

泡盛蒸留粕混合飼料の給与が 肥育豚の発育および肉質に及ぼす影響

普照恭多 當眞嗣平* 片桐慶人

I 要 約

沖縄県独自の地域未利用資源である泡盛蒸留粕を豚飼料として有効活用することを目的に、泡盛蒸留粕混合飼料の肥育後期豚への給与が発育および肉質に及ぼす影響を調査した。給与試験は、畜産研究センター内の豚舎で行い、LWD 交雑種豚 15 頭を用いた。試験区は対照区（市販肥育後期飼料）と肥育後期飼料に泡盛蒸留粕混合飼料を、それぞれ 3%および 5%混合した試験区 1, 2 を設けた。得られた結果は以下のとおりである。

1. 増体日量 (DG), 飼料要求率, 枝肉成績について, 試験区間に有意差はなかった。
2. 水分, 筋肉内脂肪含量, 脂肪融点, 保水性, 加熱損失率, 圧搾肉汁率, 破断応力およびビタミン E について, 試験区間に有意差はなかった。
3. 脂肪酸組成におけるオレイン酸について試験区 2 が対照区と比べて有意に高くなった。
4. 核酸におけるイノシン酸について試験区 2 が対照区および試験区 1 と比べて有意に高くなった。遊離アミノ酸について, 試験区間に有意差はなかった。

以上のことから, 泡盛蒸留粕混合飼料は増体性, 枝肉成績に大きな影響を及ぼさず, 肉質においてオレイン酸およびイノシン酸の増加効果が期待され, 肥育後期豚の飼料として活用できると考えられた。

II 緒 言

2001 年から食品リサイクル法が施行され, 畜産分野においては未利用資源の飼料化による循環型社会の構築が望まれている。また, 国内における産地間競争の激化や消費者ニーズの多様化などにより, 地域未利用資源の活用した特色ある豚肉生産や研究が盛んに行われている^{1~3)}。

本県の特産物である泡盛は, その製造工程で泡盛蒸留粕が発生するが, 県内 17 酒造所より 373.6t/月排出され, そのうち約 30%は産業廃棄物として処理されている⁴⁾。泡盛蒸留粕は, 家畜の飼料として活用できるだけの CP や TDN を含んでおり⁴⁾, 沖縄県内の一部養豚農家ではリキッド飼料として利用しているが, 水分含量が高く保存性に難があることや, 収集の困難性から普及利用は一部に留まっている。

畜産研究センターでは, 1991 年から 1994 年にかけて肉豚への泡盛蒸留粕給与試験が行われ, 発育および枝肉成績に関する報告が行われている^{5~8)}。また, 乳酸菌添加やペレット化による泡盛蒸留粕の飼料化に関する研究^{9~10)} や, 様々な家畜での給与試験が行われており^{11~13)}, 沖縄独自の未利用資源としての活用が模索され続けている。そうした中, 沖縄県エコフィード利用推進体制整備事業にて, 泡盛蒸留粕の乾燥飼料化に取り組み, 泡盛蒸留粕とふすま, 米ぬか, 大豆粕を混合し乾燥処理を行うことで, 泡盛蒸留粕混合飼料の製造が成された。

そこで, 本試験では製造された泡盛蒸留粕混合飼料を肥育後期用飼料に添加し, その給与が発育後期豚の発育および肉質に及ぼす影響を調査した。

III 材料および方法

1. 試験期間

2018 年 8 月 28 日から 2018 年 10 月 24 日に実施した。

2. 試験場所

畜産研究センター内の豚舎で行った。

3. 供試豚

肥育後期のLWD種において去勢6頭、雌9頭の計15頭を用いた。対照区、試験区1および2に、それぞれ去勢2頭、雌3頭の計5頭を配置した。

4. 給与飼料

畜産研究センターで通常給与している肥育後期用飼料を用いた。泡盛蒸留粕混合飼料は、泡盛蒸留粕60%に対して、吸着基材（ふすま：米ぬか：大豆粕＝50：48：2）を40%混合し乾燥したものをを用いた。肥育後期用飼料を給与した5頭を対照区とし、肥育後期用飼料に泡盛蒸留粕混合飼料をそれぞれ3%および5%を混合し給与した5頭をそれぞれ試験区1・2とした。

5. 飼養管理

環境豚舎の3豚房（1豚房：2.7m×2.7m＝7.29㎡）で5頭ずつ飼養し、5頭の平均体重が概ね70～120kgの間に供試飼料を給与した。飼養管理は自由飲水および朝、夕2回の制限給餌とした。その他管理は通常どおりとした。

6. 調査項目および方法

1) 飼料成分

常法¹⁴⁾に準じ、水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、Ca、P、リジンおよびビタミンEを分析した。

2) 発育および枝肉成績

発育成績については、試験開始体重、試験終了時体重、増体日量（DG）、飼料摂取量および飼料要求率を調査し、出荷豚の枝肉成績については枝肉重量、枝肉歩留りおよび背脂肪厚を調査した。

3) 肉質分析

常法¹⁵⁾に準じ水分、筋肉内脂肪含量、脂肪内層融点、保水性、加熱損失率、圧搾肉汁率、破断応力、ビタミンE含量、脂肪酸組成を分析した。脂肪酸の抽出はFolchの方法¹⁶⁾で行いGC（Agilent7890B）で測定を行った。カラムはキャピラリーカラム（DB-23）を用いた。核酸およびアミノ酸組成は高速液体クロマトグラフ（HPLC）法にて分析した。筋肉内脂肪含量、加熱損失率、圧搾肉汁率、破断応力、ビタミンE含量、核酸およびアミノ酸組成は、沖縄県環境科学センターに分析委託した。

7. 統計処理

統計処理はEZR（Rバージョン4.0.3、Rコマンダーバージョン2.7-1）において一元配置分散分析を行い、有意差が確認された項目については、さらに多重比較検定（Turkey-Kramer検定）を行った。

IV 結果

1. 飼料成分

泡盛蒸留粕混合飼料等の飼料成分組成を表1に示した。泡盛蒸留粕混合飼料の粗タンパク質は37.6%、ビタミンEは21.4mg/kgであった。給与飼料の成分組成を表2に示した。粗タンパク質、ビタミンE含量について対照区に比べ試験区1および2で増加した。

表1 飼料成分組成

	泡盛蒸留粕 混合飼料	乾燥 泡盛蒸留粕 (注)
DM (%)	89.8	93.2
粗タンパク質 (DM%)	37.6	42.4
粗脂肪 (DM%)	0.7	6.8
粗繊維 (DM%)	41.9	57.1
粗灰分 (DM%)	9.5	0.7
Ca (DM%)	0.18	0.06
P (DM%)	1.71	0.26
リジン (DM%)	0.59	-
ビタミンE (mg/kg)	21.4	-

注) 引用文献4)の値を記載。

表2 供試飼料の成分組成

	対照区	試験区1	試験区2
	肥育後期用飼料	泡盛蒸留粕 混合飼料3%	泡盛蒸留粕 混合飼料5%
DM (%)	86.8	86.9	86.9
粗タンパク質 (DM%)	14.8	15.5	15.7
粗脂肪 (DM%)	2.1	2.4	2.0
粗繊維 (DM%)	15.7	18.5	16.5
粗灰分 (DM%)	5.0	5.2	5.2
Ca (DM%)	0.74	0.76	0.64
P (DM%)	0.51	0.53	0.57
リジン (DM%)	1.16	0.95	1.26
ビタミンE (mg/kg)	6.4	8.9	10.1

2. 発育および枝肉成績

発育および枝肉成績を表3に示した。供試期間、DG、飼料要求率について試験区間に有意差はなかった。枝肉重量、枝肉歩留りおよび背脂肪厚について試験区間に有意差はなかった。

表3 発育および枝肉成績

	対照区	試験区1	試験区2	有意差
	肥育後期用飼料	泡盛蒸留粕 3%混合	泡盛蒸留粕 5%混合	
供試期間	49.2日	44.6日	43.6日	
開始体重(kg)	68.8	68.8	70.6	
出荷体重(kg)	116.4	115.6	117.6	
DG (kg/日)	1.02	1.05	1.09	ns
飼料摂取量(kg/日)	3.29	3.27	3.28	ns
飼料要求率	3.36	3.13	3.03	ns
枝肉重量(kg)	80.5	78.5	81.6	ns
枝肉歩留り(%)	0.69	0.68	0.69	ns
背脂肪厚(cm)	1.48	1.64	1.64	ns

注) ns : 有意差なし

3. 肉質分析

肉質分析の結果を表4に示した。脂肪融点について試験区間に有意差はなかったが、試験区1が低くなる傾向(P=0.07)にあった。水分、筋肉内脂肪含量、保水性(ドリップロス24hおよび48h)、加熱損失率、圧搾肉汁率、破断応力およびビタミンEについて試験区間に有意差はなかった。

表4 肉質分析結果

	対照区	試験区1	試験区2	有意差
	肥育後期用飼料	泡盛蒸留粕 3%混合	泡盛蒸留粕 5%混合	
水分(%)	72.2	71.2	71.8	ns
筋肉内脂肪含量(%)	3.75	4.83	3.76	ns
脂肪融点(°C)	37.1	34.8	37.5	ns
保水性(%)				
ドリップロス 24h	2.47	2.00	2.22	ns
ドリップロス 48h	3.86	3.26	3.39	ns
加熱損失率(%)	25.8	26.6	25.3	ns
圧搾肉汁率(%)	36.5	37.4	34.0	ns
破断応力(kgf/cm ²)	3.85	4.16	4.01	ns
ビタミンE (mg/100g)	0.22	0.22	0.24	ns

注) ns : 有意差なし

脂肪酸組成の分析結果を表5に示した。オレイン酸について対照区と比べ試験区2で有意に高くなり、試験区1でも高い傾向(P=0.07)を示した。その他の各脂肪酸について試験区間に有意差はなかった。

表5 脂肪酸組成

	対照区	試験区1	試験区2	有意差
	肥育後期用飼料	泡盛蒸留粕 3%混合	泡盛蒸留粕 5%混合	
ミリスチン酸(%)	1.39	1.39	1.41	ns
パルミチン酸(%)	25.25	25.23	24.95	ns
パルミトリン酸(%)	1.83	2.35	2.32	ns
ステアリン酸(%)	19.54	16.95	16.61	ns
オレイン酸(%)	40.60 ^a	42.95 ^{ab}	43.31 ^b	*
リノール酸(%)	10.87	10.60	10.85	ns
リノレン酸(%)	0.53	0.52	0.53	ns

注1) ns : 有意差なし

2) * : 異符号間で有意差あり (P<0.05)

核酸およびアミノ酸の分析結果を表6に示した。核酸におけるイノシン酸について、試験区2が有意に高い値を示した。グアニル酸とアデニル酸について、試験区間に有意差はなかった。遊離アミノ酸について、試験区間に有意差はなかった。

表6 核酸および遊離アミノ酸 (mg/100g)

	対照区	試験区1	試験区2	有意差
	肥育後期用飼料	泡盛蒸留粕 3%混合	泡盛蒸留粕 5%混合	
核酸				
イノシン酸	60.4 ^a	58.4 ^a	101.4 ^b	*
グアニル酸	3.0	3.0	3.6	ns
アデニル酸	1.2	1.4	1.0	ns
総遊離アミノ酸	45.68	48.37	47.92	ns
旨味・酸味系				
アスパラギン酸	下限値以下	下限値以下	下限値以下	ns
グルタミン酸	8.1	8.1	7.3	ns
甘味系				
セリン	4.57	4.57	4.45	ns
グリシン	6.55	6.31	6.44	ns
アラニン	13.27	13.77	12.89	ns
トレオニン	3.77	4.23	4.10	ns
プロリン	2.60	3.11	3.03	ns
風味・苦味系				
ヒスチジン	1.73	1.57	1.79	ns
アルギニン	2.68	2.76	2.92	ns
チロシン	4.24	3.94	4.19	ns
バリン	4.63	4.60	4.44	ns
メチオニン	3.63	3.20	3.35	ns
システイン	0.17	下限値以下	0.32	ns
トリプトファン	1.83	1.75	2.02	ns
フェニルアラニン	4.33	4.00	3.99	ns
イソロイシン	3.76	3.64	3.56	ns
ロイシン	7.33	6.88	6.94	ns
リジン	2.99	3.25	3.47	ns

注1) ns：有意差なし

2) *：異符号間で有意差あり (P<0.05)

V 考 察

本試験に用いた泡盛蒸留粕混合飼料は、高い粗タンパク含量を有しているが、これは泡盛蒸留粕の液体部分に溶け込んでいるアミノ酸を、十分に基材に吸着させ乾燥することで余すことなく回収できたためと推察される。また給与結果は発育および枝肉成績について各区に有意差はなく、両試験区の DG は日本飼養標準¹⁷⁾の期待増体日量の 0.85kg を十分に満たし、DG は 1.05~1.09kg であったことから、嗜好性や消化性に影響はないものと考えられた。

肉質分析の結果、試験区 1 の脂肪融点が低くなる傾向 (P=0.07) にあり、これは融点の低い一価不飽和脂肪酸であるパルミトレイン酸やオレイン酸が対照区と比べて高い値を示したことが要因と考えられた。一方、本試験では同様の脂肪酸組成を示した試験区 2 において、統計的な有意差がなかったものの、脂肪融点が高くなる傾向にあった。

食肉の硬さは、筋繊維とそれらを包む各種膜である結合組織および膜中に存在する脂肪組織 (さし) が影響し、脂肪融点が低く筋肉内脂肪含量が多い肉はやわらかくなる¹⁸⁾。しかし、本試験では対照区および試験区 2 と比べて、脂肪融点が低く、筋肉内脂肪含量が多い傾向にあった試験区 1 において、破断応力は対照区および試験区 2 と同程度の値を示した。一般的に牛肉はさしが入ることで肉質がやわらかくなるが、豚肉は牛肉ほどさしが入らない¹⁸⁾ことや、豚肉において筋肉内脂肪含量とやわらかさに相関はみられない¹⁹⁾といった報告がある。本試験においても、肉質がやわらかくなるほど肉中にさしが入らず、脂肪組織以外の筋繊維や結合組織が破断応力の数値に影響したと考えられた。

飼料中のビタミンE含量の増加は、肉中のビタミンE含量を増加¹⁾させ、肉中のビタミンE含量増加による保水性向上が期待される。本試験でも飼料中のビタミンE含量は増加したが、豚肉中のビタミンE含量に変化はなかった。これは本試験の飼料中のビタミンE含量が尾花ら¹⁾の報告値の28~46%程度であったことが影響したと推察される。また、筋肉はビタミンEが消費されやすく、泡盛蒸留粕由来のビタミンE供給量では機能性を発揮する程、筋肉中にビタミンEが蓄積されなかったと考えられる。

脂肪酸組成において、オレイン酸が試験区で対照区と比べて高くなる傾向にあった。勝俣ら²⁰⁾や、石川ら²¹⁾は、肥育豚への玄米や飼料用米の給与によるオレイン酸の増加を報告しているが、これは玄米や飼料用米を配合した飼料中の脂肪酸組成が影響したものと考察している。しかし、両報告ともオレイン酸の単純な増加ではなく、飼料中のリノール酸割合の低下がオレイン酸の相対的な増加をもたらしたと報告している。一方、本試験ではリノール酸の低下はみられず、オレイン酸の増加がみられたことから脂肪酸組成への好ましい影響を及ぼしている可能性がある。また、オレイン酸を含む一価不飽和脂肪酸はフレーバーや食味性と好ましい正の相関があるとの報告²²⁾もあることから、泡盛蒸留粕混合飼料の脂肪酸組成や配合割合の違いが肉質に及ぼす影響について、より詳しく検証を行うことが望ましい。なお、未利用資源の給与で問題となる軟脂発生²³⁾について、本試験では供試したロース肉の性状や外見上から軟脂と判断される個体はみられなかった。

核酸におけるイノシン酸はうま味成分であり、給与飼料による影響はない²⁴⁾と報告されているが、本研究では試験区2で有意に高い値を示した。一般的に豚肉内に120mg/100g程度含有²⁵⁾されるが、本試験ではそれよりも低い分析値を示した。これはイノシン酸が肉の熟成過程でATPの分解に伴い生成¹⁸⁾され、屠畜後2~3日をピークに漸減していく²⁶⁾ためと考えられる。今後は熟成期間も考慮し検証することが望まれる。核酸と同様、遊離アミノ酸は食肉の呈味成分であるが、品種や個体によって差異があり²⁷⁾、給与飼料による影響はない²⁴⁾との報告がある。また、石川ら²¹⁾や岩谷ら²⁴⁾は、アスパラギン酸、バリン、メチオニン、フェニルアラニン、イソロイシン、ロイシンにおいて有意差がみられたと報告しているが、飼料給与による影響はわずか、もしくは不明と考察している。本試験でも試験区間に有意差はなかったことから、泡盛蒸留粕混合飼料による遊離アミノ酸への影響はないと考えられた。

以上のことから、泡盛蒸留粕混合飼料の給与は増体性、枝肉成績および肉質に大きな影響はなく、肥育後期豚の飼料として活用できると考えられた。

VI 引用文献

- 1) 尾花尚明・入江正和・高橋俊浩・森田哲夫・堀之内生次郎・岩切正芳・林國興(2010) 乾燥焼酎粕ケーキの添加レベルが肥育豚の生産性、枝肉形質、肉質に及ぼす影響・日本畜産学会報, 81 (4), 467-474
- 2) 小平貴都子・入江正和・堀之内生次郎・岩切正芳・竹之山慎一・六車三治男・高橋俊浩・森田哲夫・松葉賢次・甲斐敬康(2007) ワイン粕給与が肥育豚の発育と枝肉・肉質特性に及ぼす影響, 日本養豚学会誌, 44 (3), 127-135
- 3) 本多昭幸・嶋澤光一・尾野喜孝(2011) シロップ廃液を活用したリキッド飼料の給与が肥育豚の産肉性および血清成分に及ぼす影響・日本畜産学会報, 82 (3), 317-323
- 4) 久高将雪・塩山朝・新田宗博(2011) 畜産物ブランド化に向けた県産未利用資源の活用による家畜飼養管理技術の開発 (1) 泡盛副産物の排出・利用状況及び栄養価の調査, 沖縄県畜産研究センター試験研究報告, 49, 41-46
- 5) 高江洲義晃・野島厚子・大城俊弘(1991) 肉豚への泡盛粕給与試験 (1) 肥育中期・後期の肉豚への給与, 沖縄県畜産試験場研究報告, 29, 69-73
- 6) 高江洲義晃・野島厚子・大城俊弘(1992) 肉豚への泡盛粕給与試験 (2) 肥育豚への給与, 沖縄県畜産試験場研究報告, 30, 77-81
- 7) 高江洲義晃・野島厚子・大城俊弘(1993) 肉豚への泡盛粕給与試験 (3) 泡盛蒸留粕混合飼料の給与, 沖縄県畜産試験場研究報告, 31, 77-82
- 8) 高江洲義晃・野島厚子・大城俊弘(1994) 肉豚への泡盛粕給与試験 (4) 泡盛蒸留粕給与実証試験,

沖縄県畜産試験場研究報告, 32, 109-116

- 9) 久高将雪・塩山朝・新田宗博(2011)畜産物ブランド化に向けた県産未利用資源の活用による家畜飼養管理技術の開発 (2) 乳酸菌製剤を用いた泡盛蒸留粕の保存性に関する検討, 沖縄県畜産研究センター試験研究報告, 49, 47-54
- 10) 安里直和・太野垣陽一・久高将雪・森山高広・島袋宏俊(2014)泡盛蒸留粕の保存性およびペレット化の検討, 沖縄県畜産研究センター試験研究報告, 49, 25-35
- 11) 太野垣陽一・安里直和・砂川隆治・運天和彦(2012)畜産物ブランド化に向けた県産未利用資源の活用による家畜飼養管理技術の開発 (5) 泡盛蒸留粕乳酸発酵物給与が黒毛和種子牛育成に及ぼす影響, 沖縄県畜産研究センター試験研究報告, 50, 1-5
- 12) 長嶺樹・砂川勝徳・TRAN Van Thang・喜納享志・波間智行・香取和樹・稲垣茉奈・仲間大輔 (2010) 豆腐粕配合飼料と泡盛蒸留圧搾粕配合飼料の給与が雄子ヤギの成長に及ぼす影響, 日本畜産学会大会講演要旨, 112, 31
- 13) 渡部葉月・伊村嘉美 (2016) 泡盛蒸留粕および飯米の豚用飼料利用に関する研究, 沖縄畜産研究会報, 51, 31-40
- 14) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター飼料分析基準研究会(2010), 飼料分析法・解説(2009), 社団法人日本科学飼料協会
- 15) 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル, 独立行政法人家畜改良センター
- 16) Folch, J., M. Lees and G. H. Sloane Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues: *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509
- 17) 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年版), 中央畜産会
- 18) 沖谷明紘 (1996) シリーズ《食品の科学》肉の科学, 57-63, 朝倉書店
- 19) 田口聡子・飯田文子 (2014) 豚肉における官能評価と適合度の高い力学的測定法の検討, 日本女子大学紀要家政学部, 61, 7-12
- 20) 勝俣昌也・佐々木啓介・斉藤真二・石田藍子・京谷隆侍・本山三知代・大塚誠・中島一喜・澤田一彦・三津本充 (2009) 肥育後期豚への玄米の給与が皮下脂肪の性状に及ぼす影響, 日本畜産学会報, 80 (1), 63-69
- 21) 石川翔・龍田健 (2014) 飼料用米の給与割合の違いが肉豚の発育, 肉質および経済性に及ぼす影響, 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告, 50, 1-8
- 22) Cameron, N. D., M. Enser, G. R. Nute, F. M. Whittington, J. C. Penman, A. C. Fisker, A. M. Perry and J. D. Wood (2000) Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Science*, 55, 187-195
- 23) 入江正和 (2007) 【解説】エコフィード給与と豚肉の品質, 日本食肉研究会誌, 48, 175-186
- 24) 岩谷英治・設楽修・入江正和 (2005) パン添加飼料給与がブタの増体量および肉質に及ぼす影響, 日本畜産学会報, 76 (1), 15-22
- 25) 上野川修一 (2011) 豚肉のチカラ, 24, 財団法人日本食肉消費総合センター
- 26) Teasaki, M., M. Kajikawa, E. Fujita, K. Ishii (1965) Studies on the flavor of meats Part 1. Formation and degradation of inosinic acids in meats, *Agr. Biol. Chem.*, 29, 208-215
- 27) 千国幸一・佐々木啓介・江森格・岩木史之・谷史雄・中島郁世・室谷進・三津本充 (2002) 豚肉風味関連物質の含量に対する加熱処理の影響, 日本養豚学会誌, 39 (3), 191-199