

香酸柑橘類残渣を活用した 高付加価値豚肉生産技術の開発（第1報）

飯塚悟・才力慎也・新居雅宏・杓谷洋一

要 約

県産の香酸柑橘類残渣を活用し、付加価値の高い豚肉を生産する技術を開発することを目的として、肥育豚にスダチ精油抽出残渣乾燥粉末を5%添加した飼料を給与し、発育及び肉質に及ぼす影響を調査した。

スダチ残渣を添加した試験区では、区全体の飼料摂取量が低下し、1日平均増体重は対照区よりも有意に低くなった($p < 0.05$)。そのため、スダチ残渣の5%添加は、肥育豚の発育に負の影響を及ぼす可能性が示唆された。肉質においては、試験区で筋肉内粗脂肪含量(IMF)の有意な低下($p < 0.01$)を認め、食味官能評価におけるテクスチャー（肉の軟らかさ、ジューシーさ）は対照区より劣る結果となった。一方、試験区では豚肉中において、スダチ残渣由来と推察される香気成分d-リモネンの移行や脂質過酸化度の低下がみられ、食味官能評価でも対照区より臭みが少ない傾向があった。このことから、スダチ残渣の5%添加は、IMFの低下にともなうテクスチャーの低下をまねくが、豚肉への香気成分（d-リモネン）の付与や脂質過酸化の抑制により、臭みを低減し、風味を良くする可能性が示唆された。

目 的

近年の養豚産業を取り巻く状況は、安価な輸入豚肉との競合、飼料価格の高止まりなど、厳しい情勢が続いている。そのような中、国内では、全国的に銘柄化やブランド化が進むなど、競争はますます激しさを増しており、生産者においては、生産効率の更なる向上とあわせて、差別化を図った特色ある豚肉の生産に取り組む必要性が高まっている。

一方、本県は、特産物であるスダチをはじめとした香酸柑橘類の生産が盛んであるが、これら香酸柑橘類の多くは果汁として主に利用されるため、その残渣の活用が課題となっている。そのため、近年は、搾汁後に残存する香気性の精油成分に着目し、搾汁後残渣から精油を抽出し、天然の香料として利用する取り組みが進められている¹⁾²⁾。また、水産の分野においては、果汁や果皮を

餌に混ぜて給与することで、鮮度保持や、柑橘様香気成分の魚肉への付与が図られた^{3,4)}と報告されているものもある。

近年、養豚の分野においても、香酸柑橘類残渣を活用してブランド化を図った事例があり、本県の特産であるスダチなどの香酸柑橘類残渣についても、豚用飼料としての活用性が見込まれる。

そこで、本研究は、県産のスダチ残渣の飼料としての活用を検討し、地域資源の有効利用と付加価値の高い豚肉の開発に取り組む。

材料及び方法

1) 試験期間

平成30年10月26日から平成30年12月10日までの45日間とした。

2) 試験区分

試験区分を表1に示した。供試豚として同腹の

デュロック種10頭（138日齢）を用い、各区5頭ずつの群飼とした。対照区には市販配合飼料を、試験区にはスタチ精油抽出残渣（以下スタチ残渣）を乾燥・粉末化したものを市販配合飼料に5%添加し給与した。

表1 試験区分

区分	給与飼料	頭数
試験区	市販配合飼料にスタチ精油抽出残渣乾燥粉末を5%添加	5(群飼)
対照区	市販配合飼料	5(群飼)

3) 調査項目

(1) 発育成績及び枝肉成績

発育成績は、1日平均増体重、飼料摂取量及び飼料要求率を求めた。なお、1日平均増体重は、試験開始時と30日後の体重から算出した。飼料摂取量及び飼料要求率は、試験開始からの30日間における各区の総飼料摂取量及び総増体重より算出した。

枝肉成績は、と畜翌日に枝肉の背脂肪厚（肩部、背部、腰部、ランジル部）ならびに第4-5胸椎間のロース芯における断面積、PCS（Pork Color Standard）、しまり、マーブリングスコア（NPPCモデル）、ドリップ重量（Kauffman法）を測定した。

(2) 肉質

と畜翌日、ロース肉を持ち帰り、理化学性状及び物性について分析した。また、持ち帰ったロース肉の一部は0℃で6日間保冷した後、-30℃で冷凍し、後日、食味官能評価、リモネン分析及び抗酸化能を測定した。

(a) 理化学性状

当研究課の定法⁵⁾を用いて、ロース芯における肉色、水分率、加圧保水性、伸展率、ドリップロス、圧搾肉汁率及び筋肉内粗脂肪含量(IMF)なら

びに背脂肪内層部における脂肪融点を測定した。

(b) 物性

厚さ約2cmに切り出したロース芯ブロックを70℃の温湯で1時間加温し、流水で30分間冷却後、筋線維方向に沿って1cm厚になるようにカットし、テンシプレッサー（MyBoy2；タケモト電機）を用いて、Tenderness (N/m²), Pliability, Toughness (J/n²)及びBrittlenessを測定した。

(c) 食味官能評価

冷凍したロース肉ブロックを解凍後、厚さ約1cmに切り出し、200℃のホットプレートで、片面2分30秒間、裏返して2分30秒間、ふたをして2分間加熱した後、十字に切り、脂身がついていない赤肉のみの肉片と、脂身がついた肉片の2つをパネリスト12名に提供した。

評価は、赤肉のみの肉片を食した際の「硬さ」、「ジューシーさ」、「旨味」について、脂身がついた肉片を食した際の「臭み」、「好ましい風味」、「甘味」、「旨味」、「総合評価」の計8項目について、対照を基準とし、採点法（-3点～+3点）により行った。

(d) 味認識装置による味分析

約1cm角にカットしたロース芯に、4倍量の水を加え、沸騰水浴中で1時間加温後、ろ紙でろ過したものをサンプルとした。サンプルは-30℃で冷凍保存し、後日、解凍後、味認識装置(TS-5000Z；インテリジェントセンサーテクノロジー)の3種類の味覚センサー(C00, AAE, CT0)を用い、旨味、苦味雑味、塩味、旨味コクの4味について味覚項目換算値を求めた。

(e) リモネン

ロース肉5gにメタノール及び無水硫酸ナトリウムを加えてホモジナイズ後、遠心分離し、ろ紙を

用いてろ過した。そして、ろ液に、ヘキサンを加えて振とう後、ヘキサンを回収・定容し、ガスクロマトグラム質量分析装置 (GC/MS) を用いて、d-リモネン含有量を測定した。なお、分析には食味官能評価で用いたものと同じ個体のロース肉を用いた。

(f) チオバルビツール酸反応生成物 (TBARS)

抗酸化能の指標として、脂質過酸化度 (チオバルビツール酸反応生成物: TBARS) を測定した。なお、分析には食味官能評価で用いたものと同じ個体のロース肉を用いた。

ロース芯部位をミンチし、ミンチ肉10gに20%トリクロロ酢酸溶液を25ml加え、7000rpmで約1分間ホモジナイズ後、蒸留水で50mlにメスアップし、17,000rpmで5分間遠心分離した。そして、上澄みをフィルター (0.45 μm) でろ過後、ろ液を褐色試験管に5mlずつ分注し、5mlの0.005Mチオバルビツール酸溶液を加え、約18時間反応させた後、分光光度計にて吸光度 (532nm) を測定した。なお、TBARS値はTEP (1, 1, 3, 3-テトラエオキシプロパン) 標準液をもとに、肉1kgあたりのMDA (マロンジアルデヒド) 量として求めた。

結 果

(1) 発育及び枝肉成績

発育成績及び枝肉成績を表2及び表3に示した。

発育成績においては試験区は対照区に比べ、区全体の飼料摂取量が低下し、飼料要求率は高くなる傾向があった。また、1日平均増体重は有意に低くなった (p<0.05)。

枝肉成績においては、試験区は対照区よりもマーブリングスコアが有意に低くなった (p<0.05)。また、有意差は認められなかったが、試験区は対照区よりも枝肉重量が軽く、ロース芯面積は小さくなる傾向があった。

表2 発育成績

項目	試験区	対照区
1日平均増体重(kg/日)	0.81 ± 0.11	0.99 ± 0.11 *
総飼料摂取量 (kg)	398.6	453.6
飼料要求率	3.27	3.06

*:p<0.05

表3 枝肉成績

項目	試験区	対照区	
枝肉重量(kg)	68.94 ± 6.36	73.96 ± 2.97	
背腰長(cm)	67.54 ± 2.32	68.36 ± 1.68	
背脂肪厚(cm)	肩	2.91 ± 0.40	3.31 ± 0.44
	背	1.46 ± 0.27	1.51 ± 0.29
	腰	2.24 ± 0.45	2.50 ± 0.36
	ランブル	1.01 ± 0.24	1.32 ± 0.42
ロース芯面積(cm ²)	27.08 ± 1.92	29.43 ± 2.10	
しまり	1.60 ± 0.89	1.30 ± 0.45	
マーブリングスコア	1.50 ± 0.50	2.45 ± 0.45 *	
ドリッグ重量(g)	0.18 ± 0.11	0.15 ± 0.08	

PCS : Pork Color Standard マーブリングスコア : NPPCモデル

*:p<0.05

(2) 肉質

(a) 理化学性状

理化学性状の分析結果を表4に示した。試験区は対照区に比べ、筋肉内粗脂肪含量(IMF)は有意に低下し (p<0.01)、水分率は高くなる傾向があった。

表4 理化学性状

項目	試験区	対照区	
肉色	L*値	53.28 ± 2.63	54.46 ± 2.28
	a*値	4.06 ± 1.17	4.65 ± 1.15
	b*値	9.57 ± 0.42	10.10 ± 0.71
脂肪色 (背脂肪内層)	L*値	79.31 ± 2.56	79.48 ± 1.30
	a*値	0.79 ± 1.18	0.65 ± 1.05
	b*値	7.22 ± 0.47	7.58 ± 0.63
pH	5.67 ± 0.06	5.69 ± 0.10	
水分率 (%)	74.40 ± 0.42	73.90 ± 0.41	
加圧保水性 (%)	80.38 ± 2.06	80.34 ± 2.14	
伸展率 (%)	23.55 ± 2.23	22.88 ± 2.13	
ドリッグロス (%)	2.48 ± 1.37	2.68 ± 1.44	
筋肉内粗脂肪含量 (%)	2.60 ± 0.45	3.34 ± 0.17 **	
背脂肪内層融点 (°C)	40.63 ± 0.50	40.70 ± 0.62	

** : p<0.01

(b) 物性

テンシプレッサーによる分析結果を表5に示した。Tenderness (破断応力), Pliability (柔軟性), Toughness (かみ応え), Brittleness (脆さ)の4つの項目全てで、試験区と対照区に有意な差は認められなかった。

表5 テンシプレッサーによる物性分析

項目	試験区	対照区
Tenderness(10 ⁷ N/m ²)	0.85 ± 0.19	1.10 ± 0.33
Pliability	1.69 ± 0.14	1.85 ± 0.14
Toughness(10 ⁶ J/m ²)	2.05 ± 0.49	2.56 ± 0.84
Brittleness	1.22 ± 0.10	1.16 ± 0.09

Tenderness : 破断応力(硬さ) Pliability : 柔軟性

Toughness : かみ応え Brittleness : 脆さ

(c) 食味官能評価

対照区を基準とした試験区の平均評価値を表6に示した。試験区は対照区に比べ、赤肉を食した際の旨味の評価が高くなる傾向があった。しかし、硬さにおいては対照区よりも有意に高くなり(p<0.01), ジューシーさは低くなる傾向がみられた。赤肉と脂身を同時に食した際の評価では、試験区は対照区よりも臭みが低い傾向がみられたが、総合評価では劣る傾向があった。

表6 食味官能評価

赤肉のみを食べて評価		
**硬さ	ジューシーさ	旨味
1.25	-0.42	0.33

赤肉と脂身を同時に食べて評価				
臭み	好ましい風味	甘味	旨味	総合評価
-0.27	0.08	0.08	0.08	-0.50

※対照区を基準とした試験区の評価 **:p<0.01

(d) 味認識装置による味分析

対照区を基準とした味覚項目換算値差を表7に示した。試験区は対照区よりも、旨味が0.24高く、苦味雑味は0.37低い値となった。しかし、いずれも人間の最小識別濃度差(味覚項目換算値1.0以上の差)はなかった。

表7 味覚センサーにおける味覚項目換算値(差)

先味			後味
旨味	苦味雑味	塩味	旨味コク
0.24	-0.37	0.00	-0.01

※対照区を基準とした差

(e) リモネン

ロース肉100gあたりのd-リモネン含有量を表8に示した。試験区における含有量は0.03mgであったが、対照区は検出閾値(0.01mg)未満であった。

表8 リモネン含有量

項目	試験区	対照区
d-リモネン(mg/100g)	0.03	<0.01

(f) チオバルビツール酸反応生成物(TBARS)

TBARSの測定結果を図1に示した。試験区におけるTBARS値は2.27mgMDA/kgであった。一方、対照区のTBARS値は6.30mgMDA/kgとなり、試験区は対照区よりも低い値となった。

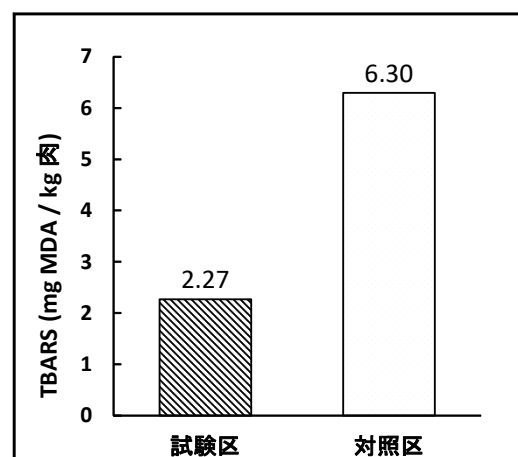


図1 TBARS値(mgMDA/kg肉)

考 察

県産の香酸柑橘類残渣を活用し、付加価値の高い豚肉を生産する技術を開発することを目的として、肥育豚にスダチ精油抽出残渣乾燥粉末を5%添加した飼料を給与し、発育及び肉質に及ぼす影響を調査した。

スダチ残渣を添加した試験区では、区全体の総飼料摂取量が低下し、1日平均増体重は対照区よりも有意に低下していた。スダチと同じく香酸柑橘類に属する新姫果皮乾燥粉末を給与した試験では、今回の結果と同様に、総飼料摂取量が減少する傾向がみられたが、5%添加でも生産性に差はなかったと報告されている⁶⁾。しかしながら、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末においては、5%添加では肥育豚の発育に負の影響を及ぼす可能性が示唆された。また、有意差は認められなかったが、試験区は対照区よりも枝肉重量が軽く、ロース芯面積は小さくなる傾向がみられた。しかし、これは試験区と対照区の出荷時期を同時期としたために、結果的に発育の低下が認められた試験区の出荷時体重が対照区よりも小さくなったことが影響したと考えられた。

肉質においては、マーブリングスコアの有意な低下ならびに筋肉内粗脂肪含量(IMF)の有意な減少が認められた。筋肉内脂肪が食味に果たす役割は大きく、脂肪交雑が入るほど肉は軟らかくなり、ジューシーさ(多汁性)にも寄与するとされる⁷⁻⁹⁾。そのため、対照区に比べてIMFが低くなった試験区では、食味官能評価においても、対照区より肉が硬いという評価が多くなり、また、ジューシーさと総合評価でも劣る傾向になったと推察された。一方、試験区では、豚肉中より、d-リモネンが検出された。d-リモネンは柑橘類に代表される香気成分の一つであり、スダチにも多く含まれる。今回、微量ではあるが、試験区でのみ、d-リモネンが検出されたことから、スダチ残渣から

移行した可能性が示唆された。また、試験区は対照区よりも脂質過酸化度が低い値となった。脂質の過酸化はオフフレーバーとなり、食味の低下につながるとされる。スダチには、クエン酸、ビタミンC・E、ポリフェノールなど抗酸化作用を持つ成分が多く含まれており、本試験同様に抗酸化物質を多く含む残渣を飼料として活用し、脂質過酸化の抑制が図られたという報告^{10,11)}もある。そのため、これら抗酸化物質の働きにより、試験区では脂質の過酸化が抑制され、その結果、食味官能評価においても対照区より臭みが少ない傾向になったと推察された。

以上のことから、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末の5%飼料添加は、肥育豚において、発育や肉のテクスチャー(軟らかさ、ジューシーさ)に負の影響を及ぼすが、豚肉への香気成分(d-リモネン)の付与や、脂質過酸化の抑制により、臭みを低減し、風味を良くする可能性が示唆された。今後は、発育及び肉の物性への影響を少なくしつつ、給与効果が確認できる至適給与方法を明らかにする必要がある。

文 献

- 1) 市川亮一, 深津鉄夫, 八木祥子. 徳島工技セ研報. 19 : 33-35. 2010
- 2) 沢村正義, 柏木丈拵, 田邊憲一. におい・かおり環境学会誌. 43(2) : 102-111. 2012
- 3) 深田陽久, 橋口智美, 柏木丈拵, 妹尾歩美, 高桑史明, 森岡克司, 沢村正義, 益本俊郎. 日本水産学会誌. 76 : 678-685. 2010
- 4) 深田陽久, 松浦拓人, 高橋紀行, 益本俊郎. 日本水産学会誌. 76 : 678-685. 2010
- 5) 新居雅宏, 山口智美, 浅野順司. 徳島畜研報. 9. 29-32. 2010
- 6) 入江拓也, 市川隆久. 三重県畜産研究所研究成果情報. 2014

- 7) 沖谷明紘. 肉の科学. 朝倉書店. 1996
- 8) Sather, A. P., Bailey, D. R. C, and Jones, S. D. M., J. Anim. Sci. 76, 55-62. 1996
- 9) 兵頭勲. 畜産の研究. 51(1) : 19-24. 1997
- 10) 坂井隆宏, 安田みどり, 武富和美, 大曲秀明, 河原弘文, 宮崎秀雄, 式町秀明. 西日本畜産学報. 50:63-69. 2007
- 11) 上原力, 山下洋治. 香川畜試報告. 49. 2014