技術ノート

シークワサー粕給与が肥育後期豚の発育,
枝肉および肉質に及ぼす影響

當眞嗣平

沖縄県畜産研究センター, 沖縄県国頭郡今帰仁村, 905-0426
現所属) 沖縄県畜産課, 沖縄県那覇市, 900-8570

(2019 年 3 月 22 日受付, 2019 年 6 月 27 日受理)

緒 言

近年, 飼料自給率の向上や循環型社会の構築を目指し, 食品残さや製造副産物などの未利用資源を飼料として有効活用する研究が行われている。その中でも, ブタにおいては機能性成分を含む未利用資源を給与することで, 肉質の改善 (鈴木ら, 2002), 背脂肪厚の減少 (村上ら, 2008; 脇屋ら, 2009) およびビタミン E 含量の増加 (竹之山ら, 2008) など食肉の付加価値を高める結果が報告されている。

シークワサー (*Citrus depressa* Hayata) は, 沖縄に古くから自生する香酸柑橘である。強い酸味と独特な香りが特徴で, 沖縄では香味料などに用いられてきた。年間 1,500 t~3,500 t が生産され (沖縄県農林水産部農林水産総務課, 2017), 大部分はジュースとして加工されるが, 搾汁残さであるシークワサー粕が大量に発生し, その処理が課題となっている (広瀬, 2012)。柑橘類はノビレチン, ヘスペリジンなどの機能性成分を多く含んでいることが知られている (OZAKI ら, 2006; NOGATA ら, 2006)。これらの成分には抗酸化作用があり (MURAKAMI ら, 2000; 三宅, 2015), 搾汁残さにも多く残留している (広瀬ら, 2017)。西ら (2016) は宮崎県特産の柑橘類へべすの搾汁残さをブタに給与し, 肉中のビタミン E 含量が増加傾向を示すこと, 肉の加熱損失率が減少することを報告している。しかし, シークワサー粕

をブタに給与した報告はなく, 飼料として利用するにあたっては, まず, 発育成績や肉質などに悪影響を及ぼさないことを確認する必要がある。

そこで, 本試験ではシークワサー粕の有効活用に向けた基礎的な知見を得るため, シークワサー粕添加飼料を肥育豚に給与し発育成績, 枝肉形質および肉質に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

供試豚, 供試飼料および試験区分

本試験は沖縄県畜産研究センターにおいて, 日本学術会議の「動物実験の適正化に向けたガイドライン」に従い, 動物倫理に十分に配慮して実施した。供試豚は, 三元交雑種 (LWD, 平均日齢 127.7 日 ± 2.4 日) の雌 12 頭を用いた。試験区分としてブタ用市販肥育後期飼料を給与する対照区, 対照区飼料に乾燥シークワサー粕を 3% 添加した区 (以下 3% 区) と 5% 添加した区 (以下 5% 区) を設定した。市販肥育後期飼料の原材料割合は, 穀類 (トウモロコシ, マイロ, 精白米, 小麦およびカンショ) 73%, 植物性油粕類 (大豆油粕となたね油粕) 12%, そうこう類 (フスマと米ぬか油粕) 11%, その他 (炭酸カルシウム, 食塩およびビタミン類) 4% である。供試豚は試験区当たり 4 頭ずつ 3.5×2.7 m の豚房で群飼し, 自由飲水および不断給餌で飼養した。試験は 70 kg から 120 kg まで行い, その間の増体量, 飼料摂

Effects of Shiikuwasha Lees on Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality in Finishing Pigs
Shihei TOUMA

Key words : shiikuwasha lees, finishing pig, carcass characteristics, growth performance, meat quality

連絡者: 當眞嗣平 (E-mail: toumashh@pref.okinawa.lg.jp TEL. 098-866-2269)

取量および飼料要求率を調査した。

なお、乾燥シークワサー粕は、沖縄県内のジュース工場で搾汁時に排出される果皮および種子を含む搾汁残さを 1 cm 以下に粗砕し、脱水後に熱風乾燥機による予備乾燥（約 60℃で 30 分間）および気流式乾燥装置による乾燥（120℃, 3~5 秒間）の工程を経て水分量を 10% 程度まで低下させたものである。

枝肉形質の測定

体重約 120 kg に達した試験豚は食肉処理のため、(株)沖縄県食肉センターに搬入後、電気ショックによる失神状態で放血と畜した。枝肉は 0℃で 24 時間保管後、枝肉重量を測定し右枝肉半丸について背脂肪厚、ロース芯面積、肉色および脂肪色を測定した。背脂肪厚は第 9 から第 13 胸椎の最も薄い部分を測定し、ロース芯面積、肉色および脂肪色は第 5-6 胸椎間部を測定した。肉色および脂肪色の評価は、それぞれ畜試式豚標準肉色（ポークカラースタANDARD）、畜試式豚標準脂肪色（ポークファットスタンダード）を用い、畜試式豚標準肉色では 6 段階（1=とても淡い~6=とても濃い）、畜試式豚標準脂肪色では 4 段階（1=とても白い~4=とても着色している）で評価した。

理化学分析

理化学分析のため右枝肉半丸の最後肋骨から最後腰椎部位のロース肉を採取し、水分、筋肉内脂肪含量、ドリップロス、加熱損失率、圧搾肉汁率、破断応力および α -トコフェロール含量を測定した。水分は加熱乾燥機（135℃で 2 時間乾燥）で、筋肉内脂肪含量はエーテル抽出法で測定した。精肉の保水性を表すドリップロスは、KAUFMANN ら（1986）の方法に準じ、約 50 g のロース肉を密閉したケース内に吊して 4℃で 24~48 時間保冷し、前後の重量差から水分損失割合を算出した。加熱損失率、圧搾肉汁率および破断応力は独立行政法人家畜改良センター（2010）の方法に準じて行った。加熱損失率は、4 cm×4 cm×1 cm に切り出した肉片をビニール袋に入れ密封し、70℃のウォーターバス内で 60 分間加熱した。その後、加熱により減少した重量から加熱損失率を算出した。圧搾肉汁率は、加熱損失分析後のサンプルを立方体状（約 0.5 g）に切り出し、加圧計を用いて 35 kg/cm²で 1 分間加圧後、前後の重量差から算出した。破断応力は、加熱損失分析後のサンプルを筋繊維に対して平行に 1 cm 厚で切り出し、テンシプレッサー（TTP-50BXII, タケトモ電

子、東京）を用いて測定した。 α -トコフェロール含量の測定は、財団法人沖縄県環境科学センターに依頼して実施した。

脂肪酸組成および脂肪融点

脂肪酸組成は、最後肋骨部位の筋肉内脂肪および背脂肪内層について分析した。クロロホルム・メタノール液（2:1）を用いて脂質を抽出した後、メチル化キット（ナカライテスク、京都）を用いてメチル化を行った。その後、抽出した試料をガスクロマトグラフ（GC7890; アジレント社製、カルフォルニア）で FID 検出により分析した。分析カラムは、DB-23（60 m×0.25 mm, アジレント社製）を使用した。ミリスチン酸（C14:0）、パルミチン酸（C16:0）、パルミトレイン酸（C16:1）、ステアリン酸（C18:0）、オレイン酸（C18:1）、リノール酸（C18:2）およびリノレン酸（C18:3）の 7 成分をスタンダードのリテンションタイムから同定し、百分率で示した。背脂肪内層の融点は独立行政法人家畜改良センター（2010）の方法に準じ、ガラス毛细管を用いて上昇融点法により行った。

統計処理

統計処理は JMP 8.0（SAS Institute Japan, 東京）を用いて、飼料を要因とする一元配置分散分析を行い、 $P<0.05$ の場合には Tukey-Kramer 法で 3 処理区間における平均値比較を行った。

結果および考察

シークワサー粕および試験飼料の一般成分および脂肪酸組成

シークワサー粕および試験飼料の一般組成および脂肪酸組成を表 1 に示した。シークワサー粕の粗タンパク質含量（CP）、粗脂肪含量（EE）および粗繊維含量（CF）は、ミカンジュース粕（CP6.8%, EE1.7%, CF11.1%）（日本標準飼料成分表, 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編, 2009）よりも高く、立山ら（2011）が報告したユズ加工残さ（CP9.6%, EE13.3%, CF13.2%）と同程度であった。シークワサー粕の添加量が多くなるに従い、若干 CP の低下がみられ EE と CF が高くなった。脂肪酸組成については、シークワサー粕添加区と対照区の間には大きな違いはみられなかった。

発育と枝肉形質

シークワサー粕を給与したブタの発育と枝肉形質を表 2 に示した。一日平均増体量に区間差はみられなかった。飼料摂取量と飼料要求率は 1 試験区 4

表 1. シークワサー粕および試験飼料の一般組成および脂肪酸組成 (DM, %)

Table 1. Chemical and fatty acids composition of shiikuwasha lees and control diet and experiment diet, as dry basis

	Shiikuwasha lees	Control	3% group	5% group
Crude protein (%)	9.5	14.7	14.6	14.3
Ether extract (%)	14.0	2.6	2.9	3.3
Crude fiber (%)	13.1	3.3	3.8	4.1
Crude ash (%)	4.6	5.2	5.3	5.1
Nitrogen free extract (%)	58.8	74.2	73.4	73.2
Lysine (%)	1.06	1.10	1.08	1.22
Fatty acids composition (%)				
C16 : 0	20.3	15.2	15.1	15.2
C16 : 1	0.6	0.4	0.4	0.4
C18 : 0	5.1	2.3	2.5	2.3
C18 : 1	24.6	25.4	25.5	23.7
C18 : 2	42.0	53.4	53.0	54.5
C18 : 3	7.4	3.4	3.5	4.0
Saturated	25.4	17.5	17.6	17.5
Monounsaturated	25.2	25.8	25.9	24.1
Polyunsaturated	49.4	56.8	56.5	58.5

表 2. シークワサー粕添加飼料が肥育豚の発育および枝肉形質に及ぼす影響

Table 2. Effect of shiikuwasha lees on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs

		Group			SEM	P-value
		Control	3% group	5% group		
Number of animals		4	4	4		
Initial body weight (kg)	kg	72.1	72.3	72.1	1.79	0.99
Final body weight (kg)	kg	118.3	118.0	117.5	0.95	0.85
Daily weight gain	g/day	841.4	854.8	849.8	23.5	0.92
Feed intake	kg/day	3.22	3.28	3.39	—	—
Feed conversion ratio		3.83	3.92	4.00	—	—
Carcass weight	kg	84.3	84.3	81.3	0.98	0.11
Dressing percentage	%	71.2	71.4	69.2	0.65	<0.10
Backfat thickness	cm	1.55	1.50	1.63	0.11	0.74
Longissimus muscle area	cm ²	26.5	25.4	22.8	2.48	0.58
Pork color standard		3.05	3.10	3.11	0.20	0.27
Fat color standard		1.88	1.75	1.75	0.27	0.93

頭の平均値であり、繰り返しが無いため統計処理は行わなかったが、5% 区で飼料摂取量は最も多く、飼料要求率は最も高かった。枝肉重量、背脂肪厚およびロース芯面積に給与飼料の差は認められなかったが、枝肉歩留は 5% 区において低い傾向を示した。また、第 5-6 胸椎間部におけるロースの肉色お

よび脂肪色においても試験区と対照区の間有意差はなく、給与飼料による差は認められなかった。

柑橘類に含まれるリモニンが苦みを呈するため(尾崎, 2008), 飼料に添加した場合、嗜好性への影響が懸念される。しかし、本試験ではシークワサー粕添加による飼料摂取量の減少はみられず、一

表 3. シークワサー粕添加飼料が肥育豚の肉質に及ぼす影響
Table 3. Effect of shiikuwasha lees on meat quality in finishing pigs

		Group			SEM	P-value
		Control	3% group	5% group		
Number of animals		4	4	4		
Moisture	%	71.8	72.3	71.5	0.53	0.44
Intramuscular fat	%	3.56	2.69	3.21	0.48	0.46
Water holding capacity						
Drip loss 24 h	%	2.26	2.11	2.61	0.33	0.57
Drip loss 48 h	%	3.65	3.30	4.03	0.44	0.52
Cooking loss	%	36.1	34.9	35.8	0.79	0.57
Pressed juice percentage	%	35.3	35.8	35.1	0.70	0.73
Tenderness	10 ⁵ N/m ²	37.3	33.0	40.0	1.96	0.11

表 4. シークワサー粕, 試験飼料およびロース肉の α -トコフェロール含量
Table 4. α -Tocopherol concentration in shiikuwasha lees, experiment diets and loin (mg/kg)

		Shiikuwasha lees	Control	3% group	5% group	SEM	P-value
α -Tocopherol	Diets	26.1	6.4	7.5	8.3	—	—
	Loin*	—	2.8	2.7	1.8	0.44	0.30

*Control (n=4), 3% group (n=4), 5% group (n=4).

日平均増体量にも給与飼料による差は認められなかった。

肉質への影響

表 3 にロース肉における肉質の分析値を示した。水分や筋肉内脂肪含量に給与飼料による差は認められなかった。保水性を示すドリップロスや加熱損失率においても、給与飼料による差は認められなかった。さらに、圧搾肉汁率と肉の柔らかさを示す破断応力についても給与飼料による差はみられなかった。

表 4 にシークワサー粕, 給与飼料およびロース肉中の α -トコフェロール含量を示した。 α -トコフェロールはビタミン E の一種であり、肉色変化や脂質酸化の抑制および保水性向上など肉質によい効果が期待できる (MITSUMOTO ら, 1993; GUO ら, 2006)。シークワサー粕には基礎飼料の約 4 倍の α -トコフェロールが含まれており、3% 区と 5% 区の飼料中含量は対照区に比べて増加したが、ロース肉中での増加は認められなかった。尾花ら (2010) は、乾燥焼酎粕ケーキをブタ飼料に 2%, 4%, 6% お

よび 8% 添加することでロース肉中における α -トコフェロール含量が増加したことを報告している。尾花らの報告では、乾燥焼酎粕ケーキには 221.7 mg/kg の α -トコフェロール含量が含まれており、添加によって飼料中含量は対照区よりも 4.5~17.4 mg/kg 増加していた。これに対し、シークワサー粕の含量は 26.1 mg/kg と乾燥焼酎粕ケーキの 9 分の 1 程度であり、添加による飼料中の増加量は 1.1~1.9 mg/kg と尾花ら (2010) よりも小さかった。このことから、ロース肉中で増加が認められなかったのは、シークワサー粕添加区と対照区飼料間における α -トコフェロール含量の差が小さいためと考えられた。

表 5 には、背脂肪内層と筋肉内脂肪の脂肪酸組成および背脂肪内層の融点を示した。背脂肪内層の脂肪酸組成は、3% 区の C16:0 ($P<0.1$) と飽和脂肪酸 ($P<0.1$) が他区と比べて低い傾向を示した。筋肉内脂肪も背脂肪と同じ傾向がみられ、3% 区の C18:0 と飽和脂肪酸は 5% 区よりも有意に低かった ($P<0.05$)。ブタの脂質は、飼料中の脂肪酸組成の影響を

表 5. シークワサー粕添加飼料がロース肉の脂肪酸組成に及ぼす影響

Table 5. Effect of shiikuwasha lees on fatty acid composition in loin

		Group			SEM	P-value
		Control	3% group	5% group		
Number of animals		4	4	4		
Backfat (Inner layer)						
C14 : 0	%	1.36	1.29	1.36	0.03	0.12
C16 : 0	%	24.9	23.9	24.5	0.28	<0.10
C16 : 1	%	2.18	2.19	2.03	0.12	0.59
C18 : 0	%	17.7	16.2	17.5	0.50	0.12
C18 : 1	%	43.0	44.0	43.0	0.59	0.39
C18 : 2	%	10.3	11.7	10.9	0.76	0.46
C18 : 3	%	0.52	0.65	0.62	0.04	0.15
Saturated	%	44.0	41.4	43.4	0.70	<0.10
Monounsaturated	%	45.1	46.2	45.0	0.56	0.31
Polyunsaturated	%	10.8	12.4	11.6	0.81	0.44
Melting point	℃	37.8 ^a	34.2 ^b	37.1 ^{ab}	0.79	<0.05
Intramuscular fat						
C14 : 0	%	1.46	1.10	1.52	0.19	0.30
C16 : 0	%	25.8	25.2	25.8	0.33	0.36
C16 : 1	%	3.55	4.07	3.64	0.20	0.20
C18 : 0	%	15.5 ^{ab}	14.5 ^b	15.8 ^a	0.29	<0.05
C18 : 1	%	48.9	49.4	48.2	0.53	0.30
C18 : 2	%	4.54	5.36	4.80	0.44	0.44
C18 : 3	%	0.23	0.28	0.26	0.02	0.16
Saturated	%	42.8 ^{ab}	40.9 ^b	43.1 ^a	0.53	< 0.05
Monounsaturated	%	52.5	53.5	51.8	0.59	0.18
Polyunsaturated	%	4.76	5.63	5.06	0.46	0.42

^{a, b} Means within the same row with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$ for group.

受けることが知られている (入江, 1992) が, 本試験ではシークワサー粕添加によって, 飼料中の脂肪酸組成に大きな変化は認められなかったことから (表 1), 3% 区での飽和脂肪酸低下の原因は不明であり, 今後の検討課題である。背脂肪内層の脂肪融点は, 3% 区が対照区よりも有意に低かった ($P < 0.05$)。融点は脂肪酸組成の影響を受け, C18 : 0 とは正の相関を示すことから (WOOD ら, 1978), この結果は 3% 区の飽和脂肪酸割合が低い傾向にあったためと考えられる。しかし, 3% 区の融点は極端に低い値ではなく, 軟脂も観察されなかったことから, 3%~5% 程度のシークワサー粕添加では脂質に悪影響は及ぼさないと考えられる。

以上のように, ブタ用肥育後期飼料にシークワサー粕を 3%~5% 添加しても, 肥育豚の飼料摂取

量, 発育成績, 枝肉形質および肉質に悪影響を及ぼさないことが示唆された。ただし, シークワサー粕を乾燥することでコストがかかることから, 生産現場で利用するためにはブタ肉の付加価値化が重要となる。シークワサーにはノビレチン, ヘスペリジン, タンゲレチン, ナリルチンといった抗酸化物質が豊富に含まれている (OZAKI ら, 2006; NOGATA ら, 2006)。山田ら (2017) は, すりゴマを肥育豚に給与することにより, 抗酸化物質のセサミンやセサモリンが背脂肪内層に移行することを報告している。また, 三津本ら (2003) は, カテキンを給与することで抗酸化作用により脂質酸化物の抑制効果を報告している。今後は, シークワサー由来の抗酸化物質を肉や脂肪へ確実に移行させるため, 添加量や添加期間についての検討を行う必要がある。

文 献

- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編：2009, 日本標準飼料成分表（2009 年版）初版, 116-117, 中央畜産会, 東京.
- 独立行政法人家畜改良センター：2010, 「食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル I. 理化学分析」, 家畜改良センター技術マニュアル, 15-18, 21-24, 53-54, 独立行政法人家畜改良センター, 福島.
- GUO, Q., B.T. RICHERT, J.R. BURGESS, D.M. WEBEL, D.E. ORR, M. BLAIR, A.L. GRANT and D.E. GERRARD : 2006, Effect of dietary vitamin E supplementation and feeding period on pork quality, *J. Anim. Sci.*, **84**, 3071-3078.
- 広瀬直人：2012, シークワサーの特性と新規用途開発, *日食科工会誌*, **7**, 363-368.
- 広瀬直人・前田剛希・恩田 聡・正田守幸・宮城一菜・和田浩二・太田英明：2017, シークワシャー搾汁残渣を原料とした抽出酢の開発, *日食科工会誌*, **64**, 81-89.
- 入江正和：1992, 豚における脂肪の質, 特に給与飼料に影響に関する研究, *日豚会誌*, **29**, 92-95.
- KAUFFMAN, R.G., G. EIKELENBOOM, P.G. VAN DER WAL, B. ENGEL and M. ZAAR : 1986, A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle, *Meat Sci.*, **18**, 307-322.
- MITSUMOTO, M., R.N. ARNOLD, D.M. SCHAEFER and R.G. CASSENS : 1993, Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef, *J. Anim. Sci.*, **71**, 1812-1816.
- 三津本充・佐々木啓介・佐々木浩一・坂下邦仁・本間紀之・久保正法：2003, 肥育豚へのカテキンあるいはビタミン E 給与による豚肉の酸化防止, 畜産草地研究成果情報, (2), 31-32.
- 三宅義明：2015, 国内地域特産の香酸カンキツ果実に含まれるフラボノイドの特徴, *日本食生活学会誌*, **26**, 71-78.
- MURAKAMI, A., Y. NAKAMURA, Y. OHTO, M. YANO, T. KOSHIBA, K. KOSHIMIZU, H. TOKUDA, H. NISHINO and H. OHIGASHI : 2000, Suppressive effects of citrus fruits on free radical generation and nobletin, an anti-inflammatory polymethoxyflavonoid, *Biofactors*, **12**, 187-192.
- 村上 斉・松本光史・井上寛暁・森下准一・梶 雄次：2008, 色落ち海苔の給与が肥育豚の飼養成績, 栄養素利用性, 背脂肪厚の発達および豚肉の抗酸化特性に及ぼす影響, *日豚会誌*, **45**, 137-148.
- 西 礼華・宮崎涼子・内山伸二・岩切正芳・竹ノ山慎一：2016, 乾燥へべす粕の肥育豚への給与試験, 宮崎県畜産試験場試験研究報告, **28**, 44-53.
- NOGATA, Y., K. SAKAMOTO, H. SHIRATSUCHI, T. ISHII, M. YANO and H. OHTA : 2006, Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **70**, 178-192.
- 尾花尚明・入江正和・高橋俊浩・森田哲夫・堀之内正次郎・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, *日畜会報*, **81**, 467-474.
- 沖縄県農林水産部農林水産総務課：2017, 沖縄の農林水産業, 25, 沖縄県農林水産部農林水産総務課, 沖縄.
- 尾崎嘉彦：2008, 「リモノイド」, 食品機能性の科学, 食品機能性の科学編集委員会編, 1009-1015, 産業技術サービスセンター, 東京.
- OZAKI, K., T. ISHII, N. KOGA, Y. NOGATA, M. YANO and H. OHTA : 2006, Quantification of nobletin and tangeretin in citrus by micellar electrokinetic capillary chromatography, *Food Sci. Technol. Res.*, **12**, 284-289.
- 鈴木啓一・清水ゆう子・門脇 宏：2002, 乾燥ワカメ茎とパン屑添加飼料給与が豚の産肉・肉質形質に及ぼす影響, *日豚会誌*, **39**, 66-70.
- 竹之山慎一・井本貴典・林ひとみ・河原 聡・岩切正芳・来間太志・吉元 誠・六車三治男：2008, 肉用豚の産肉性および肉質に及ぼすカンショ茎葉添加飼料給与の影響, *日畜会報*, **79**, 491-496.
- 立山松男・須崎哲也・東 政則・中原高士：2011, ユズ加工残さのサイレージ調製技術, 宮崎県畜産試験場研究報告, **23**, 42-44.
- 脇屋裕一郎・安田みどり・坂井隆宏・大曲秀明・河原弘文・宮崎秀雄・下平秀丸：2009, 二番茶製茶加工残さ給与が肥育豚の枝肉および肉質に与える効果, *日暖畜報*, **52**, 51-56.
- WOOD, J.D., M.B. ENSER, H.J. MACFIE, W.C. SMITH, J.P. CHADMICK, M. ELLIS and R. LAIRD : 1978, Fatty acid composition of backfat in large white pigs selected for low backfat thickness, *Meat Sci.*, **2**, 289-300.
- 山田絢子・大石泰之・堀江智子・加藤美紗子・小園正樹・大森英之・田島 清：2017, すりゴマおよび飼料用玄米の給与が肥育後期豚の発育と肉質に及ぼす影響, *日豚会誌*, **54**, 109-120.