

養豚におけるキノコ廃菌床発酵物給与技術の検討

菅沼京子、笹木 俊、沼野井憲一、佐田竜一¹⁾、赤間京子²⁾、野口宗彦³⁾、渡邊哲夫⁴⁾、塚原 均⁵⁾
1) 現 農業大学校、2) 現 県北家畜衛生保健所、3) 現 芳賀農業振興事務所、4) 現 那須農業振興事務所、5) 現 畜産振興課

要 約

地域の未利用資源である菌床栽培キノコ(マイタケ)収穫後の廃菌床を豚に給与するために、発酵処理した生成物を配合飼料に添加し、その給与割合(重量比で0.05%~10%)、給与時期(肥育前期、肥育後期、肥育全期間)について比較し、肥育豚に及ぼす影響を検討した。

- 1) 日平均増体量は、給与割合が0.75%($p<0.05$)、0.5%($p<0.05$)、0.3%($p<0.001$)で有意差が認められた。また、豚体重30~70kgの肥育前期より、70kg~出荷までの肥育後期の給与で有意差が認められた($p<0.001$)。
- 2) 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、給与割合が0.5%、0.3%、0.1%で生産した豚肉に有意差がある項目があり、市販の配合飼料のみで生産した豚肉と比較して食べてわかる違いがあることが確認された。
- 3) キノコ廃菌床発酵物由来の成長促進物質であるプトキシブチルアルコール(以下BBA)の影響を検証するために、と畜時の盲腸便及び生体の直腸便にて測定調査したところ、盲腸便中のBBA検出結果は検出濃度の高い個体が存在したものの有意差は認められなかった。経時的に採取した直腸便にBBAは検出されなかった。

以上のことから、BBAの効果は検証できなかったが、キノコ廃菌床発酵物を最小では給与飼料の重量比0.3%の割合で配合飼料に添加し、豚体重70kg~出荷までの肥育後期に給与することで発育成績が向上し、肉質的にも違いのある豚肉を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エコフィード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、県内において今まで廃棄されていた菌床栽培キノコ(マイタケ)収穫後の廃菌床を肥育豚に給与し、発育成績や豚肉の差別化の可能性について検討することとした。しかしながら、菌床栽培キノコ(マイタケ)収穫後の廃菌床は水分が66%と多く、保存や輸送が課題であったので、水分調整としてのフスマと1:1で混合し、水分を42%前後に調整したものを常圧110~118℃で殺菌処理した後に黒麹種菌を約0.1%接種し、30℃で3~4日培養・発酵、40℃で24時間乾燥させた生成物として用いた。この生成物は木質系であり、20%給与で有意に日平均増体量が減少し、配合飼料の代替としての活用については難しいことが明らかとなった。

今回発酵に使用した黒麹菌については、肉用鶏において給与試験した報告があり、生産性及び肉質が改善されたとし、成長促進物質であるプトキシブチルアルコール(BBA)が関与し食欲を促進させ、生産された鶏肉が官能

評価に効果があることが報告されている^{1),2)}。それらの知見が、豚においても同様に作用する可能性が考えられたため、エコフィードとしての利用から機能性飼料として給与し、肥育豚に及ぼす影響を検討することとした。そのため、機能性飼料として活用するには、最小の給与割合と最短の給与時期の解明が必要であり、給与することで肥育豚に及ぼす影響を検討した。

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であり、試験区分を表1に示した(給与割合は10%~0.05%まで8段階で検討)。試験番号1, 2の給与時期については、体重が70kgに達し、肥育後期用の配合飼料に切り替えてから試験を開始し、体重120kg時に場内のと畜場へと畜した。試験番号3は、同様に開始し、体重が115kgに達したとき出荷し、株式会社栃木県畜産公社でと畜した。キノコ廃菌床発酵物は有限会社那須バイオファームから定期的に提供され、品質は均一であった。試験区分の給与割合(%)は、キノコ廃菌床発酵物を市販の配合飼料に重量比で添加した割合を示す。市販の配合飼料は肥育ス

テージ毎の日本飼養標準に合致した成分値及び肥育専用飼料を用いた。

表1 試験区分(給与割合)

試験番号	実施年度	区分	給与割合(%)	給与時期	供試豚品種	供試豚頭数
1	22	試験区	10	肥育後期 (体重70kg~120kg)	LWD	5
			5			5
			1			5
		対照区	0			5
2	23	試験区	1	肥育後期 (体重70kg~120kg)	LWD	5
			0.75			5
			0.50			5
		対照区	0			5
3	24	試験区	0.50	肥育後期 (体重60kg~出荷)	L	5
			0.10			5
			0.05			5
		対照区	0			5
4	24	試験区	0.50	肥育前期 (体重30kg~70kg)	LW	4
			0.10			4
			0.05			4
		対照区	0			4

表2 キノコ廃菌床発酵物の栄養成分

検査項目	検査結果
<栄養成分>	
熱量(エネルギー値)	386kcal/100g
タンパク質	11.9g/100g
脂質	1.5g/100g
炭水化物	76.7g/100g
ナトリウム	12.2mg/100g
水分	5.5g/100g
灰分	4.4g/100g
<一般検査>	
粗繊維	32.3g/100g

分析;公益財団法人栃木県保健衛生事業団

表3 試験区(0.5%添加した飼料)と対照区のpH

調査月日	試験区 (0.5%添加)	対照区
7月24日	5.99	6.01
7月25日	6.06	6.19
7月26日	6.08	6.06
7月27日	6.00	6.02
7月31日	6.00	6.07
8月1日	6.03	6.08
8月2日	6.06	6.11
8月3日	6.04	6.04
8月7日	6.08	6.14
8月8日	6.10	6.11
8月9日	6.11	6.17
8月10日	6.23	6.22
8月14日	6.08	6.10
8月15日	5.94	6.10
8月16日	6.00	6.07
8月17日	6.01	6.12
平均	6.05	6.10

供試したキノコ廃菌床発酵物の栄養成分について表2に、試験区であるキノコ廃菌床発酵物を0.5%添加混合

した飼料と対照区である混合しない飼料のpHについて表3に示した。発酵物の変性等は飼料摂取に影響を与えるため、同重量の純水を混合してpH測定した。キノコ廃菌床発酵物を飼料に0.5%添加混合しても、夏期の試験期間中に飼料が変性するなどは無く、pHも有意差は認められず、対照区と同等に給与飼料としての豚の嗜好性も良好であった。

2. 給与方法及び飼養方法

試験区は、給与割合の重量比でキノコ廃菌床発酵物と市販の配合飼料を攪拌機で混合したものを用い、試験区、対照区とも開放豚舎内コンクリート平床式豚房で群飼による不断給餌とした。飲水は、ウォーターカップ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、BBA、血液検査、肉質分析、官能評価等とした。BBAはと畜時に盲腸便を採取し冷凍したものを株式会社源麴研究所へ輸送し、国立大学法人鹿児島大学にて高速液体クロマトグラフィーでの分析を依頼した。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、性別及び格付け等が同一な豚肉のロース部を用いた。ロース部において横5cm、縦4.8cm(内脂肪0.8cm)、厚さ3.5mmに成形し、5%塩水に1分浸した後200度に設定したホットプレートで両面40秒ずつ焼き、半分に切って常温で供した。評価は2点法または評点法で実施した。パネルは、当センター職員とした。

「給与割合試験」の結果及び考察

1. 表1の試験番号1について、LWD種去勢豚を各区5頭供試し検討した結果、発育成績において日平均増体量が対照区に対して試験区1%でやや高い傾向にあったが、有意差は認められなかった。飼料要求率は対照区に対して試験区1%がやや低く、5%及び10%が高い傾向にあったが、有意差は認められなかった(表4)。枝肉成績は、試験区1%においてやや背脂肪厚が薄い傾向にあったが、枝肉歩留、背脂肪厚、ロース芯面積いずれも有意差は認められなかった(表5、6)。このことから、キノコ廃菌床発酵物の添加は、肥育後期において10%、5%、1%の添加水準ではいずれも発育性や産肉性に有意な影響を及ぼすことは認められなかった。

表4 発育成績

養豚におけるキノコ廃菌床発酵物給与技術の検討

区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率(kg)
試験区 10%	5	1.09	3.81
試験区 5%	5	1.07	4.00
試験区 1%	5	1.13	3.31
対照区	5	1.08	3.37

表5 枝肉成績1

区分	n	枝肉歩留(%)	と体長(cm)	と体幅(cm)
試験区 10%	5	71.5	92.0	36.7
試験区 5%	5	71.9	92.1	36.4
試験区 1%	5	71.9	93.8	35.1
対照区	5	72.6	94.2	36.3

表6 枝肉成績2

区分	n	背脂肪厚(cm)	ロース長(cm)	ロース心面積(cm ²)
試験区 10%	5	3.38	47.8	21.88
試験区 5%	5	3.34	48.6	20.76
試験区 1%	5	3.06	49.9	21.36
対照区	5	3.42	50.6	20.83

※3部位平均

2. 表1の試験番号2について、LWD種去勢豚を各区5頭供試した結果、発育成績では日平均増体量が対照区に対して試験区0.75%で有意差が認められた($p < 0.05$) (表7)。枝肉成績は試験区0.5%においてやや背脂肪厚が薄い傾向にあったが、枝肉歩留、背脂肪厚及びロース心面積いずれも有意差は認められなかった(表8、9)。このことから、試験1において1%給与でやや改善傾向があるとしたがさらに低い0.75%給与での有効性が示唆された。

表7 発育成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)
試験区 1%	5	0.72
試験区 0.75%	5	0.97 a
試験区 0.5%	5	0.84
対照区	5	0.74 b

a VS b)異符号間に有意差あり($p < 0.05$)

表8 枝肉成績1

区分	n	枝肉歩留(%)	と体長(cm)	と体幅(cm)
試験区 1%	5	69.7	96.1	38.1
試験区 0.75%	5	69.8	96.6	38.7
試験区 0.5%	5	70.9	95.2	37.4
対照区	5	70.3	98.2	38.0

表9 枝肉成績2

区分	n	背脂肪厚(cm)	ロース長(cm)	ロース心面積(cm ²)
試験区 1%	5	3.31	52.6	19.66
試験区 0.75%	5	3.46	52.3	20.12
試験区 0.5%	5	3.81	52.0	20.87
対照区	5	3.28	53.2	23.29

※3部位平均

3. 表1の試験番号3について、L種20頭(同一種雄豚

産子、各区去勢3頭雌2頭)を供試した結果、発育成績では日平均増体量が対照区に対して試験区0.1%で低い値で有意差が認められた($p < 0.05$) (表10)。飼料要求率及び出荷成績で、区間に有意な差は認められなかった(表10、11)。BBAはと畜の際、盲腸から便を採取して測定したが各区不検出だった。このことから、BBAの影響は不明であるが、肥育後期においてキノコ廃菌床発酵物の給与は発育成績に影響を与えることが認められた。

表10 発育成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率(kg)
試験区 0.5%	5	0.78 ab	3.78
試験区 0.1%	5	0.67 a	3.86
試験区 0.05%	5	0.74 ab	3.88
対照区	5	0.80 b	3.73

※異符号間に有意差あり($p < 0.05$)

表11 出荷成績

区分	n	出荷体重(kg)	出荷日齢(日)
試験区 0.5%	5	107.8	185
試験区 0.1%	5	100.3	182
試験区 0.05%	5	107.0	171
対照区	5	119.0	191

4. 表1の試験番号4について、LW種16頭(種雄豚2頭の産子、各区去勢2頭雌2頭の4頭)を供試した結果、発育成績では日平均増体量(試験期間中の体重30~70kg、試験終了後の体重70kg~出荷までの期間)及び出荷成績で、区間に有意差は認められなかった(表12、13)。

表12 発育成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)	
		30~70kg	70kg~出荷
試験区 0.5%	4	0.92	0.89
試験区 0.1%	4	0.92	0.83
試験区 0.05%	4	0.94	0.87
対照区	4	0.91	0.83

表13 出荷成績

区分	n	出荷体重(kg)	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)
試験区 0.5%	4	111.1	183	76.5
試験区 0.1%	4	110.4	184	76.6
試験区 0.05%	4	110.1	182	76.6
対照区	4	109.2	183	73.5

BBAはと畜時に盲腸から便を採取して測定したが、各区で検出され、試験区0.1%で高い値であった(表14n=2のため参考数値)。BBAが糞便や血液に影響を与えるか調査するため糞便の大腸菌群数とpH、血液について分析した(表15、16、17※n=2のため参考数値)が、特に異常は認められなかった。

表 14 BBA 測定結果 (盲腸便中)

区分	n	BBA(μ g/g)
試験区 0.5%	2	3,425
試験区 0.1%	2	6,171
試験区 0.05%	2	1,072
対照区	2	1,935

表 15 糞便中の大腸菌群数

区分	n	大腸菌群数($\times 10^4$ CFU/g)			
		10月18日	11月15日	12月5日	12月19日
試験区 0.5%	2	1,135	98	47	785
試験区 0.1%	2	294	41	261	3,750
試験区 0.05%	2	110	1,607	35	130
対照区	2	389	21	34	169

表 16 糞便 pH

区分	n	糞便のpH	
		12月5日	12月19日
試験区 0.5%	2	6.79	7.12
試験区 0.1%	2	6.55	7.43
試験区 0.05%	2	6.87	7.52
対照区	2	6.81	6.92

表 17 血液検査 (n=2)

項目	試験区0.5%	試験区0.1%	試験区0.05%	対照区
WBC	18,800	23,050	14,850	17,750
RBC 104/uL	699	715	672	682
HGB g/dL	11.9	12.5	11.5	11.4
HCT %	38.7	40.3	37.4	36.5
MCV fL	55.4	56.3	55.9	53.6
MCH pg	17.0	17.5	17.2	16.7
MCHC g/dL	30.7	31.1	30.8	31.1
PLT 104/uL	27.1	16.5	18.9	17.9
BUN mg/dL	8.5	7.2	8.7	9.1
GOT U/l	31.0	38.0	36.0	34.0
TP	6.9	7.2	6.9	6.9
ALB g/dL	4.3	4.6	4.3	4.2
T-CHO mg/dL	89.0	77.5	82.5	102.0
TG mg/dL	25.0	18.5	20.0	30.5
IP mg/dL	8.9	8.8	8.3	9.0
Ca mg/dL	10.3	10.4	10.2	10.8

官能評価では、当センター職員 24 名をパネルに 9 項目において 2 点法により評価した。試験区 0.5% が対照区に比べ食感の好ましき ($p < 0.01$)、かみ切りやすさ ($p < 0.05$)、あぶらっぽさ ($p < 0.05$) の項目で有意に高かった (表 18)。また、官能評価で用いたロース部の内層脂肪で脂肪酸組成について分析した (表 19 ※ n = 1 のため参考数値)。このことから、キノコ廃菌床発酵物給与は発育成績に影響しないで、特に 0.5% 給与において官能評価で差が認められたことから、食べてわかる豚肉生産の可能性が示唆された。

表 18 官能評価 (n=24)

項目	試験区0.5%	対照区	二項検定
かみ切りやすさ	17	7	*
ジューシーさ	16	8	NS
味の強さ	12	12	NS
あぶらっぽさ	17	7	*
味の好ましき	14	10	NS
香りの好ましき	14	10	NS
食感の好ましき	19	5	**
脂肪の好ましき	15	9	NS
全体の好ましき	14	10	NS

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$ NS: 有意差なし

表 19 脂肪酸組成割合結果 (上記官能評価に用いたサンプル n=1)

区分	n	脂肪酸組成割合 (%)						
		C14-0 ミスチ リン	C16-0 パルミ チン	C16-1 パルミ トレイン	C18-0 ステア リン	C18-1 オレイン	C18-2 リノール	C18-3 α リノ レン
試験区 0.5%	1.32	26.09	1.49	17.61	43.18	9.82	0.48	
試験区 0.1%	1.34	26.25	1.40	17.77	43.13	9.71	0.40	
試験区 0.05%	1.13	24.32	1.32	16.56	44.84	11.28	0.54	
対照区	1.09	23.21	1.20	17.11	46.14	10.79	0.47	

5. 表 1 の試験番号 1~4 の試験結果のまとめとして、キノコ廃菌床発酵物は、給与割合が 0.75%、0.5%、0.1% において BBA の影響は検証できなかったが、発育成績の日平均増体量と官能評価等や肉質に影響を及ぼすことが認められた (表 20)。

表 20 給与割合のまとめ

試験番号	実施年度	区分	給与割合 (%)	給与時期	発育	肉質等
1	22	試験区	10	肥育後期 (体重70kg~120kg)	—	—
			5		—	—
			1		—	—
		対照区	0		—	—
2	23	試験区	1	肥育後期 (体重70kg~120kg)	—	—
			0.75		○	—
			0.50		—	—
		対照区	0		—	—
3	24	試験区	0.50	肥育後期 (体重60kg~出荷)	—	—
			0.10		○	—
			0.05		—	—
		対照区	0		—	—
4	24	試験区	0.50	肥育前期 (体重30kg~70kg)	—	○
			0.10		—	—
			0.05		—	—
		対照区	0		—	—

○ 対照区と比較して有意差が認められた。

— 対照区と遜色ない。

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を用いた。試験区分を表 21 に示した。試験番号は給与割合試験の続き番号とした。

養豚におけるキノコ廃菌床発酵物給与技術の検討

表 21 試験区分(給与時期)

試験番号	実施年度	区分	給与割合 (%)	給与時期	供試豚品種	供試豚頭数
5	24	試験区	0.50	肥育前期 (体重30kg~70kg)	LW	4
			0.10			4
		対照区	0			4
6	24	試験区	0.50	肥育後期 (体重80kg~出荷)	LWD	3
			0.10			3
		対照区	0			3
7	25	試験区	0.50	肥育全期間 (体重30kg~出荷)	LWD	12
		対照区	0			12
8	26	試験区	0.50	肥育後期 (体重70kg~出荷)	LWD	6
			0.10			6
		対照区	0			6
9	27	試験区	0.30	肥育全期間 (体重50kg~出荷)	LWD	24
		対照区	0			24

前述の「給与割合試験」で、給与割合が0.75%、0.5%で日平均増体量または官能評価が高い方に有意な差があったため、給与割合は0.5%以下とし、給与時期は肥育前期である体重30kg~70kg、肥育後期である体重70kgもしくは80kg~115kgの出荷時まで、肥育全期間である体重30kgもしくは50kg~115kgの出荷までの期間とした。また、0.1%では低い方に有意差が認められたため、0.5%より少なく0.1%より多いより最小の給与割合0.3%においても肥育全期間で試験を行った。

2. 給与方法及び飼養方法

表21の試験番号5、6、7については、前述の給与割合試験と同様とした。また、試験番号8では、半開放豚舎内コンクリート平床式豚房において単飼で飼養し、朝夕に給餌し飲水はウォーターカップによる自由飲水とした。更に、試験番号9では、バイオベット豚舎においてパークおが粉を敷料として群飼による不断給餌とし、飲水はニップル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、BBA、DBB、血液検査、肉質分析、官能評価、臭気指数等とした。BBA、脂肪酸組成分析、脂肪融点、せん断力価は、上記と同様に分析を依頼した。官能評価も上記と同様に実施し、パネルは栃木県農業試験場職員及び当センター職員とした。

「給与時期試験」の結果及び考察

1. 表21の試験番号5について、LW種12頭(種雄豚2頭の産子、各区去勢2頭雌2頭)を供試した結果、肥育前期における0.5%、0.1%の日平均増体量、飼料要求率に有意差は認められなかった(表22)。体重が70kgに達した時点で試験区のキノコ廃菌床発酵物給与をやめ、対照区と同様の肥育後期用配合飼料を給与し出荷

した成績においても有意差は認められなかった(表23)。官能評価では、当センター職員23名をパネルに7項目において2点法により評価した。0.5%が対照区に比べ食感の好ましさ($p<0.01$)、かみ切りやすさ($p<0.05$)の項目で有意差が認められた(表24)。このことから、肥育前期のみキノコ廃菌床発酵物を給与しても発育成績と出荷成績に影響を及ぼさないが、0.5%で生産された豚肉は対照区と比較して官能評価で有意差が認められたことから、食べて違いのある豚肉生産が可能であることが示唆された。

表 22 発育成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率(kg)
試験区 0.5%	4	0.92	2.72
試験区 0.1%	4	0.92	2.89
対照区	4	0.91	2.80

表 23 出荷成績

区分	n	出荷体重(kg)	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)
試験区 0.5%	4	111.1	183	76.5
試験区 0.1%	4	110.4	184	76.6
対照区	4	109.2	183	73.5

表 24 官能評価(n=23)

項目	試験区0.5%	対照区	二項検定
かみ切りやすさ	18	5	*
ジューシーさ	19	4	NS
味の強さ	16	7	NS
あぶらっぽさ	17	6	NS
味の好ましさ	15	8	NS
食感の好ましさ	17	6	**
全体の好ましさ	16	7	NS

*: $p<0.05$ **: $p<0.01$ NS: 有意差なし

2. 表21の試験番号6について、LWD種9頭(同一種雄豚の産子、各区去勢2頭雌1頭)を供試し検討した結果、肥育後期中における0.5%、0.1%給与の発育成績では対照区に対して試験区0.5%で有意差が認められた($p<0.05$)が、飼料要求率及び出荷成績で区間に有意差は認められなかった(表25)。

表 25 発育成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率(kg)
試験区 0.5%	3	1.28 a	3.22
試験区 0.1%	3	1.17 ab	3.51
対照区	3	0.98 b	3.53

a VS b 異符号間に有意差あり($p<0.05$)

表 26 出荷成績

区分	n	出荷体重(kg)	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)
試験区 0.5%	3	107.8	169	76.7
試験区 0.1%	3	100.3	166	78.8
対照区	3	111.3	170	75.8

官能評価では、当センター職員 18 名をパネルとして 9 項目において 2 点法により評価した。試験区 0.5% が対照区に比べジューシーさ ($p < 0.001$)、香りの好ましさ ($p < 0.01$) の項目で有意に高かった (表 27)。また、官能評価で用いたロース部の内層脂肪で脂肪酸組成について分析した (表 28※ $n=1$ のため参考値)。このことから、試験番号 5、6 の結果からも 0.5% 給与であれば肥育前期、肥育後期のどちらかの給与であっても、官能評価に影響を与え、特に後期の給与であれば発育成績の向上も図れることが示唆された。

表 27 官能評価 (n=18)

項目	試験区 0.5%	対照区	二項検定
かみ切りやすさ	9	9	NS
ジューシーさ	18	0	***
味の強さ	12	6	NS
あぶらっぽさ	8	10	NS
味の好ましさ	12	6	NS
香りの好ましさ	16	2	**
食感の好ましさ	12	6	NS
脂肪の好ましさ	12	6	NS
全体の好ましさ	13	5	NS

** : $p < 0.01$ *** : $p < 0.001$ NS : 有意差なし

表 28 脂肪酸組成割合結果 (上記官能評価に用いたサンプル n=1)

区分	単位:%						
	C14-0	C16-0	C16-1	C18-0	C18-1	C18-2	C18-3
試験区 0.5%	1.42	28.22	1.38	20.31	38.95	9.21	0.51
試験区 0.1%	1.57	28.70	1.36	21.01	37.92	8.94	0.50
対照区	1.57	28.24	1.32	20.31	38.08	8.87	0.48

3. 表 21 の試験番号 7 について、LWD 種 24 頭 (同一種雄豚及び 3 腹の産子、各区去勢 5 頭雌 7 頭) を供試した結果、肥育全期間中における発育成績、飼料要求率及び出荷成績で区間に有意差は認められなかった (表 29、30)。

BBA はと畜時に盲腸から便を採取して測定したが、各区で検出され試験区 0.5% で高い値であったが標準偏差が大きく有意差は認められなかった (表 31)。

表 29 発育成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)	飼料要求率(kg)
試験区 0.5%	12	0.97	3.26
対照区	12	0.96	3.10

表 30 出荷成績

区分	n	出荷体重(kg)	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)
試験区 0.5%	12	116.5	161.1	80.3
対照区	12	118.8	160.5	84.7

表 31 BBA 測定結果

区分	n	平均濃度(μ g/g)	標準偏差
試験区 0.5%	7	1923.20	1695.50
対照区	7	848.70	586.10

官能評価では、当センター職員 33 名をパネルとして 9 項目において 2 点法により評価した。この官能評価に用いた豚肉はマイナス 30℃ で 2 ヶ月間冷凍保存したロース肉を用いて行った。試験区 0.5% が対照区に比べかみ切りやすさ ($p < 0.001$)、味の好ましさ ($p < 0.05$) の項目で有意に低かった (表 32)。また、ロース部背脂肪の内層脂肪で脂肪酸組成と脂肪融点を測定し、ロース芯部で加熱損失とドリップロス进行分析したが、有意差は認められなかった (表 33、34)。このことから、0.5% で肥育全期間給与しても発育成績等に影響はないことが確認され、BBA は検出されたもののその影響については検証できなかったが、生産された豚肉は対照区と比較したところ官能評価において有意差のある項目が認められた豚肉であることが示された。

表 32 官能評価 (n=33)

項目	試験区 0.5%	対照区	二項検定
甘い香り	14	19	NS
かみ切りやすさ	4	29	***
ジューシーさ	12	21	NS
あぶらっぽさ	15	18	NS
味の好ましさ	10	23	*
香りの好ましさ	12	21	NS
食感の好ましさ	11	22	NS
脂肪の好ましさ	13	20	NS
全体の好ましさ	12	21	NS

* : $p < 0.05$ *** : $p < 0.001$ NS : 有意差なし

表 33 脂肪酸組成、脂肪融点分析結果

区分	n	単位:%									
		C12-0	C14-0	C16-0	C16-1	C18-0	C18-1	C18-2	C18-3	アラキドン酸融点℃	
試験区 0.5%	5	0.11	1.66	29.31	1.80	18.80	38.66	9.15	0.50	0.13	42.78
対照区	5	0.11	1.62	28.98	1.49	20.24	38.16	8.90	0.49	0.13	43.98

表 34 加熱損失、ドリップロス分析結果

区分	n	加熱損失%	ドリップロス%
試験区 0.5%	5	33.3	28.4
対照区	5	33.3	27.3

また、試験期間中 1 ヶ月間隔で 3 回血液検査をしたが、白血球数が第 1、3 回目では有意差が認められ ($p < 0.01$) ($p < 0.05$)、尿素窒素が第 2 回目では有意差が認められた ($p < 0.05$) (表 35)。しかしながら、血液検査値に有意差はあったものの正常値の範囲であり、試験期間中の供試豚の健康状況は良好であった。

表 35 血液検査 (n=7)

項目	5月15日		6月17日		7月18日	
	試験区0.5%	対照区	試験区0.5%	対照区	試験区0.5%	対照区
WBC	23,600 a	18,057 b	17,871	18,014	21,129 e	16,914 f
RBC 104/uL	701.3	687.0	725.4	689.1	731.6	724.1
HGB g/dL	12.6	12.5	13.0	12.6	13.3	13.3
HCT %	37.7	37.4	38.3	37.0	39.0	39.0
MCV fL	53.9	54.7	52.9	53.8	53.4	54.0
MCH pg	18.0	18.2	17.9	18.4	18.1	18.4
MCHC g/dL	33.4	33.3	33.9	34.2	34.0	34.0
PLT 104/uL	44.8	38.0	37.1	36.0	37.6	35.4
BUN mg/dL	4.4	5.0	15.1 c	19.4 d	13.1	17.8
GOT U/l	33.3	31.6	66.3	27.7	20.7	22.1
TP	6.4	6.2	6.7	6.8	-	-
ALB g/dL	4.0	4.0	4.2	4.1	4.4	4.4
T-CHO mg/dL	93.1	94.7	103.9	105.4	120.6	126.4
TG mg/dL	22.0	21.1	31.7	56.1	40.1	29.7
IP mg/dL	9.0	8.9	8.7	8.6	8.5	8.7
Ca mg/dL	9.5	9.3	10.2	10.0	9.8	9.6

a VS b)異符号間に有意差あり(p<0.01)

c VS d, e VS f)異符号間に有意差あり(p<0.05)

4. 表 21 の試験番号 8 について、LWD 種 18 頭(各区去勢 3 頭雌 3 頭)を供試した結果、肥育後期中における 0.5%、0.1%給与の発育成績で対照区に対して試験区 0.5%で有意差が認められた(p<0.05)が、出荷成績では有意差は認められなかった(表 36)。

表 36 発育成績、出荷成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)	出荷体重(kg)	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)	背脂肪厚(cm)
試験区 0.5%	12	1.04 a	113.8	151	77.2	1.9
試験区 0.1%	12	1.09 ab	113.7	151	77.2	1.7
対照区	12	1.23 b	116.7	148	79.6	2.1

a VS b)異符号間に有意差あり(p<0.05)

BBA はと畜時に盲腸から便を採取して測定したが各区において検出され有意差は認められなかった(表 37)。また、麩の産生する成長促進物質の一つであるジプトキシブタン(DBB※1)及び盲腸便 pH に関して有意差は認められなかった(表 38、39)。ふん便臭気(硫化水素、メルカプタン、酢酸)は試験期間中 3 回、試験豚の直腸便を採取し密閉容器に入れ 3 時間放置した後検知管で測定したが有意差は認められなかった(表 40)。

表 37 BBA 測定結果

区分	n	平均濃度ppm	標準偏差
試験区 0.5%	6	3272.30	1547.80
試験区 0.1%	6	3513.30	915.50
対照区	6	3307.00	854.80

表 38 DBB 測定結果

区分	n	平均濃度ppm	標準偏差
試験区 0.5%	6	2376.60	841.80
試験区 0.1%	6	2512.00	1416.70
対照区	6	3205.00	1336.20

表 39 盲腸便 pH

区分	n	pH
試験区 0.5%	6	6.47
試験区 0.1%	6	6.38
対照区	6	6.64

表 40 ふん便臭気 (ppm)

区分	n	硫化水素			臭気強度		
		4月24日	5月1日	5月8日	4月24日	5月1日	5月8日
試験区 0.5%	4	0.19	2.60	2.40	3	5	4
試験区 0.1%	4	5.20	4.08	2.92	4	4	5
対照区	4	0.23	0.92	4.13	3	4	5

区分	n	メルカプタン			臭気強度		
		4月24日	5月1日	5月8日	4月24日	5月1日	5月8日
試験区 0.5%	4	0.05	1.15	0.85	1	6	6
試験区 0.1%	4	0.53	3.25	2.35	4	6	6
対照区	4	0.08	0.75	0.63	1	6	6

区分	n	酢酸		
		4月24日	5月1日	5月8日
試験区 0.5%	4	1.25	3.64	2.57
試験区 0.1%	4	1.50	5.94	6.36
対照区	4	1.94	7.92	1.51

生産された豚肉を用いた官能評価は、当センター職員 36 名をパネルとし 9 項目において 2 点法により評価した。試験区 0.1%が対照区に比べ後味の強さ(p<0.05)の項目で有意に高くなった(表 41)。ロース部の背脂肪の内層脂肪で脂肪酸組成を測定したが、飽和脂肪酸のパルミチン酸と多価不飽和脂肪酸のリノール酸において試験区 0.1%が対照区に対して有意差が認められた(p<0.05)(表 42)。多価不飽和脂肪酸は酸化しやすく異臭の原因として考えられており、上記の官能評価で有

意差は認められなかったが「けもの臭さ、香りの好ましき」の項目の点数に影響しているものと考えられた。また、ロース芯部を用いて肉質分析したがpHで試験区0.1%が対照区に対して有意差が認められた($p<0.05$)が、加熱損失、ドリップロス及び剪断力価の有意差は認められなかった(表43)。このことにより、0.5%、0.1%給与区の日平均増体量が対照区と比較し低くなったが、0.1%給与することで対照区と比較して肉質等に違いのある豚肉が生産された。

※1 ジプトキシブタン (DBB) は鶏の筋細胞においてタンパク質分解を抑制し成長促進効果を発揮することや焼酎粕のヘキササン抽出物(BBA、DBBが含まれる)をブロイラーに給与すると体内でのタンパク質分解が抑制され飼料要求率が改善し筋肉重量が大きくなることが発表されている。³⁾

表41 官能評価(n=36)

項目	試験区0.1%	対照区	二項検定
けもの臭さ	23	13	NS
かみ切りやすさ	19	17	NS
ジューシーさ	18	18	NS
後味の強さ	24	12	*
味の好ましき	22	14	NS
香りの好ましき	14	22	NS
食感の好ましき	20	16	NS
脂肪の好ましき	19	17	NS
全体の好ましき	22	14	NS

*: $p<0.05$ NS: 有意差なし

表42 脂肪酸組成(%)分析結果

区分	n	単位:%						
		C14-0	C16-0	C16-1	C18-0	C18-1	C18-2	C18-3
試験区 0.5%	5	1.53	26.99	1.46	19.17	41.08	9.22	0.55
試験区 0.1%	5	1.51	26.53 a	1.35	19.31	40.68	10.03 c	0.58
対照区	5	1.54	27.59 b	1.37	20.41	39.66	8.87 d	0.56

a VS b, c VS d)異符号間に有意差あり($p<0.05$)

表43 加熱損失、ドリップロス分析結果(%)

区分	n	加熱損失%	ドリップロス%	pH	剪断力価(N)
試験区 0.5%	5	21.6	25.4	5.69 ab	31.0
試験区 0.1%	5	21.0	27.8	5.55 a	31.1
対照区	5	21.2	26.2	5.68 b	36.6

a VS b)異符号間に有意差あり($p<0.05$)

5. 表21の試験番号9について、LWD種48頭(各区去勢14頭雌10頭)を供試し検討した結果、肥育後期中における0.3%の発育成績($p<0.001$)と出荷成績($p<0.05$)で有意差が認められた(表44)。BBAは試験期間中に経時的に3回直腸便を全頭から採取して測定したが検出さ

れなかった。(表45)。DBBは試験開始前には検出されなかったが、試験開始後1ヶ月目、2ヶ月目で検出されたが有意差は認められなかった。また、臭いセンサーを豚房に設置し臭気指数について2日間測定したところ各区とも不快とされる臭気は認められなかった(図1)。官能評価は、栃木県農業試験場職員74名をパネルに7項目において評点法により評価した。食感の好ましき、脂肪の好ましき及び噛み切りやすさ($p<0.001$)、全体の好ましき($p<0.01$)、味の好ましき($p<0.05$)の項目で有意差が認められた(表46)。ロース部の背脂肪の内層脂肪で脂肪酸組成と脂肪融点を測定したが有意差は認められなかった(表48)。また、ロース部を用いて肉質分析と色彩色差計での測定をしたが有意差は認められなかった(表49)。このことから、肥育後期間に最小割合の0.3%給与することで発育成績を向上させ、肥育成績に影響を与える可能性が考えられた。しかしBBAは検出されず、DBBについても肥育成績に影響を与えた要因の解明には至らなかった。

表44 発育成績、出荷成績

区分	n	日平均増体量(kg/日)		出荷体重(kg)	出荷日齢(日)	枝肉重量(kg)	背脂肪厚(cm)
		前期~後期	後期~出荷				
試験区 0.3%	24	0.92	0.97 a	108.9	163.7	76.1	2.2
対照区	24	0.87	0.85 b	113.1	163.7	74.2	2.3

a VS b)異符号間に有意差あり($p<0.001$)

表45 BBA測定結果

区分	n	試験開始前	開始後1ヶ月目	開始後2ヶ月目
試験区 0.3%	24	不検出	不検出	不検出
対照区	24	不検出	不検出	不検出

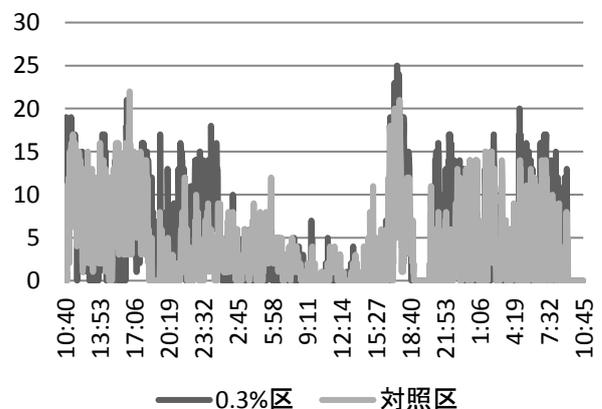


図1 臭気指数の推移(2日間48時間の推移)

養豚におけるキノコ廃菌床発酵物給与技術の検討

表 46 官能評価 (n=74)

項目	試験区0.3%	対照区	評価法
けもの臭さ	2.91	2.88	NS
かみ切りやすさ	4.05	4.50	***
味の好ましさ	4.27	4.57	*
香りの好ましさ	3.61	3.66	NS
食感の好ましさ	3.95	4.32	***
脂肪の好ましさ	3.66	4.20	***
全体の好ましさ	4.08	4.49	**

*: p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001 NS : 有意差なし

表 47 脂肪酸組成 (%)、脂肪融点 (°C) 分析結果

区分		脂肪酸組成 (%)							融点 °C	
		C14-0	C16-0	C16-1	C18-0	C18-1	C18-2	C18-3		
		ミスチリン	パルミチン	パルミトリン	ステアリン	オレイン	リノール	αリノレン		
試験区	0.3%	7	1.40	26.10	1.60	17.40	40.70	12.00	0.80	39.40
対照区		7	1.40	25.90	1.40	18.60	40.00	11.90	0.80	40.80

表 48 加熱損失、ドリップロス分析結果 (%)

区分	n	加熱損失 (%)	ドリップロス (%)	pH	水分含有量 (%)	
試験区	0.3%	7	25.2	11.6	5.6	73.9
対照区		7	25.5	11.4	5.7	74.0

表 49 色彩色差計値 (ロース芯部)

区分		n	切断直後	24時間後	48時間後
試験区	0.3%	3	47.71	52.35	49.70
対照区		3	48.14	50.98	49.36

* a *

区分		n	切断直後	24時間後	48時間後
試験区	0.3%	3	9.91	13.09	11.37
対照区		3	10.36	12.24	11.24

* b *

区分		n	切断直後	24時間後	48時間後
試験区	0.3%	3	5.30	9.38	7.76
対照区		3	5.71	8.79	8.02

- 1) 林國興・前田真希・北原和弥・田子山徹・大塚彰. 焼酎粕濃縮液給与によるブロイラーの生産性及び肉質の改善 日本畜産学会誌 80. 35-39. 2009
- 2) 神園巴美・林國興. ブロイラーの筋肉タンパク質分解に対する焼酎粕ヘキサン抽出物給与の影響 日本畜産学会第 111 回大会 2009. 9
- 3) 神園巴美・大塚彰・橋本文雄・林國興. ブロイラーの骨格筋成長に対する 1, 1-ジブトキシブタンの作用 日本家禽学会秋季大会 2010. 9
- 4) 神園巴美. 麹発酵生産物ブトキシブチルアルコールの筋肉生化学的研究 東北大学農学部特別研究員奨励賞 2011-2013 ブトキシブチルアルコールはブロイラーの骨格筋タンパク質代謝に影響して成長を促進する 学会発表 2014
- 5) 入江正和. 豚肉質の評価法 日豚会誌 39 巻 4 号 2002. 12
- 6) 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 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
- 7) 財団法人 日本食肉消費センター 独立行政法人 家畜改良センター編 食肉のガイドライン 2005. 3

参考文献 6.

表 21 の試験番号 5~9 についてのまとめとして、キノコ廃菌床発酵物は、肥育後期に給与割合が 0.5%、0.3%、0.1%においてそれぞれ発育成績と官能評価等の肉質に影響を及ぼすことが示唆された(表 50)。このことから、キノコ廃菌床発酵物は肥育後期間に最小割合の 0.3%を給与することで、発育性と肉質等の両面に作用し影響を与えることが考えられた。しかしながら、BBA・DBB がどのように作用したかを検証することはできなかった。

表 50 給与時期のまとめ

試験番号	実施年度	区分	給与割合 (%)	給与時期	発育	肉質等
5	24	試験区	0.50	肥育前期 (体重30kg~70kg)	-	○
		対照区	0.10		-	-
6	24	試験区	0.50	肥育後期 (体重80kg~出荷)	○	○
		対照区	0.10		-	-
7	25	試験区	0.50	肥育全期間 (体重30kg~出荷)	-	○
		対照区	0		-	-
8	26	試験区	0.50	肥育後期 (体重70kg~出荷)	○	-
		対照区	0.10		-	○
9	27	試験区	0.30	肥育全期間 (体重50kg~出荷)	○	○
		対照区	0		-	-

○ 対照区と比較して有意差が認められた。

- 対照区と遜色ない。

謝辞

本研究の実施に当たり、協力機関として多大な協力をいただきました有限会社那須バイオファーム、BBA・DBB 分析等で協力をいただきました株式会社源麴研究所、国立大学法人鹿児島大学、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、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。