食 肉 の 品 質 評 価

入 江 正 和*

Evaluation for Meat Quality

IRIE Masakazu*

* Osaka Prefectural Agricultural and Forestry Research Center
442 Shakudo, Habikino-shi, Osaka 583

は じ め に

最近、畜産物は消費増大や輸入肉増加を背景として量から質の時代を迎え、生産者～流通・加工業者～消費者にいたるまで、食肉の品質が重視されるようになった。一口に肉質といっても何を基準に評価するのかという点については明確な定義が存在するわけではなく、曖昧な部分も多い。高品質化や個性ある特産物を実現させたり、理解したりするためには、まず品質を客観的に評価することが必要である。

肉質に関して科学的評価ができれば、具体的数字として、生産側では現在の生産物レベルや改良目標、流通・加工側では商品価値や使用用途の選択基準、消費側では生産物の特徴を知ることに関与する。研究段階においては科学的評価は育種学や栄養学、加工学の実験による生産物の評価データ、あるいは肉質に影響する要因解明や流通・消費の動向調査手段としても役立つ。

そこで、現状におけるわが国の食肉の品質評価（格付評価）と生産～流通～消費において役立つと思われる新たな品質評価技術を紹介したい。

1. 格 付 評 価

牛肉、豚肉の流通において、第一段階にある評価が格付である。格付は食肉市場で枝肉とよばれる解体後の屠体で検査員によって行われる。格付後、枝肉は競売に賦され、生産者の収入となる。ただし、格付は流通する全ての肉について行われるものではない。

格付評価は、豚では重量、脂肪厚、肉付きなどの外観、枝肉表面の肉質によって行われ、極上、上、中、並といった等級に分けられる。しかしながら、豚ではロース肉などきちんとした肉質断面を直接観察できず、正確な肉質評価が困難であるという問題を残している。

牛の格付は、歩留等級と肉質等級の2通りで算出される。歩留等級とは、脂肪や筋肉面積から算出された枝肉に占める赤肉割合を意味し、A（良）、B、C 3段階に評価される。肉質等級は、ロース断面が観察される部位で、脂肪交雑（霜降りの程度）、肉の色沢、締まり、きめ、脂肪の色沢と質によって5（良）～1に分類される。最終的には歩留等級と肉質等級を合わせて、A5、B3などの評価となり、競りにかけられる。牛豚ともに格付は評価へ影響する要因となるが、小売価格に直結するものでもない。なお、鶏肉では格付制度は存在しない。食肉の安全性として重要な衛生検査は、屠畜時に衛生検査員によってなされる。

欧米においても格付と同様の制度が存在しているが、各国で特色があり、消費者の健康的観点から一般的に赤肉量を重視しているものが多い。わが国の格付制度は細部にわたる項目がチェックされるという点ですぐれたものであり、何度か改訂も行われ、肉の品質向上に大きな役割を果たしている。しかし、人手がかかり、経験と勘に頼る面も多く、今後は、欧米でも一部行われているような、現場で即時に客観的な品質評価値が出せて、かつ同時に記録ができるような方法、すなわち迅速な科学的測定法を導入することが必要となるだろう。

*大阪府立農林技術センター・畜産部（〒583 大阪府羽曳野市尺度442）

図1 肉質の定義

2. 肉質の定義

肉質は、外観、味、栄養成分、安全性に分類される(図1)。それぞれの項目は厳密に区分されるものではなく、相互に関連性のある場合が多い。たとえば、一般的に淡すぎる色の肉は肉汁が浸み出しやすく、味も悪い。

図2 光ファイバ法とその分光分布

高品質の肉を一般的に定義するなら、安全性を基本として、外観や味が良く、栄養的な価値を持つものといえよう。ただ、生産～流通・加工～消費それぞれの分野が求める品質は必ずしも一致しないし、流通・消費ニーズは時代とともに変化する。とはいえ、今後、各分野から要求される高品質の肉を客観的な指標で捉える必要があり、つぎに、各項目とその評価技術を紹介したい。

3. 外 観

外観は見栄えとして消費者や流通・加工業者の選択基準となるだけでなく、味とも関連が深い。

(1) 脂 肪

脂肪の色は、豚、牛ともに白色が好ましく、黄色～ピンク色は品質が悪いとされる。豚の黄色脂肪(黄豚とよばれる)は、主に、飼料由来の過酸化脂質の蓄積によるものであり、風味が低下したり、脂肪が軟らかくなるの

で、問題となる。ひどいものではおいがし、食用に適さないほどである。牛の黄色脂肪は、主に青草などに由来するカロテンの蓄積によるものであり、見栄え以外の問題はない。

脂肪色の測定には畜試式標準模型¹⁾が簡易で、格付にも利用されている。実験段階では色差計、さらに新しい方法として光ファイバ分光測光装置などの光学的測定法が利用される。色差計では脂肪表面を反射光によって測定するが、光沢のある脂肪ではうまく測定できないこともある。光ファイバ法は新しい方法で、肉内部に光ファイバを挿入したり、肉表面に光ファイバを接触させたりして、組織内部のインタラクタンス(光の反射、散乱、透過光)を、分光分布によって測定するものである(図2)²⁾³⁾。脂肪色は冷蔵して脂肪が固まった状態でないと、人では正確な判断ができないが、光ファイバ法によ

れば温屠体のままでも評価できる⁴⁾。

脂肪の質において、牛では脂肪の硬軟はそれほど重視されないが、豚では軟らかいものは軟脂とよばれ、スライスや加工の際に問題となる。軟脂はわが国で大きな問題であり、脂肪の質は遺伝的、環境的影響によって差が生じる⁵⁾。特に豚の体脂肪の質は飼料内容に大きな影響を受け、BROOKS⁶⁾によれば飼料操作によって背脂肪のリノール酸含量は3.7%から47.2%と大きく変化する。脂肪の質は軟らかくても、生理的なものであり、病的なものではない。脂肪の質はイタリア、イギリスなどでも重視される場合があるが、わが国ほどではない。わが国では、独自のきわめて薄いスライス肉において脂肪カットの見栄えが重視されるため、軟脂が大きな問題とされる。牛やめん羊といった反芻家畜の場合は、胃内微生物が脂肪を飽和化するので、体脂肪は硬く、飼料の影響を受けにくい。

表1 硬さによって分類した豚脂肪の理化学的性状

	機械的硬度		
	< 3	3 ~ 5	5 <
検体数	33	56	32
融点	35.3±4.0	40.4±3.2	44.6±2.0
ヨウ素価	71.2±10.1	60.0±6.4	54.4±4.6
屈折率	1.4610 ±0.0014	1.4596 ±0.0010	1.4589 ±0.0000
脂肪酸 %			
C14:0	1.7±0.3	1.9±0.4	2.0±0.3
C16:0	27.6±0.3	29.8±2.0	30.8±1.9
C16:1	2.4±0.7	2.2±0.4	2.0±0.4
C18:0	16.1±1.9	18.5±1.8	20.2±1.8
C18:1	36.6±4.0	36.0±2.9	34.8±2.1
C18:2	14.6±5.9	10.9±2.8	9.8±1.7
C18:3	1.1±0.8	0.6±0.4	0.5±0.3

脂肪の質の測定値としては、融点、硬度、屈折率、ヨウ素価、脂肪酸組成、光学的測定値などある^{5), 7)}。実態調査の結果から、豚の脂肪の質には大きな差があり、硬度でいえば硬いものは10以上、軟らかいものは1未満と10倍以上の開きがある(表1)。

脂肪の量と分布は、赤肉量や消費者の健康や嗜好に関連する。赤肉量の計測のため肉・脂肪・骨に分割するのは時間と手間がかかるので、いくつかの技術が検討されている。コンピュータ画像解析法によれば枝肉断面で、脂肪量や脂肪交雑さらには肉付きを計測することができる^{8), 9)}。さらに、超音波断層法¹⁰⁾や核磁気共鳴法¹¹⁾によれば、切断分割せずに肉と脂肪の分布を見ることができる。超音波断層法は生体に応用され、既に豚の系統造成や牛の肥育度の診断などに活用されている。

(2) 赤 肉

好ましい赤肉(筋肉)とは、畜種特有の淡くも濃くもない色で、肉の締まりが良く、きめ細かく、滲出性のないものである。

肉色は、肉色素(主に酸素の保持体であるミオグロビン)と組織構造(主にフィラメントの微細構造の変化)によって決まる(図3)。以前は肉色素の量的、質的变化に研究の重点が置かれてきたが、最近は組織構造も肉色に大きな影響を与える要因として注目されるようになった。

肉色は保存時間の経過とともに変化し、これは、主にミオグロビンの化学的变化によるものである。切断直後

図3 肉色に影響する主な要因

の肉は紫赤色(ミオグロビン状態)であるが、空気に触れると酸化され、鮮やかな赤色(オキシミオグロビン)に変わる。さらに時間が経過すると褐色(メトミオグロビン)化してゆく。加工品では、亜硝酸塩により紅色(ニトロソミオグロビン)をしている。また、バクテリアの繁殖によって緑色の色素(サルファミオグロビン)を形成する場合がある。特にメトミオグロビンの形成は好ましくない肉色の原因となり、温度と光の影響を受ける¹²⁾。他にも色素は存在し、たとえばヘモグロビンもその1つであるが、十分放血された体では量的にわずかである。

さらに、組織微細構造の変化によって特定波長の光の反射や散乱特性が変化し¹³⁾、濃い肉、淡い肉といった大きな差が生じる。これら色調異常はPSE(Pale Soft Exudative, ムレ, フケ)豚肉, DFD(Dark Firm Dry)豚肉, ダーク・カッティング・ビーフとよばれ、国際的に問題が指摘されている。異常肉の原因には遺伝的要因と環境的要因、あるいは屠畜前の要因と屠畜後の要因とがある。屠畜後、肉を高温状態に放置するとこういった異常肉が高率に発生する。わが国の屠畜場では異常肉発生防止の観点から、屠畜後速やかに冷却する方法がとられることが多くなった。

肉色評価には、畜試式標準模型を利用すれば簡易であるが、客観性を求めると機器測定が良い。色差計を使った**L*, **a*, **b*値や*x*, *y*, %*Y*は、肉色評価に利用されるが、脂肪交雑などの結合組織、肉表面の状態、切断後の肉色素の変化が測定誤差の原因となる。

分光測光法によれば、色情報を得ることができるだけでなく、ミオグロビンなどの化学状態を含む情報も得ることができる。また、光ファイバ分光測光法は肉色を評価するだけでなく、PSEなどの異常肉を検出する方法ともなる^{3), 14)}。

物理性には、締まりやきめ(筋束の細かさ)、滲出性がある。滲出性とは、肉汁の滲み出しやすさを示し、滲出性の大きい肉は見栄えが悪く、重量の目減りがあり、呈味成分の流出を伴い、味も悪く、加工にも欠点がある。PSE豚肉は滲出性の悪い代表的な例である。

滲出性は後に示す多汁性と関連し、保水力によって評価できる。保水力とは肉自体が肉汁を保つ能力で、保水力の高い肉ほど好ましい。PSE肉は肉色が悪いだけでなく、保水性の低さが大きな問題であり、加工や調理の際に肉汁が滲み出やすいため、味わうと硬く、まずく感じる。保水力は筋フィラメントといった微細構造の変化に関係している。測定法には加圧法、遠心分離法など様々なものがある¹⁵⁾。図4はビニール袋に入れた種々の

図4 種々の品質の豚肉における保水性（ドリップロス）の分布

スライス豚肉を48時間冷蔵庫に放置し、保水力を重量当たりのドリップの流出率で測定した結果である。その範囲は0.0%~19.4%と非常に広いものであることがわかる。

pHは肉質の指標として測定され、屠畜後、グリコーゲンの乳酸への転換とともに低下する。pHが急速に低下する場合にはPSE肉（ムレ肉、フケ肉、ヤケ肉）となる。逆にpHが低下せず、高いままの状態が続くとDFD肉やダーク・カット・ビーフとなる。したがってpHは保水力や外観、細菌の繁殖性といった肉質項目に深い関係を持っている。肉のpH測定は屠畜後の時間が重要となり、PSEなどの指標としては屠畜後45分以内、DFDの指標としては屠畜後24時間がよく利用される¹⁶⁾。

4. 味と栄養成分

おいしさは、個人の好みによるところもあり評価が難しいが、品質の悪い肉はまずいし、おいしさにとって品質の良いことは必須の条件である。肉の官能検査では、やわらかさ、風味、多汁性等に分類評価する。食肉の官能検査の方法についてはアメリカの指針^{17), 18)}が参考となる。

やわらかさは食肉にとって重要な要因で、一般に硬い肉はまずく感じる。特にわが国においては、牛肉にとってやわらかさは第一要因といってよく、豚肉では、どの部位も比較的やわらかく、牛肉ほど重視されず、地鶏などでは、かたさはむしろ歯ごたえとして評価される。

肉のやわらかさは、結合組織成分（コラーゲンやエラスチンなど）とその組織構造、さらに熟成などによって

影響される筋原繊維の生化学的変化によって決定される。熟成期間は畜種によって異なり、鶏肉は新鮮なものが良く、豚肉では3日、牛肉では1週間以上、霜降りで有名な和牛では1カ月以上熟成させる場合がある。

なお、熟成はやわらかさだけでなく、後で述べる風味成分も向上させる。肉のやわらかさを測定する装置には、ワーナブラツラ・ミート シア、テクスチュロメータ、などの種々のものがある¹⁹⁾。ただし、生肉でのやわらかさの測定値は調理加熱後のやわらかさを反映しない。紫外線による蛍光現象を利用した光学的測定法は迅速な結合組織成分の測定を可能にする²⁰⁾。

風味は肉の香りと舌に感じる呈味物質から構成される。肉の主成分である蛋白質やトリグリセリド自体に味はなく、風味は、主に熟成によって生じる核酸関連物質や遊離アミノ酸など多くの物質とその化合物から構成される。特に、風味にとって、脂肪は重要で、畜種によって肉味が異なるのは赤肉ではなく、脂肪成分の差によるとされる。

食肉の香気は、酸臭、血液臭などの生鮮香気、ボイルやロースト等加熱時に感じられる加熱香気に分類され、香気成分は1000種以上にのぼる²¹⁾。

風味の悪い例として、黄豚のように脂肪が酸化したものではおいがし、ひどいものでは食用に適さなくなる。去勢していない雄豚の肉ではアンドロステロン、スカトールなどが高く、雄臭や獣臭の原因となる。わが国では去勢が一般的であるが、欧米では赤肉生産、動物愛護の観点から去勢が行われなくなりつつある。そのため、スカトール等の物質を検知する装置も実用化され、肉の使用用途の選択に活用されている。

多汁性とは、肉を口の中で噛んで味わう時、放出される肉汁による「ジューシー」な感覚である。多汁性の減少は、風味成分とやわらかさの減少を伴うため、予想以上に味を低下させる。肉中の脂肪の多少は多汁性ややわらかさにも影響を与える。

栄養成分からいえば、食肉はアミノ酸組成に優れた良質の蛋白質や必須脂肪酸などの脂質を含み、ビタミンやミネラルの供給源ともなる。一般成分でいえば、肉中の脂肪含量（特に筋肉内の脂肪交雑）は味と関係が深い。栄養成分の測定は従来からの個別の分析によらねばならないが、迅速に判断する方法として、近赤外分析法などが脂肪分の測定などに応用されている。

なお、飼料調整によって食肉に特殊な栄養成分を付加することができる。たとえば、DHAやEPAといった最近注目されている特殊な脂肪酸を飼料添加によって肉（脂肪）中に増加させることができる^{22)~24)}。こういっ

た方法は機能性を有した食品としても利用が可能である。

お わ り に

わが国の食文化は優れたものがあり、食材に対する厳しい評価眼も国際的に知られているところである。しかしながら、こと食肉に関しては欧米に及ばない部分も多い。とはいえ、サシの入った和牛肉、スライス精肉の流通、スキヤキやシャブシャブといったわが国独自の食肉文化も存在し、食肉消費はなお増加している。今後、わが国の消費者の評価眼は価格にも増して品質に厳しくなるものと予想される。この機を逃さず肉の品質向上を進め、国際競争力をつけることが、わが国畜産・食品業界の生き残る道であろう。品質評価の研究がその一助となれば幸いである。

文 献

- 1) 中井博康・池田敏雄・安藤四郎・斎藤不二男・小松明德・和田治男：畜試研報, **36**, 9 (1971)
- 2) 入江正和・H. J. スワットランド：日食工誌, **40**, 747 (1993)
- 3) 入江正和：畜産の研究, **45**, 1375 (1991)
- 4) SWATLAND, H. J.: *Can Inst. Food Sci. Technol. J.*, **20**, 383 (1987)
- 5) 入江正和：畜産の研究, **43**, 793, 942, 1049, 1143 (1989)
- 6) BROOKS, C. C. : *J. Anim. Sci.*, **33**, 1224 (1971)
- 7) IRIE, M. and SWATLAND, H. J.: *AJAS*, **5**, 753 (1992)
- 8) CROSS, H. R., GILLILAND, D. A., DURLAND, P. R. and SEIDEMAN, S.: *J. Anim. Sci.*, **57**, 908 (1983)
- 9) HOSHINO, T.: *Jpn. J. Zootech. Sci.*, **59**, 152 (1988)
- 10) 入江正和：日豚会誌, **29**, 127 (1992)
- 11) LISTER, D.: *In Vivo Measurement of Body Composition in Meat Animals* (Elsevier Applied Science Publishers, Essex) (1984)
- 12) BERTELSEN, G. and SKIBSTED, L. H.: *Meat Sci.*, **19**: 243 (1987)
- 13) SWATLAND, H. J. and IRIE, M.: *J. Computer-Assist. Microsc.*, **3**, 149 (1991)
- 14) IRIE, M. and SWATLAND, H. J.: *Food Res. Inter.*, **25**, 21 (1992)
- 15) 入江正和：食肉の科学, **34**, 9-15 (1993)
- 16) SWATLAND, H. J.: *Meat Sci.*, **24**, 85 (1988)
- 17) American Meat Science Association: *Guidelines for Cookery and Sensory Evaluation of Meat*, Illinois (1978)
- 18) 入江正和：畜産の研究, **49**, 385 (1995)
- 19) SWATLAND, H. J.: *Structure and Development of Meat Animals and Poultry*, TECHNOMIC Publishing Co., INC. (1994)
- 20) SWATLAND, H. J.: *Comput. Electron. Agric.*, **6**, 225 (1991)
- 21) 松石昌典：食肉の科学, **36**, 183 (1995)
- 22) 崎元道男・入江正和・藤谷泰裕・町田登：日畜会報, **61**, 780 (1990)
- 23) 入江正和・崎元道男・藤谷泰裕・町田登：日畜会報, **61**, 771 (1990)
- 24) IRIE, M. and SAKIMOTO, M.: *J. Anim. Sci.*, **70**, 470 (1992)