

給食残渣を利用した発酵乾燥物の豚における給与試験

小池達也、芝田周平、高橋一郎¹

¹栃木県北家畜保健衛生所

要約 学校給食残渣由来の発酵乾燥物の養豚における有用性を明らかにするために、発酵乾燥物混合飼料の給与時期と混合割合について試験を行い、発育性、産肉性、肉質に及ぼす影響を検討した。

給与した発酵乾燥物は、一般に市販されている配合飼料と比べても遜色のない栄養成分を有していることがわかった。安全性に関しても重金属（ヒ素、鉛、カドミウム、水銀）、サルモネラ、大腸菌、過酸化物質、カビ毒（アフラトキシン）について検査・分析した結果、問題はなかった。

試験1では給与時期について、対照区（無給与区）、前期給与区、後期給与区、全期間給与区の4試験区に分け試験を実施した。発育成績は、110kg 到達日齢において全期間給与区が対照区、前期給与区に比べ有意に早い結果となった。1日平均増体重及び飼料要求率には統計的な差は認められなかったが、給食飼料給与区が良い傾向を示した。枝肉成績、肉質成績（一般成分、色）、市場出荷成績では各区に差は認められず、10%混合飼料であれば肥育のどの期間に給与しても発育性、産肉性には影響ないことがわかった。

試験2では混合割合について、10%給与区、30%給与区、50%給与区の3試験区に分け試験を実施した。発育成績は、肥育前期における1日平均増体重、飼料要求率ともに50%給与区が他の2区に比べて有意に劣る結果となった。枝肉成績は、調査したいずれの項目も3区の間には差は見られなかった。肉質成績は、肉色のL値において30%給与区が他の2区に比べて有意に低い結果となった。その他の一般成分、脂肪酸組成などは、3区の間には差は見られなかった。旨味成分に関しては、イノシン酸が50%給与区で低い傾向を示した。

以上のことから、肥育前期に30%混合飼料、肥育後期に10%混合飼料を給与することが最適な給与方法であることが示唆された。

緒言

外食産業や食品製造業、学校給食などから排出される食品残渣は一部の養豚農家で利用されているが、①水分を多く含み劣化し易い、②保存のための処理加工に手間がかかる、③生産された豚肉に軟脂の問題があること、などが指摘されている。現在、日本において食品残渣は1年間に約1,130万トンも排出されており、そのうち飼料に向けられているのは約180万トン（16%）と少ない状況となっている¹⁾。食品の製造段階で発生するふすま、米ぬか、ビール粕、ビートパルプなど古くから利用されているものや、パン屑、果汁粕など最近利用が進んでいるものもあるが、外食産業や学校給食から出る都市厨芥は飼料としての利用は非常に少なく、ほとんどは焼却埋立されており、環境への負荷も大きくなっている。

一方で、平成13年に食品リサイクル法が施行され、食品関連事業者の再生利用等の実施率向上が求められていることに加え、環境問題への関心もこれまで以上に高まってきている。

このような背景から食品残渣を資源として有効利用できる方法が望まれているため、本試験では、学校給食残渣の養豚飼料としての有用性を明らかにし、給与方法を確立する。

試験1（発酵乾燥物の給与時期の検討）

材料及び方法

1. 試験期間
平成14年4月～平成15年1月
2. 供試飼料
学校給食残渣を急速発酵装置搭載車によって発酵乾燥させて製造した発酵乾燥物。
3. 試験区分
市販配合飼料に発酵乾燥物を10%混合した飼料を製し、この飼料を肥育前期のみ給与する区（前期給与区）、肥育後期のみ給与する区（後期給与区）、肥育全期間給与する区（全期間給与区）、並びに対照として肥育前後期共に市販配合飼料のみ給与する区（対照

区) の 4 区を設定し試験を行った。なお、肥育期間の切り換えは体重が 70kg になった時点でを行った。

4. 供試豚

トチギ L を基礎とした系統間交配により生産した LWD 種 35 頭 (去勢 22 頭、雌 13 頭) を用いた。

5. 調査項目及び調査方法

生体重が 110kg になった時点で公設と畜場に出荷し、枝肉の格付は (社) 日本食肉格付協会により行った

(1) 発酵乾燥物の成分分析等

発酵乾燥物の成分は、水分、灰分、TDN²⁾、粗蛋白、粗脂肪、粗繊維について分析し、サルモネラ、大腸菌の検査も実施した。

(2) 発育成績

110kg 到達日齢、1 日平均増体重、飼料要求率について調査した。供試豚は生体重が 110kg になった時点で当場の枝肉検査室で湯はぎによりと殺解体し、24 時間冷蔵庫内で放冷後、と体調査、肉質調査を行った。

(3) と体調査

豚産肉能力検定後代検定³⁾に準じた。なお、カタとロースの切断部位は第 5 第 6 胸椎間とした。

(4) 肉質調査

第 1 第 4 腰椎間の胸最長筋 (ロース)、皮下内層脂肪、腎周囲脂肪をサンプルとし、豚肉の肉質改善に関する研究実施要領⁴⁾に基づき、水分含量、加熱損失率 (クッキングロス)、圧搾肉汁率、pH、保水力、伸展率を測定した。なお、保水力、伸展率は加圧濾紙法にて行った。

① 肉色及び脂肪色

第 1 第 4 腰椎間のロース、皮下内層脂肪、腎周囲脂肪をそれぞれ 4cm×4cm×1cm に切り分けた

ものを 3 サンプル調整し、色測色差計 (ZE-2000、日本電色製) を用いて 1 サンプルにつき 3 回測定した。なお、L 値は明度、a 値は赤色度、b 値は黄色度を表し、数値が高いほど明るく、赤み、黄色みが濃いことを示す。

② 破断エネルギー

色の測定で使用したロースと皮下内層脂肪をサンプルとし、クリープメーター (物性試験システム RE-3305 山電製) を用い、筋繊維に垂直になるようにして 1 サンプルにつき 3 回測定した。クリープメーターのプランジャーは箸でつくことを想定した P-4 (図 1) 及び歯で噛み切ることを想定したプランジャー P-21 (図 2) について測定した。なお、破断エネルギーはものの硬さ・やわらかさを示す指標で、値が大きいほど硬いことを表す。

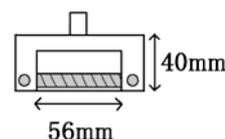
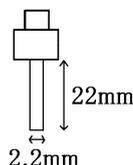


図 1 プランジャー (P-4) 図 2 プランジャー (P-21)

結果及び考察

1. 栄養成分

栄養成分は、一般に市販されている配合飼料と比べても遜色のないことがわかった (表 1)。水分調整剤としてふすまと米ぬかを混合していることで水分含量は 10% 以下におさえられていた。粗脂肪がやや高い値を示しているが、問題ないレベルであると思われた。その他、飼料の安全性の調査として重金属 (ヒ素、鉛、カドミウム、水銀)、サルモネラ、大腸菌、過酸化物質、カビ毒 (アフラトキシン) についても検査・分析を行った結果、問題はなかった。

表 1 栄養成分

単位 : %

	水分	灰分	TDN	粗蛋白	粗脂肪	粗繊維
発酵乾燥物	8.6	4.5	77.6	19.2	7.2	3.3
市販配合飼料	12.8	4.4	78.7	16.5	4.4	3.3

2. 発育成績

110kg 到達日齢において全期間給与区が対照区、前期給与区に比べ有意に早い結果となった。1日平均増

体重及び飼料要求率には統計的な差は認められなかったが、給食飼料給与区が良い傾向を示した(表2)。

表2 発育成績

試験区分	例数	110 kg 到達日齢	1日平均増体重(g) (30~110 kg)	飼料要求率 (30~110 kg)
対照区	去勢6雌2	156.5±5.2 a	944.8±72.8	3.38±0.43
前期給与区	去勢6雌4	156.5±7.1 a	956.5±70.7	3.44±0.28
後期給与区	去勢5雌3	147.6±6.7	993.7±52.5	3.14±0.39
全期間給与区	去勢5雌4	146.6±9.9 b	1000.8±85.2	3.02±0.34

異符号間に危険率5%で有意差あり

3. 枝肉成績

背脂肪厚、ロース断面積をはじめ、調査した各項目とも試験区間に有意差は認められなかった(表3)。

10%の混合であれば、給与する時期に関わらず枝肉に対する影響はないと考えられた。

表3 枝肉成績

試験区分	例数	枝肉歩留 (%)	背腰長 II (cm)	背脂肪厚(cm)				ハム 割合 (%)	ロース 断面積 (cm ²)
				カタ	セ	コシ	平均		
対照区	去勢4雌1	74.3	67.3	3.9	1.8	3.0	2.9	32.9	25.4
		±0.8	±0.9	±0.6	±0.4	±0.4	±0.4	±1.4	±1.2
前期給与区	去勢4雌3	74.3	66.7	3.9	2.2	3.3	3.1	32.9	27.4
		±1.5	±2.6	±0.5	±0.5	±0.4	±0.3	±1.2	±2.0
後期給与区	去勢4雌3	74.1	66.6	3.8	1.9	3.3	3.0	33.0	26.3
		±1.0	±2.5	±0.4	±0.3	±0.2	±0.3	±1.5	±1.4
全期間給与区	去勢4雌3	74.9	66.5	4.0	1.7	2.8	2.8	33.3	25.6
		±1.2	±1.5	±0.7	±0.4	±0.7	±0.4	±1.5	±2.5

4. 肉質成績

(1) 一般成分

保水力、加熱損失率等すべての調査項目で、4区の間には有意差は認められなかった。食品残渣由来飼料の給与は、融点が低く軟らかい脂肪が生産されや

すいと言われている⁵⁾が本試験では背脂肪、腎脂肪ともに対照区と各発酵乾燥物混合飼料給与区との間に差は認められず、脂肪の質への影響もないと思われた(表4)。

表4 肉質成績(一般成分)

試験区分	例数	pH	水分含量 (%)	保水力	伸展率 (%)	加熱損失 率(%)	圧搾肉汁 率(%)	脂肪融点(°C)	
								背脂肪	腎脂肪
対照区	去勢4雌1	5.7	74.6	67.6	25.1	26.6	33.9	33.9	40.3
		±0.1	±0.6	±7.5	±3.6	±1.0	±2.4	±2.3	±2.2
前期給与区	去勢4雌3	5.7	74.6	73.2	27.9	25.8	32.1	32.5	41.2
		±0.1	±0.7	±5.6	±4.9	±1.6	±7.9	±2.3	±1.0
後期給与区	去勢4雌3	5.6	75.0	71.8	27.0	26.3	34.6	34.0	41.8
		±0.1	±0.5	±4.0	±1.9	±1.9	±3.6	±2.8	±1.8
全期間給与区	去勢4雌3	5.5	74.6	69.8	27.3	26.5	34.7	32.3	40.9
		±0.1	±0.7	±6.8	±4.3	±1.9	±7.3	±2.6	±1.9

(2) 肉色及び脂肪色

肉色は、店頭に並んだ時の見栄えとして重要なだけでなく肉質とも関連している。赤みが強くても、白っぽくても悪い印象を与え、白っぽい肉はPSEとの関連も示唆されている⁶⁾。また、脂肪の色は、白いものがよいとされており、豚の脂肪については飼

料による影響が大きい。今回の試験では、給与時期の違いによる試験区間の有意差は認められなかったが、肥育後期に混合飼料を給与すると肉色のL値が高くなる傾向を示した(表5)。

表5 肉質成績(色)

試験区分	例数	肉色			脂肪色(皮下内層)			脂肪色(腎周囲)		
		L	a	b	L	a	b	L	A	b
対照区	去勢4	49.5	12.7	10.9	76.8	4.7	8.3	72.1	7.8	12.6
	雌1	±2.4	±0.6	±1.0	±0.7	±1.2	±0.5	±3.3	±1.3	±2.1
前期給与区	去勢4	49.0	12.5	11.0	76.9	5.4	8.9	72.5	7.3	12.2
	雌3	±1.4	±1.9	±1.6	±1.7	±1.2	±1.2	±2.7	±1.7	±2.3
後期給与区	去勢4	51.5	11.8	10.9	76.9	5.9	9.3	71.8	8.0	13.6
	雌3	±2.2	±1.6	±0.8	±1.8	±1.2	±1.0	±1.5	±1.5	±0.5
全期間給与区	去勢4	51.3	11.1	10.8	76.5	5.8	8.9	72.8	7.2	13.4
	雌3	±2.5	±0.6	±0.5	±2.1	±0.9	±1.2	±3.0	±1.6	±2.1

(3) 肉及び皮下内層脂肪の破断エネルギー

プランジャーP-21 を使用した場合の皮下内層脂肪において、前期給与区が対照区に比べ有意に低い結果となった。しかし、プランジャーP-4 を使用し

た場合は、前期給与区が高い傾向を示していることや脂肪融点について差は認められなかったことから、給食飼料の影響とは考えがたい(表6)。

表6 肉質成績(物性)

試験区分	例数	破断エネルギー(10 ⁴ J/m ³)			
		プランジャーP-4		プランジャーP-21	
		ロース	皮下内層脂肪	ロース	皮下内層脂肪
対照区	去勢4 雌1	28.3±11.2	42.0± 9.8	65.6±25.9	64.0±16.1 a
前期給与区	去勢4 雌3	31.8± 4.9	43.9±13.1	55.4±18.4	34.8±14.6 b
後期給与区	去勢4 雌3	30.0±11.5	41.7±14.0	63.2±20.6	50.6± 9.3
全期間給与区	去勢4 雌3	33.2±13.4	42.9± 9.2	52.3±14.6	46.8±21.2

異符号間に危険率5%で有意差あり

5. 市場出荷成績

枝肉歩留及び背脂肪厚において試験区間に差は認められなかった。枝肉格付もすべて上となり、市場においても良い評価を受けることがわかった(表7)。

表7 市場出荷成績

試験区分	例数	枝肉歩留	背脂肪厚(cm)	上物率(%)
対照区	去勢2 雌1	69.5±0.4	1.7±0.5	100
前期給与区	去勢2 雌1	69.4±0.5	2.0±0.2	100
後期給与区	去勢1 雌0	69.4±0.0	2.2±0.0	100
全期間給与区	去勢1 雌1	69.3±0.2	2.1±0.4	100

試験2 (発酵乾燥物の混合割合の検討)

トチギ L を基礎とした系統間交配により生産した LWD 種 36 頭 (去勢 18 頭、雌 18 頭) を用いた。

材料及び方法

1. 試験期間

平成 15 年 4 月～平成 15 年 12 月

2. 供試飼料

試験 1 に同じ。

3. 試験区分

市販配合飼料に発酵乾燥物を 10%、30%、50%混合した飼料を作製して、肥育前期に給与し、それぞれ 10% 給与区、30% 給与区、50% 給与区とした。なお、肥育後期は 3 区とも 10% 混合飼料を給与し、肥育期間の切り換えは体重が 70kg になった時点で行った。

4. 供試豚

表 8 発育成績

試験区分	例数	110 kg 到達日齢	1 日平均増体重(g)		
			30～70 kg	70～110kg	30～110kg
10%給与区	去勢 6 雌 6	151.8±10.0	944.0±124.6 a	965.8±130.2	953.8±119.9
30%給与区	去勢 6 雌 6	154.1±6.5	881.9±101.2 a	1018.5±71.1	943.5±80.3
50%給与区	去勢 6 雌 6	160.0±10.9	775.8±71.1 b	977.4±177.0	864.9±97.8

異符号間に危険率 5% で有意差あり

表 9 飼料要求率

試験区分	例数	飼料要求率		
		30～70 kg	70～110kg	30～110kg
10%給与区	去勢 6 雌 6	2.77±0.37 a	3.72±0.40	3.25±0.32 a
30%給与区	去勢 6 雌 6	2.92±0.21 a	3.53±0.23	3.24±0.19 a
50%給与区	去勢 6 雌 6	3.45±0.37 b	3.70±0.43	3.57±0.35 b

異符号間に危険率 5% で有意差あり

2. 枝肉成績

背脂肪厚、ロース断面積をはじめ、調査した各項目

とも試験区間に有意差は認められなかった (表 10)。

表 10 枝肉成績

試験区分	例数	枝肉歩留 (%)	背腰長 II (cm)	背脂肪厚(cm)				ハム割合 (%)	ロース断面積 (cm ²)
				カタ	セ	コシ	平均		
10%給与区	去勢 3	74.7	70.3	4.1	1.9	3.0	3.0	32.9	23.1
	雌 4	±0.5	±2.9	±0.4	±0.4	±0.7	±0.5	±1.5	±4.6
30%給与区	去勢 2	75.0	69.0	3.9	2.0	3.2	3.0	32.9	27.5
	雌 4	±1.3	±1.9	±0.3	±0.2	±0.4	±0.3	±1.0	±1.9
50%給与区	去勢 3	74.9	70.5	4.1	1.9	3.1	3.0	31.9	24.0
	雌 4	±1.0	±3.8	±0.4	±0.3	±0.3	±0.3	±0.9	±2.1

3. 肉質成績

(1) 一般成分

保水力、加熱損失率をはじめ調査したすべての項目で3区の間には有意差は認められず、脂肪融点についても背脂肪、腎脂肪ともに各区に差は認められなかった(表11)。これは3区とも肥育後期は、10%

混合飼料を給与し、いわゆる飼い直しをしたため、脂肪の質への影響が現れなかったためと思われる。従って、肥育後期における発酵乾燥物の混合割合については、10%以下であれば影響はないが、さらなる検討が必要であると思われる。

表11 肉質成績(一般成分)

試験区分	例数	pH	水分含量 (%)	保水力	伸展率 (%)	加熱損失率 (%)	圧搾肉汁率 (%)	脂肪融点 (°C)	
								背脂肪	腎脂肪
10%給与区	去勢3	5.4	73.2	50.5	23.8	30.9	28.0	38.5	43.7
	雌4	±0.1	±4.1	±7.8	±2.7	±1.6	±4.2	±1.8	±1.0
30%給与区	去勢2	5.5	74.1	62.5	26.7	30.7	28.8	38.5	43.8
	雌4	±0.1	±0.6	±5.9	±4.2	±1.1	±1.1	±2.7	±1.2
50%給与区	去勢3	5.5	73.6	55.4	27.9	31.7	29.2	38.8	43.9
	雌4	±0.2	±1.6	±9.3	±4.0	±1.9	±2.9	±2.0	±0.9

(2) 肉色及び脂肪色

肉色は、L値において30%給与区が他の2区に比べて有意に低い(色が暗い)結果となった(表12)。50%給与区は3区の中で最も高い値を示していることから、これは給与飼料の違いによるものではない

と思われる。肉色を決定しているミオグロビン品種、性、年齢、飼養条件などにより影響を受けると言われており⁵⁾、去勢の頭数の違いが関係している可能性も考えられた。脂肪色は皮下内層及び腎周囲共に3区の間には有意差は認められなかった。

表12 肉質成績(色)

試験区分	例数	肉色			脂肪色(皮下内層)			脂肪色(腎周囲)		
		L	a	b	L	a	b	L	a	B
10%給与区	去勢3	51.6	11.7	9.8	76.7	5.7	9.3	76.2	7.2	10.7
	雌4	±2.0 a	±1.1	±0.9	±3.8	±1.5	±1.2	±3.3	±3.0	±1.4
30%給与区	去勢2	48.5	12.0	9.2	77.8	5.8	8.7	77.7	6.2	10.2
	雌4	±1.1 b	±0.6	±0.9	±1.1	±0.6	±0.9	±1.0	±1.3	±1.0
50%給与区	去勢3	52.2	11.6	9.8	77.8	5.5	9.2	77.4	5.9	9.7
	雌4	±1.6 a	±0.7	±0.3	±1.2	±0.7	±0.7	±4.1	±2.2	±1.4

異符号間に危険率5%で有意差あり

(3) 肉及び皮下内層脂肪の破断エネルギー

プランジャーP-4、P-21ともに3区の間には有意な差は認められないことから、肉及び脂肪の硬さには

混合飼料による影響はなかった(表13)。

表13 肉質成績(物性)

試験区分	例数	破断エネルギー(10 ⁴ J/m ³)			
		プランジャーP-4		プランジャーP-21	
		ロース	皮下内層脂肪	ロース	皮下内層脂肪
10%給与区	去勢3 雌4	39.7±23.1	59.9±27.4	40.2±15.7	41.0±21.1
30%給与区	去勢2 雌4	35.2±10.4	57.0±11.1	38.0±23.4	34.3±14.6
50%給与区	去勢3 雌4	44.7±18.6	55.9±11.5	41.5±21.2	38.2±9.3

(4) 脂肪酸組成

主な脂肪酸組成と不飽和脂肪酸について表 14 に示したが、ほとんど差は見られなかった。不飽和脂肪酸が多いと脂肪融点が低くなり軟脂の原

因となるが⁷⁾、本試験では混合割合を高くしても不飽和脂肪酸の増加は認められず、肥育前期であれば、混合割合を 50%まで高めても軟脂にはならないことが示唆された。

表 14 肉質成績(脂肪酸組成)

単位：%

試験区分	例数	パルミチン酸	ステアリン酸	オレイン酸	リノール酸	リノレン酸	不飽和脂肪酸割合
10%給与区	去勢1雌1	24.0±1.4	17.3±1.2	40.0±1.1	11.8±3.3	0.8±0.3	57.5
30%給与区	去勢1雌1	24.9±0.9	17.6±0.8	39.4±0.7	11.3±0.9	0.8±0.1	56.5
50%給与区	去勢1雌1	25.4±0.4	16.8±0.4	40.3±1.1	10.8±0.3	0.8±0.0	56.5

(5) 旨味成分

肉の旨味成分と言われているグルタミン酸及びイノシン酸は、イノシン酸が 50%給与区において他の2区に比べて低い傾向を示した(表 15)。

この原因が発酵乾燥物の混合割合の増加によるものなのかどうかは今後さらに例数を増やしての検討が必要であると思われた。

表 15 肉質成績(旨味成分)

試験区分	例数	グルタミン酸 (mg/100g)	5' イノシン酸 (mg/100g)
10%給与区	去勢1雌1	5.35±1.63	85.50±1.13
30%給与区	去勢1雌1	6.55±0.35	88.45±17.47
50%給与区	去勢1雌1	7.60±1.27	68.50±7.64

4. 市場出荷成績

枝肉歩留及び背脂肪厚では、試験区間に差は認められなかった。枝肉格付においては、各区で格落ちするものが見られたが、上物率に有意差はなかった。格落

原因についても発酵乾燥物の混合割合が高いため、脂肪の質が低下することにより格落ちしたなどの傾向は認められなかった(表 16)。

表 16 市場出荷成績

試験区分	例数	枝肉歩留	背脂肪厚(cm)	上物率(%)	格落原因
10%給与区	去勢3雌2	67.6±0.7	1.8±0.4	60	背厚、肉付
30%給与区	去勢4雌2	67.5±0.5	1.7±0.4	66.7	均称、背薄
50%給与区	去勢3雌2	68.2±1.3	1.8±0.5	60	被覆、背薄

まとめ

今回の試験の結果から、急速高温発酵装置搭載車で処理された学校給食残渣由来の発酵乾燥物は、養豚用の飼料として充分利用できることがわかった。さらに、

最適な給与方法としては、肥育前期に 30%混合飼料、肥育後期に 10%混合飼料を給与する方法であり、この方法は、市販の配合飼料を給与した豚と同様の生育性・産肉性を得られることがわかった。今後、農家へ

のさらなる普及を目指した場合、製造コストの低減や流通量の年間を通じた安定的確保等解決していかなければならない課題も多いのが現状である。しかし、リサイクル食品であることから、生産された豚肉のブランド化や学校給食での使用などを通して地産地消を実施し、一般消費者への普及や子供たちへの食育につなげていくことも期待されている。

文 献

- 1)農林水産省大臣官房統計情報部.平成 15 年度食品循環資源の再生利用等実態調査(平成 14 年)
- 2)佐伯真魚・北川順矩・松本光洋・西山厚志・三好久美子・望月めぐみ・高須茜美・阿部 亮.都市厨芥飼料の化学組成と栄養価.日本畜産学会報,72(7):34-J40.2001
日本種豚登録協会.豚産肉能力検定後代検定実務書
- 3)農林水産省畜産試験場加工第2研究室.豚肉の肉質改善に関する研究実施要領.昭和 47 年(平成 2 年一部改正)
- 4)丹羽太左衛門.養豚ハンドブック.養賢堂.1994
- 5)設楽修・秦谷豊・山口和光.高品質豚肉生産に関する研究(第 2 報)-単一穀類の多給が豚肉質に及ぼす影響-.兵庫畜試研報,23:74-83.1986
- 6)入江正和.食品廃棄物の飼料利用-その 2.乾燥飼料の調整と給与および肉質-.畜産の研究.58-2.242.2004