

## 未利用資源の飼料化試験 地域農産物残渣利用を目的としたβ-カロチンの給与が肉質に及ぼす影響の検討

丸山健<sup>1</sup>，大石仁，宮部工<sup>2</sup>

Examination for feeding of unused resource  
Effect of providing pigs with β-carotene on meat quality  
for profitable employment of local farm by-product

Takeshi MARUYAMA, Hitoshi OOISHI, Takumi MIYABE

### 要 約

β-カロチン単体では豚肉中へほとんど移行しないため、油脂と混合して給与することを試みた。この油脂の原料としてエゴマの実の絞り粕(以下「エゴマ粕」という)と市販の植物油を用いた。

試験1として、エゴマ粕中の脂肪酸(特にα-リノレン酸)が効率良く蓄積される添加時期及び添加期間の検討を行った。飼料重量あたりエゴマ粕を5%添加した飼料を給与し、試験区はエゴマ粕の添加開始時期及び添加期間の違いにより6区に分けて検討した。その結果、体重80kgから4週間の添加が効率的であると判断した。

試験2では、試験1の結果から体重80kgから4週間にわたりエゴマ粕5%とβ-カロチンを混合して飼料に添加した。結果は肉質や発育性に有意な差はなかったが、血清や脂肪中のβ-カロチンやビタミンA濃度に有意な差が見られた。

試験3では、β-カロチンを十分に溶かすため市販の植物油を使用しβ-カロチンと混合し加熱後飼料に添加した。結果は肉質や発育性に有意な差はなかったが、脂肪中のビタミンA濃度に有意な差が見られた。

キーワード：未利用資源，地域農産物残渣，β-カロチン，エゴマ粕

### 緒 言

小売店などから排出される野菜残渣や摘果された果実、選別漏れになった農産物等の農産物残渣は、たい肥化して利用したり畑に鋤き込まれている。一方、環境への負荷低減や資源の有効利用、食料自給率の向上が農政の課題となっている近年、食品残渣の飼料化に関する研究は重要なテーマになっている。また、消費者の健康志向にともない、食品が安全であると同時に、健康にも良い機能を併せ持つことが要求されている。

そこで、地域の農産物残渣(特に緑黄色野菜)を豚の飼料として利用することで、緑黄色野菜に多く含まれるβ-カロチンを豚肉中へ移行させ、付加価値をつけた豚肉の生産を目的として本試験を

実施した。

β-カロチンは生体内において抗酸化作用を持つことが注目されている。またβ-カロチンから生体内で合成されるビタミンAは視覚・聴覚・生殖などの機能維持、皮膚や粘膜などの上皮組織の正常保持などに関与している。

しかしながら、豚にβ-カロチンを単体で給与しても組織へβ-カロチンもしくはビタミンAを蓄積させることは困難と言われている。人では油脂類と混合することによりβ-カロチンが効果的に吸収されるという報告<sup>1)</sup>がある。そこで、油脂としてエゴマ粕や植物油を利用しβ-カロチンと混合して豚に給与することで、β-カロチンを豚体内に蓄積させることを検討した。

試験は3種類実施した。試験1ではエゴマ粕中の脂肪酸(特にα-リノレン酸)が効率良く蓄積される添加時期及び添加期間の検討、試験2では試験1の結果をもとにエゴマ粕とβ-カロチンの添

1 現 茨城県農業総合センター農業大学校

2 現 茨城県県西地方総合事務所

加試験を実施した。試験 3 では、油脂分をさらに増やすためエゴマ粕に替わり植物油を使用し試験 2 と同様の試験を実施した。

材料および方法

1 試験 1

- 1) 供試豚  
LW・D 33頭(去勢16頭, 雌17頭)
- 2) 飼養方法  
単飼または 2 頭飼いで、肥育前期用飼料を 40kg から 70kg まで、70kg から 110kg まではローズポーク専用飼料を給与した。
- 3) 試験区及び供試頭数  
表 1 に示した。エゴマ粕は飼料重量あたり 5% 添加した。

表 1 試験区分

区分	添加開始時期	添加期間	供試頭数
1 区	体重 40kg	2 週間	5
2 区	体重 40kg	4 週間	5
3 区	体重 60kg	2 週間	4
4 区	体重 60kg	4 週間	4
5 区	体重 80kg	2 週間	5
6 区	体重 80kg	4 週間	6
対照区	無添加		4

4) 調査項目

飼料要求率や 1 日平均増体重などの産肉性、と体の枝肉形質及び肉質の調査を実施した。

また、背脂肪の脂肪酸組成の経時変化を調査するため、エゴマ粕添加飼料の給与前及び給与終了時、その後 110kg まで 2 週間毎に背脂肪の内層(第 2 脂肪層)の採取(バイオプシー)を行った。

2 試験 2

- 1) 供試豚  
LW・D 23頭(去勢12頭, 雌11頭)
- 2) 飼養方法  
単飼または 2 頭飼いで、肥育前期用飼料を 40kg から 70kg まで、70kg から 110kg まではローズポーク専用飼料を給与した。
- 3) 試験区及び供試頭数  
1 区：エゴマ粕 5% 添加区(3 頭)

- 2 区：エゴマ粕 5% 及び  
50 倍量  $\beta$ -カロチン添加区(3 頭)
- 3 区：エゴマ粕 5% 及び  
100 倍量  $\beta$ -カロチン添加区(7 頭)
- 4 区：100 倍量  $\beta$ -カロチン添加区(3 頭)
- 対照区：(7 頭)

\*  $\beta$ -カロチンの添加は日本飼養標準(豚) 1998 年版の 1 日当たりの要求量から算出した。

$\beta$ -カロチン剤はロビミックス  $\beta$ -カロチン(日本ロッシュ製)を用いた。

飼料 1 袋(20kg)あたり  $\beta$ -カロチン剤を 50 倍量区では 65g, 100 倍量区では 130g を添加した。体重 80kg から 4 週間添加した。

4) 調査項目

1 日平均増体重などの産肉性及び保水力や脂肪の融点などの肉質の調査を実施した。

血清及びロース、脂肪(内層)中の  $\beta$ -カロチン含量は高速液体クロマトグラフィ(HPLC)で分析した。また、 $\beta$ -カロチンは体内でビタミン A にも変換されるので同様に HPLC で分析した。

3 試験 3

- 1) 供試豚  
LW・D 8 頭(去勢 4 頭, 雌 4 頭)
- 2) 飼養方法  
2 頭飼いで、肥育前期用飼料を 40kg から 70kg まで、70kg から 110kg まではローズポーク専用飼料を給与した。  
試験 3 ではエゴマ粕に代わり市販の植物油を用いた。1 日当たりの要求量の 100 倍量(130g/飼料 20kg)の  $\beta$ -カロチン剤を市販の植物油(200ml)に混合し、150℃で 2~3 時間加熱後飼料に添加した。体重 80kg から 4 週間添加した。
- 3) 試験区及び供試頭数  
試験区：4 頭  
対照区：4 頭
- 4) 調査項目  
1 日平均増体重などの産肉性及び保水力や脂肪の融点などの肉質の調査を実施した。  
血清及びロース、脂肪(内層)中の  $\beta$ -カロチン含量やビタミン A 含量は HPLC で分析した。

## 結 果

## 1 試験 1

## 1) 肥育成績を表2に示した。

各区とも対照区と比較して110kg到達日齢及び1日平均増体重、飼料要求率に有意な差は見られなかった。

## 2) 枝肉形質

背脂肪厚の成績を表3に示した。

各区とも対照区と比較して背脂肪厚(肩・背・腰)に有意な差は見られなかった。また、脂肪に異臭を感じるものや軟脂のものは見られなかった。

## 3) 肉質

肉質の成績を表4に示した。

水分含量は、対照区に比べ2区が有意に高く( $p < 0.05$ )、保水性も対照区に比べ2区が有意に高かった( $p < 0.01$ )。加熱損失及びpH、脂肪(背脂肪外層及び内層、腎周囲脂肪)の融点には有意な差は見られなかった。

## 4) 脂肪酸組成

背脂肪内層及びロースに存在する主な7つ

の脂肪酸(ミリスチン酸・パルミチン酸・パルミトオレイン酸・ステアリン酸・オレイン酸・リノール酸・ $\alpha$ -リノレン酸)中の $\alpha$ -リノレン酸割合を表5に示した。背脂肪内層ではすべての区が対照区に比べ有意に高く、その中でも6区が最も高い値を示した。ロースでは6区のみが対照区に比べ有意に高い値を示した。

背脂肪内層中の $\alpha$ -リノレン酸割合の経時変化を図1に示した。6区を除くすべての区がエゴマ粕添加終了時で高い値を示しその後は漸次減少した。エゴマ粕添加終了時に最も高い値を示した区は6区であった。

表2 肥育成績

区分	110kg到達日齢(日)	1日平均増体重(g)	飼料要求率
1区	181.4 ± 18.6	731.4 ± 111.0	2.79 ± 0.44
2区	181.6 ± 12.2	744.8 ± 81.6	2.73 ± 0.20
3区	174.0 ± 8.9	741.2 ± 51.5	3.26 ± 0.11
4区	168.1 ± 11.3	779.0 ± 126.7	3.29 ± 0.43
5区	170.2 ± 25.5	783.6 ± 154.7	2.98 ± 0.31
6区	180.3 ± 12.7	725.3 ± 95.1	3.00 ± 0.33
対照区	171.3 ± 9.1	759.8 ± 57.9	2.87 ± 0.26

平均値±標準偏差

表3 枝肉形質

区分	背脂肪厚(cm)		
	肩	背	腰
1区	3.5±0.7	1.8±0.6	2.7±0.6
2区	3.2±0.4	2.0±0.4	2.9±0.6
3区	3.1±0.7	1.8±0.5	2.6±0.9
4区	3.0±0.1	1.9±0.1	2.8±0.2
5区	3.6±0.7	1.8±0.3	2.5±0.7
6区	3.3±0.3	1.8±0.4	2.7±0.5
対照区	3.2±0.2	2.1±0.4	2.9±0.2

平均値±標準偏差

表4 肉質

区分	水分含量 (%)	保水力	加熱損失 (%)	pH	脂肪融点(°C)		
					背脂肪外層	背脂肪内層	腎周囲脂肪
1区	73.1±0.73	51.0±2.23	33.6±1.85	5.56±0.14	35.2±2.04	41.1±1.87	46.9±1.28
2区	74.2±0.19 <sup>a</sup>	53.2±1.74 <sup>a</sup>	31.0±2.61	5.71±0.13	35.2±2.69	39.6±1.35	46.8±0.77
3区	73.5±0.69	50.8±4.69	31.7±1.50	5.79±0.29	35.5±3.91	42.5±1.73	47.0±0.69
4区	73.7±0.46	52.0±3.05	33.5±2.57	5.59±0.06	37.9±1.21	42.7±1.08	47.1±0.28
5区	73.5±1.18	50.3±1.26	31.7±4.25	5.72±0.17	34.6±3.75	38.2±5.04	44.9±1.81
6区	73.2±0.80	51.4±3.11	32.4±2.52	5.55±0.10	33.7±2.93	39.2±2.21	45.5±0.80
対照区	72.7±0.80 <sup>b</sup>	49.7±0.52 <sup>b</sup>	33.2±0.73	5.60±0.18	32.7±3.37	38.6±1.36	44.8±2.08

平均値±標準偏差, 異符号間に有意差あり, 大文字(p<0.01), 小文字(p<0.05)

表5 α-リノレン酸割合 (%)

	1区	2区	3区	4区	5区	6区	対照区
背脂肪内層	0.66±0.02	0.71±0.26	0.64±0.16	1.09±0.46	1.34±0.19	1.91±0.38	0.48±0.03
ロース	0.30±0.11	0.36±0.15	0.38±0.06	0.55±0.13	0.52±0.14	0.59±0.05	0.30±0.13

平均値±標準偏差

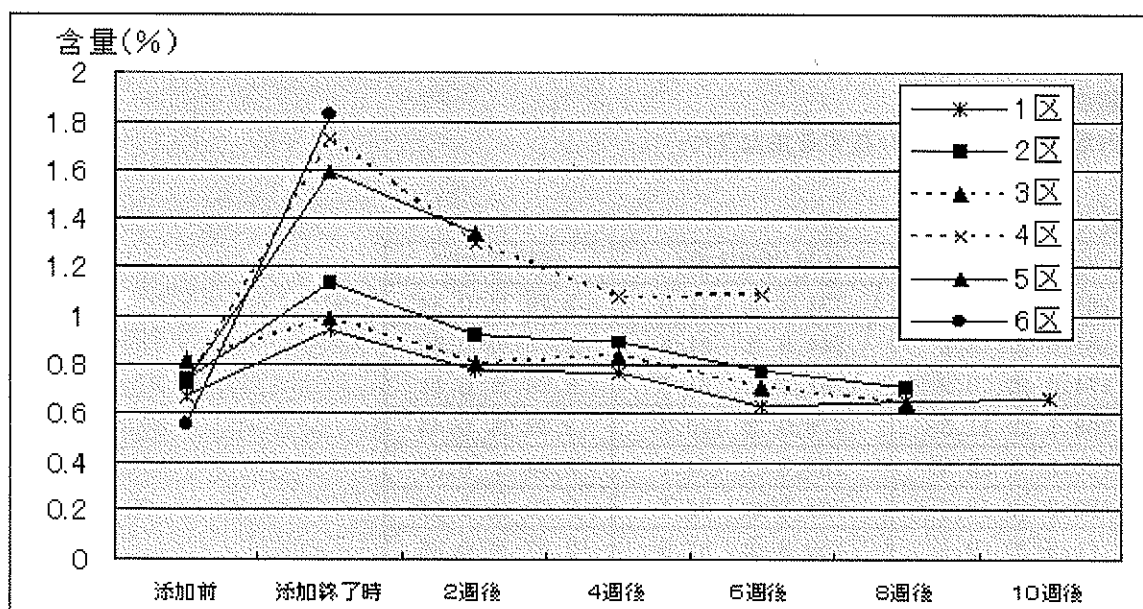


図1 背脂肪内層のα-リノレン酸割合の変化

2 試験2

- 1) 産肉性及び肉質調査結果を表6に示した。産肉性や肉質については有意な差はなく, エゴマ粕やβ-カロチンの添加による産肉性や肉質への影響はないと考えられる。
- 2) ビタミンA濃度及びβ-カロチン濃度を表7に示した。対照区に比べ, 4区のと殺前血清中のビタミンA濃度及びβ-カロチン濃度が有意に高くなった。脂肪中においては, ビタミンA濃度がすべての区において対照区よ

り有意に高かった。2区が4区より高い値を示したが2, 3, 4区間には有意差はなかった。

表6 産肉性及び肉質調査結果

区分	1日平均増体重 (g)	水分 (%)	保水力	加熱損失 (%)	脂肪融点(°C)		
					背脂肪外層	背脂肪内層	腎周囲脂肪
対照区	716.5±118.1	73.8±0.64	49.3±2.19	31.2±3.03	34.3±4.88	40.9±3.05	45.5±2.47
1区	713.6±115.5	73.5±0.39	50.7±4.13	31.8±2.28	32.3±2.23	39.7±0.64	45.5±1.10
2区	669.3±123.2	73.1±0.49	52.5±0.74	31.1±1.82	31.2±4.26	38.7±3.37	44.7±1.51
3区	681.7±24.5	73.9±0.75	50.6±2.13	28.7±4.75	35.5±3.48	40.1±1.30	46.3±0.91
4区	716.8±71.8	73.6±0.55	54.7±12.4	31.0±3.20	36.1±2.36	40.9±1.82	47.1±0.25

平均値±標準偏差

表7 ビタミンA濃度及びβ-カロチン濃度

区分	と殺前血清中(μg/ml)		コース中(μg/g)		脂肪中(μg/g)	
	ビタミンA	β-カロチン	ビタミンA	β-カロチン	ビタミンA	β-カロチン
対照区	0.31±0.10 <sup>A</sup>	0±0 <sup>A</sup>	0.30±0.50	0.0004±0.0011	1.08±0.21 <sup>Aa</sup>	0±0
1区	0.37±0.04	0±0 <sup>A</sup>	0.55±0.33	0±0	1.89±0.32 <sup>B</sup>	0±0
2区	0.36±0.08	0.0043±0.0040	0.15±0.11	0.0017±0.0029	2.54±0.71 <sup>B</sup>	0±0
3区	0.43±0.05 <sup>B</sup>	0.0046±0.0036 <sup>B</sup>	0.19±0.09	0.0034±0.0057	1.83±0.24 <sup>B</sup>	0.0001±0.0004
4区	0.40±0.08	0.0037±0.0064	0.12±0.06	0.0003±0.0006	1.42±0.19 <sup>B</sup>	0±0

平均値±標準偏差, 異符号間に有意差あり, 大文字(p<0.01), 小文字(p<0.05)

### 3 試験3

- 1) 産肉性及び肉質調査結果を表8に示した。  
産肉性や肉質については有意な差はなく, エゴマ粕やβ-カロチンの添加による産肉性や肉質への影響はないと考えられる。
- 2) ビタミンA濃度及びβ-カロチン濃度を表9に示した。対照区と比べ試験区は, 血清中において, β-カロチン濃度が有意に高く, 脂肪中ではビタミンA濃度が有意に高くなった。

表8 産肉性及び肉質調査結果

区分	水分 (%)	保水力	加熱損失 (%)	脂肪融点(°C)			1日平均増体重 (g)
				背脂肪外層	背脂肪内層	腎周囲脂肪	
試験区	73.3±1.04	50.0±1.37	33.7±4.27	34.7±1.77	39.6±1.63	44.5±2.12	694.9±54.4
対照区	73.6±0.58	52.7±3.37	33.3±0.84	34.3±0.07	37.3±1.84	43.5±1.34	691.1±74.5

平均値±標準偏差

表9 ビタミンA濃度及びβ-カロチン濃度

区分	と殺前血清中(μg/ml)		コース中(μg/g)		脂肪中(μg/g)	
	ビタミンA	β-カロチン	ビタミンA	β-カロチン	ビタミンA	β-カロチン
試験区	0.43±0.05	0.004±0.004 <sup>a</sup>	0.14±0.08	0.001±0.001	1.50±0.04 <sup>A</sup>	0±0
対照区	0.40±0.03	0±0 <sup>b</sup>	0.08±0.06	0.001±0.001	1.20±0.19 <sup>B</sup>	0±0

平均値±標準偏差, 異符号間に有意差あり, 大文字(p<0.01), 小文字(p<0.05)

## 考 察

試験 1 における背脂肪内層及びロースの脂肪酸組成の測定結果から、エゴマ粕中に高濃度で存在する $\alpha$ -リノレン酸の割合が対照区に比べ 6 区で最も高かったこと、また、エゴマ粕添加終了時が最も高い値を示したことから、6 区の給与方法が効果的であると判断した。

以上の結果から 6 区で $\alpha$ -リノレン酸が最も豚肉中に蓄積されることが判明したので、試験 2 と 3 では試験開始を体重 80kg からとし、添加期間も 4 週間で実施した。

試験 2 において、 $\beta$ -カロチン濃度は血清中で若干増加したものの、ロースや脂肪中での増加は認められなかった。しかし、脂肪中のビタミン A 濃度で増加が見られたことから $\beta$ -カロチンを多給するとビタミン A に変換され脂肪組織に蓄積される可能性がある。ただ、2 区(エゴマ粕区)も 3 区や 4 区と同様にビタミン A 濃度が増加したためエゴマ粕中にもビタミン A が高濃度で存在する可能性も考えられる。

試験 3 では、油分がもっとたくさんあれば $\beta$ -カロチンの吸収が良くなるかと考え、植物油を用いたが試験 2 の結果よりも蓄積されなかった。

以上のようなことから $\beta$ -カロチンの形のまま筋肉や脂肪組織へ蓄積させることは難しいが、可食部分である背脂肪内層にはビタミン A 濃度をある程度増加させることは可能であることがわかった。

## 参考文献

- 1) 門倉芳枝ら、新版 食物学、朝倉書店