

## 奄美島豚の肉質評価に関する研究

叶内宏明<sup>1)\*</sup>, 山崎正夫<sup>2)</sup>, 鞍掛 文<sup>3)</sup>, 木村郁夫<sup>3)</sup>, 大塚 彰<sup>4)†</sup>

<sup>1)</sup> 鹿児島大学共同獣医学部基礎獣医学講座

<sup>2)</sup> 宮崎大学農学部食品機能化学研究室

<sup>3)</sup> 鹿児島大学水産学部食品・資源利用学研究室

<sup>4)</sup> 鹿児島大学農学部栄養生化学・飼料化学研究室

令和元年11月27日 受理

### 要 約

奄美大島で飼育される固有の黒豚（島豚）と北米産 LWD 三元交雑種（北米産白豚）の食感に関わる物理的特性と味に関わるアミノ酸および脂肪酸組成を比較した。加熱した肉の破断応力は北米産白豚に比べて島豚で 1.3 倍高く、生肉の伸展率は島豚で有意に低かった。島豚は北米産白豚に比べて硬い肉であることが示された。肉の美味しさと正の相関を持つオレイン酸の割合が島豚で高い傾向にあり、島豚の美味しさとの関係が示唆された。一方、旨味に関係するグルタミン酸、甘味に関係するセリンおよびアラニン含量は島豚で有意に低いことから、島豚の味の濃さは北米産白豚よりも薄いことが示唆された。肉の硬さおよびアミノ酸含量に影響する因子として屠畜後の熟成が関係するが、島豚は熟成されることなく販売されており、肉の熟成の有無が今回の結果に影響していると考えられる。

キーワード：脂肪酸組成, アミノ酸組成, 物性, オレイン酸, 熟成

†：連絡責任者：大塚 彰（鹿児島大学農学部農業生産科学科栄養生化学・飼料化学研究室）

Phone and Fax : 099-285-8653, E-mail : k1820525@kadai.jp

\*：現所属：大阪府立大学地域保健学域 総合リハビリテーション学類 栄養療法学専攻

## 緒 言

奄美大島で生産される豚は奄美黒毛島豚（島豚）として近年ブランド化されてきた。島豚の特徴および歴史について叶が詳細に報告している [1]。14 世紀末に中国から沖縄を経て奄美へ伝わった豚が島豚の起源とされ、島豚は全身黒色で小型、鼻が長く、発育が遅いと記録が残されている。昭和に至るまで農漁村の各家庭において飼育され、重要な収入源となっていたようである。1960 年頃の高度経済成長期には養豚業者の業種転換が進むなか、島豚よりも経済性の高い鹿児島黒豚への生産変更などもあり、島豚は淘汰された。1970 年頃島豚の歴史的重要性に着眼した有志の力によって、島内で飼育されている豚から島豚の形質を持つ豚を戻し交配することで、従来の島豚に近い豚が復元された。

島豚は味がよく、脂肪が特に美味しいとされているが、これまで美味しさに関係する成分測定や食感の物理的評価はされてこなかった。本実験では食感に影響する物理的評価ならびに肉の美味しさと正の相関を示すオレイン酸 [5]、味に影響する各種アミノ酸量を測定し、科学的な観点から島豚の特性を明らかにすることを目的とした。

## 材料および方法

### 1. 豚肉検体

島豚（12 ヶ月齢、体重約 100 kg、雌）3 頭から得られたロース肉は奄美ミート（奄美市、鹿児島）から供与された。北米産 LWD 三元交雑種（北米産白豚、月齢および性別不明）のロース肉は鹿児島市内のスーパーで購入した。いずれの肉検体も実験に供するまで $-20^{\circ}\text{C}$ で保管した。

### 2. 物性測定

肉の物理的特性評価はビューローベリタスジャパン（横浜市、神奈川）に委託した。肉検体を $70^{\circ}\text{C}$ の温浴中で60分間加熱後、家畜改良センターの測定手順 [4] に準拠し、テンシプレスサー（TTP-50BX II, タケトモ電機, 新宿区, 東京）を用いて測定した。噛み切りやすさ、柔軟性、歯応え、脆さを評価項目とした。また生肉の水分含量、生肉加圧による伸展率と伸展により生じた水分量（伸展率・加圧保水力）、加熱後の水分含量（加熱損失）、加熱圧搾により生じた水分量（圧搾肉汁率）を測定した。

### 3. 脂肪酸組成測定

脂肪酸測定は Yamasaki らの方法に準じて実施した [6]。ロース肉脂肪からの脂質の抽出はクロロホルム：メタノール（2:1 v/v）を用いた。窒素ガスで乾固したのち 2 mL の 5%塩酸メタノールで溶解した。 $80^{\circ}\text{C}$ で60分間加熱した後、等量のヘキサンを添加した。遠心分離後の有機層を回収してサンプルとした。サンプルは SUPELCOWAX10® (30 m × 0.32 mm, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) カラムを装着したガスクロマトグラフィー（GC-2014 FID detector, Shimadzu, 中京区, 京都）に供した。測定条件は injection 温度 $250^{\circ}\text{C}$ 、カラム温度 $220^{\circ}\text{C}$ 、detection 温度 $250^{\circ}\text{C}$ 、キャリアガス He、流速 21 cm/sec とした。各種脂肪酸のエリア面積合計に対する各種脂肪酸のエリア面積 (% wt of total) として数値化した。

### 4. アミノ酸組成測定

ロース肉を秤量し、2 倍量の水でホモゲナイズを行なった。 $12,000 \times g$ で10分間遠心した上澄み液を回収した。30  $\mu\text{L}$ の上澄み液に1  $\mu\text{L}$ の濃塩酸を加えて混和した。 $12,000 \times g$ で10分間遠心した上澄み液に水を70  $\mu\text{L}$ 加えて遊離アミノ酸測定用の試料とした。アミノ酸の蛍光標識化には Waters AccQ·Tag™ (Waters, Milford, MA) を用いた。

## 奄美島豚の肉質

サンプル 10  $\mu\text{L}$  に AccQ-Fluor borate buffer 70  $\mu\text{L}$  および AccQ-Fluor reagent 20  $\mu\text{L}$  を加えて混和した。1 分間静置した後、55°C で 10 分間加熱した。標識したアミノ酸 10  $\mu\text{L}$  を HPLC (Prominence UFLC System, Shimadzu) で展開した。HPLC の条件は以下の通り、カラム, AccQ-Tag アミノ酸分析カラム (3.9  $\times$  150 mm); カラム温度, 37°C; 検出, 励起 250 nm/蛍光 395 nm; 流速, 1 mL/min; 移動層 A, AccQ-Tag 溶離液; 移動層 B, アセトニトリル; 移動層 C, 水; グラジエントプログラム, initial A100%/B0%, 0.5 min A99%/B1%, 18 min A95%/B5%, 19 min A91%/B9%, 29.5 min A83%/B17%, 33 min A0%/B100%, 36 min A100%/B0%, 65 min A0%/B60%/C40%。アミノ酸標準液 (各アミノ酸濃度 5, 50, 100, 200  $\mu\text{M}$ ) を同様に測定して作成した検量線から各種アミノ酸濃度を求め、組織重量当たりで算出した。

### 5. 統計解析

解析は JMP ver. 14 (SAS Institute Inc., Cary, NC) を用いた。結果は全て平均値  $\pm$  SD で表した。2 群間の比較は Student's t test で行い、 $P < 0.05$  を有意差有りとした。

## 結果および考察

物性測定の結果を表 1 に示した。島豚と北米産白豚で有意な差は伸展率と加熱損失で認められた。黒豚の伸展率は北米産白豚の 78% と低く、黒豚の加熱損失は北米産白豚の 130% と高かった。また有意な差ではなかったが黒豚の破断応力は北米産白豚の 130% と高かった。これらの結果から口にした際の肉の食感として、島豚は噛み応えが高いことが推測される。硬さの理由として出荷前の熟成方法の違いが考えられる。一般的な豚肉は 0°C で 5 日間ほど熟成されるが [2], 島豚では屠殺後熟成されることなく出荷される。そのため、島豚では筋肉タンパク質の分解が進んでおらず、肉が硬い状態で維持されていると推測される。

表 1. 島豚と北米産白豚における物性の比較

Table 1. Comparison of the physical properties between Amami island black pigs and North American-imported LWD pigs

物性項目	奄美島豚	北米産白豚	P value
破断応力 ( $\text{gf}/\text{cm}^2$ )	50467 $\pm$ 5839	38767 $\pm$ 3926	0.053
柔軟性 しなやかさ (arbitrary unit)	1.48 $\pm$ 0.11	1.41 $\pm$ 0.11	0.451
歯応え 噛み応え ( $10^6\text{gf}/\text{cm}^2$ )	210 $\pm$ 10	221 $\pm$ 100	0.881
脆さ (arbitrary unit)	1.74 $\pm$ 0.12	1.62 $\pm$ 0.31	0.591
水分 (%)	69.9 $\pm$ 0.2	64.7 $\pm$ 11.2	0.507
伸展率 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	11.6 $\pm$ 1.5	15.0 $\pm$ 1.3	0.044*
加圧保水力 肉汁の保持力 (%)	77.3 $\pm$ 1.5	80.9 $\pm$ 3.6	0.222
圧搾肉汁率 ジューシーさ (%)	33.0 $\pm$ 2.5	37.1 $\pm$ 1.3	0.087
加熱損失 (%)	30.5 $\pm$ 1.9	23.6 $\pm$ 2.7	0.027*

\*,  $P < 0.05$  で有意差有り。

脂肪酸組成を比較したが (表 2), 島豚と北米産白豚の間で有意差がある脂肪酸は認められなかった。興味深い知見として肉の美味しさと正に相関するオレイン酸含量が北米産白豚に比べて高く、負に相関するリノール酸が低い傾向であることが示された。参考ではあるが、鹿児島黒豚のオレイン酸割合は 43.6% (% wt of total) であると報告されていることから [3], それよりも高い値であった。

表2. 島豚と北米産白豚における脂肪酸含量比の比較

Table 2. Comparison of fatty acid composition between Amami island black pigs and North American-imported LWD pigs

脂肪酸	奄美島豚	北米産白豚
ミリスチン酸	1.58 ± 0.22	1.51 ± 0.19
パルミチン酸	21.31 ± 0.90	22.79 ± 2.82
ステアリン酸	11.84 ± 3.57	13.38 ± 2.12
オレイン酸	45.66 ± 3.22	41.01 ± 3.63
リノール酸	17.3 ± 0.03	18.94 ± 5.85
リノレン酸	1.41 ± 0.74	1.64 ± 0.82
アラキドン酸	0.90 ± 0.10	0.73 ± 0.13

脂肪酸含量比 (% wt of total) は全脂肪酸中の存在比で示した。

アミノ酸組成を島豚と北米産白豚の間で比較した結果 (表 3), 旨さに関係するグルタミン酸, 甘さに関係するセリン, アラニン, 苦さに関係するイソロイシン, ロイシン, リシンで有意な差がついており, いずれも北米産白豚で高かった。北米産白豚の方が肉の味が濃いことを示す結果である。この差もやはり熟成期間と関係があると思われる。熟成を行っていない島豚は北米産白豚に比べて筋肉タンパク質の分解が進んでおらず, 遊離アミノ酸濃度が低いと推測される。今回, 核酸系の旨味成分であるイノシン酸濃度は測定していないが, 島豚で低い値であることが推測される。

表3. 島豚と北米産白豚における遊離アミノ酸濃度の比較

Table 3. Comparison of free amino acid concentrations in the muscle between Amami Island black pigs and North American-imported LWD pigs

呈味	アミノ酸	奄美島豚	北米産白豚	P value
旨味	アスパラギン酸	431 ± 256	568 ± 220	0.521
	グルタミン酸	944 ± 241	2280 ± 579	0.042*
甘味	セリン	808 ± 218	1880 ± 377	0.021*
	アラニン	2019 ± 1789	6128 ± 654	0.045*
	グリシン	1635 ± 156	2431 ± 580	0.132
	プロリン	532 ± 238	818 ± 237	0.213
	トレオニン	2370 ± 596	2379 ± 322	0.982
苦味	イソロイシン	462 ± 162	905 ± 201	0.044*
	ロイシン	555 ± 171	1441 ± 294	0.018*
	フェニルアラニン	485 ± 140	1025 ± 261	0.050
	シスチン	542 ± 198	1059 ± 332	0.096
	チロシン	427 ± 135	891 ± 238	0.056
	バリン	737 ± 216	1343 ± 325	0.064
	メチオニン	497 ± 203	885 ± 213	0.084
	ヒスチジン	1836 ± 336	2967 ± 1248	0.254
	アルギニン	18049 ± 698	18431 ± 9346	0.950
リシン	401 ± 184	1206 ± 190	0.006*	

遊離アミノ酸量は筋肉重量あたりで示した (nmol/g of tissue)。\*, P<0.05 で有意差有り。

## 奄美島豚の肉質

島豚ロース肉の食感および味は北米産白豚に比べて硬く、淡白であることを示唆する結果であった。0°Cで5日間熟成された一般的な鹿児島県産黒豚とカナダ産白豚を比較した結果が報告されているが、鹿児島黒豚はより柔らかく、甘味が強いと官能検査で評価されている [3]。鹿児島黒豚のルーツは島豚で島豚にバークシャーを掛け合わせて作出された。従って島豚の肉の性質は鹿児島黒豚に近いことが推測される。島豚を0°Cで熟成させた場合には鹿児島黒豚と同等、もしくは更に甘みの強い測定結果となる可能性もあり、今後の調査が期待される。今回、島豚では美味しさと正の相関を示すオレイン酸が高い結果となったが残念ながら有意な差は認められていない。測定数が3検体と限定されていたために検定力が低いことが原因と考えられる。今後検体数を増やして再検査を行う必要がある。

## 謝 辞

島豚を提供していただいた奄美ミート新納誠人様に感謝申し上げます。

## 文 献

- [1] 叶芳和：島豚復活への道－在来種の地方創生力－. 自由思想, 143, 75-87(2016)
- [2] Okumura, T., Inuzuka, Y., Nishimura, T. and Arai, S.: Changes in sensory, physical and chemical properties of vacuum-packed pork loins during the prolonged conditioning at 4°C. Anim. Sci. Technol., 67, 360-367(1996)
- [3] 大小田勉・井之上弘樹・高橋宏敬・喜田克憲・多田司・井尻大地・大塚彰：官能評価と理化学検査数値から見るかごしま黒豚の肉質特性. 日本暖地畜産学会報, 62, 17-24(2019)
- [4] 齋藤薫・奥村寿章・曾和拓・佐久間弘典・山田真一：食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル (<http://www.nlbc.go.jp/research/nikushitsuhyoka/shokuniku-manual-1.pdf>), p15-24, (独) 家畜改良センター, 福島県(2010)
- [5] Westerling, D.B. and Hedrick, H.B.: Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. J. Anim. Sci., 48, 1343-1348(1979)
- [6] Yamasaki, M., Motonaga, C., Yokoyama, M., Ikezaki, A., Kakihara, T., Hayasegawa, R., Yamasaki, K., Sakono, M., Sakakibara, Y., Suiko, M. and Nishiyama, K.: Induction of apoptotic cell death in HL-60 cells by jacaranda seed oil derived fatty acids. J. Oleo. Sci., 62, 925-932(2013)

## Characteristics of Amami Island black pig meat

Hiroaki Kanouchi<sup>1)\*</sup>, Masao Yamazaki<sup>2)</sup>, Aya Kurakake<sup>3)</sup>, Ikuo Kimura<sup>3)</sup>, Akira Ohtsuka<sup>4)†</sup>

<sup>1)</sup> *Department of Veterinary Medicine, Joint Faculty of Veterinary Medicine*

<sup>2)</sup> *Laboratory of Food Chemistry, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki*

<sup>3)</sup> *Laboratory of Food Engineering, Faculty of Fisheries*

<sup>4)</sup> *Laboratory of Nutritional Biochemistry and Feed Chemistry, Faculty of Agriculture*

### Summary

In the present study, we analyzed the meat quality of Amami island black pig (AB) and compared it with LWD three-way cross pig produced in North America (LWD). Meat quality was evaluated using physical characteristics, amino acid concentrations, and free fatty acids composition. The breaking strength of boiled meat of AB was 1.3 times higher than that of LWD. The stretchability of raw AB meat was significantly lower than that of raw LWD meat. The firmness of AB meat was higher than that of LWD meat. The concentration of oleic acid in AB meat was higher than that in LWD meat. The high oleic acid concentration may be related to the quality of AB meat, as it has a positive relationship with meat sensory quality. The high oleic acid concentration may be unique to AB meat. The concentrations of glutamic acid, serine, and alanine were significantly lower in AB meat than in LWD meat, and these amino acids are related to umami or sweetness. The concentrations of other free amino acids were also relatively lower in AB meat. The results can be attributed to the processing of AB meat, which was not subjected to the aging process. The high firmness of and low free amino acid concentrations in AB meat were related to the aging process.

**Key words:** Fatty acid composition, Amino acids, Physical property, Oleic acid, Aging

†: Correspondence to: Akira Ohtsuka (Laboratory of Nutritional Biochemistry and Feed Chemistry)

Tel (Fax): 099-285-8653, E-mail: k1820525@kadai.jp

\*: Present address, Department of Clinical Nutrition, Osaka Prefecture University