

トウキョウ X 豚肉の化学的, 物理的特性ならびに咀嚼特性

Chemical, Physical and Mastication Properties of Pork from the New “Tokyo X” Breed

高崎 禎子*[§] 飯塚 佳子** 鈴木亜由美*** 伊藤 米人***

Sadako Takasaki

Keiko Iizuka

Ayumi Suzuki

Yoneto Itoh

The chemical, physical and mastication properties of pork from Tokyo X pigs were investigated in comparison with pork from the LWD and Berkshire breeds. The intramuscular fat content was relatively high for Tokyo X meat (5.59%), and the melting point of the fat was low. The hydroxyproline content was also low for Tokyo X. The cooking loss of meat and the heat-shrinkage ratio of the meat surface area were both comparatively low. Texturometer measurements showed significantly smaller values ($p < 0.05$) in the hardness, cohesiveness, and chewiness of Tokyo X meat. The electrical potential of the masticatory muscle of the human masseter was measured by electromyography in order to evaluate the mouth feel of the pork during mastication. The meat from Tokyo X tended to require a smaller number of chews, shorter mastication time, and lower masticatory muscle activity than the other two pork samples. These factors are likely to be involved in the mastication properties of Tokyo X pork.

キーワード: 豚肉 pork; テクスチャー texture; 咀嚼特性 mastication properties; 食品成分 food constituents

食味の改良を中心とした豚の改良は各地で盛んに行われており、銘柄豚といわれるものだけでも 200 種類を超えている。産肉性等については、いろいろ報告されているが、肉の素材としての特徴についての情報は少ないのが現状である。

「トウキョウ X」は、地域特産豚肉を開発する目的で、豚肉の食味の優れた 3 品種（北京黒豚種、パークシャー種、デュロック種）を用い開発された合成系統豚である¹⁾。市場に出回っている豚肉は、ランドレース種、大ヨークシャー種、デュロック種を交配した LWD 種であることが多い。この LWD 種に対して、高級感のあるブランド豚として流通しているのが、いわゆる「黒豚」と呼ばれるパークシャー種である。トウキョウ X の肉質の特徴を明らかにするために、トウキョウ X、LWD 種、パークシャー種の 3 品種を用いて定量的記述分析法（QDA[®] 法）による官能評価を行ったところ、選出された 8 項目の官能特性のうち、「かたさ」「ジューシー感」等について試料間に有意差がみられた²⁾。Tukey の多重比較の結果、トウキョウ X は LWD 種よりも 1% 有意で軟らかく、5% 有意で「豚の臭み・ケモノ臭」が弱いと評価された。

肉を食べた際のおいしさを決める要因として、食感、味、香りが挙げられ³⁾⁴⁾、嗜好評価においてもパネルはそれらの要因をもとに肉の嗜好を決めている。テクスチャーは肉

のきめやしまり、脂肪交雑などを評価する総合的な表現である。具体的にいうと、肉色がよく脂肪交雑のよい肉、舌触りがよく、風味に優れる肉、軟らかい肉などである。また、筋肉内に交雑した脂肪である「さし」が多い肉ほど香りと共にうまみを感じる。これらを総合すると香りや歯触りがよく独特の噛み心地があり、こく、フレーバーがあって軟らかい肉質を持つ肉がおいしい事になるが、このおいしさの明確な根拠となる数値はいまだに得られていない。肉のおいしさに大きな役割を果たすテクスチャーは、機器測定により測定されてきたが、機器測定には人の咀嚼に必ず存在している唾液を伴っていない、食べ物の変形の速さが実際の咀嚼時と違う、などの理由で、人の口腔内での判断と一致するとは限らず、官能評価との対応がよくないことが指摘されている⁵⁾。近年、咀嚼中におけるテクスチャーの変化を定量的に測定する手法として、咀嚼圧や咀嚼筋筋電位の測定が行われている^{5)~8)}。Kohyama らは、咀嚼圧と機器で測定した破断応力値とが絶対値のみならず、順序も一致しない場合があると報告している⁹⁾¹⁰⁾。

実際の咀嚼の際には、硬さは温度により支配されるが、口腔温度で機器分析が行われることはほとんどない。豚肉の品種による食感の違いを客観的に評価するためには、脂質の融解温度との関連もあり、咀嚼中に変化していくテクスチャーを実際に測定することが必要である。牛肉の加熱調理におけるテクスチャー特性の変化を筋電計で測定したものが報告されている^{11)~13)} が、豚肉の品種による食感の違いを筋電図の手法を用いて明らかにしようとした報告はない。

そこで、本研究では、トウキョウ X の肉質の特徴を明らかにするために、パークシャー種と LWD 種を比較対照として、化学的成分の分析を行うとともに、肉の加熱による

* 東京都立短期大学

(Tokyo Metropolitan College)

** 株式会社 化学・感覚計量学研究

(Chemometrics and Sensometrics Laboratory)

*** 東京都畜産試験場

(The Tokyo Metropolitan Livestock Experiment Station)

[§] 連絡先 東京都立短期大学 健康栄養学科 〒196-8540 東京都

昭島市東町 3-6-33

TEL 042(543)3001 FAX 042(543)3002

物理的变化ならびに実際に咀嚼した際の筋電位の変化を調べた。

実験方法

1. 供試豚

供試豚は、有限会社 稲村ファーム（埼玉県熊谷市）で生産されたトウキョウ X、パークシャー種、LWD 種の 3 種類で、それぞれ去勢豚 1 頭を用い、体重が 110 kg になった時点で屠畜した。解体後、直ちに -18°C にて 4 カ月保存し、 5°C で 48 時間かけて解凍した。

2. 遊離アミノ酸, 5'-イノシン酸, ビタミン B₁, B₂, ナイアシンの含有量

遊離アミノ酸はアミノ酸自動分析法, 5'-イノシン酸およびビタミン B₁, B₂ は、高速液体クロマトグラフ法, ナイアシンは *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 による微生物定量法を用いて日本食品分析センターで分析した。

3. 筋肉内脂肪含有率および融点, 脂肪酸組成

筋肉内脂肪をジエチルエーテルで抽出し、含有率を算出した。融点はガラス毛细管を用いて上昇融点を測定した。脂肪酸組成は、抽出した脂肪をメチルエステル化後、ガスクロマトグラフィーで脂肪酸量を定量し、求めた。

4. ヒドロキシプロリン量

コラーゲン量を検討するために、コラーゲンに特有に含まれるヒドロキシプロリンの量を、Woessner の方法¹⁴⁾に従い測定した。肉試料 0.5 g に 6 N 塩酸を 10 ml 加え封管し、 130°C 3 時間加熱し加水分解させた後、活性炭で脱色、ろ過、中和、定容後、557 nm で比色し、試料中のヒドロキシプロリンの量を算出した。

5. 肉の加熱方法

加熱方法は、唐沢らの方法¹⁵⁾を参考に行った。豚肉試料は、解凍 24 時間後に豚肉のロース芯を筋線維に垂直に圧力一定スライサーで厚さ 3 mm にスライスした。3 品種それぞれの全体の重量を測定し、その 2 倍量の 1.5% 食塩水に豚肉を 1 時間浸漬した。肉表面の水分は、キッチンペーパーでふき取った。ホットプレート（National, NF-HG 12）の温度が 200°C に達していることを確認し、肉を一枚ずつ重ならないようにプレートに置き、焦げないように注意しながら、表面の色が薄ピンク色に変わったら肉をひっくり返し、反対面を焼いた。その際、今まで肉の置いてあった場所はドリップ等で汚れているので、きれいなプレート上に置いた。一回にプレートに置く肉は 3 枚までとした。

6. 肉の加熱による物理的变化

加熱前後の肉の重量・表面積の変化を測定した。重量損失率は、加熱により減少した重量を加熱前の重量に対する比率で示した。収縮率は、加熱により減少した表面積を加熱前の表面積に対する比率で示した。

7. テクスチャー測定

テクスチュロメータ（全研製 GTX-2 型）を用いた。上下に円弧上に正弦運動する V 字型プランジャーを用い、試料台は平皿、クリアランスは 1.0 mm とし、バイトスピードは 6 回/分とした。測定は $23\sim 25^{\circ}\text{C}$ で行った。若干の圧縮率は異なるが、加熱後の豚肉の厚さをノギスで測定し、2.8~3.0 mm のものだけを測定に用いた。測定項目は、硬さ、凝集性、弾力性、咀嚼性とした。

8. 筋電位の測定

筋電位の測定は、健康な咀嚼機能に問題のない 20~25 歳の女性 5 名を被験者として行った。被験者は通常の食方で咀嚼し嚥下した。このとき被験者の左右の咬筋上の表面に電極（Blue sensor P-00-S, Medicotest, Denmark）を貼付した。筋電計（マッスルテスター ME-3000 P, Mega Electronics LTD., Finland）を使用した。食物咀嚼時の筋活動量サンプルとなる 3 品種の豚肉は、先に述べた加熱方法に準じて加熱調理した。試料の大きさは予備実験をもとに、一回で咀嚼・嚥下が容易に行える大きさ、すなわち $20\times 20\times 3\text{ mm}$ となるように調製した。皿に 3 種類を並べ、被検者には試料の種類は伏せ、順に 3 種類の豚肉を食べてもらった。豚肉を見ただけではどの試料が判別することは難しい状況であった。実験は 2 回繰り返した。

得られた筋電図パターンより左右の咬筋の咀嚼開始から咀嚼終了までの総筋活動量を求め、それを咀嚼筋活動量とした。筋電図のシグナルの本数を数えたものを咀嚼回数とし、咀嚼開始から咀嚼終了までの時間を咀嚼時間とした。

9. 統計処理

測定した各々のデータは、Duncan の多重比較法により統計処理を行った。

実験結果及び考察

1. 遊離アミノ酸, 5'-イノシン酸, ビタミン B₁, B₂, ナイアシンの含有量

遊離アミノ酸, 5'-イノシン酸, ビタミン B 群の含有量を表 1 に示した。遊離アミノ酸については品種間に大きな差はみられなかったが、総遊離アミノ酸量は、トウキョウ X とパークシャー種が LWD 種に比べ多い傾向にあった。一般的にパークシャー種は各種アミノ酸が多い品種であるといわれている¹⁶⁾が、トウキョウ X も同程度のアミノ酸を含んでいた。うまみに関与する成分であるグルタミン酸はパークシャー種が 3 品種の中で最も多かった。アスパラギン酸においてはトウキョウ X とパークシャー種の間で顕著な差はみられなかった。甘み成分に関与するといわれるセリン, グリシン, スレオニンにおいても品種間で差が見られなかった。

食肉のうまみ成分として含量の多いほど官能的に好まれる 5'-イノシン酸の定量を行ったところ、3 品種間において顕著な差は観察されなかった。

表 1. 遊離アミノ酸組成, 5'-イノシン酸およびビタミン類

	トウキョウ X	パークシャー種	LWD 種
遊離アミノ酸 ($\mu\text{mol/g}$)			
アルギニン	0.223	0.201	0.148
リジン	0.241	0.227	0.181
ヒスチジン	0.111	0.119	0.080
フェニルアラニン	0.217	0.227	0.188
チロシン	0.195	0.184	0.151
ロイシン	0.415	0.412	0.309
イソロイシン	0.218	0.233	0.176
メチオニン	0.191	0.205	0.169
バリン	0.365	0.395	0.267
アラニン	1.462	1.421	1.108
グリシン	0.944	0.931	0.961
プロリン	0.233	0.211	0.214
グルタミン酸	0.374	0.539	0.454
セリン	0.405	0.335	0.273
スレオニン	0.312	0.288	0.261
アスパラギン酸	0.068	0.058	0.048
トリプトファン	0.033	0.038	trace
総量	6.007	6.023	4.986
5'-イノシン酸 ($\mu\text{mol/g}$)	4.02	3.73	4.31
ビタミン B ₁ (mg/100 g)	2.17	1.45	0.99
ビタミン B ₂ (mg/100 g)	0.13	0.16	0.12
ナイアシン (mg/100 g)	9.62	8.89	9.47

(n=2)

ビタミン B₁ はトウキョウ X では 2.17 mg/100 g であり, LWD 種の約 2 倍, パークシャー種の 1.5 倍と他の品種に比べ多く含まれていた。ビタミン B₂, ナイアシンについては顕著な差は観察されなかった。

2. 筋肉内脂肪含有率および融点, 脂肪酸組成

筋肉内脂肪含有率および筋肉内脂肪の融点, 脂肪酸組成を表 2 に示した。筋肉内脂肪は, 筋肉間, 筋束間, 筋線維間に沈着した脂肪をいい, 一般には「さし」といわれているものである。高い食味性のためには筋肉内脂肪を 2~2.5 % 含んでいると十分であるといわれている¹⁾。筋肉中脂肪含有率は, トウキョウ X が 5.59% と一番高い値を示した。トウキョウ X の筋肉内脂肪交雑率は, 5 世代で基礎世代のほぼ 2 倍, 約 5% に達すると報告されている¹⁾。

トウキョウ X の筋肉内脂肪の融点は, 3 品種の中で一番低く 30.9℃ であり, パークシャー種に比べても低いことが明らかになった ($p<0.05$)。

トウキョウ X における脂肪酸組成は, オレイン酸が 47.4% を占めており, リノール酸は 4.7% であった。木全の報告¹⁷⁾ では, パークシャー種は大ヨークシャー種, ランドレース種, デュロック種, および LWD 種に比べオレイン酸の含有率が高く 45% 前後である。今回のパークシャー種のオレイン酸含有率は 45.5% であり, 木全ら¹⁷⁾ の報告と一致している。トウキョウ X においては, パークシャー種よりもさらに高い値を示すことが明らかとなった。飽和脂肪酸の割合が最も高かった LWD 種は融点も高い値を示した。パークシャー種は, 不飽和脂肪酸の割合が高く, 飽和脂肪酸の割合は低かった。脂肪含有率および融点が咀嚼時の食感に影響を及ぼすものと予想される。

3. ヒドロキシプロリン量

コラーゲンに特有に含まれるヒドロキシプロリン量を測定した結果を表 3 に示した。トウキョウ X < パークシャー種 < LWD 種 ($p<0.05$) の順であり, トウキョウ X におけるヒドロキシプロリン量は LWD 種の 70% 程度であり,

表 2. 筋肉内脂肪含有率, 脂肪融点および脂肪酸組成

	トウキョウ X	パークシャー種	LWD 種
筋肉内脂肪 (%)	5.59 ^b ± 0.52	3.90 ^a ± 0.22	4.28 ^a ± 0.45
脂肪融点 (℃)	30.9 ^a ± 0.00	31.4 ^b ± 0.43	33.7 ^c ± 0.51
脂肪酸組成 (%)			
ミリスチン酸 C14 : 0	1.56 ^c ± 0.05	1.35 ^b ± 0.08	1.25 ^a ± 0.01
ミリストレイン酸 C14 : 1	—	0.43 ± 0.08	—
パルミチン酸 C16 : 0	28.02 ^b ± 0.74	28.25 ^b ± 1.18	26.98 ^a ± 0.03
パルミトレイン酸 C16 : 1	3.90 ^b ± 0.04	3.97 ^b ± 0.41	2.97 ^a ± 0.02
ステアリン酸 C18 : 0	14.01 ^a ± 0.29	11.89 ^a ± 3.92	17.63 ^b ± 0.01
オレイン酸 C18 : 1	47.38 ^b ± 1.11	45.47 ^b ± 3.44	42.88 ^a ± 0.03
リノール酸 C18 : 2	4.66 ^a ± 0.10	7.35 ^b ± 0.40	7.90 ^c ± 0.07
リノレン酸 C18 : 3	0.45 ^b ± 0.09	0.23 ^a ± 0.20	0.39 ^b ± 0.01
アラキドン酸 C20 : 4	Trace	1.07 ± 0.08	Trace
飽和脂肪酸 (%)	43.59	41.49	45.86
不飽和脂肪酸 (%)	56.39	57.45	54.14
不飽和/飽和	1.29	1.37	1.18

平均 ± 標準誤差 (n=3)。異なる文字間で有意差あり ($p<0.05$)

トウキョウ X 豚肉の化学的、物理的特性ならびに咀嚼特性

表 3. 豚肉の品種別のヒドロキシプロリン量

	トウキョウ X	パークシャー種	LWD 種
ヒドロキシプロリン量 ($\mu\text{g/g}$)	370.6 ^a ±17.8	435.7 ^b ±19.3	531.3 ^c ±70.1
平均±標準誤差 (n=4)。異なる文字間で有意差あり (p<0.05)			

表 4. 加熱調理による肉の物理的变化

	トウキョウ X	パークシャー種	LWD 種
重量損失率 (%)	13.53 ^a ±2.46	23.78 ^b ±2.79	23.02 ^b ±5.15
収縮率 (%)	15.08 ^a ±4.13	21.36 ^b ±4.95	22.79 ^b ±3.78
平均±標準誤差 (n=14)。異なる文字間で有意差あり (p<0.05)			

3 種の中で、コラーゲンの含量が最も少ないことが明らかになった。一般的に、コラーゲン量が少ない豚肉ほど軟らかいといわれているが、加熱調理後の肉の硬さには、筋周膜と筋内膜の厚さ(量)と丈夫さ(質)が硬さに影響する³⁾。これらの膜の主構造物であるコラーゲン線維が多いほど膜は厚くなり硬くなる。ヒドロキシプロリン量の定量結果より、トウキョウ X は軟らかいと推定される。

4. 加熱調理による肉の物理的变化

表 4 に加熱調理による肉の物理的变化を示した。加熱による重量損失率は、LWD 種およびパークシャー種は 23～24% であるのに対してトウキョウ X では、13.5% と前者の 6 割程度にとどまった。表面積(切断面)の収縮率は、LWD 種とパークシャー種では 21～23% であるのに対してトウキョウ X は 15% と低い値を示した (p<0.05)。トウキョウ X は収縮率が小さく、焼き縮みにくく、肉の水分の減少も少ないといえる。これは先に示したヒドロキシプロリン、すなわちコラーゲン量の結果と合わせると、トウキョウ X はコラーゲン量が少ないため焼き縮みにくい豚肉であると推定される。

また、肉を焼いているときに LWD 種は焦げやすい傾向にあったが、トウキョウ X は焼き色がつきにくかった。これについては、含有している遊離の糖の種類や含有量の違いが予想される。

5. テクスチャー特性

肉の物性をテクスチュロメータで解析した結果を表 5 に示した。硬さの比較では、トウキョウ X は LWD 種の 65%、パークシャー種の 80% 程度であった。トウキョウ X は他の 2 品種より 5% の危険率で有意に凝集性が小さいという結果が得られた。LWD 種とパークシャー種の凝集性の値

には有意差は見られなかった。弾力性に関しては 3 品種の間で有意差は見られなかった。これは、今回のサンプルである豚肉が 2.8～3.0 mm と薄かったため弾力性の有意差は得られなかったと考えられる。

咀嚼性とは固形の食品を飲み込めるような状態になるまで咀嚼するのに必要なエネルギーであり、硬さ×凝集性×弾力性で求められる。トウキョウ X は他の 2 品種の豚肉より 5% の危険率で有意に咀嚼性は小さい値を示した。これにより、品種間のテクスチャーの違いがあることがテクスチュロメータによっても明らかになった。

6. 咀嚼特性

食べやすさ、噛みやすさ等を測定するために筋電計を用いた。筋電図パターンは品種によって異なっていた。被験者 5 名の個人差はとても大きい。同一個人の 1 回目と 2 回目の傾向を見ると、同様のパターンであることがわかった。表 6 に咀嚼パラメータを示した。

トウキョウ X における咀嚼回数は LWD 種と比較すると 5% の危険率で有意に少なく、LWD 種の 75% 程度であった。パークシャー種と比較すると 80% 程度であるが有意差は見られなかった。咀嚼時間においては、トウキョウ X は LWD 種の 70%、パークシャー種の 80% 程度であり、5% の危険率で有意に咀嚼時間は短かった。咀嚼時間と咀嚼回数は正の相関を示した。咀嚼一回あたりの咀嚼時間を計算するとトウキョウ X はその値は小さい傾向が見られたが有意差は認められなかった。

咀嚼筋活動量は咀嚼時間と咀嚼回数に比べ品種間差が大きく、トウキョウ X は LWD 種の 58%、パークシャー種の 64% 程度であり、他の 2 品種よりも 5% の危険率で有意に咀嚼筋活動量が少ないことが明らかになった。咀嚼に要する筋肉の活動量の総和が高いものは噛みにくい食品と考えられている。トウキョウ X はほかの 2 品種よりも噛みやすい品種であることが示された。同じ肉で行った QDA^R 法の結果では、トウキョウ X<パークシャー種<

表 5. テクスチュロメータの特性値

	トウキョウ X	パークシャー種	LWD 種
硬さ (T.U.)	1.60 ^a ±0.24	1.98 ^b ±0.40	2.47 ^c ±0.35
凝集性 (T.U.)	0.72 ^a ±0.03	0.81 ^b ±0.01	0.81 ^b ±0.02
弾力性 (T.U.)	3.02 ^a ±0.96	2.94 ^a ±0.93	2.84 ^a ±0.80
咀嚼性 (T.U.)	3.37 ^a ±0.86	4.52 ^b ±1.38	5.62 ^c ±1.83

平均±標準誤差 (n=14)。異なる文字間で有意差あり (p<0.05)

表 6. 咀嚼パラメータ

	トウキョウ X	パークシャー種	LWD 種
咀嚼回数 (回)	36.6 ^a ±16.0	44.1 ^{ab} ±15.8	48.2 ^b ±17.3
咀嚼時間 (sec)	21.3 ^a ±7.6	26.6 ^b ±9.4	30.0 ^b ±10.1
咀嚼筋活動量 (μVs)	2789 ^a ±1121.6	4338 ^b ±2104.3	4804 ^b ±2208.8

被験者 5 人×2 回の繰り返し実験の平均±標準誤差。異なる文字間で有意差あり (p<0.05)

LWD 種の順に硬く, Tukey の多重比較の結果, トウキョウ X は LWD 種よりも危険率 1% で有意に軟らかいと評価され, バークシャー種はトウキョウ X, LWD 種との間に有意差は認められなかった²⁾。咀嚼筋活動量の測定により官能評価の結果に近い客観的なデータが得られた。

Mathevon は, 45℃ から 80℃ の 6 段階の温度で加熱した牛肉のテクスチャー特性を解明するために圧縮試験, セン断試験, 粘弾性試験などの機械的な測定, 官能評価, 筋電図による測定を行った。その中で, 機械的な測定結果と咀嚼の関係は必ずしも一致していないことを明らかにしている¹²⁾。また, 硬い肉ほど咀嚼回数, 咀嚼筋活動量が多いことを明らかにし, 官能的な硬さ, 口の中の滞在時間と総活動量は, 高い相関があることを報告している¹²⁾。

肉の硬さを決めるものは, 筋線維とそれらを包んでいる各種の膜である結合組織ならびに膜中に存在する脂肪といわれている³⁾。また, 舌触りを決めるものは筋肉内脂肪と筋線維内たんぱく質であり, 筋肉内脂肪が多いほど口の中で溶け, 肉は滑らかに感じられる。肉の軟らかさと筋肉内脂肪量との関連については, 脂肪含量は影響しないという報告¹⁸⁾と影響するという報告¹⁹⁾がある。霜降り牛肉の「さし」の脂肪は, 筋周膜中にある脂肪細胞が脂肪を溜め込んでできた集合体であり, 「さし」が入ると膜自体は弱くなって肉は軟らかくなる³⁾。脂肪組織は, 線維状のたんぱく質が作っている周囲の構造体, 膜, 筋線維よりはもろいので, 脂肪交雑が著しい肉ほど肉は軟らかくなる。

川井田⁴⁾の報告によれば, 肉の軟らかさは, 肉の組織構造ならびにその成分によって与えられる結合組織量, さらにそれを構成している各種硬たんぱく質量により支配されるとともに, 死後の構造たんぱく質の生化学的変化等にも依存する。一般的には, 筋線維が太く, 構成数が多いほど硬く, 線維の長さが短いほど軟らかい, また, コラーゲン量が多いほど硬いといわれている。トウキョウ X において筋原線維や筋線維の太さ, 筋束を構成する線維数, 線維の長さ等を測定した報告はないが, 北京黒豚, バークシャー種において線維が細く, 短いと報告されており¹⁶⁾, トウキョウ X も同様の傾向にあるといわれている。

トウキョウ X は, 筋肉内脂肪含有率が 5% 以上と他の肉に比べ高く, コラーゲン量を示すヒドロキシプロリン量は少なく, 肉重量の加熱損失率および加熱による表面収縮率も小さかった。テクスチュロメータおよび筋電位測定結果も脂肪含有量, 脂肪酸組成, 脂肪融点, ヒドロキシプロリン量, 加熱損失率, 表面収縮率の結果と関連し, 軟らかく, 噛みやすいことが明らかとなった。トウキョウ X の硬さについては, 先に示したテクスチュロメータによる分析では, バークシャー種に比べ 80% 程度であるが, 咀嚼筋活動量による分析では, 64% 程度の硬さを示し, 実際の咀嚼においては, テクスチュロメータ分析値よりも軟らかいと感じることが示唆された。これはトウキョウ X の

筋肉内脂肪含有率が 5.59% と多く, さらに脂肪の融点が 30.9℃ と低いため, 咀嚼の際に口腔温度で脂肪が融解することに起因している。

今回の実験において筋肉内脂肪の融点が 30℃ 前後であることが明らかになったが, テクスチュロメータ測定時と口腔内咀嚼時では, 筋肉内脂肪の状態が異なっている。肉の場合は, 口腔内の温度と脂肪の融点が密接に関係する。肉の評価法として食感が重要な位置を占めることを考えると, 実際に食した際の客観的な豚肉の評価が重要であると示唆された。これらの点からも肉の咀嚼特性を測定するために筋電計の使用は有効なものと判断できる。

さらに, 畑江²⁰⁾は魚肉間のテクスチャーの違いを明確にするために複数の測定項目をアステロイドダイヤグラムで示し, テクスチャーの違いをパターンの違いで表している。豚肉についても肉質を特徴づけのためにこのような解析が望まれる。

本研究において, 近年開発されたトウキョウ X の肉質の理化学的分析を行うとともに, ヒトを用いてテクスチャーを客観的に評価するために筋電計を導入した。肉の品種の違いを明確にするためのひとつの測定方法として筋電計を用いた測定法が有効であることが明らかになった。

要 約

トウキョウ X の化学的, 物理的成分および咀嚼特性の検討を行った。試料は, トウキョウ X, バークシャー種, LWD 種の 3 種類の去勢豚を用いた。

今回用いた 3 品種の中では, トウキョウ X の筋肉内脂肪含有率は 5.59% と他の 2 品種に比べ高く, 脂肪の融点は低かった。トウキョウ X における脂肪酸組成については, 主要な脂肪酸であるオレイン酸が多い傾向にあり, リノール酸の含量が少なかった。トウキョウ X は, ヒドロキシプロリン量は少なく, 肉重量の加熱損失率および肉の加熱による表面収縮率は小さかった。

テクスチュロメータによる硬さ, 凝集性, 咀嚼性は, LWD 種, バークシャー種に比べ有意にトウキョウ X が小さい値を示した ($p < 0.05$)。

筋電計を用いてヒトの咬筋の咀嚼筋電位を測定したところ, 3 品種の豚肉を咀嚼した時の咀嚼回数, 咀嚼時間, 咀嚼筋活動量は共にトウキョウ X が少ない傾向にあった。肉の品種の違いを明確にするためのひとつの測定方法として筋電計を用いた測定法が有効であることが明らかになった。

文 献

- 1) 兵頭勲 (1997), 脂肪交雑のある豚, 畜産の研究, **51**, 19-24.
- 2) 飯塚佳子, 高崎禎子, 鈴木亜由美, 渡辺彬, 森田香絵, 相島鐵郎 (2002), 定量的記述分析法 (QDA 法) と GC-MS

- による品種の異なる豚肉の評価, 日本食品科学工学会第 49 回大会講演要旨集, 163.
- 3) 沖谷明紘 (1996), 食肉のおいしさと熟成, 沖谷明紘編, 肉の科学, 朝倉書店, 東京, 59-71.
 - 4) 川井田博 (1999), 肉のおいしさ, 都甲潔編, 食と感性, 光琳, 東京, 70-80.
 - 5) 神山かおる (2000), 食品咀嚼と口腔感覚テクスチャー, 食科工, **47**, 341-346.
 - 6) 中沢文子 (1999), 咀嚼活動による食品テクスチャーの研究, *New Food Industry*, **41**, (5) 40-46.
 - 7) 柳沢幸江, 田村厚子, 寺元芳子, 赤坂守人 (1989), 食物の咀嚼筋活動量, 及び食物分類に関する研究, 小児歯誌, **27**, 74-84.
 - 8) 柳沢幸江, 田村厚子, 寺元芳子 (1989), 咀嚼筋活動量とテクスチュロメータ特性値の相関性, 家政誌, **40**, 1011-1016.
 - 9) K. Kohyama and M. Nishi (1997), Direct measurement of biting pressures for crackers using a multiple-point sheet sensor, *J. Texture Stud.*, **28**, 605-617.
 - 10) K. Kohyama, T. Sakai and T. Azuma (2001), Patterns observed in the first chew of foods with various textures, *Food Sci. Technol. Res.*, **7**, 290-296.
 - 11) L. M. Duizer, E. A. Gullett and C. J. Findlay (1994), The effect of masticatory patterns as measured by time-intensity and electromyography on the perception of bovine muscle tenderness, *J. Sensory Studies*, **9**, 33-46.
 - 12) E. Mathevon, L. Mioche, W. E. Brown, and J. Culioli, (1995), Texture analysis of beef cooked at various temperatures by mechanical measurements, sensory assessments and electromyography, *J. Texture Stud.*, **26**, 175-192.
 - 13) D. Braxton, C. Dauchel and W. E. Brown (1996), Association between chewing efficiency and mastication patterns for meat, and influence on tenderness perception, *Food Qual. Pref.*, **7**, 217-223.
 - 14) J. F. Woessner, Jr. (1961), The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid, *Arch. Biochem. Biophys.*, **93**, 440-447.
 - 15) 唐沢恵子, 高崎禎子, 渋谷立人, 青木圭, 伊藤米人, 内田哲二, 北村雅彦, 條々和実 (1994), 豚肉の保存, 調理法が官能検査に及ぼす影響, 日豚会誌, **31**, 121-127.
 - 16) 川井田博 (1993), 豚の肉質とその品種間差異について, 鹿児島県畜産試験場研究報告, **26**, 94-173.
 - 17) 木全誠, 石橋晃, 鎌田寿彦 (2001), 豚肉の理化学的成分と官能検査との関係, 日豚会誌, **38**, 45-50.
 - 18) 鈴木啓一, 阿部博行, 小川ゆう子, 石田光晴, 清水隆弘, 鈴木惇 (1997), 3 元交雑豚の肉質に及ぼす止め雄品種の影響, 日畜会報, **68**, 310-317.
 - 19) D. L. DeVol, F. K. McKeith, P. J. Bechtel, J. Novakofski, R. D. Shanks and T. R. Carr (1988), Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses, *J. Anim. Sci.*, **66**, 385-395.
 - 20) K. Hatae, J. Miyamoto, K. Miyamoto and J. J. Matsumoto (1988), Objective estimation of species difference of fish meat texture including freshness change : Application of discriminant analysis and asteroid method, *J. Home Econ. Japan*, **39**, 563-570.

(平成 17 年 1 月 13 日受付, 平成 17 年 7 月 14 日受理)