

肥育豚における飼料用米給与技術の検討

菅沼京子、笹木 俊、剣持麻衣、沼野井憲一、佐田竜一¹⁾、赤間京子²⁾、野口宗彦³⁾

1)現 農業大学校、2)現 農政部畜産振興課、3)現 芳賀農業振興事務所

要 約

県内産飼料用米を豚に給与するために、その給与割合(重量比で50%、75%及び100%)、給与時期(体重30kg、50kg、70kg、90kg、100kg開始から出荷までの期間)について比較し、肥育豚に及ぼす影響を検討した。

- 1) 給与割合は重量比で50%、75%及び100%、給与開始体重は30kg、50kg、70kg、90kg及び100kgの各ステージから出荷まで、飼料用米の給与は可能であることを確認した。
- 2) 飼料用米は玄米丸粒のままの給与も可能であるが、粉碎加工することで日平均増体量及び飼料要求率が向上したが、給与割合75%では加工費がよりかかるため飼料費は低減しなかった。また、飼料用米と混合する配合飼料は、肥育ステージの栄養素を充足する調整用飼料を用いることで市販の肥育豚用飼料と同等の発育成績が得られた。
- 3) 官能評価は、嗜好型パネルにより2点法または評点法で実施したところ、飼料用米給与で生産した豚肉に有意差がある項目があり、市販の配合飼料で生産した豚肉と比較したときに食べてわかる違いがあった。

以上のことから、飼料用米は玄米を粉碎し、肥育豚に必要な栄養成分となるよう調整用配合飼料と混合すれば発育成績を損なうことなく肥育期に給与することが可能であり、肉質的にも食べてわかる違いのある豚肉が生産できる可能性が示唆された。

目 的

養豚経営における給与飼料の多くは輸入に依存しており、国際情勢の変化による飼料価格変動の影響を受けやすいことから、経営の安定維持のためには飼料用米などの国産飼料の利用を推進することが必要となってきた。そこで、県内における水田の有効利用を図るためにも作付面積が拡大している飼料用米を肥育豚に給与し、発育成績や肉質について与える影響を検討することとした。

I. 「給与割合試験」の材料及び方法

1. 供試豚および試験区分

供試豚は当センター産の交雑種(LWD、LW種)であり、試験区分を表1に示した(給与割合は50%、75%及び100%の3段階で検討)。

試験番号1(以下、試験1)では、飼料用米(コシヒカリ)の形状は玄米丸粒(以下、丸粒)のまま100%(丸100区)又は粉碎したものの100%(粉100区)で、体重100kgから出荷まで給与した2区、同様に形状は丸粒のまま50%(丸50・100区)又は粉碎したものの50%(粉50・100区)で、体重90kgから100kgまで給与した後、体重100kgから出荷までを100%給与した2区、市販の肥育豚用飼料を体重90kgから出荷まで給与した区を対照区とした。丸100区及び粉100区の体重90kg～

100kgの期間と丸50・100区及び粉50・100区に混合した配合飼料は対照区と同様の市販の肥育豚用飼料とした。

試験番号2(以下、試験2)は、粉碎した飼料用米(あさひの夢)の給与割合を50%(粉50区)と75%(粉75区)の2区、体重70kgから出荷まで給与した。飼料用米は粒度が2mmとなるよう粉碎加工し、対照区である市販の肥育豚用飼料と同等となるよう調整飼料を用いて混合した(混合後成分設定値 TDN77%、CP14.5%)。

試験番号3(以下、試験3)は、飼料用米(あさひの夢)を試験2と同様に粉碎し割合を50%としたものを体重100kgから出荷まで給与する区(粉0・50区)、また体重70kgから100kgまで給与する区(体重100kgから出荷までは対照区と同様の肥育豚用飼料を給与)(粉50・0区)とし、対照区は市販の肥育豚用飼料を体重70kgから出荷まで給与した。体重100kgを基準として、肥育前半部の筋肉量の増大と後半の脂肪蓄積に対する飼料用米給与の影響を検討するため、体重100kg時により給与飼料を切替えることとした。飼料用米に混合した配合飼料は試験2同様とした。

試験番号4(以下、試験4)は、飼料用米(あさひの夢)の形状は丸粒のまま(丸50区)と試験2と同様に粉碎したものの(粉50区)の割合を各50%として2区、対照区は市販の肥育豚用飼料とした。体重は70kg

から出荷まで給与し、各区とも市販の肥育豚用飼料と同等となるよう調整飼料を用いて混合した（混合後成分設定値 TDN77%、CP14.3%）。また丸粒のままの飼料用米には酵素（セルラーゼを0.1g/玄米1kg）を噴霧処理して用いた。

試験番号5（以下、試験5）は、飼料用米（あさひの夢）を試験2と同様に粉碎した区（粉50区）、粉碎し酵素を添加した区（粉50酵区）、丸粒のまま酵素を添加した区（丸50酵区）とし割合は各50%、対照区は市販の肥育豚用飼料を用い、体重70kgから出荷まで給与した。各区ともに添加した酵素は、でんぷん分解酵素のアミラーゼ製剤及び繊維分解酵素（穀類用）のグルカナゼ・キシラナーゼ製剤を0.5g/kg添加混合した。飼料用米は、粉碎と丸粒とも対照区と同等となるよう調整飼料を用いて混合した（混合後成分設定値 TDN77% CP14.3%）

表1 試験区分（給与割合）

試験番号	実施年度	試験区分	飼料用米		酵素添加	給与期間 体重kg	供試豚			
			形状	割合 (%)は給与 体重			品種	頭数	うち 去勢	うち 雌
1	23	丸100	丸粒	0(90kg~100kg)→100	-	100kg~出荷	LWD	4	4	0
		粉100	粉碎	(100kg~出荷)	-					
		丸50・100	丸粒	50(90kg~100kg)→100	-	90kg→100kg ~出荷				
		粉50・100	粉碎	(100kg~出荷)	-					
		対照区			-	90kg~出荷				
2	24	粉50	粉碎	50	-	70kg~出荷	LWD	5	4	1
		粉75		75	-					
		対照区			-					
3	24	粉0・50	粉碎	0(70kg~100kg)→50(100kg~出荷)	-	70kg→100kg ~出荷	LW	5	3	2
		粉50・0		50(70kg~100kg)→0(100kg~出荷)	-					
		対照区			-	70kg~出荷				
4	26	丸50酵	丸粒	50	○	70kg~出荷	LWD	5	1	4
		粉50	粉碎	50	-					
		対照区			-					
5	27	粉50	粉碎	50	-	70kg~出荷	LWD	6	3	3
		粉50酵		50	○					
		丸50酵	丸粒	50	○					
		対照区			-					

2. 給与方法及び飼養方法

試験1~5の供試豚は開放豚舎内コンクリート平床式豚房で飼養し不断給餌とした。飲水は、ウォーターカブによる自由飲水とした。

3. 調査項目

発育成績、出荷・枝肉成績、肉質分析及び官能評価等とした。脂肪酸組成及び脂肪融点分析は、ロース部背脂肪の内層脂肪を中部飼料株式会社へ輸送し、ガスクロマトグラフィーでの分析を依頼した。せん断力価については、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構において分析した。官能評価は各区とも種雄豚、性別及び格付等が同一な豚肉のロース部を用い、5%の塩水にて浸漬後（しょうが焼きをイメージ）ホットプレートで加熱調理した。パネリストは農業試験場及び当センター職員とした。評価は2点法又は評点法で実施した。

I. 結果及び考察

1. 試験1は、日平均増体量が対照区に対して丸100区で有意に低かったが($P<0.05$)、出荷日齢、出荷体重及び枝肉重量に有意差は認められなかった（表2、3）。飼料用米の嗜好性は良好であったが、出荷直前の体重100kgからであっても飼料用米の丸粒のままでの100%給与は発育成績に大きく影響したため、飼料用米に何らかの加工や発育に必要な栄養素の添加が必要であると考えられた。

表2 発育成績（試験1）

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)	出荷日齢(日)
丸100	4	0.59±0.01 b	223
粉100	4	0.66±0.04	210
丸50・100	4	0.66±0.01	217
粉50・100	3	0.66±0.04	207
対照区	4	0.78±0.06 a	202

a VS b)異符号間に有意差あり($P<0.05$)

表3 枝肉成績（試験1）

試験区分	n	枝肉重量(kg)	格付頭数		
			並	中	上
丸100	4	90.4±1.7	4	0	0
粉100	4	87.6±1.7	3	1	0
丸50・100	4	84.8±2.3	3	1	0
粉50・100	3	89.7±1.4	3	0	0
対照区	4	84.4±2.2	1	2	1

2. 試験2は、発育成績及び枝肉成績で有意差は認められなかったが、粉75区では対照区と比較して日平均増体量が高い傾向であった($P<0.1$)（表4、5）。官能評価はセンター職員19名、2点法によって実施したところ、「かみ切りやすさ」において対照区が粉75区よりも評価が高かった($P<0.01$)が、そのほかの項目で有意差は認められなかった($P>0.05$)（表6-1、2）。また、官能評価に用いたロース部の内層脂肪について脂肪酸分析を行ったところ、対照区と比較して粉50区、粉75区ではオレイン酸値が高く、リノール酸値が低かった(n=1)（表7）。このことか

肥育豚における飼料用米給与技術の検討

ら飼料用米玄米成分のTDN85%及びCP7.5%を考慮し、飼料用米の割合50%及び75%専用の調整用配合飼料と混合することで市販の肥育豚用飼料と同等の発育成績が得られるが、豚肉の食味ではかみ切りにくくなり、肉質の脂肪酸組成割合にも影響を及ぼしていることが考えられた。

表4 発育成績(試験2)

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率	出荷日齢(日)
粉50	5	0.87±0.04	5.84±0.38	171.4
粉75	5	0.90±0.06	5.60±0.52	172.8
対照区	5	0.82±0.03	5.55±0.46	174.2

表5 枝肉成績(試験2)

試験区分	n	出荷体重(kg)	枝肉重量(kg)	格付頭数		
				並	中	上
粉50	5	114.9±3.2	76.1±1.9	0	2	3
粉75	5	114.5±5.7	78.1±1.9	1	2	2
対照区	5	113.3±2.9	74.2±2.4	0	2	3

表6-1 官能評価(粉50区と対照区)(試験2)

評価項目	粉50	対照区	有意性
味の好ましさ	10	9	NS
香りの好ましさ	8	11	NS
食感の好ましさ	10	9	NS
全体的な好ましさ	9	10	NS
かみ切りやすさ	12	7	NS
味の強さ	8	11	NS
ジューシーさ	9	10	NS
香りの強さ	6	13	NS

n=19 NS:有意差無し($P \geq 0.05$)

表6-2 官能評価(粉75区と対照区)(試験2)

評価項目	粉75	対照区	有意性
味の好ましさ	8	11	NS
香りの好ましさ	7	12	NS
食感の好ましさ	8	11	NS
全体的な好ましさ	7	12	NS
かみ切りやすさ	5	14	*
味の強さ	11	8	NS
ジューシーさ	7	12	NS
香りの強さ	11	8	NS

n=19 NS:有意差無し($P \geq 0.05$)、*: $P < 0.01$

表7 脂肪酸組成割合(%) (試験2)

試験区分	n	C16-0	C18-0	C18-1	C18-2
		パルミチン酸	ステアリン酸	オレイン酸	リノール酸
粉50	1	23.9	15.5	50.4	5.5
粉75	1	24.4	12.6	50.4	6.9
対照区	1	23.8	16.9	45.4	8.6

3. 試験3は、発育成績で対照区と比較して粉0・50区と粉50・0区は日平均増体量が高い傾向であり($P < 0.1$)、出荷日齢でも有意差が認められたが($P < 0.05$) (表8)、枝肉成績は有意差が認められなかった(表9)。官能評価はセンター職員20名により2点法によって実施したところ、「食感の好ましさ」において対照区が粉0・50区よりも評価が高かった($P < 0.05$)がそのほかの項目で有意差は認められなかった(表10-1、2)。また、官能評価に用いたローソ部の内層脂肪について脂肪酸組成分析を行ったところ、対照区と比較して粉0・50区と粉50・0区ではオレイン酸値が高く、リノール酸値が低かった(n=1) (表11)。このことから飼料用米給与は、50%の割合であれば体重100kgから115kgの短期間給与であっても出荷日齢が短くなり、日平均増体量が良好であり、また、枝肉成績は対照区と同等であるが、官能評価においては「食感の好ましさ」の項目で評点が低くなり、加えて、肉質でも脂肪酸組成割合に影響を与える可能性があると考えられた。

表8 発育成績(試験3)

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率	出荷日齢(日)
粉0・50	5	0.76±0.02	4.20	172.4±2.5 *
粉50・0	5	0.77±0.04	4.30	174.4±2.5 *
対照区	5	0.70±0.02	4.62	181.4±2.5

*: $P < 0.05$

表9 枝肉成績(試験3)

試験区分	n	出荷体重(kg)	枝肉重量(kg)	格付頭数		
				並	中	上
粉0・50	5	114.8±2.9	78.3±2.0	0	3	2
粉50・0	5	119.0±2.0	81.3±0.9	0	5	0
対照区	5	121.7±5.5	83.7±4.3	3	3	0

表10-1 官能評価(粉0・50区と対照区)(試験3)

評価項目	粉0・50	対照区	有意性
味の好ましさ	10	10	NS
香りの好ましさ	10	10	NS
食感の好ましさ	5	15	*
全体的な好ましさ	11	9	NS
かみ切りやすさ	8	12	NS
味の強さ	12	8	NS
ジューシーさ	7	13	NS
香りの強さ	10	10	NS

n=20 NS:有意差無し($P \geq 0.05$)、*: $P < 0.05$

表 10-2 官能評価 (粉 50・0 区と対照区) (試験 3)

評価項目	粉50・0	対照区	有意性
味の好ましさ	13	7	NS
香りの好ましさ	12	8	NS
食感の好ましさ	10	10	NS
全体的な好ましさ	12	8	NS
かみ切りやすさ	12	8	NS
味の強さ	8	12	NS
ジューシーさ	11	9	NS
香りの強さ	8	12	NS

n=20 NS: 有意差無し($P \geq 0.05$)

表 11 脂肪酸組成割合 (%) (試験 3)

試験区分	n	C16-0	C18-0	C18-1	C18-2
		パルミチン酸	ステアリン酸	オレイン酸	リノール酸
粉0・50	1	21.2	17.1	47.3	9.7
粉50・0	1	21.0	16.0	48.7	9.0
対照区	1	21.6	15.0	45.7	12.4

4. 試験 4 は、発育成績で丸 50 酵区が対照区と比較して日平均増体量は低い傾向($P < 0.1$)、飼料要求率が高い傾向($P < 0.1$)であったが、試験期間中の飼料費は粉碎加工しない丸 50 酵区が最も安価であった(表 12)。枝肉成績では丸 50 酵区が粉 50 区と比較して枝肉重量は軽く($P < 0.05$)、背脂肪厚は薄かった($P < 0.01$) (表 13)。肉質分析では区間に有意差はなかったが、脂肪酸組成では丸 50 酵区が対照区と比較してミスチリン酸値が低く($P < 0.05$)、パルミチン酸値が低く($P < 0.01$)、オレイン酸値が高い傾向であった($P < 0.1$) (表 14, 15)。官能評価はセンター職員 16 名により丸 50 酵区と対照区の豚肉を 2 点法によって実施したところ、「けもの臭さ」($P < 0.05$)、「クセがある」($P < 0.01$)の 2 項目で丸 50 酵区が低い評価だった(表 16)。これらのことから、飼料用米を玄米のままでは利用するには、セルラーゼによる玄米の酵素処理によって市販の肥育豚用飼料と同等の成績が得られ、かつ豚肉はけもの臭みが少なく、クセがなく、食べてわかる違いのある豚肉が生産される可能性が示唆されたが、その効果の要因が添加した酵素の影響によるものかは検証できなかった。

表 12 発育成績及び試験期間中の飼料費 (試験 4)

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率	期間中飼料費(円)
丸50酵	5	0.84±0.06	3.58±0.26	5,153
粉50	5	0.97±0.06	3.08±0.18	5,506
対照区	5	1.01±0.05	2.96±0.13	8,770

表 13 枝肉成績 (試験 4)

試験区分	n	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)	背脂肪厚(cm)
丸50酵	5	163.2	72.0±0.7 b	1.3±0.1 c
粉50	5	160.0	76.9±0.9 a	1.9±0.1 d
対照区	5	159.8	77.0±1.3 a	1.6±0.2 cd

a VS b) 異符号間に有意差あり($P < 0.05$) c VS d) 異符号間に有意差あり($P < 0.01$)

表 14 肉質分析 (試験 4)

試験区分	n	ドリップロス(%)	加熱損失(%)	剪断力値(N)
丸50酵	3	22.5±0.6	23.4±0.8	41.4±4.3
粉50	3	23.4±0.5	23.6±0.5	38.9±2.8
対照区	3	23.9±1.3	22.2±0.7	38.5±3.4

表 15 脂肪酸組成割合 (%) (試験 4)

試験区分	n	C14-0	C16-0	C16-1	C18-0
		ミリスチン	パルミチン	パルミトリン	ステアリン
丸50酵	3	1.34±0.02 a	24.95±0.63 c	2.00±0.22	14.53±1.06
粉50	3	1.47±0.03 ab	27.57±0.30 cd	2.00±0.03	17.16±0.15
対照区	3	1.49±0.05 b	26.53±0.21 d	1.73±0.12	17.71±0.84

a VS b) 異符号間に有意差あり($P < 0.05$) c VS d) 異符号間に有意差あり($P < 0.01$)

試験区分	n	C18-1	C18-2	C18-3	飽和/不飽和
		オレイン	リノール	α リノレン	
丸50酵	3	45.05±1.20	11.37±0.46	0.75±0.01	0.69
粉50	3	42.46±0.78	8.83±0.78	0.52±0.10	0.86
対照区	3	41.92±1.30	10.02±0.48	0.84±0.02	0.84

表 16 官能評価 (試験 4)

評価項目	丸50酵	対照区	有意性
けもの臭さ	3	13	*
ジューシーさ	6	10	NS
かみ切りやすさ	8	8	NS
クセがある	2	14	**
香りの好ましさ	10	6	NS
味の好ましさ	11	5	NS
食感の好ましさ	11	5	NS
脂肪の好ましさ	8	8	NS
全体の好ましさ	9	7	NS

n=16 NS: 有意差無し($P \geq 0.05$)、*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

5. 試験 5 は、発育成績では丸 50 酵区で飼料要求率が有意に高かったが($P < 0.05$) (表 17)、枝肉成績に区間の有意差は認められなかった($P < 0.05$) (表 18)。飼料費は、丸 50 酵区は単価では最安値だが、試験期間中飼料費では給与量が多かったため対照区と比較して低減率は約 26%だった。また、粉 50 酵区は粉碎加工費及び消化酵素費により単価は最高値だが給与量が少なかったため対照区と比較して低減率が約 33%となった(表 19)。官能評価は農業試験場職員 74 名により粉 50 酵区と対照区の豚肉を評点法によって実施したところ、「食感が好ましい」の 1 項目で粉 50 酵区が高い評価だった($P < 0.05$)が、そのほかでは有意差は認められなかった(表 20)。肉質分析でも区間に

肥育豚における飼料用米給与技術の検討

有意差は認められなかった(表 21)。これらから、飼料用米を粉碎し消化酵素を添加することで市販の肥育豚用飼料と同等の発育成績が得られ、飼料費の低減が図られた。また、豚肉は食感が好ましくなることが確認されたが、酵素の影響によるものかは検証できなかった。

表 17 発育成績(試験 5)

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率
粉50	6	1.04±0.04	3.39±0.08 a
粉50酵	6	1.00±0.07	3.45±0.30 a
丸50酵	6	0.88±0.03	4.46±0.15 b
対照区	6	0.86±0.04	3.54±0.15 a

a VS b 異符号間に有意差あり(P<0.05)

表 18 出荷、枝肉成績(試験 5)

試験区分	n	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)	枝肉歩留(%)
粉50	6	158.7±3.0	77.3±1.0	67.9±1.0
粉50酵	6	158.3±2.5	75.5±2.4	67.3±0.8
丸50酵	6	161.0±1.8	72.3±1.9	66.4±0.4
対照区	6	160.0±1.7	71.3±1.6	67.4±0.4

表 19 試験期間中飼料費と低減率(試験 5)

試験区分	n	期間中飼料費(円)	飼料費低減率(%)
粉50	6	7,538	30.5
粉50酵	6	7,269	32.9
丸50酵	6	8,071	25.5
対照区	6	10,837	-

表 20 官能評価(試験 5)

評価項目	粉50酵	対照区	有意性
けもの臭い	2.9	3.0	NS
かみ切りやすい	4.4	4.3	NS
香りが好ましい	3.9	3.9	NS
味が好ましい	4.6	4.5	NS
食感が好ましい	4.6	4.3	*
脂肪が好ましい	4.0	3.9	NS
全体的に好ましい	4.5	4.3	NS

n=74 NS: 有意差無し(P≥0.05), *: P<0.05

表 21 肉質分析(試験 5)

試験区分	n	ドリップロス(%)	加熱損失(%)	硬さ1(10 ³ N/ m ²)	pH
粉50	3	29.2±0.3	22.5±0.8	6.58±1.1	5.7
粉50酵	3	26.7±0.9	21.7±0.3	7.06±1.0	5.7
丸50酵	3	27.5±1.2	23.6±0.7	6.44±0.5	5.6
対照区	3	27.0±2.0	23.8±0.7	8.57±0.5	5.7

6. 試験 1~5 のまとめとして、飼料用米は玄米を粉碎して給与割合を 50%、専用の調整用配合飼料(玄米の栄養

成分に考慮した)と混合し酵素を添加することで、70kg から出荷までの期間において発育成績は遜色なく、飼料費の低減化も図れた。また、豚肉は食べてわかる違いが確認でき、肉質にも特徴があるのではないかと考えられた。(表 24)。

表 22 給与割合のまとめ(試験 1~5)

試験番号	実施年度	試験区分	発育出荷	枝肉肉質	官能評価	飼料費
1	23	丸100	△	—	×	×
		粉100	—	—	×	×
		丸50・100	—	—	×	×
		粉50・100	—	—	×	×
		対照区	—	—	×	×
2	24	粉50	—	—	—	×
		粉75	○	—	△	×
		対照区	—	—	—	×
3	24	粉0・50	○	—	△	×
		粉50・0	○	—	—	×
		対照区	—	—	—	×
4	26	丸50酵	△	△	○	○
		粉50	—	—	—	—
		対照区	—	—	—	—
5	27	粉50	—	—	—	—
		粉50酵	—	—	○	○
		丸50酵	△	—	—	○
		対照区	—	—	—	—

△ 対照区と比較して、悪い成績で傾向又は有意差あり

○ 対照区と比較して、良い成績で傾向又は有意差あり

— 対照区と比較して、有意差なし

×の項目は調査していない

II. 「給与時期試験」の材料及び方法

1. 供試豚および試験区分

供試豚は当センター産交雑種(LWD種)及び県内農家から購入した純粋種(W種)を用いた。試験区分を表 25 に示した。試験番号は給与割合試験の続き番号とした。前述の試験結果より、給与割合は 50%及び 75%とし、給与時期はより長期間給与することとして肥育前期である体重 30kg 又は 50kg から出荷時までの期間として検討した。代謝試験は体重 75kg から 10 日間調査した。

試験番号 6 (以下、試験 6) は、粉碎した飼料用米(あさひの夢)の給与割合を 50% (粉 50・30 区) と 75% (粉 75・30 区)、体重 30kg から出荷まで給与した。飼料用米は前述試験同様粉碎し、対照区の市販の肥育豚用飼料と同等となるよう調整飼料を用いて混合した(混合後成分設定値 TDN77%、CP14.5%)。

試験番号 7 (以下、試験 7) は、粉碎した飼料用米(とちぎの星)の給与割合を 50%、体重 50kg から出荷まで給与した(粉 50W 区)。飼料用米は前述した試験同様粉碎し、対照区の市販の肥育豚用飼料と同等となるよう市販の高タンパク飼料(成分値 TDN62.5%、CP27.0%)及び

市販の低 TDN 飼料（成分値 TDN72.0%、CP15.0%）を用いて混合した（混合後成分設定値 肥育前期 TDN75.3%、CP13.4%、肥育後期 TDN76.3%、CP12.1%）。後期飼料への切り替えは体重 70kg で馴致期間を設けずに行った。

表 23 試験区分(給与時期)

試験番号	実施年度	試験区分	飼料用米		酵素添加	給与期間 体重kg	供試豚			
			形状	割合%			品種	頭数	うち去勢	うち雌
6	25	粉50・30	粉碎	50	-	30kg～出荷	LWD	9	3	6
		粉75・30		75				9	3	6
		対照区		-	9			3	6	
7	28	粉50W	粉碎	50	-	50kg～出荷	W	6	5	1
		対照区		-	6			5	1	
8	29	粉50・50	粉碎	50	-	50kg～出荷	LWD	12	7	5
		粉50・50酵		50	○			12	7	5
		対照区		-	12			7	5	
9	30	粉50	粉碎	50	-	75kg～10日間	LWD	3	3	0
		粉50酵		50	○			3	3	0
		対照区		-	3			3	0	

試験番号8（以下、試験8）は、飼料用米（とちぎの星）を前述した試験同様に粉碎した区（粉50）、粉碎して酵素を添加した区（粉50酵区）として割合は各50%、対照区は市販の肥育豚用飼料として、各区とも体重50kgから出荷まで給与した。酵素はでんぶん分解酵素のアミラーゼ製剤80g及び繊維分解酵素（穀類用）のグルカナナーゼ・キシラナーゼ製剤を20gとして合計100g/飼料200kg添加した。飼料用米の割合50%は、対照区と同等となるよう調整飼料を用いて混合した（混合後成分設定値 TDN77%、CP14.3%）。

試験番号9（以下、試験9）は、試験8と同様の試験区分として肥育後期の75kgから10日間代謝ケージで飼養した。

2. 給与方法及び飼養方法

表23の試験6は、前述の試験1～5と同様とした。試験7は、半開放豚舎内コンクリートスノコ豚房において飼養し、試験8はウインドウレス豚舎内コンクリートスノコ豚房において飼養した。試験6～8は不断給餌及び飲水はウォーターカップによる自由飲水とした。試験9は代謝ケージによる飼養とし、飼料は朝夕の2回に分けて給与し、ニップルによる自由飲水とした。5日間馴致後、5日間ふん尿を全量採材した。

3. 調査項目

発育成績、出荷・枝肉成績、肉質分析、官能評価、硫黄化合物等とした。テクスチャーは感圧軸を歯形（前歯）用としてサンレオメーターにより測定した。官能評価は各区とも種雄豚、性別及び格付等が同一な豚肉のロース部を用い、5%の塩水にて浸漬後（しょうが焼きをイメージ）ホットプレート又は、スチームコンベクションオーブンで加熱調理した。評価は当センター職員をパネリストとし2点法または評点法で実施した。ふん尿は毎日定時に採材し重量及びpHを測定、ふんは65℃で3日間乾燥し乾物重量とした。ふんの硫黄化合物及び低級脂肪酸はふん10gを30℃で2時間培養後ガスクロマトグラフで測定した。窒素はケルテックにて測定した。

II. 結果及び考察

1. 試験6は、発育成績で有意差は認められなかったが、枝肉歩留では対照区と比較して粉75・30区が有意に重く（ $P<0.05$ ）、背脂肪厚では粉50・30区と比較して粉75・30区が有意に厚かった（ $P<0.05$ ）（表24、25）。試験期間中の飼料費は粉碎加工費10.5円/kgとして計算したところ、粉75・30区は飼料費の低減が図れなかった（表26）。官能評価はセンター職員23名により粉50・30区と対照区、粉50・30区と対照区でそれぞれ2点法によって実施した。粉50・30区と対照区との比較では「味・食感・全体の好ましさ」、「かみ切りやすさ」、「ジューシーさ」及び「香りの強さ」で対照区の評価が高かった（表27-1）。また粉75・30区と対照区では「食感・全体の好ましさ」、「かみ切りやすさ」及び「ジューシーさ」で粉75・30区の評価が高かった（表27-2）。脂肪酸組成割合では、対照区と比較してオレイン酸は粉75・30区で有意に高く（ $P<0.01$ ）、粉50・30区で高い傾向であり（ $P>0.1$ ）、リノール酸は粉75・30区で有意に低かった（ $P<0.01$ ）が、粉50・30区ではその傾向は見られなかった（表28）。これらから、飼料用米を粉碎加工することで重量比50%又は75%の高い割合において、また体重30kgから出荷まで長期間給与することが可能であることを確認した。発育成績も市販の肥育豚用飼料と同等であったが、75%の高い割合で長期間給与すると飼料費の低減は図れなかった。粉碎加工費のさらなる低コスト化が必要であると考えられた。しかし粉75・30区は官能評価で良い評価が得られ、食べることによってわかる「好ましい豚肉」の生産につながる可能性が示唆された。

表 24 発育成績(試験6)

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率	出荷日齢(日)
粉50・30	9	0.96±0.06	3.10±0.24	154.8±2.9
粉75・30	9	1.00±0.04	3.11±0.29	156.4±2.6
対照区	9	0.94±0.02	3.22±0.11	154.9±2.2

a VS b) 異符号間に有意差あり($P<0.05$)

肥育豚における飼料用米給与技術の検討

表 25 枝肉調査(試験 6)

試験区分	n	枝肉重量(kg)	枝肉歩留(%)	背脂防厚(cm)	格付頭数			
					並	中	上	等外
粉50・30	9	74.2±2.8	69.6±0.6 ab	1.86±0.16 a	3	3	3	0
粉75・30	9	79.1±2.3	70.4±0.5 b	2.53±0.23 b	2	2	4	1
対照区	9	73.8±2.3	68.3±0.7 a	2.02±0.25 ab	2	2	5	0

a VS b)異符号間に有意差あり(P<0.05)

表 26 試験期間中の飼料費(試験 6)

試験区分	n	総飼料給与量(kg)	飼料費(円)	対照区との差額(円)
粉50・30	9	255.9±16.9	11,256	-464
粉75・30	9	276.3±27.3	13,028	1308
対照区	9	268.9±11.8	11,720	-

※飼料費では、飼料用米の粉砕加工費を10.5円/1kgとして試算

表 27-1 官能評価(試験 6)

評価項目	粉50・30	対照区	有意性
味の好ましさ	7	16	*
香りの好ましさ	9	14	NS
食感の好ましさ	4	19	**
全体的な好ましさ	7	16	*
かみ切りやすさ	7	16	*
味の強さ	9	14	NS
ジューシーさ	7	16	*
香りの強さ	7	16	*

n=23 NS:有意差無し(P≥0.05)、*:P<0.05、** :P<0.01

表 27-2 官能評価(試験 6)

評価項目	粉75・30	対照区	有意性
味の好ましさ	15	8	NS
香りの好ましさ	14	9	NS
食感の好ましさ	16	7	*
全体的な好ましさ	17	6	*
かみ切りやすさ	20	3	**
味の強さ	11	12	NS
ジューシーさ	19	4	**
香りの強さ	10	13	NS

n=23 NS:有意差無し(P≥0.05)、*:P<0.05、** :P<0.01

表 28 脂肪酸組成割合(%) (試験 6)

試験区分	n	C12-0	C14-0	C16-0	C16-1	C18-0	C18-1
		ラウリン	ミスチリン	パルミチン	パルミトレイン	ステアリン	オレイン
粉50・30	3	0.10	1.57	29.15	2.24	16.83	41.98 cd
粉75・30	3	0.09 b	1.48	29.45	2.22	18.31	43.53 d
対照区	3	0.12 a	1.65	28.75	1.75	18.66	39.79 c

a VS b)異符号間に有意差あり(P<0.1) c VS d)異符号間に有意差あり(P<0.01)

試験区分	n	C18-2	C18-3	飽和/不飽和	アラキドン	融点
		リノール	αリノレン			
粉50・30	3	7.70 ef	0.43 ef	0.91	0.13	41.40 g
粉75・30	3	4.68 f	0.24 f	0.97	0.10	43.83 h
対照区	3	8.77 e	0.51 e	0.97	0.12	42.27 gh

e VS f)異符号間に有意差あり(P<0.001) g VS h)異符号間に有意差あり(P<0.05)

2. 試験 7 は、日平均増体量において肥育前期間で粉 50W 区が有意に低く(P<0.01)、肥育後期間においても有意に低く(P<0.05)、全期間中で有意に低かった(P<0.01)(表 29)。枝肉成績に有意差は認められなかった(表 30)。官能

評価はセンター職員 39 名により評点法(各評価項目とも、6:強く感じる~1:全く感じない)で実施したが区間に有意差は認められなかった(表 31)。このことから、飼料用米と混合する飼料については、専用に調整したものが望ましく、市販の高タンパク及び低 TDN 飼料で栄養価を設定して混合しても発育成績に影響を及ぼした。しかし、枝肉成績及び生産された豚肉においては影響がないと考えられた。

表 29 発育成績(試験 7)

試験区分	n	日平均増体量(kg/日)			飼料要求率
		前期~後期	後期~出荷	全期間	
粉50W	12	0.80±0.14 a	0.75±0.19 c	0.77±0.17 e	4.76
対照区	12	1.19±0.10 b	1.01±0.15 d	1.07±0.12 f	3.22

a VS b)異符号間に有意差あり(P<0.001) c VS d)異符号間に有意差あり(P<0.05)

e VS f)異符号間に有意差あり(P<0.01)

表 30 枝肉成績(試験 7)

試験区分	n	出荷体重(kg)	枝肉重量(kg)	歩留(%)	背脂防厚(cm)
粉50W	12	109.1±21.0	77.0±6.4	68.0±0.01	1.8±0.2
対照区	12	132.6±14.6	89.1±4.7	66.0±0.03	2.0±0.2

表 31 官能評価(0~6 点の評価平均値) (試験 7)

評価項目	粉50W	対照区	有意性
味の好ましさ	4.00	4.50	NS
香りの好ましさ	3.90	4.10	NS
食感の好ましさ	4.00	4.10	NS
脂肪の好ましさ	3.70	4.10	NS
全体的な好ましさ	4.00	4.30	NS

n=39 NS:有意差無し(P≥0.05)

3. 試験 8 は、発育成績及び枝肉成績で有意差は認められなかった(表 32、33)。枝肉重量に有意差は認められなかったが、その枝肉を食肉専門業者が脱骨し各部位ごとに成形した重量ではロース部で粉 50・50 区が有意に重く(P<0.05)、バラ部で対照区と比較して粉 50・50 区が重い傾向であったが(P<0.1)、その他の部位で有意差は認められなかった(表 34)。ロース部の肉質分析に差はなく、色彩色差計の計測ではカット 24 時間後の b*値(黄色度)で粉 50・50 区が粉 50・50 区より黄色傾向にあったが、(P<0.1)、テクスチャーに有意差は認められなかった(表 35-1、2、3)。ヒレ部の肉質には有意差がなく、色彩色差計の計測ではカット直後の a*値(赤色度)で粉 50・50 区及び粉 50・50 区が対照区と比較してより赤色傾向であった(P<0.1)が、テクスチャーに有意差は認められなかった(表 36-1、2、3)。官能評価はセンター職員 43 名により粉 50・50 区と対照区、粉 50・50 区と対照区でそれぞれ 2 点法によって実施した。粉 50・50 区と対照区では「ジューシーさ」で粉 50・50 区の評価が高かった(P<0.01)(表 37-1)。「全体との好ましさ」と各項目の関連性についてカイ二乗検定を行ったところ「味の好まし

さ」、「ジューシーさ」及び「脂肪の好ましさ」の各項目と「全体の好ましさ」の関係性では1%水準で有意差が認められ、「香りの好ましさ」と「全体の好ましさ」は5%水準で関係性が認められた。また粉50・50 酵区と対照区では「食感の好ましさ」及び「ジューシーさ」で対照区の評価が高かった($P<0.01$) (表37-1、2)。同様に「全体の好ましさ」の関連性についてカイ二乗検定を行ったところ、「味の好ましさ」、「ジューシーさ」及び「脂肪の好ましさ」の各項目と「全体の好ましさ」の関係性では1%水準で有意差が認められ、「香りの好ましさ」と「全体の好ましさ」の関係性に有意差は認められなかった。このことから今回の試験において生産された豚肉の「全体的な好ましさ」は「味の好ましさ」、「ジューシーさ」及び「脂肪の好ましさ」に有意に関係しており、「香りの好ましさ」よりも関係性が高いことが確認された。

表32 発育成績(試験8)

試験区分	n	開始時		出荷時		肥育 期間(日)	日平均 増体量kg	飼料 要求率
		体重kg	体重kg	日齢(日)	日齢(日)			
粉50・50	12	54.6	115.5	153	67	0.96	3.48	
粉50・50酵	12	52.5	114.0	147	62	1.00	3.58	
対照区	12	54.6	115.1	151	65	0.98	3.53	

表33 枝肉成績(試験8)

試験区分	n	重量kg	背脂肪厚cm	歩留	上物率
粉50・50	12	77.2	1.75	67%	67%
粉50・50酵	12	76.3	1.92	67%	83%
対照区	12	76.0	1.82	66%	67%

表34 脱骨成形後の各部位の重量(片側1個分)
(試験8)

試験区分	n	ロース部	バラ部	ヒレ部	肩ロース部
粉50・50	6	6.37 a	5.15 d	0.57	2.62
粉50・50酵	6	6.96 b	5.04 cd	0.59	2.53
対照区	6	6.37 a	4.66 c	0.58	2.63

a vs b)異符号間に有意差有り($P<0.05$)、
c vs d)異符号間に有意差有り($P<0.1$)

表35-1 ロース部の肉質分析(試験8)

試験区分	n	ドリップ		クッキング		pH	
		ロス%		ロス%			
		24時間後		カット後		24時間後	
粉50・50	3	6.5	26.4	5.67	5.54		
粉50・50酵	3	7.8	26.2	5.68	5.60		
対照区	3	6.4	27.1	5.63	5.62		

表35-2 ロース部の色彩色差値(試験8)

試験区分	n	L*		a*		b*	
		カット後	24時間後	カット後	24時間後	カット後	24時間後
粉50・50	3	49.62	50.23	7.87	7.80	7.07	8.37 a
粉50・50酵	3	48.10	47.01	7.30	6.89	6.52	5.44 b
対照区	3	49.29	49.37	8.69	7.07	8.47	6.1 ab

a vs b)異符号間に有意差有り($P<0.1$)

表35-3 ロース部のテクスチャー(試験8)

試験区分	n	硬さ1	硬さ2	もろさ	弾力性	凝集性	そしゃく性	ガム性
		10 ⁷ N/m ²	10 ⁷ N/m ²	N	%	%	N	N
粉50・50	3	4.48	3.84	34.47	47.37	47.75	7.86	16.74
粉50・50酵	3	5.21	4.47	40.83	48.56	49.37	9.71	19.98
対照区	3	4.85	4.27	37.12	49.22	48.16	8.85	18.28

表36-1 ヒレ部の肉質分析(試験8)

試験区分	n	クッキングロス%		pH	
		24時間後		カット後	24時間後
粉50・50	3	25.9	5.79	5.55	
粉50・50酵	3	25.5	5.79	5.64	
対照区	3	27.4	5.76	5.72	

表36-2 ヒレ部の色彩色差値(試験8)

試験区分	n	L*		a*		b*	
		カット後	24時間後	カット後	24時間後	カット後	24時間後
粉50・50	3	45.75	44.19	13.95 b	14.48	9.76	9.74
粉50・50酵	3	43.86	42.12	14.04 b	13.65	9.42	8.10
対照区	3	44.17	41.05	11.95 a	12.31	7.61	5.24

a vs b)異符号間に有意差有り($P<0.1$)

表36-3 ヒレ部のテクスチャー(試験8)

試験区分	n	硬さ1	硬さ2	もろさ	弾力性	凝集性	そしゃく性	ガム性
		10 ⁷ N/m ²	10 ⁷ N/m ²	N	%	%	N	N
粉50・50	3	2.67	1.99	20.53	59.84	38.99	4.89	8.22
粉50・50酵	3	2.65	2.08	20.38	55.27	36.50	4.28	7.85
対照区	3	2.45	1.92	14.49	55.06	34.60	4.49	5.95

表37-1 官能評価(試験8)

項目	粉50・50	対照区	有意性
鼻で嗅いで感じる香りの好ましさ	20	23	NS
味の好ましさ	25	18	NS
口に入れてから感じる香り(風味)の好ましさ	20	23	NS
食感の好ましさ	23	20	NS
ジューシーさ	30	13	*
脂肪の好ましさ	24	19	NS
全体的な好ましさ	26	17	NS

n=43 NS:有意差無し($P\geq 0.05$)、*: $P<0.01$

表 37-2 官能評価(試験 8)

項目	粉50・50酵	対照区	有意性
鼻で嗅いで感じる香りの好ましき	19	24	NS
味の好ましき	21	22	NS
口に入れてから感じる香り(風味)の好ましき	17	26	NS
食感の好ましき	12	31	*
ジューシーさ	13	30	*
脂肪の好ましき	19	24	NS
全体的な好ましき	17	26	NS

n=43 NS:有意差無し(P≥0.05)、*:P<0.01

4. 試験 9 は、期間中の体重について表 38 に示した。給与飼料の窒素及び粗蛋白質をケルテックにて測定したところ粉 50 区で 2.38%、14.88%、粉 50 酵区で 2.37%、14.79%、対照区で 2.50%、15.65%であった。尿とふんの 1 日あたりの重量で区間に差はなかったが(P>0.05)、pH では尿で対照区と比較して粉 50 酵区に有意差が認められ(P<0.05)、ふんでは対照区に比較して粉 50 区及び粉 50 酵区とも有意差が認められた(P<0.01)(表 39、40-1)。水分値及び窒素含量で差は認められなかった。酵素を添加することで尿の pH、飼料用米を給与することでふんの pH に影響を及ぼすことが考えられたが、要因を検証することはできなかった。

ふんの特定悪臭物質である硫黄化合物及び低級脂肪酸については、対照区に比較して粉 50 酵区で i-吉草酸及び n-吉草酸が有意に少なかった(P<0.05)(表 40-2、3)。このことから、飼料用米に酵素を添加することでふんの悪臭物質を抑制できる可能性が示唆されたが、酵素の影響については検証できなかった。

表 38 代謝ケージ試験時の体重(試験 9)

試験区分	n	開始体重kg	終了体重kg	増体量kg	飼料給与量kg
粉50	3	76.7	79.5	2.80	18.0
粉50酵	3	76.0	79.0	3.00	18.0
対照区	3	78.2	81.2	3.00	18.0

表 39 尿の重量と pH(試験 9)

試験区分	n	1日重量kg	pH
粉50	3	2.78	8.40 ab
粉50酵	3	1.94	8.11 b
対照区	3	2.70	8.77 a

a vs b)異符号間に有意差有り(P<0.05)

表 40-1 ふんの重量と窒素成分(試験 9)

試験区分	n	1日重量kg	pH	水分	窒素	CP
粉50	3	0.58	6.35 d	66%	1.17%	7.31%
粉50酵	3	0.61	6.33 d	64%	1.19%	7.44%
対照区	3	0.73	6.05 c	62%	1.22%	7.62%

c vs d)異符号間に有意差有り(P<0.01)

表 40-2 ふんの硫黄化合物(ppm)(試験 9)

試験区分	n	硫化	MM	硫化メチル	2硫化メチル
粉50	3	0.0129	0.0304	0.0233	0.0066
粉50酵	3	0.0154	0.0334	0.0239	0.0087
対照区	3	0.0194	0.0646	0.0656	-

表 40-3 ふんの低級脂肪酸(ppm)(試験 9)

試験区分	n	プロピオン	n-酪酸	i-吉草酸	n-吉草酸
粉50	3	1.6669	0.7287	0.1257 ef	0.0995 gh
粉50酵	3	1.0763	0.3087	0.1005 f	0.0764 h
対照区	3	2.3738	1.0181	0.1827 e	0.1639 g

e vs f, g vs h)異符号間に有意差有り(P<0.05)

5. 試験 6~9 のまとめとして、飼料用米は前述した試験同様に混合すれば体重 30kg の肥育前期から給与できることを確認した。しかし、75%割合で体重 30kg から給与すると飼料用米の加工費により飼料費の低減は図れないことから、養豚場の現場でも配合しやすい 50%割合が良いと考えられた。また、体重 50kg から給与することで、肉質や官能評価において特徴がある豚肉が生産されることが示唆された。加えて、飼料用米給与は排出されるふんの pH 等にも影響し、また臭気の抑制につながる可能性も考えられた。

表 41 給与時期のまとめ(試験 6~9)

試験番号	実施年度	試験区分	発育出荷	枝肉肉質	官能評価	飼料費	悪臭物質等
6	25	粉50・30	-	-	△	○	×
		粉75・30	-	-	○	△	×
		対照区	-	-	-	-	×
7	28	粉50W	△	-	-	×	×
		対照区	-	-	-	×	×
8	29	粉50・50	-	-	○	×	×
		粉50・50酵	-	○	△	×	×
		対照区	-	-	-	×	×
9	30	粉50	-	×	×	×	-
		粉50酵	-	×	×	×	○
		対照区	-	×	×	×	-

△ 対照区と比較して、悪い成績で傾向又は有意差あり

○ 対照区と比較して、良い成績で傾向又は有意差あり

- 対照区と比較して、有意差なし

×の項目は調査していない

謝 辞

本研究の実施に当たり、調整用配合飼料製造及び脂肪酸組成分析等に協力をいただきました中部飼料株式会社、酵素提供等について協力をいただきました DSM ニュートリションジャパン株式会社、官能評価に協力いただきました栃木県農業試験場職員の皆様に心から感謝いたします。

引用文献

- 1) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構：2005、日本飼養標準・豚(2005版)、中央畜産会、東京
- 2) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構：2013、日本飼養標準・豚(2013版)、中央畜産会、東京
- 3) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構：2016、飼料用米の生産・給与技術マニュアル(2016年版)
- 4) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・畜産草地研究所：2012、平成24年度食肉の官能評価ワークショップ「2点方から始めよう」テキスト
- 5) 独立行政法人・家畜改良センター：2005、食肉のガイドライン、財団法人・日本食肉消費センター
- 6) 自給飼料研究会：2002、粗飼料の品質評価ガイドブック(2009版)三訂版
- 7) 入江正和：2002、豚肉質の評価法、日豚会誌(2002. 12) 39巻4号
- 8) 前田綾子、加藤大幾、福島正人、黒澤良介、木下強：2017、畜産農家にわかりやすい臭気の見える化及び低コスト臭気抑制技術の開発、栃木県畜産酪農研究センター研究報告第4号、64～94
- 9) 佐田竜一、赤間京子、笹木俊、菅沼京子：2017、酵素製剤を活用した飼料用米の給与が肥育後期豚の発育・肉質に及ぼす影響、日本養豚学会第106回大会講演要旨(2017)、19