イノブタにおける胸最長筋と皮下脂肪の品質特性

西森光孝・入江正和*・石塚 譲*

高知県畜産試験場, 高知県高岡郡佐川町中組 1247, 781-1233

* 大阪府立食とみどりの総合技術センター, 大阪府羽曳野市尺度 442, 583-0862

(2002 年 6 月 3 日受付, 2002 年 11 月 1 日受理)

要 約 イノブタ肉の肉質特性を明らかにするため, 胸最長筋における一般成分と脂肪酸組成ならびに皮下脂肪における融点, 屈折率, 光学特性を調査し, 豚肉(供試, 文献値)と比較検討した。胸最長筋の一般成分ではイノブタ肉は豚肉と比較して粗脂肪含量が低く, 粗蛋白質含量が高かった。イノブタの胸最長筋における脂質の脂肪酸組成は豚に比べて大きな違いはなく, もっとも多い脂肪酸はオレイン酸(C18:1)で, 次にパルミチン酸(C16:0), ステアリン酸(C18:0), リノール酸(C18:2)の順であった。皮下脂肪の質について, イノブタと供試豚では屈折率に違いは認められなかったが, イノブタは供試豚より融点が低かった。皮下脂肪における表面反射率はイノブタが供試豚よりやや高い傾向にあり, 内部反射率は逆の関係にあった。以上のことから, 豚肉に比べイノブタ肉では胸最長筋の粗脂肪含量が低く, 筋内脂質の脂肪酸組成は類似し, 皮下脂肪はやや柔らかで, その色調はやや明るい特徴を持つ傾向にあることがわかった。

緒 言

イノブタは豚の雌にイノシシの雄を交配して作出した一代雑種で, 高知県, 和歌山県, 群馬県, 鳥取県等の特産品である。特に高知県では豚の枝肉価格が低迷する中, 中山間地域の特産品づくりによる活性化を目指してイノブタの飼養管理技術を中心に研究を行い, イノブタの平均離乳頭数, 発育などの特徴を明らかにしてきた。

肉質についてのイノブタの特徴は特産品を普及する際の重要事項になる。群馬県では焼き肉やしゃぶしゃぶでそのおいしさに定評を得, 高知県のアンケート調査では豚肉より風味があるという結果を得た。理化学的調査では, 東京農業大学グ

ループの一連の研究があり¹⁻⁵⁾, IRIE and NISHIMORI (2001)⁶⁾は光学的測定法を用い, イノブタの肉色に関する特徴として, 豚に比べて筋肉部位によりその色調特性が異なること, さらに肉のブルーミングについては特別な特徴がみられないことなどを明らかにした。しかし, イノブタ肉の理化学的特性についてはそれら以外あまり調査されておらず, さらなる検討が必要である。

そこで, 本研究ではイノブタの種々の肉質特性を明らかにするために, 胸最長筋の一般組成, 脂肪酸組成, 皮下脂肪の理化学的性状, 光学特性を調査し, 豚肉と比較検討した。

Characteristics of *Longissimus Thoracis* Muscle and Subcutaneous Fat from Pig×Wild Boar Hybrid

M. NISHIMORI, M. IRIE* and Y. ISHIZUKA*

Kochi Prefectural Stock Breeding Research Center, Sakawa-cho, 781-1233

* Agricultural, Food and Environmental Sciences Research Center of Osaka Prefecture, Habikino-shi, 583-0862

材料及び方法

1. 供試試料

イノブタは高知県畜産試験場において生産されたもの 10 頭 (BD 交雑種の雌豚に農家から導入した雄イノシシを交配したもの) を供試した。飼料は慣行法に従って、生後 3 カ月齢までは豚と同じ配合飼料を不断給餌で与え、それ以降は配合飼料にフスマと圧ぺん麦を同じ比率で配合したものを日量 1.5 kg の制限給餌で給与した。供試イノブタは 10 カ月齢、概ね出荷体重 100 kg で食肉市場に出荷した。

豚は高知県畜産試験場より食肉市場に出荷された LWD 交雑種と、大阪府内 5 軒の養豚農家で生産され、大阪府肉質向上研究会に出荷されたもの (LWD 種ならびにハイブリッド豚)、合計 12 頭を用いた。特に大阪府肉質向上研究会の豚肉の多くはパンなどのデンプン質主体の飼料で 7 カ月まで飼われたものであり、脂肪交雑がみられることを特徴としている。

供試試料はそれぞれの枝肉から、5~6 胸椎部の胸最長筋、皮下脂肪内層を採取し、 -20°C で冷凍保存した。 4°C で一昼夜かけて解凍し、以下の分析に供した。

2. 胸最長筋の一般組成

胸最長筋はミキサーでミンチにし、水分を常圧加熱乾燥法、粗脂肪をソックスレー抽出器を用いたエーテル抽出法、灰分を直接灰化法によりそれぞれ測定した。粗蛋白質はマイクロケルダール法で分解後、自動窒素タンパク質定量装置 (KJEL-AUTO, 三田村理研工業) にて測定した。

3. 胸最長筋の脂肪酸組成

胸最長筋をミンチにした後、FOLCH らの方法⁷⁾ によってメタノール・クロロホルム混液を用いて脂質を抽出し、食品分析法⁸⁾ に準じて試料を調整した。すなわち、抽出された脂質は酸触媒を用いて脂肪酸のメチルエステル化処理を行った。つまり、抽出された脂質は 1N 水酸化カリウムエタノール溶液で 80°C 、1 時間で振とうしながらケン化した。エタノールを留去後、蒸留水で溶解し、ジエチルエーテルで洗浄した。次に 6N 硫酸で脂肪酸を遊離させ、石油エーテルで脂質を抽出し

た。蒸留水で洗浄後、無水硫酸ナトリウムで脱水し、石油エーテルを留去した。三フッ化ホウ素メタノール錯体溶液を用いて、環流しながら、脂肪酸をメチルエステル化した。飽和食塩水で反応を止めた後、n-ヘキサンで抽出し、無水硫酸ナトリウムで脱水後、n-ヘキサンを留去後、再び n-ヘキサンで希釈し、ガスクロマトグラフィー用のサンプルとした。ガスクロマトグラフィーの装置と条件は既報⁹⁾ の通りとし、標準サンプルの相対保持時間より C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2 を同定し、インテグレーターの面積比より脂肪酸組成を求めた。

4. 皮下脂肪の融点と屈折率

皮下脂肪内層を用い、既報の報告⁹⁾ に従って融点、屈折率を測定した。すなわち、組織を細切後、ろ紙 (ADVANTEC, No. 101) を用いて 105°C の恒温器内で 3 時間以内に溶融・ろ過し、融点、屈折率用の試料とした。融点は、抽出された脂肪をガラス毛细管に詰め、上昇融点法により測定した。屈折率は抽出脂肪を用いて恒温槽を備えた精密アッペ屈折計により 40°C で測定した。なお、屈折率は軟脂などに関連する脂肪の質を表す指標となるものである¹⁰⁾。

5. 皮下脂肪の光学特性

皮下脂肪内層を用いて、既報^{11, 12)} に基づき、光ファイバ法による光学測定を行った。脂肪温度 4°C の状態で、光ファイバ装置 (オプトリサーチ社製, HRS-6500) を用いて、2 種のプローブ (表面反射型、挿入型) によって $400\sim 1,100\text{ nm}$ における 1 nm ごとの表面反射率と内部反射率を計測した。

6. 統計処理

イノブタと豚 2 組の上述した各理化学的測定データに対し、対応のない t 検定を適用し、有意性を検討した。なお、光学測定値は 5 nm 毎のデータを抽出し同様に処理した。

結果及び考察

1. 胸最長筋の一般組成

表 1 に示すように、胸最長筋では、イノブタが供試豚に比べて、水分と粗蛋白質含量が高く、粗脂肪含量が低いという結果になった ($P>0.01$ or

表 1. イノブタと豚における胸最長筋の一般組成

Table. 1 Chemical composition (%) of *longissimus thoracis* muscle from wild-boar×pig hybrid and pig

	Pig×wild boar hybrid		Pig		Significance ¹⁾
	MN	SD	MN	SD	
Number	10		12		
Moisture	72.04	1.11	69.74	1.74	**
Crude protein	24.54	0.67	21.66	1.67	**
Ether extracts	2.14	0.83	7.19	2.67	**
Crude ash	1.06	0.03	1.16	0.12	*

¹⁾ ** P<0.01, * P<0.05

P>0.05)。イノブタにおける粗脂肪含量の低さ（イノブタ 2.14%，豚 7.19% で、その差は 5.05%）は、粗蛋白質含量（同様にその差は 2.88%）と水分（その差は 2.30%）の高さによって補われているという結果となった。なお、灰分については有意な差となったが、その差は 0.1% とわずかである。

豚肉（胸最長筋）の水分について、わが国における種々の品種（ランドレース、大ヨークシャー、ハンプシャー、バークシャーなど）間を比較した報告があり、中井¹³⁾は 73.3%～74.6% の値を、川井田¹⁴⁾は 73.4～74.8% の値を得ている。これらの値と比べるとイノブタ肉では水分はやや低くなる。一方、粗蛋白質含量では、豚で品種間差があり、21.4%～23.2% と報告している。これらの値と比べるとイノブタ肉の粗蛋白質含量は 24.5% であり、粗蛋白質含量が高いことがわかる。

アメリカの養豚生産者会議（NPPC, 1994-1995）の調査などをまとめた ELLIS らの総説¹⁵⁾によると、豚において品種、系統によって筋内脂肪含量が異なり、食味に影響していることを報告している。平均値は調査報告年（1994, 1995）で異なっているが、バークシャー種で 3.24, 2.41%，デュロック種で 4.29, 3.03%，ハンプシャー種で 2.63, 2.57%，大ヨークシャー種で 2.48, 2.33%，ランドレース種で 2.49%（1994）であった。スイスにおけるハンプシャー種、大ヨークシャー種、ランドレース種を調べた SCHWÖRER の総説¹⁶⁾では、筋内脂肪は赤身への改良と共に低下し、1993

年での筋内脂肪平均値は 1.2～1.5% であった。また、多くの中国種を調べた LIU の総説¹⁷⁾では、中国種の脂肪交雑値の平均値が 3.28 に対し、ランドレースは 2.24 であった。

欧米の豚肉は赤身傾向で、わが国では大規模な調査例はないが、欧米よりやや高いといわれている。本試験における豚肉の 7.19% というデータはわが国の平均を表しているのではなく、かなり高い。これは大阪肉肉質研究会の豚の多くは脂肪交雑が入る特別な飼育方をしているからである。脂肪交雑が入り、おいしいと評判の TOKYO-X でも筋内脂肪含量は 4.9% で、選抜前の基礎豚の平均値は 3.0% であった¹⁸⁾。

一方、イノブタの 2.14% という値は本試験の豚肉の結果のみならず、欧米や中国種の豚のデータから考えても、やや低い方に位置づけられると考えられる。松岡ら⁵⁾や池田ら²⁾の報告でも、イノブタ胸最長筋における粗脂肪含量は 1.07～1.76% であった。一般的に筋内脂肪量は月齢が増すにつれて増加するが、供試イノブタは 10 カ月齢と供試豚に比べて 3～4 カ月長い。飼養管理などにも影響されるものの、一般的に、皮下脂肪、筋間脂肪が多いことがイノブタの特徴である。本供試イノブタもその傾向は有しており、蓄積部位の脂肪量が多いにもかかわらず、供試豚のみならず上述した論文の豚に比べても筋内脂肪含量は低く、イノブタ肉の特徴であると考えられた。

BEJERHOLM and BARTON-GADE (1986)¹⁹⁾, DEVOL ら (1988)²⁰⁾によれば、筋内脂肪は食味と関連が

深く、2~3%は必要であるとしている。イノブタについては筋肉脂肪を最低量は確保していると思われるものの、少ない方であり、筋肉脂肪から味の良さを説明することは困難である。また、筋肉脂肪は肉のおいしさの十分条件にはなりえるかもしれないが、必要条件ではない。保水力など他の要因が関与している可能性や、筋間脂肪や皮下脂肪といった脂肪組織を食することによって味が補われているのかもしれない。種々の角度からの今後の検討が必要であろう。

2. 胸最長筋の脂肪酸組成

イノブタの胸最長筋における脂質の脂肪酸組成は豚と比べて大きな違いはなかった (Table 2)。すなわち、もっとも多い脂肪酸はオレイン酸 (C18:1) であり、次にパルミチン酸 (C16:0)、ステアリン酸 (C18:0)、リノール酸 (C18:2) の順であった。山野ら⁴⁾はイノブタの各種筋肉を調査し、筋肉脂質の主要な脂肪酸は多い順にオレイン酸、パルミチン酸、リノール酸、ステアリン酸でオレイン酸を除き筋肉間に有意差が認められたと報告している。オレイン酸、パルミチン酸の順序は本研究結果と一致し、リノール酸とステアリン酸については後で述べるように主に飼料による影響の

違いと考えられる。

イノブタを豚と比べると、胸最長筋脂質のステアリン酸 (C18:0) 含量 (それぞれ 14.3%, 12.1%) とリノール酸 (C18:2) 含量 (それぞれ 10.5%, 5.2%) が高く、オレイン酸含量 (それぞれ 42.9%, 49.3%) が低い結果となった ($P<0.01$) (表 2)。ミリスチン酸 (C14:0) とパルミトレイン酸 (C16:1) は有意であるものの、わずかな差でしかなかった。

これら脂肪酸に違いがあるとしても、その差は食肉市場の豚肉における変動の範囲内であり²¹⁾、イノブタにおいて特別、特徴的な事項とはいいいにくい。たとえば、リノール酸は生体ではほとんど合成されず、イノブタ肉におけるリノール酸含量の高さは飼料由来と考えられ、その多くはフスマに由来しているのだろう。

なお、イノブタ肉と豚肉の脂肪酸に違いを見い出すとすれば、ステアリン酸とオレイン酸にその可能性がある。飼料由来のステアリン酸は体脂肪に蓄積しにくく、生体内で多く合成される傾向にある²²⁾。イノブタの胸最長筋脂質でステアリン酸が多いのは、主にイノブタで活発に脂質が合成され、増加したためと考えられる。池田ら²⁾はイノ

表 2. イノブタと豚における胸最長筋の脂肪酸組成

Table 2 Fatty acid composition (%) of *longissimus thoracis* muscle from wild-boar×pig hybrid and pig

	Pig×wild boar hybrid		Pig		Significance ¹⁾
	MN	SD	MN	SD	
Number	10		8		
14:0	1.5	0.2	1.7	0.2	*
16:0	27.4	1.4	27.9	1.0	
16:1	3.4	0.5	3.9	0.2	*
18:0	14.3	1.5	12.1	0.8	**
18:1	42.9	2.1	49.3	2.5	**
18:2	10.5	1.7	5.2	0.9	**
SFA ²⁾	43.2	2.1	41.7	1.9	
MUFA ³⁾	46.4	2.2	53.1	2.5	**

¹⁾ ** $P<0.01$, * $P<0.05$

²⁾ Saturated fatty acids

³⁾ Monounsaturated fatty acids

ブタで体重の増加に伴ってステアリン酸が増加することを認めている。一方、オレイン酸含量が少ないのは、飼料由来のオレイン酸があまり蓄積しなかったためか、ステアリン酸からオレイン酸への不飽和化がイノブタで不活発であることを示すものだろう。本実験の大阪府産供試豚にはカボックによって不飽和化を抑制しているものが交じっているが、それよりさらに低いのは興味深い。これらについてもさらなる検討が必要であろう。

3. 脂肪の融点と屈折率

皮下脂肪における融点は豚が 36.6℃ に対して、イノブタは 31.7℃ と低く 1% の危険率で有意であったが、屈折率の差は認められなかった (表 3)。融点の差は 5℃ と大きく、供試豚と比べてやや軟らかな脂肪であることを意味している。なお、本試験に用いた豚はすべて軟脂の性状を示すものではなく、良好な脂肪の質の部類に入る一般的なものである。ちなみに、中井¹³⁾ は豚における皮下脂肪の融点を調査し、ハンプシャー種で低かったものの、ランドレース種、大ヨークシャー種、デュロック種、バークシャー種、交雑種 (LHW, LWD) で 34.1℃～37.1℃ と報告している。

4. 脂肪の光学特性

イノブタと豚の皮下脂肪における表面反射スペクトルを図 1 に、内部反射率を図 2 に示した。表面反射スペクトルは全体としてみた場合、形状、高さ共にイノブタと豚で大体同じであるものの、500～600 nm 付近でイノブタが豚よりも有意な差ではないが、わずかに高い傾向にあった。700 nm

以上の近赤外領域では両者の表面反射率はほとんど変わらなかった。表面反射率の高さは明度を示し、これらの結果はイノブタの脂肪の方がやや明るい、あるいはより白く見える可能性を示唆している。肉の赤みをより引き立てる役割を担っているかもしれない。なお、550 nm～600 nm の吸光ピークは主に脂肪中のヘモグロビンがオキシ化していることを示している⁵⁾。

内部反射率もイノブタと豚で全領域でやや低い傾向にあった (図 2)。内部反射率は表面反射率の結果とは異なり、豚とイノブタで逆の関係にあった。内部反射率は表面反射率と違い、色調よりも脂肪の質を反映するものであり⁶⁾、軟らかい程、内部反射率は低くなる。つまり、イノブタは豚よりも脂肪が軟らかいことを意味し、これは脂肪の融点で示された結果と一致している。

以上のことから、豚肉に比べイノブタ肉では胸最長筋の粗脂肪含量が低く、粗蛋白質含量が高く、その筋内脂質の脂肪酸組成には大きな違いはないことがわかった。さらに、イノブタの皮下脂肪は豚と比べやや柔らかで、その色調はやや明度が高いことがわかった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり実験にご協力いただいた近畿大学農学部、大石武士先生と橋詰真由子さんに感謝します。なお、本研究の一部は農林水産省、新技術の研究費によって行われたものである。

表 3. イノブタと豚における皮下脂肪内層の融点、屈折率

Table. 3 Melting point and refractive index of inner layer of subcutaneous fat from wild-boar×pig hybrid and pig

	Pig×wild boar hybrid		Pig		Significance ¹⁾
	MN	SD	MN	SD	
Number	10		6		
Melting point (°C)	31.7	1.8	36.6	4.4	**
Refractive index ²⁾	103.8	4.6	101.3	6.7	

¹⁾ ** P<0.01

²⁾ (RI-1.4500)×10,000

図 1. イノブタ (W) と豚 (P) の皮下脂肪における表面反射スペクトル

Fig. 1. Surface reflectance spectra of subcutaneous fat from pig×wild boar hybrid (W) and pig (P)

図 2. イノブタ (W) と豚 (P) の皮下脂肪における内部反射スペクトル

Fig. 2. Interactance spectra of subcutaneous fat from pig×wild boar hybrid (W) and pig (P)

文 献

- 1) 松岡昭善・鈴木伸一・池田周平：イノブタの肉質に関する研究 1. 去勢雄と雌のと体成績および理化学的性状の差異, 日豚会誌, **24**, 7-12, 1987.
- 2) 池田周平・松岡昭善・鈴木伸一・多田耕太郎・赤井秀次：イノブタの肉質に関する研究 2. 成長に伴う枝肉成績ならびに理化学的性状の変化, 日豚会誌, **24**, 203-211, 1987.
- 3) 松岡昭善・鈴木伸一・池田周平：イノブタの肉質に関する研究 3. 同一月齢肥育後の生体重の相違が肉質に与える影響, 日豚会誌, **25**, 35-41, 1988.
- 4) 山野 裕・松岡昭善・古川 徳・高橋強・山中良忠：イノブタの肉質に関する研究 4. 性別および筋肉部位による脂質並びに脂肪酸組成の差異, 日豚会誌, **27**, 159-166, 1990.
- 5) 松岡昭善・山野 裕・古川 徳・池田周平・山中良忠：イノブタの肉質に関する研究 5. 雄, 去勢雄および雌の発育成績, 枝肉成績並びに肉の理化学的性状. 日豚会誌, **28**, 6-12, 1991.
- 6) IRIE, M. and M. NISHIMORI : Surface reflectance related with color characteristics for pig×wild boar meat, Asian-Aust. J. Anim. Sci., **14**, 1321-1325. 2001.
- 7) FOLCH, T., M. LEES and G.H. SLOANE-STANLEY : Simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues, J. Biol. Chem., **226**, 467-509. 1957.
- 8) 平田芳明：「脂肪酸組成」, 新・食品分析法, 520-527, 光琳, 東京, 1996.
- 9) AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY : Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, Fourth Edition, AOCS Press, Champaign, Ce 2-66, 1989.
- 10) 入江正和：一総説一豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因 (1) 一特に軟脂豚との関連とその制御一, 畜研, **43**, 793-798, 1989.
- 11) IRIE, M. : Evaluation of porcine fat with fiber-optic spectroscopy, J. Anim. Sci., **77**, 2680-2683, 1999.
- 12) IRIE, M. : Optical evaluation of factors affecting appearance of bovine fat, Meat Sci., **57**, 19-22, 2001.
- 13) 中井博康：「肉質と異常肉」, 豚病学, 第3版, 758-766, 近代出版, 東京, 1987.
- 14) 川井田博：「産肉」, 養豚ハンドブック, 291-357, 養賢堂, 東京, 1994.
- 15) ELLIS, M., F.K. MCKEITH and K.D. MILLER : The effect of genetic and nutritional factors on pork quality —Review—, Asian-Aust. J. Anim. Sci., **12**, 261-270, 1999.
- 16) SCHWÖRER, D., A. REBSAMEN and D. LORENZ : Twenty years of selection for meat

- quality in Swiss pig breeding, *Pig News and Information*, **15**, 63N-66N, 1994.
- 17) LIU, J.Z. : Meat quality on Chinese indigenous pigs : a review, *Pig News and Information*, **15**, 87N-90N, 1994.
- 18) 兵頭 勲 : 脂肪交雑のある豚, 畜研, **51**, 19-24, 1997.
- 19) BEJERHOLM, C. and P. BARTON-GADE : Effect of intramuscular fat level on eating quality of pigmeat, Danish Meat Research Institute, manuscript No. 720E, 1986.
- 20) DeVOL, D.L., F.K. McKEITH, P.J. BECHTEL, J. NOVAKOFSKI, R.D. SHANKS and T.R. CARR : Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics palatability in a random sample of pork carcasses, *J. Anim. Sci.*, **66**, 385-395, 1988.
- 21) 入江正和・大本邦介・西村和彦 : 豚の軟脂判定基準, 食肉に関する助成研究調査成果報告書, **3**, 156-164, 1985.
- 22) 入江正和 : 一総説一豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因 (3) 一特に軟脂豚との関連とその制御一, 畜研, **43**, 1049-1050, 1989.

Characteristics of *Longissimus Thoracis* Muscle and Subcutaneous Fat from Pig×Wild Boar Hybrid

Mitsutaka NISHIMORI, Masakazu IRIE* and Yuzuru ISHIZUKA*

Kochi Prefectural Stock Breeding Research Center, Sakawa-cho, 781-1233

* Agricultural, Food and Environmental Sciences Research Center of Osaka Prefecture, Habikino-shi, 583-0862

An experiment was conducted to determine the characteristics of meat from pig × wild boar hybrid. Pig × wild boar hybrid was compared with pig about the chemical composition and fatty acid composition of *longissimus thoracis* muscle, and the melting point, refractive index and optical characteristics of subcutaneous fat. In the *longissimus thoracis* muscle, pig × wild boar hybrid had higher content of ether extract and lower content of crude protein than pig. The fatty acid composition of *longissimus thoracis* muscle from the pig × wild boar did not much differ from that of the pig. In the meat from pig × wild boar hybrid, the oleic acid was major, and then the palmitic, stearic and linoleic acids followed. Although the refractive index of the subcutaneous fat did not differ between the pig × wild boar hybrid and the pig, the melting point was lower for the pig × wild boar hybrid than the pig. The surface reflectance of the subcutaneous fat tended to be a little higher for the pig × wild boar hybrid than the pig, but the internal reflectance (interactance) suited the reverse relation. These results indicated that pig × wild boar hybrid had lower fat content, higher crude protein content, and similar fatty acid composition of *longissimus thoracis* muscle and tended to have softer and brighter subcutaneous fat, compared with pork.

Jpn. J. Swine Science, **39**, 4 : 272-279

Key word : pig, wild boar, hybrid, meat quality, fat