計3腹）用いた。

2. 給与飼料

試験区（1・2・3区）：市販発酵リキッド飼料給与（乾物中CP16.9% 乾物中TDN95.9%
※標示表記載値）

対照区（4区）：市販配合飼料給与

(60kgまでは肥育前期用 (CP16% TDN78%)、60kg以降は肥育後期用 (CP14% TDN77%))

発酵リキッド飼料は神奈川県内の工場、食品残さを原材料として、混合後、乳酸菌を添加し発酵させ調製されたものを使用した。飼料成分及びpHは表1に示した。

3. 試験区

試験区分は表2に示したとおりである。各々の試験区に前述の飼料を不断給与し、可能な限り飽食状態とした。2区、及び3区の配合飼料の混合割合については日本飼養標準付属の飼料計算ソフトを用い、体重85kg、1日増体重0.9kgを目標にTDN、CPを充足させるべく計算し、結果、約10%の混合とした。混合後のTDNは2,562g (充足率112%)、CPは456g (充足率116%)となった。飼料の切り替えは各区の平均体重が70kg (2区)、90kg (3区)、60kg (4区)に到達した時点で行った。

4. 調査項目

(1) 発育調査

体重測定を毎週行い、増体重、飼料要求率について調査し、体重約110kg時にと畜した。

(2) 枝肉検査

と畜後に一晚冷蔵保存したと体について、枝肉重量、と体長、と体幅、背腰長 (I・II)、コース断面積、バラ厚、脂肪厚、肉色、脂肪色について調査した。

(3) 肉質検査

枝肉検査後、最後胸椎の胸最長筋を採取し、

pHメーターを用いてpHを測定、同部位を挽肉後、筋肉内水分含量、筋肉内脂肪含量を測定した。

ドリップロスには第2腰椎の胸最長筋を採取し、パック及びビニールで包装し、5日間4℃で保存した後、重量を測定した。

クッキングロスには第2～3腰椎の胸最長筋を採取、70℃の湯温で1時間加熱し、流水により30分間冷却後、重量を測定した。その後、ワーナーブラツラー剪断力価 (シェアバリュー) 計によりシェアバリューを測定した。脂肪融点については第2～3腰椎の胸最長筋部分の皮下内層脂肪を採取、毛細管上昇法により測定した。

(4) 脂肪酸組成

第2～3腰椎の胸最長筋部分の皮下内層脂肪を (財) 食品分析センターに委託し、ガスクロマトグラフにより脂肪酸組成を分析した。

(5) 肉色及び脂肪色

第1腰椎の胸最長筋部分と腎臓周囲脂肪を用い、ミノルタ分光測色計CM-2002によりC及びD65の2光源で測定した。

(6) 血液生化学検査

試験開始から3または4週間毎に頸静脈から採血し、-20℃で保存した血漿を用い、IDEXXラボトリー社製VETTEST血液化学測定器により、総蛋白 (TP)、総コレステロール (CHOL)、中性脂肪 (TRIG)、グルコース (GLU)、アルブミン (ALB)、AST及びGGTの各項目について測定した。

表1 供試飼料の概要

飼料名/分析項目	pH	水分 %	乾物 %	粗蛋白質 乾物%	粗脂肪 乾物%	粗繊維 乾物%	粗灰分 乾物%
発酵リキッド飼料	3.51±0.37	81.3±2.3	19.0±2.2	15.9±1.34	10.8±1.13	1.32±0.46	4.62±0.95
配合飼料 (前期)		12.0	75.0	20.6	3.3	6.7	9.3
配合飼料 (後期)		11.3	88.7	15.9	4.6	3.8	5.6

表2 試験区の設定

試験区	頭数	給与飼料
1	4 (♂3♀1)	全期間発酵リキッド飼料100%
2	4 (♂3♀1)	体重約30～70kg 発酵リキッド飼料100% / 体重約70kg～110kg 配合飼料10%添加
3	4 (♂3♀1)	体重約30～90kg 発酵リキッド飼料100% / 体重約90kg～110kg 配合飼料10%添加
4	4 (♂3♀1)	体重約30～60kg 肥育前期用配合飼料 / 体重約60kg～110kg 肥育後期用配合飼料

結 果

1. 発育調査

表3-1及び3-2に生産性について示した。1日当たりの増体重では肥育前期には配合飼料給与の4区が発酵リキッド飼料給与の1～3区よりも高い傾向があった、一方、肥育後期では70kgか

ら配合飼料を混合した2区が70～90kg、90～110kgの2期間で1kgを超えており、特に良好な発育を示した。90kgから配合飼料を混合した3区では90kg～110kgの発育が良好であり2区に次ぐ増体を示した。また、発酵リキッド飼料のみの1区でも90kg～110kgでは4区を上回る増体を示した。肥

育後期での発育に関しては少量の配合飼料の混合または、給与量、給与回数の調整により十分に飽食させることで、向上させることが可能となった。乾物当たりの飼料要求率は全期間で発酵リキッド飼料給与の1～3区が4区より低かった。

今回の試験結果を基に飼料費の低減効果について

試算した結果を表3-3に示した。2区は1区に比べ肥育期間が短いことから、配合飼料を併用したにもかかわらず飼料費の増加はわずかであった。1区、2区では、4区に比べ約30%の飼料費低減が可能と試算された。

表3-1 生産性の比較 ①

試験区	給与飼料	開始体重 k g	出荷体重 k g	肥育期間 日数	1日当たり増体重				
					30～50kg (k g/日)	50～70kg (k g/日)	70～90kg (k g/日)	90～110kg (k g/日)	通期 (k g/日)
1	発酵リキッド飼料のみ	33.2	114.8	114.0	0.575	1.057	0.714	0.812	0.735
2	70kg～配合混合	28.8	114.0	101.5	0.663	0.827	1.089	1.080	0.850
3	90kg～配合混合	31.0	111.5	112.0	0.617	0.679	0.826	0.928	0.727
4	配合飼料	27.1	111.9	113.5	0.760	0.889	0.765	0.711	0.763

表3-2 生産性の比較 ②

試験区	給与飼料	飼料要求率 (乾物あたり)				
		30～50kg	50～70kg	70～90kg	90～110kg	通期
1	発酵リキッド飼料のみ	2.062	2.498	2.380	2.541	2.541
2	70kg～配合混合	1.808	2.618	2.237	2.574	2.428
3	90kg～配合混合	2.411	2.180	2.351	2.996	2.746
4	配合飼料	2.280	2.495	3.793	5.063	3.064

表3-3 飼料費の比較

区	給与飼料	単価 (円)	30～70kg		70～90kg		90～110kg				
			給与量 日数	飼料費(円)	給与量 日数	飼料費(円)	日数	飼料費(円)			
1	発酵リキッド飼料	7	10.3	54	3,893	11	26	2,002	12.5	34	2,975
2	発酵リキッド飼料	7	10.3	62	4,470	9	21	1,323	12	18	1,512
	配合飼料	42				1	21	882	1	18	756
3	発酵リキッド飼料	7	10.3	65	4,687	11	23	1,771	12	24	2,016
	配合飼料	42							1	24	1,008
4	配合飼料	42	2.1	56	4,939	2.9	28	3,410	3.6	29	4,385

2. 枝肉検査

枝肉検査成績を表4-1、4-2に示した。

発酵リキッド飼料給与の1～3区では、枝肉歩留まりが4区より高い傾向が見られた。脂肪厚については肩、背、腰の各部位とも1～3区が4区

より厚かった。発酵リキッド飼料給与により厚脂になる傾向が今回の試験でも認められた。その他の項目では試験区間で大きな差は見られなかった。

表4-1 枝肉検査成績 ①

試験区	給与飼料	枝肉重量	枝肉歩留	と体長	背腰長 I	背腰長 II	肩脂肪	背脂肪	腰脂肪
		(k g)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	発酵リキッド飼料のみ	78.33	68.3	89.8	73.7	63.7	39.9	28.3	32.5
2	70kg～配合混合	78.50	68.9	90.5	74.3	64.6	39.2	28.3	37.4
3	90kg～配合混合	76.28	68.4	93.5	77.6	68.0	35.0	25.6	33.0
4	配合飼料	74.13	66.3	93.1	76.6	66.3	31.2	22.3	22.3

表4-2 枝肉検査成績②

試験区	給与飼料	前軀重量 (kg)	中軀重量 (kg)	後軀重量 (kg)	ロース 断面積 (c m ²)	バラ厚 (mm)	肉色 (PCS)	脂肪色 (PFS)
1	発酵リキッド飼料のみ	12.20	14.4	11.6	20.3	60.0	2.5	1.0
2	70kg～配合混合	11.50	15.4	11.6	19.9	61.2	2.9	1.0
3	90kg～配合混合	11.80	15.2	11.0	20.1	56.7	2.6	1.0
4	配合飼料	11.40	14.1	11.2	19.7	54.6	2.8	1.0

3. 肉質検査

表5に肉質検査の成績を示した。
筋肉内脂肪は発酵リキッド飼料給与の1～3区が4区より高かった。ドリップロス、クッキングロス、シェアバリューでは試験区による差は認められなかった。脂肪融点は2区及び4区が1区及び3区

より有意に高かった。発酵リキッド飼料を給与した場合には軟脂になることが課題とされてきたが、70kg以後で配合飼料を混合することで、配合飼料のみの給与と同等の脂肪融点を得られることがわかった。また、1区、3区についても、一般に市場で軟脂となる確率の高い32℃よりも高い値を示しており、流通上も問題のない値と言える。

表5 肉質検査成績

試験区	給与飼料	水分 %	筋肉内脂肪 %	ドリップロス %	クッキングロス %	シェアバリュー kgf	脂肪融点 ℃
1	発酵リキッド飼料のみ	73.87	2.77	12.11	32.62	1.66	36.80b
2	70kg～配合混合	73.58	3.01	11.86	31.01	1.12	41.19a
3	90kg～配合混合	73.73	2.81	11.76	31.43	1.35	36.88b
4	配合飼料	74.75	1.57	7.64	31.98	1.67	40.84a

※異符号間に有意差あり

4. 肉色・脂肪色

肉色及び脂肪色について表6に示した。肉色では1～3区でL*値が4区に比べやや高くなっている。一方、脂肪色は4区が皮下内層脂肪、腎臓周囲脂肪ともに4区のL*が高くなった。このこ

とから、肉色は発酵リキッド飼料給与でやや白味を帯び、逆に脂肪色は配合飼料給与で白味を帯びると言える。

表6 肉色・脂肪色

試験区	ロース			皮下内層脂肪			腎臓周囲脂肪		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	53.26	6.24	5.19	74.59	2.88	4.81	76.20a	1.79	5.80
2	53.40	5.78	4.69	75.62	2.02	4.90	76.90	1.99	5.86
3	52.57	6.56	4.58	74.25	2.54	4.99	76.08a	2.18	5.93
4	50.05	6.04	3.04	77.13	1.92	4.76	78.76b	2.28	6.63

※異符号間に有意差有り p<0.05

5. 脂肪酸組成

脂肪酸組成については、表7に示したが、C18:1(オレイン酸)、C18:3(リノレン酸)が1～3区で有意に多い結果となる一方、C18:3(リノール酸)は1～3区が有意に低くなった。その他

の項目では大きな差は認められなかった。発酵リキッド飼料を給与した1、2、3区の間では脂肪酸組成に大きな違いはなく、肥育後期における配合飼料の混合は脂肪酸組成には影響を与えないものと考えられた。

表7 脂肪酸組成

試験区	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2(n-6)	18:3(n-3)	20:2(n-6)	20:3(n-6)	その他
1区	1.45	25.00	1.60	16.70	42.30a	8.35b	0.90a	0.40	0.20	3.10
2区	1.30	24.25	1.40	17.20	43.30a	8.05b	0.85a	0.45	0.20	3.00
3区	1.25	23.05a	1.50	15.90	45.05a	8.65b	0.90a	0.45	0.20	3.05
4区	1.25	25.45b	1.20	19.65	37.60b	10.15a	0.45b	0.50	0.10	3.65

※異符号間に有意差有り p<0.05

6. 血液生化学的検査

表8に血液生化学検査の成績を示した。

総コレステロール(CHOL)は全ての試験区において高く推移し、試験区による差は少なかった。グルコース(GLU)は全試験区とも試験の開始後の経過日数に従って上昇する傾向が見られた。ト

リグリセライド(TRIG)、肝機能の指標となるAST、GGTをはじめ全ての項目で試験区による差は少なく、飼料及びその給与期間が豚の血液成分に与える影響は少ないものと考えられ、血液検査成績を飼料給与プログラムの決定に利用することは困難と思われた。

表8 血液生化学検査成績 (mg/dl)

項目	試験区	試験開始後経過期間						
		0週	2週	4週	7週	9週	11週	13週
CHOL (mg/dl)	1	103.50	118.75	116.00	97.33	106.75	109.00	133.50
	2	110.00	127.75	113.33	132.75	112.75	118.75	118.75
	3	104.50	92.42	143.50	109.75	114.50	107.25	122.50
	4	106.75	104.25	97.00	98.33	86.75	86.50	107.75
TP (g/l)	1	6.98	7.08	6.95	7.43	7.35	8.10	9.85
	2	7.10	8.73	7.83	8.60	6.95	8.10	9.20
	3	7.28	5.70	8.00	8.23	7.75	7.88	8.63
	4	9.00	7.40	7.93	8.03	7.65	7.90	9.03
AST (U/L)	1	58.50	38.75	39.00	43.00	14.25	51.75	68.75
	2	42.00	61.75	63.67	55.50	17.50	23.00	34.75
	3	66.25	55.91	51.00	42.50	32.25	53.75	36.75
	4	69.00	51.50	75.00	31.00	21.75	33.00	27.75
GGT (u/L)	1	33.75	38.75	42.50	39.33	34.50	35.50	44.25
	2	38.25	41.25	40.00	34.25	30.00	39.25	33.00
	3	35.75	32.88	38.50	38.75	33.50	37.50	39.75
	4	38.25	43.75	36.33	42.00	33.50	35.25	37.75
GLU (mg/dl)	1	53.00	86.50	100.50	103.67	97.50	100.00	110.00
	2	66.00	97.25	106.67	91.25	104.25	103.50	109.50
	3	90.50	57.54	85.00	97.50	101.25	100.25	107.25
	4	95.50	94.25	115.33	91.25	116.00	106.75	115.75
ALB (g/dl)	1	3.55	2.75	3.40	3.93	4.08	4.75	5.73
	2	3.28	3.25	2.70	4.58	3.80	5.03	5.38
	3	3.73	2.63	3.10	4.15	4.00	4.73	5.15
	4	4.18	3.00	3.60	4.37	3.93	4.18	4.93
TRIG (mg/dl)	1	33.00	36.25	57.00	76.67	46.75	46.00	53.75
	2	30.25	32.52	46.67	45.75	28.50	32.50	44.50
	3	29.50	22.68	35.50	35.25	33.50	33.75	30.75
	4	29.50	41.00	27.67	37.00	26.75	27.25	33.25

考 察

発育調査の結果から、発酵リキッド飼料は配合飼料に比べ、肥育前期(約30~70kg)には配合飼料に比べやや発育が遅れる傾向にあった。一方課題となる肥育後期の発育については、10%程度の少量の配合飼料を混合することにより、大幅に改

善され、配合飼料と同等以上の増体を得ることができた。乾物当たりの飼料要求率については発酵リキッド飼料給与の1~3区で4区より低くなった。前年度までの試験結果からは、発酵リキッド飼料の乾物中のTDN、CPは配合飼料より高いが、実際の飼料摂取量は飼料中の水分の多さを補うま

では多くなく、豚が成長する肥育後期には飼料は飽食してもなおTDN、DCPを充足させることができず、発育が遅れたものと考えられ、この期間に何らかの対策が必要と考えられた。今回の試験ではTDN、DCPの充足率を15%程度高めに設定し、その差を一般的な配合飼料を10%混合することで十分な栄養を充足させることができたものと考えられる。また、今回給与量（10kg/頭/日→11.2kg頭/日）及び給与回数（2回/日→3回/日）を変更し、発酵リキッド飼料を可能な限り多く摂取させることにより、発酵リキッド飼料のみの給与である1区でも約90～110kgの期間において配合飼料を上回る増体を得ることができた。

枝肉調査の結果1～3区が4区より歩留まりが高い傾向があった。また、背腰長Ⅰ、Ⅱが短く、中軀重量が重いこと等、従来の発酵リキッド飼料給与豚と同様の傾向が見られた。

脂肪厚については前年度までの試験と同様に、発酵リキッド飼料給与の1～3区が4区より厚くなる傾向にあった。飼料中の粗脂肪の多さがそのまま脂肪の厚さにつながったものと考えられる。また、2区、3区についてはTDN、DCPを高めに設定したことも原因として考えられる。今後、配合飼料の混合割合については更に検討していく必要がある。近年、市場によっては、比較的厚脂の豚が好まれる傾向もあり、一概にマイナスとは考えられないが、脂肪厚については今後の課題として引き続いて検討する。

肉質検査の結果、試験区でロース中の筋肉内脂肪含量が多い傾向が見られた。このことから今後、発酵リキッド飼料の肥育前期からの給与による豚肉の高品質、高付加価値化の可能性が示唆された。また、2区では脂肪融点が配合飼料給与の場合と同等になり軟脂の問題については解決されたものと考えられる。

脂肪酸組成では、肥育後期の配合飼料の混合の有無にかかわらず、発酵リキッド飼料と配合飼料による差が見られた。発酵リキッド飼料ではC18：1、C18：3が多くC18：2が少ないという結果であったが、これらは食肉の風味や舌触りに影響すると言われており、発酵リキッド飼料給与によって生産された豚肉の特徴と考えられる。また、配合飼料の少量混合はこれら脂肪酸組成には影響を与えないことから、肉質面での特徴を変えずに発育及び脂肪融点などの改善を図るために有効な手法と思われる。

肉色、脂肪色については配合飼料混合の有無よりも基本となる飼料による差が認められた。肉色では発酵リキッド飼料で淡くなり、一方脂肪色では配合飼料給与のほうが白くなることがわかつ

た。一般に消費者にはより白っぽい脂肪が好まれることから、今後発酵リキッド飼料給与によって脂肪色を改善していく手法を検討する必要がある。

血液生化学検査の結果は試験区による差は少なく、血液成分から飼料及びその給与期間が豚に与える影響を推し量ることは困難であると考えられる。

以上のことから、今回の試験区の中では、約70kgから発酵リキッド飼料に配合飼料を10%混合した2区は、枝肉歩留まり、肉質、筋肉内脂肪含量、脂肪酸組成等従来の発酵リキッド飼料給与豚の特長を損なうことなく、発育性の大幅な改善と、脂肪融点の上昇など従来の課題も克服された。今回の試験区では、最も適した飼料給与プログラムと考えられる。また、飼料費の低減にも最も効果があるプログラムと考えられる。

現在、一般の養豚農家では発酵リキッド飼料は主に肥育前期に利用されることが多いが、本試験の結果から肥育後期にも配合飼料と90%程度の代替が可能であり、肉質も良好で特長ある豚肉が得られることが示唆された。また、肥育ステージ別に飼料の調製をすることなく、単一の飼料のみで肥育可能なことから自家での飼料調製設備を有しない農場での発酵リキッド飼料利用も可能であることが示された。本試験から、配合飼料価格が高騰を続ける中で、養豚経営の低コスト化及び豚肉の高品質化による経営安定に対して発酵リキッド飼料の利用は極めて有効なものと考えられる。

引用文献

- 1) 独立行政法人 家畜改良センター 編・発行・食肉の官能評価ガイドライン・(財)日本食肉消費総合センター：123-134. 2005.
- 2) 沖谷明紘 編. 肉の科学. 朝倉書店. 99-111. 1996.

