

豚肉における官能評価と適合度の高い力学的測定法の検討

A Study of Mechanical Measuring Methods for Pork with Good Sensory Evaluations and High Levels of Conformity

食物学科 田口 聡子 飯田 文子
Dept. of Food and Nutrition Satoko Taguchi Fumiko Iida

抄 録 本研究は豚肉における官能評価と適合度の高い力学的測定値を検討することを目的とした。銘柄および飼料の異なる豚 9 種を試料とし、訓練パネル 9 名に対し「やわらかさ（前）」「やわらかさ（後）」について分析型および嗜好型評価を行った上で、破断測定および機器測定結果と比較検討をした。官能評価結果より、分析型評価では試料間で有意な差があったが、嗜好型評価では差がなかった。また、粗脂肪含量、水分量およびクッキングロスと官能評価値との間で有意な相関はみられなかった。豚肉のかたさに対する嗜好は 2 群に分かれる為、必ずしも脂肪交雑が高くやわらかい豚肉が好まれるわけではないと示唆された。破断測定結果より、破断応力、初期弾性率、破断エネルギー、破断ひずみにおいて試料間で差があり、破断応力は官能評価における「やわらかさ（後）」と有意な相関があったことから、本実験において官能評価と適合度の高い力学的測定であると示唆された。

キーワード：豚肉、破断測定、官能評価、テクスチャー、やわらかさ

Abstract This study examined the mechanical measurement of cooked pork with a high level of conformity to sensory evaluation. The nine kinds of pork, which differ in brand and feed, were evaluated analytically and by preference, and the rupture score, the chemical composition for crude fat, moisture, and cooking loss were measured. From the results of the sensory evaluation, there is a significant difference among the samples in the analytical evaluation, but not in the preference evaluation. In addition, there is no significant correlation between the measured value of crude fat, moisture, and cooking loss and the sensory evaluation score. Because the preference for the texture of pork varies, marbled pork is not always palatable. From the results of the rupture measurements, the scores were significantly different among the samples. As a result of the correlation between the sensory evaluation and the rupture score, it was noted that the mechanical measurement with high levels of conformity to sensory evaluation is rupture stress.

Keywords : pork, rupture measurement, sensory evaluation, texture, tenderness

1. 諸言

近年国内において消費者の嗜好に合わせた豚肉の肉質改良が進んでおり、テクスチャー、風味および脂肪交雑といった食味特性や質を向上させる研究が広まっている。その中でも日本全国において各地域の特色を備えた銘柄豚の産生が注目されている。平成 24 年度には全国で 380 種の銘柄豚が登録されており、その種類は年々増加している¹⁾。一例を挙げ

ると、沖縄県では琉球在来豚であるアゲ豚を活用した銘柄豚産生についての研究がされており、筋肉内脂肪含量が高く脂肪融点の低い肉質の開発に取り組んでいる²⁾。その他にもトウキョウ X (東京都) やしもふりレッド (宮城県) は市場に多く流通している。

その一方で、給与飼料を調整することで筋肉内脂肪を増やし食味や品質を向上させる開発も進んでいる。例えばエコフィードを利用したパン主体の飼

料給与豚は脂肪交雑が高くなることが知られており³⁾、滋賀県や大阪府などの関西地区では高品質な銘柄豚として高値で流通している⁴⁾。また飼料用米を給与した豚肉は脂肪含量およびオレイン酸含量が増加し嗜好性が高まることが報告されている⁵⁾。その他にも保水性および多汁性が高く歯ごたえのある豚肉が好まれるという研究も報告されており⁶⁾、嗜好性の高い豚肉、とりわけそのやわらかさについては未だ模索中である。

そこで本研究では銘柄および飼料の異なる豚肉について官能評価、破断測定および機器測定を行うことで、やわらかさの指標について検討し、消費者に好まれる豚肉の生産に役立つことを目的とした。

2. 方法

2.1 試料

本研究に用いた豚肉は、対照豚3種（Control群、試料A, B, C）、宮城県産銘柄豚3種（Brand群、試料D, E, F）、および免疫機能活性化のため海藻粉末を給与した飼料の異なる豚3種（Seaweed群、試料G, H, I）の計9種類とし、部位はロース部を用いた（Table 1）。尚、対照豚3種と海藻豚3種は同種であり、同様の飼育法により育てられたものである。

2.2 試料の調製方法

豚肉は750gとなるように調整した後、170℃に予熱をしたオーブン（デカ三洋工業株式会社製コン

ビネーションレンジ GMO-S1300型 W43 × H30 × D37 cm）で内部温度が70 ± 2℃となるまで焼成した。1cm厚さにスライスした豚肉は筋と脂肪を除いた部分について、筋線維と平行に3 × 4cmに切り出し、官能評価および機器測定用試料とした。

2.3 試料の測定方法

(1) 官能評価

研究室訓練パネル9名により、8段階評価尺度で分析型および嗜好型評価を行った。評価項目はテクスチャーおよび風味に関する全11項目を行ったが、先行研究において豚肉の美味しさに寄与する因子としてテクスチャーが最も重要視された報告があるため⁷⁾、本報告ではテクスチャーに関して「やわらかさ（前）」（肉を噛み切った時の印象）および「やわらかさ（後）」（咀嚼中の印象）の2項目のみ取り上げた。評点の定義に関しては、非常にかたい、および非常に好ましくないものを1とし、非常にやわらかい、および非常に好ましいものを8とした。

(2) 破断測定

破断測定には、レオナー（（株）山電：高分解型レオナー model-RE2-33005B）により、先行研究の測定条件を参考に⁸⁾、くさび型プランジャー（W30 × 30°先端1mm幅平坦くさび）を用いて、筋線維方向垂直に貫入するよう1.0mm速度/秒で定速圧縮破断を行った。得られた破断曲線より破断応力、破断エネルギー、破断ひずみ、および初期弾性率を算出した。

(3) 粗脂肪含量、水分量およびクッキングロス測定

粗脂肪含量はソックスレー法により測定した。水分量は1cm³に調製した試料を105℃で3時間乾熱させその前後の重量より算出した。また、官能評価での試料調製時に測定した加熱前後の肉の重量よりクッキングロスを算出した。

2.4 統計解析

統計解析ソフト SPSS16.0 を用いて一元配置分散分析後、Tukey HSD により有意差の検定を行った。また、JUSE-Statworks.V5 により相関分析および二元配置分散分析を行った。

3. 結果と考察

3.1 官能評価

分析型および嗜好型評価の結果を Figs. 1 ~ 4 に

Table 1 Pork used in the present study

Sample	Breed	Sex	Group
A	LWD	Hog	Control
B	LWD	Hog	
C	LWD	Female	
D	LWD	Hog	Brand
E	D	Female	
F	WLD	Female	
G	LWD	Hog	Seaweed
H	LWD	Hog	
I	LWD	Female	

LWD: Landrace × white Yorkshire → LW, LW × Duroc → LWD. D: Duroc. WLD: White Yorkshire × Landrace → WL, WL × Duroc → WLD.

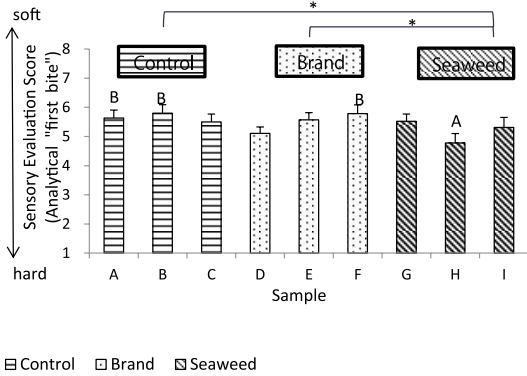


Fig. 1 Result of sensory evaluation on “first bite” (analytical)

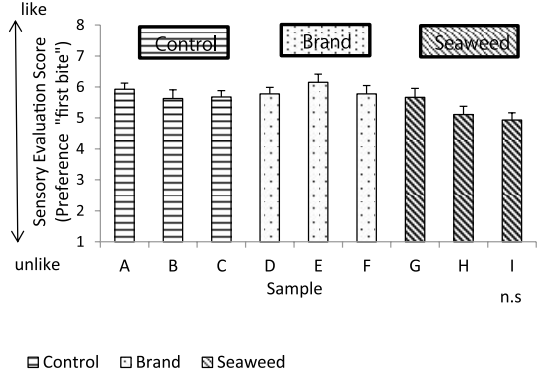


Fig. 3 Result of sensory evaluation on “first bite” (preference)

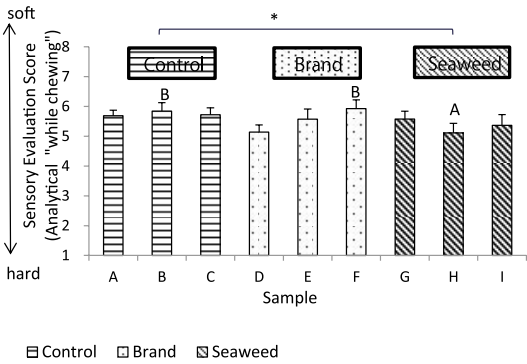


Fig. 2 Result of sensory evaluation on “while chewing” (analytical)
* indicates significant differences at $p < 0.05$ (Control, Brand, Seaweed). Different alphabet indicates significant differences at $p < 0.01$ (sample A ~ D).

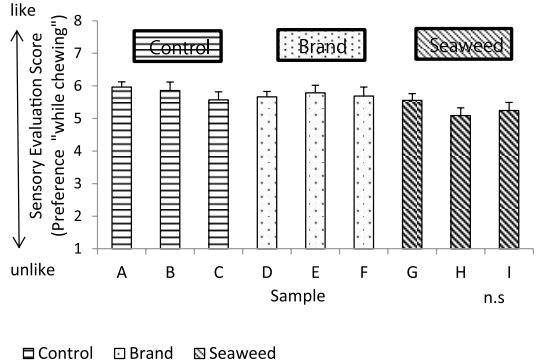


Fig. 4 Result of sensory evaluation on “while chewing” (preference)

示した。分析型評価における「やわらかさ（前）」では、試料Hが試料A, B, Fに比べ1%の危険率で有意にかたいと評価され、Seaweed群がControl群およびBrand群に比べ5%の危険率で有意にかたいとされた。「やわらかさ（後）」においては試料Hが試料BおよびFに比べ1%の危険率で有意にかたいと評価され、Seaweed群がControl群に比べ有意にかたいとされた。また、二元配置分散分析結果はTable 2の通りであるが、パネル間に有意な差はみられず、評価に一致性があると示唆された。一方で、嗜好型評価において試料間では「やわらかさ（前）」

「やわらかさ（後）」のどちらの項目においても有意な差はみられなかったが、パネル間では「やわらかさ（前）」の項目において評価に差がある傾向となった。

次に分析型評価での「やわらかさ（後）」の評価値が最高値である試料Fと最低値である試料Hにおいて、パネリスト間での嗜好型評価の違いを比較した (Fig. 5)。その結果、試料Fを好むパネルと試料Hを好むパネルの2群に分かれ、その割合は前者（やわらかさ重視群）が全体の55.6%であり、後者（かたさ重視群）が44.4%であった。先行研究において、食肉の評価基準は人によって異なり、好ましさは多種多様であるとされ⁹⁾、本研究の結果と一致した。したがって、嗜好型評価で試料間に有

Table 2 Two-way analysis of variance (sample and panel)

	First bite p-value	While chewing p-value
Sample	0.000**	0.003**
Panel	0.400	0.092

** : Significant at $p < 0.01$.

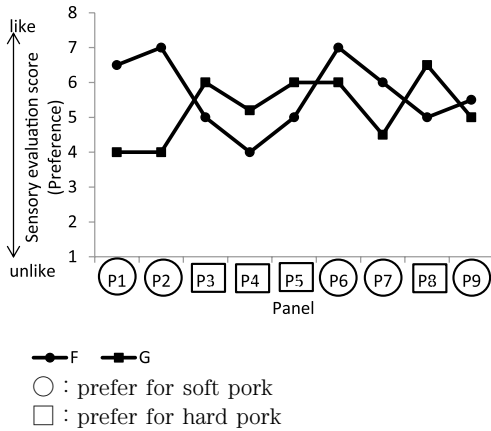


Fig. 5 Differences among the results of sensory evaluation score by panel

意な差がみられなかったのは上記のようなパネルの嗜好性の違いによるものと推察された。

3.2 粗脂肪含量, 水分量およびクッキングロス測定

粗脂肪含量, 水分量およびクッキングロスの測定結果を Fig. 6 に示した。各測定値と官能評価値との間で有意な相関はみられなかった。

食肉のかたさは、筋線維を包んでいる筋肉膜および筋束を束ねている筋周膜や筋上膜といった膜の結合組織を構成しているコラーゲン線維およびエラスチン線維の量と質により影響が大きく、それら線維は加齢や運動量の増加により丈夫になり、結果として食肉はかたくなる¹⁰⁾。また、筋肉内のエラスチン含量が食肉のかたさに影響を及ぼすとされている¹¹⁾。一方で脂肪組織はそのような線維状のタンパク質がつくる構造体よりやわらかく、一般的に粗脂肪含量が増加するほど食肉はやわらかくなるとされている。したがって今回の研究で粗脂肪含量とやわらかさに相関がみられなかった要因として、コ

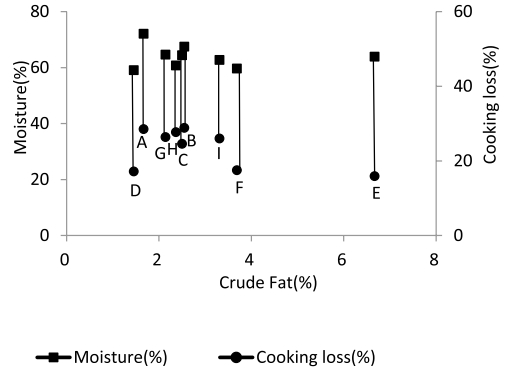


Fig. 6 Chemical composition of pork (crude fat, moisture, and cooking loss)

ラーゲン線維や筋線維の量および質の違いが豚肉のかたさに影響を及ぼしたためと推察される。また、佐々木らの研究では豚肉の脂肪交雑に対する評価においても嗜好が二つに分かれることが述べられており¹²⁾、本研究においても嗜好型評価値と粗脂肪含量値は相関していないことから、必ずしも脂肪交雑の多い豚肉が好まれるわけではないことが示唆された。

一方で、食肉の水分はタンパク質に結合した結合水、準結合水および各種構造体の間に保持された自由水から成る¹⁰⁾。肉を加熱した時にそれら水分が流出せずに保持する能力を保水性または保水力、流出した水分をクッキングロスと言い、保水性については遺伝や飼養管理などの影響を受けるとされている^{13,14)}。一般にクッキングロスが多く水分量が減少すると食肉はかたくなるとされているが^{15,16)}、今回の結果ではやわらかさとの関連性はみられず、クッキングロスの増加が豚肉のかたさに影響を及ぼすわけではないと示唆された。

3.3 破断測定

破断測定による結果を Fig. 7 に示した。

破断応力における測定値の範囲は 14.9 ~ 23.9 × 10⁵ N/m²であった。試料 E は試料 A, B, F, G, I と比較して、試料 H は試料 A, B, F と比較して 1% の危険率で有意に高値であり、Control 群が Seaweed 群に比べ 1% の危険率で、Brand 群に比べると 5% の危険率で有意に測定値が低値であった。

初期弾性率における測定値の範囲は 17.4 ~ 26.2

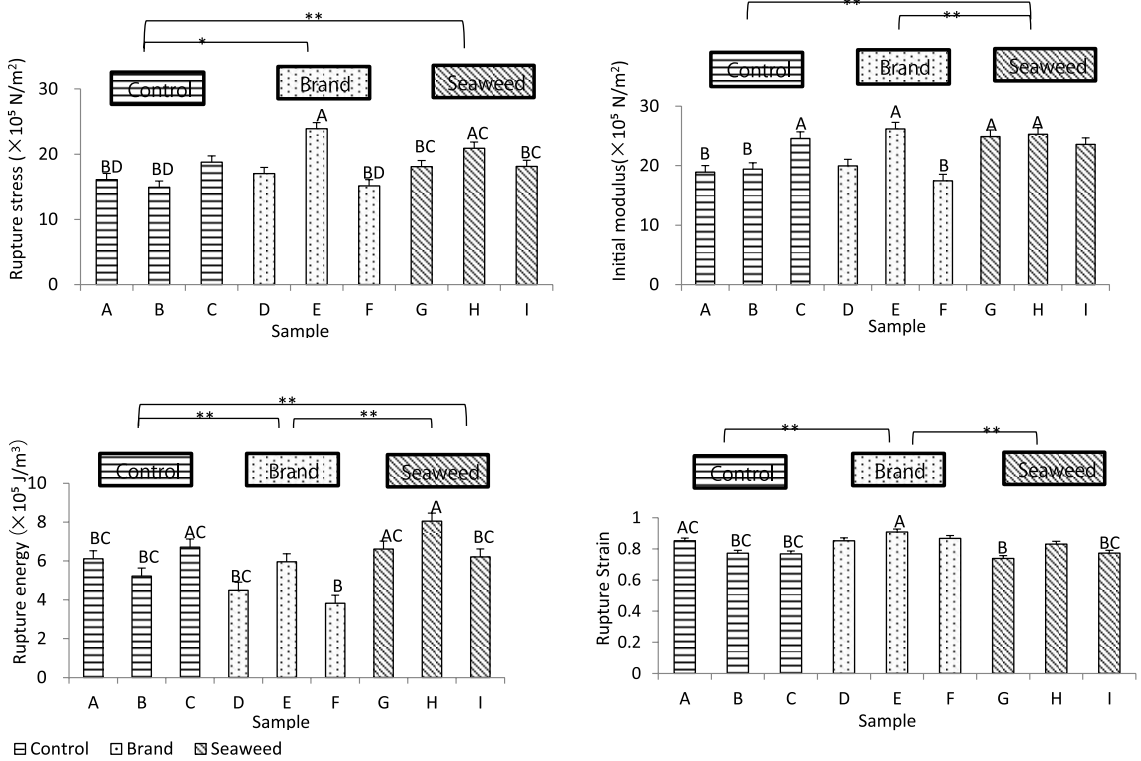


Fig. 7 Results of rupture stress, initial modulus, rupture energy, and rupture strain
 **: Significant at $p < 0.01$, *: Significant at $p < 0.05$. Different alphabet indicates significant differences ($p < 0.01$). values are means \pm standard error ($n = 9$).

$\times 10^5 \text{ N/m}^2$ であった。試料 C, E, G, H は試料 A, B, F と比較して 1% の危険率で有意に高値であり, Seaweed 群が Control 群および Brand 群に比べ危険率 1% で有意に測定値が高値であった。

破断エネルギーにおける測定値の範囲は $3.8 \sim 8.0 \times 10^5 \text{ J/m}^2$ であった。試料 H は試料 A, B, D, F, I と比較して, 試料 C および G は試料 F と比較して 1% の危険率で有意に高値であり, Seaweed 群が Control 群および Brand 群に比べ, また Control 群が Brand 群に比べ危険率 1% で有意に測定値が高値であった。

破断ひずみにおける測定値の範囲は $0.7 \sim 0.9$ であった。試料 E は試料 B, C, G, I と比較して, 試料 A は試料 G および I と比較して危険率 1% で有意に高値であり, Brand 群が Control 群および Seaweed 群に比べ危険率 1% で有意に測定値が高値であった。

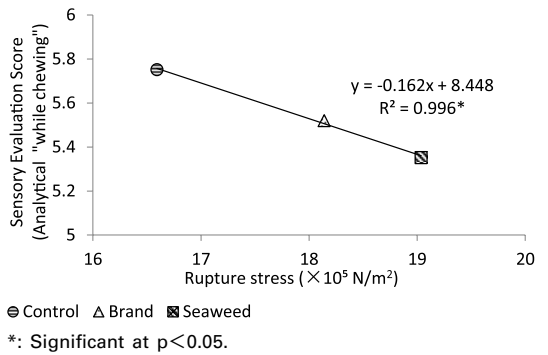


Fig. 8 Correlation between rupture stress and analytical sensory evaluation on "while chewing"

これらの結果より、Seaweed 群は破断応力、初期弾性率および破断エネルギーにおいて Control 群に比べ測定値が有意に高値であった。海藻給与による豚肉への効果については、免疫機能に及ぼす影響に関する研究はあるが¹⁷⁾、肉質への影響についてはあまり報告されておらず、本研究結果より海藻粉末を給与すると肉質がかたくなることが示唆された。しかしながら今回研究に用いた試料は品種および性別が統一されていないため、今後さらに条件を統一した上で追及していく必要がある。

3.4 官能評価および破断測定間の相関

官能評価における評価値と破断測定値との相関について結果を Fig. 8 に示す。破断応力とは一口目に噛んだ時の力とされ官能評価における「やわらかさ(前)」に相応し、その一方で破断エネルギーは咀嚼中のやわらかさ、つまり官能評価における「やわらかさ(後)」に相応する。本研究においても Seaweed 群が Control 群に比べ官能評価ではかたく、破断測定でも測定値が有意に高値であることから同様の結果となったが、官能評価値と測定値との間で有意な相関はみられなかった。しかしその一方で、破断応力値と「やわらかさ(後)」の評価値との間で5%の危険率で有意な逆相関であったことから、今回の実験では官能評価における「やわらかさ(後)」と適合度の高い力学的測定は破断応力とされた。しかし破断応力は「やわらかさ(前)」と適合度が高いという報告⁸⁾もあり、対象試料の選び方、組み合わせにより適合度の高い測定値は変化する可能性があるため、さらなる検討を加えていく必要がある。

4. まとめ

本研究より、豚肉におけるかたさの嗜好は2群に分かれるため、脂肪交雑が多くやわらかい豚肉が必ずしも消費者に好まれるわけではないと推察された。そのため、官能評価と適合度の高い力学的測定について検討する場合は、評価に一致性のある分析型評価を用いることが不可欠である。また、今回の実験では「やわらかさ(後)」と適合度の高い力学的測定は破断応力であるとされた。しかしながら食

肉のテクスチャーは性別、銘柄および飼料等によって差が生じるため、試料の特徴をよく見極めて官能評価と破断特性値の関わりを的確に判断すべきであると考えられる。

本研究を行うにあたり試料提供にご協力を頂いた宮城県畜産試験場の中條満様およびJA 全農飼料畜産中央研究所の野口 剛様に感謝いたします。

引用文献

- 1) 株式会社食肉通信社：銘柄豚肉ハンドブック，食肉通信社，大阪，8（2012）
- 2) 大城まどか，仲村 敏，鈴木直人，太田克之，渡久地政康，玉代秀勢正：沖縄県畜産研究センター研報，**43**，25-29（2005）
- 3) 入江正和：食肉の科学，**48**，175-186（2007）
- 4) 高橋俊浩，大中 望，堀之内正次郎，岩切正芳，入江正和：日本畜産学会報，**84**，59-66（2013）
- 5) 真原隆治，中村 妙，伊藤千恵，森田幹夫，相馬由和，藤木美佐子：茨城県畜産センター研究報告，**44**，54-59（2011）
- 6) 村上徹哉，山本英二，大和碩哉：福岡県農業総合試験場研究報告，**20**，89-92（2001）
- 7) 永杉香菜美，米田絵梨子：日本女子大学 2009 年度卒業論文，274（2010）
- 8) 宮崎祐希，飯田文子，大越ひろ：日女大院紀要，**18**，51-60（2012）
- 9) 佐々木啓介：食肉の科学，**50**，212-216（2009）
- 10) 沖谷明紘，松石昌典，西村敏英：調理科学，**25**，314-326（1992）
- 11) 西海理之，國嶋隆司，西村敏英，吉田 繁：日本畜産学会報，**66**，341-348（1995）
- 12) 佐々木啓介，本山三知代，中島郁世，大江美香，勝俣昌也：日本養豚学会誌，**46**，60-70（2009）
- 13) McBryan J.: *Meat Sci.*, **86**, 436-439 (2010)
- 14) Li J.: *Meat Sci.*, **87**, 95-100 (2011)
- 15) Alvarez D.: *Meat Sci.*, **94**, 320-327 (2013)
- 16) 荒川信彦：肉・卵の調理，20-21（1972）
- 17) 水間 恵，岡村俊宏，鈴木英作，須田義人，平山琢二，小川智子，鈴木啓一：日本畜産学会報，**84**，51-57（2013）