

## 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2報）

程野恵理子・飯塚悟・新居雅宏

### 要 約

県産の香酸柑橘類残渣を活用し、香り成分等の肉への移行や付加価値の高い豚肉生産技術の開発を目的として、肥育豚にスダチ精油抽出残渣乾燥粉末を3%添加した飼料を給与し、発育および肉質に及ぼす影響について調査した。

スダチ残渣を給与した試験区では、飼料摂取量が増加する一方、1日平均増体重は低く、その結果、飼料要求率が高い傾向が示唆され、結果、枝肉成績では、背脂肪厚は薄く、ロース芯面積は大きく、肉のしまりが良い傾向がみられた。

理化学検査では、胸最長筋中の水分率が高くなる傾向がみられた。一方、テンシプレッサーによる物性分析におけるかみ応えは低かった。食味官能評価では、硬さが低下し、肉の臭みは軽減され、ジューシーさ、好ましい風味、旨味は総合的に、対照区よりも優れていた。その一方、豚肉中において、柑橘類に代表される香气成分の一つであるd-リモネンがGC-MSの検出閾値（0.01mg）未満であった。

これらのことから、スダチ残渣の3%添加は、d-リモネンの検出閾値であったが、肉の臭みを軽減し、総合的な美味しさ（風味、旨味）を向上させる効果が示唆された。

### 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、付加価値の高い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、スダチをはじめとする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、その残渣の活用が課題となっている。

第1報においては、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末を5%添加した飼料を給与すると、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、豚肉への香气成

分（d-リモネン）の付与や、脂質過酸化の抑制により、臭みを軽減し、風味を良くする可能性が示唆された<sup>1)</sup>。しかしながら、発育が遅くなるとともに実用化を視野に入れた場合、乾燥にかかるコスト等により、添加量は少ない方が望ましい。

そこで、第2報となる本研究では、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末の添加割合を減らし、発育および肉質、特にスダチの香り成分の移行に与える影響を調査し、地域資源の有効活用と付加価値の高い豚肉生産技術の開発に取り組む。

### 材料および方法

#### 1) 試験期間

令和元年8月9日から令和元年9月17日までの39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159日齢の大ヨークシャー種×ランドレース種(WL)8頭を用い、各区4頭ずつの群飼とした。対照区には市販配合飼料を、試験区には冷凍したスタチ精油抽出残渣（以下スタチ残渣）を熱風循環式乾燥器を用いて、70℃で1日半～2日乾燥して、粉碎機で粉末化したものを市販配合飼料に3%添加した。

表1 試験区分

区分	給与飼料	去勢	雌
試験区	市販配合飼料にスタチ精油抽出残渣乾燥粉末を3%添加	2 (群飼)	2
対照区	市販配合飼料	2 (群飼)	2

### 3) 調査項目

#### (1) 発育成績および枝肉成績

発育成績は、1日平均増体重、飼料摂取量およ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33日後の体重から算出した。飼料摂取量および飼料要求率は、試験開始からの33日間における各区の総飼料摂取量およ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）、ろ紙吸水法によるドリップ量を測定した。

#### (2) 肉質

と畜翌日、ロース肉を持ち帰り、理化学性状およ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、リモネン分析を実施した。

#### a 理化学性状

当研究課の定法<sup>2)</sup>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、圧搾肉汁率およ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/m<sup>2</sup>), Pliability, Toughness(J/n<sup>2</sup>)および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にメタノールおよ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、ヘキサン層を回収・定容し、ガスクロマトグラフ質量分析装置 (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。

結 果

1) 発育および枝肉成績

発育成績および枝肉成績を表2および表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増加し、飼料要求率が高くなる傾向があり、1日平均増体重も低い傾向がみられた。

枝肉成績においては、試験区は対照区に比べ、背脂肪厚は薄く、ロース芯面積は大きく、しまりが良い傾向がみられた。

表2 発育成績

項目	試験区	対照区
1日平均増体重 (kg/日)	0.79 ± 0.08	0.86 ± 0.11
総飼料摂取量 (kg)	401.3	368.9
飼料要求率	3.86	3.25

表3 枝肉成績

項目	試験区	対照区
枝肉重量 (kg)	67.60 ± 10.70	67.20 ± 4.60
背腰長 (cm)	70.88 ± 2.77	69.58 ± 3.40
背脂肪厚 (cm)	肩 3.74 ± 0.66	3.82 ± 0.63
	背 1.81 ± 0.21	2.01 ± 0.90
	腰 2.47 ± 0.48	2.67 ± 0.76
	ランブル 1.78 ± 0.39	1.96 ± 1.03
ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	26.01 ± 6.08	24.60 ± 3.72
しまり	2.00 ± 0.91	2.63 ± 0.75
マーブリングスコア	2.50 ± 0.35	2.56 ± 0.12
ろ紙吸着水分重 (mg)	292.0 ± 127.7	315.0 ± 57.5

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。胸最長筋中の水分率は、試験区は対照区に比べ、高くなる傾向がみられた。

表4 理化学性状

項目	試験区	対照区	
肉色	L*値	56.92 ± 3.69	57.59 ± 5.38
	a*値	4.77 ± 2.02	5.43 ± 1.73
	b*値	10.86 ± 1.44	11.16 ± 1.49
脂肪色 (背脂肪内層)	L*値	79.88 ± 1.13	79.30 ± 0.86
	a*値	2.14 ± 1.82	2.41 ± 0.53
	b*値	8.96 ± 0.83	9.31 ± 1.10
pH	5.56 ± 0.03	5.54 ± 0.03	
水分率 (%)	75.32 ± 3.09	73.14 ± 0.79	
加圧保水性 (%)	77.54 ± 2.34	76.19 ± 1.57	
伸展率 (%)	20.66 ± 0.91	19.93 ± 2.45	
トリップロス (%)	5.56 ± 1.23	6.13 ± 1.22	
筋肉内粗脂肪含量 (%)	4.51 ± 1.47	4.74 ± 1.56	
背脂肪内層融点 (°C)	35.31 ± 6.38	35.51 ± 5.93	

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つの項目の中で、Toughness (かみ応え) においては、試験区は対照区より、有意に低かった (p<0.05)。

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 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup> )	6.26 ± 0.84	6.40 ± 0.78
Pliability	1.63 ± 0.09	1.60 ± 0.15
Toughness (10 <sup>6</sup> J/n <sup>2</sup> )	1.41 ± 0.21	1.76 ± 1.85 *
Brittleness	1.28 ± 0.06	1.26 ± 0.09

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

Toughness : かみ応え Brittleness : 脆さ

\*:p<0.05

mg)未満であった。

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、ジューシーさ、赤肉と脂身を同時に食した際の旨味、好ましい風味および総合評価が、有意に高かった (p<0.01, p<0.05)。一方、硬さは軟らかい傾向があり、臭みは有意に低かった (p<0.05)。

表6 食味官能評価

赤肉のみを食べての評価				
硬さ	ジューシーさ**	旨味		
-0.75	1.25	0.33		

  

赤肉と脂身を同時に食べての評価				
臭み*	好ましい風味*	甘味	旨味**	総合評価*
-0.5	0.75	0.5	0.92	0.83

※対照区を基準とした試験区の評価

\*:p<0.05, \*\*: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、苦味雑味が0.55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
0.07	-0.55	0.00	0.02

※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。試験区および対照区は検出閾値(0.01

表8 リモネン含有量

項目	試験区	対照区
d-リモネン (mg/100g)	<0.01	<0.01

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、肥育豚にスタチ精油抽出残渣乾燥粉末を3%添加した飼料を給与し、発育および肉質に及ぼす影響について調査した。

スタチ残渣を添加した試験区では、区全体の総飼料摂取量が増加し、1日平均増体重も、低い傾向が認められた。第1報<sup>1)</sup>における、スタチ精油抽出残渣乾燥粉末を5%添加した飼料を給与した試験では、区全体の総摂取量が低下し、1日平均増体重は対照区より、有意に低下したという結果である。3%添加でも同様に、肥育豚の発育に負の影響があることが示唆された。

枝肉成績では、試験区は対照区より、背脂肪厚は薄く、ロース芯面積は大きく、肉のしまりが良い傾向がみられた。また、理化学検査では、胸最長筋中の水分率が高くなる傾向がみられた。

テンシプレッサーによる物性分析におけるToughness(かみ応え)は、試験区は対照区より、低かった。テンシプレッサーは食味性として重要な「硬さ、軟らかさ」など、食肉のテクスチャーを客観的に評価するものである。小堤ら<sup>3)</sup>は牛筋肉を用い食味官能評価の軟らかさと切断応力値との相関は高いことを報告している。このことから、物性分析におけるToughness(かみ応え)の低下と、食味官能評価における硬さの低下は、相関はみられる可能性が示唆された。

食味官能評価では、試験区は対照区に比べ、ジ

ューシーさ、旨味、好ましい風味および総合評価が高かった。一方、硬さは軟らかい傾向があり、臭みは有意に低かった。食肉の望ましいテクスチャーとは、適度な軟らかさと脆さ、滑らかな口ざわりおよび豊かな多汁性である<sup>4)</sup>。また、5%添加<sup>1)</sup>では、旨味が強く、臭みは少ない傾向がみられたが、肉の硬さは有意に増し、ジューシーさや総合評価は劣る傾向がみられたことから、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末の添加割合を、5%から3%に減らすことで、総合的にテクスチャーを良くする効果が示唆された。

豚肉中のd-リモネンは検出閾値(0.01mg)未満であった。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。5%添加<sup>1)</sup>では、微量ではあるが、試験区でのみd-リモネンが検出された。一方、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末の添加割合を、5%から3%に減らしたところ、香気成分(d-リモネン)は検出閾値未満であった。その一方、食味官能評価では、臭みが減少しており、検出閾値未満のリモネンを人が感じたのか、リモネン以外の成分が、好ましい風味をもたらしたのかは、引き続き分析する必要がある。

以上のことから、スダチ精油抽出残渣乾燥粉末の3%給与は、肥育豚において、発育に負の影響を及ぼすが、臭みを軽減し、総合的な美味しさ(風味、旨味)を向上させる効果が示唆された。

今後は、スダチ残渣の保存および給与方法を検討し、生産性や付加価値の高い豚肉の生産技術の開発に取り組む。

## 文 献

- 1) 飯塚悟, 才力慎也, 飯塚悟, 杓谷洋一. 徳島県報. 18. 25-30. 2019
- 2) 新居雅宏, 山口智美, 浅野順司. 徳島畜研報. 9. 29-32. 2010
- 3) 小堤恭平, 小沢忍, 千国幸一, 小石川常吉, 加藤

貞雄, 中井博康, 池田敏雄, 安藤四郎, 吉武充.  
日畜会報. 59(7) : 590-595. 1988

- 4) 沖谷明紘. 肉の科学. 朝倉書店. 1996