

黒毛和種牛肉の官能特性によるグルーピングとその理化学特性

小松智彦^{1,*}・佐久間弘典^{2,a}・齋藤薫^{2,b}・庄司則章¹

¹ 山形県農業総合研究センター畜産試験場, 山形県新庄市 〒996-0041

² 独立行政法人家畜改良センター, 福島県西郷村 〒961-8511

現所属: ^a 農林水産省 関東農政局, 埼玉県さいたま市 〒330-9722

^b 独立行政法人 家畜改良センター十勝牧場, 北海道音更町 〒080-0572

2019年10月30日受付, 2019年12月2日受理

要 約

黒毛和種牛肉における肉質等級は、格付切開面の胸最長筋の脂肪交雑の程度等により決定する。本研究では、黒毛和種肥育牛89頭の胸最長筋を収集し、肉質等級(A3, A4, A5)ごとの官能特性と理化学特性を調査するとともに、官能評価値のクラスター解析により黒毛和種肥育牛89頭を官能特性グループ(A, B, C, D)に分類し、それぞれの官能特性と理化学特性を調査した。その結果、A5等級およびグループDは、やわらかさ、多汁性、脂っばい香りの数値と、粗脂肪割合が有意に高かった。グループBは、うま味、甘い香り、肉様の香りの数値と、イノシン酸やグリコーゲン、一部のアミノ酸の数値が有意に高かった。グループCは、概ねグループBとDとの中間的な特徴を示したことに加え、和牛らしい風味については4グループの中で最も高い数値を示した。脂肪酸組成は、肉質等級および官能特性グループの中で差は見られなかった。また、理化学分析値のみで官能特性グループを判別できるか検討したところ、判別率78.7%の判別式を得た。

キーワード: 官能評価, 牛肉, 黒毛和種, 肉質, 判別分析

東北畜産学会報 69(3): 41 ~ 48 2020

緒 言

黒毛和種牛肉の特徴は、高度の脂肪交雑(霜降り)と、それによる肉のやわらかさである。牛枝肉の格付は、歩留等級(A, B, C)と肉質等級(5等級~1等級)の組合せで決定され、肉質等級の決定には、第6, 7肋骨間切開面における胸最長筋(リブロース)の脂肪交雑の程度、すなわちBeef Marbling Standard No. (BMS No.)が重要とされている(日本食肉格付協会, 1989)。例え

ばA5等級の枝肉は、BMS No. が高いもの(No.8~12)で、かつ歩留りが良い枝肉のことである。これまでに脂肪交雑の改良が進んできたことから(家畜改良センター, 2017)、全国的にA4およびA5等級の割合(上物率)が増えており、山形県においては去勢肥育牛の上物率は89.4%、雌肥育牛では81.7%と多くを占めている(山形県畜産協会, 2018)。一方で、A4およびA5等級の中でも味や香りのばらつきはあると考える仲卸業者は多く、そのような仲卸業者の中には、1頭1頭の味や香りを試食により点数づけし、その結果を元に卸先を選定する業者や、精肉売り場やウェブ上で個体ごとの食味の特徴を公表する業者もある(日山畜産, 2016)。今後、和牛肉のさらなる食味向上とその安定した生産に向けては、このような味や香りのばらつきについて詳細に明ら

* 連絡者: 小松 智彦 (こまつ ともひこ)
(山形県農業総合研究センター畜産試験場)
Tel: 0233-23-8815, Fax: 0233-23-8820
E-mail: komatsutom@pref.yamagata.jp

かにする必要がある。そこで本研究では、山形県肥育牛 89 頭の肉質等級ごとの官能特性と理化学特性を調査するとともに、その 89 頭を 4 つの官能特性グループに分類し、それぞれの官能特性と理化学特性を調査した。さらに、血統や飼養管理に関する研究に展開するため、理化学分析値を用いた判別式により、官能特性グループを客観的に判別することを検討した。

材料および方法

1. 牛肉検体

2013 年から 2015 年にかけて山形県食肉公社に出荷された黒毛和種肥育牛 89 頭（去勢 30 頭、雌 59 頭）のリブロースを検体として用いた。格付評価翌日に第 6、7 肋骨間切開面から頭側にかけて約 5 cm の厚さでカットし、真空包装し 0～2℃で熟成を行った。その後、と畜後 14 日時点で－30℃で冷凍し、官能評価または理化学分析に供した。

2. 分析型官能評価

食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル（家畜改良センター、2010）に準じて行った。分析型パネリストは家畜改良センター職員の中から識別テストにより選拔し、評価用語と評価尺度の共通化に関する訓練を行った。凍結していた牛肉検体を 4℃で 24 時間かけて解凍した後、恒温乾燥機（DS400; ヤマト科学、東京）を用いて、加熱温度 165℃で牛肉内部温度が 70℃になるまで加熱し、その後 10 分間室温で放冷した。放冷後、外側部分は切落とし、3 cm×3 cm×5 mm 厚に切り分け、供試試料とした。評価項目は、咀嚼時のやわらかさ（1 = 非常にかたい、12 = 非常にやわらかい）、多汁性（1 = 非常にない、12 = 非常にある）、うま味、脂っばい香り、甘い香り、肉様の香り、和牛らしい風味、オフフレーバー（1 = 非常に弱い、12 = 非常に強い）の 8 項目とし、12 段階の採点法で評価を行った。食感と味覚に関する項目では鼻腔を閉じた状態で評価し、香りに関する項目では鼻腔を開けて評価した。なお、評価は 1 検体ずつ、3～7 名（平均 5 名）のパネリストにより行い、一日につき 2～3 検体の牛肉を評価した。官能評価は、外観による効果を少なくするため赤色灯下で、他者と相談しないよう個室法で実施した。

3. 理化学分析

(1) 一般成分分析

食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル（家畜改良センター、2010）に従い、水分含量、粗脂肪含量、およ

び粗蛋白質含量を測定した。

(2) 脂肪酸の分析

リブロース約 20 g を多検体破碎機（安井器械、大阪）にて 2000 rpm、60 秒間の条件で均一にミンチにし、そのうち 500 mg にクロロホルム：メタノール（2：1）液を 10 mL 加え、一晚室温下で筋肉内脂肪を抽出した。クロロホルム層を乾固し得た粗脂肪をベンゼン 1 mL に溶解し、ナトリウムメトキシドメタノール 1 mL を加え、80℃で 20 分間処理し、ヘキサンに転溶し InertCap Pure Wax キャピラリーカラム（内径 0.25 mm × 長さ 30 m、膜厚 0.25 μm; GL サイエンス、東京）を使用したガスクロマトグラフ（GC2010; 島津、京都）で分析した。カラム温度はサンプル注入後 210℃で 8 分間維持後、230℃まで 20℃ / 分で上昇させた。その後、230℃で 2 分間維持した。キャリアガスはヘリウムを用い、水素炎イオン化型検出器（FID）で検出されたミリスチン酸（C14:0）、ミリストレイン酸（C14:1）、パルミチン酸（C16:0）、パルミトレイン酸（C16:1）、ステアリン酸（C18:0）、オレイン酸（C18:1）、リノール酸（C18:2）の面積値の百分率を算出した。モノ不飽和脂肪酸（MUFA）および飽和脂肪酸（SFA）割合は以下の計算式で算出した。

$$\text{MUFA (\%)} = \text{C14:1 (\%)} + \text{C16:1 (\%)} + \text{C18:1 (\%)}$$

$$\text{SFA (\%)} = \text{C14:0 (\%)} + \text{C16:0 (\%)} + \text{C18:0 (\%)}$$

(3) 水溶性呈味成分の分析

前述したとおりに均一にミンチにしたサンプル 300 mg に、1.5 mL の蒸留水と 2 mL のクロロホルム液を加え、多検体破碎機（安井器械、大阪）にて 30 秒間、2000 rpm の条件で破碎抽出した。次に 800 × g、5 分間、4℃での遠心後、水層にアセトニトリルを加え除蛋白を行い、得られた溶液を核酸関連物質および糖類の測定に用いた。

核酸関連物質は、Atlantis dC18 column（内径 4.6 mm × 長さ 250 mm、粒子径 5 μm; Waters Corp., Milford, MA, USA）を使った高速液体クロマトグラフ（Prominence Ultra-Fast Liquid Chromatograph system; 島津、京都）により分析した。移動相は 100 mmol/L リン酸二水素ナトリウム：アセトニトリル（96.5：3.5、pH 4.0）、流速 2 mL/min とし、254 nm の波長にて、イノシン酸（IMP）、イノシン（HxR）、およびヒポキサンチン（Hx）を検出し、標準品から作成した検量線にあてはめて含量を算出した。

糖類は、前述した除蛋白後の溶液を真空ロータリーエバポレーター（ヤマト科学、東京）で乾固した後、N-trimethylsilylimidazole-H（TMSI-H; GL サイエンス、

東京)を300 μ L 加え、80℃で20分間トリメチルシリル化を行った。InertCap 1701 キャピラリーカラム(内径0.25 mm $\times$ 長さ30 m, 膜厚0.25 μ m; GLサイエンス, 東京)を使用したガスクロマトグラフ(GC2010; 島津, 京都)で分析した。カラム温度はサンプル注入後151℃で1分間維持後、181℃まで5℃/分で上昇させ、17分間維持した。その後、231℃まで10℃/分で上昇させ、4分間維持した。キャリアガスはヘリウムを用い、FIDで検出されたサンプルおよび標準品のピーク面積値から糖類含量を算出した。なお、単糖類(グルコース, フルクトース, マンノース)のほか、グリセロールおよびイノシトールのシグナルも同時に検出し、含量を算出した。

グリコーゲンの分析は、我々の既報(Komatsu ら, 2014)に従い、牛肉中のグリコーゲンを測定した。すなわち、前述したとおりに均一にミンチにしたサンプル200 mgに過塩素酸2 mLとクロロホルム2 mLを加え、多検体破砕機(安井器械, 大阪)にて2000 rpm, 30秒間の条件で破砕抽出した。次に800 $\times$ g, 5分間, 4℃での遠心後、水層をグリコーゲンの測定に用いた。

4. 統計解析

JMP[®] 9 (SAS institute, Cary, NC, USA)を用いた。クラスター解析と主成分分析は官能評価8項目すべてを用い、クラスター解析はWard法により行った。各種分析値について、肉質等級および官能特性グループを要因とした分散分析を行い、TukeyのHSD検定により有意差判定を行った。牛肉89検体の性別と肉質等級の関係、および性別と官能特性グループの関係について、カイ2乗検定により独立性を検定した。また、40項目の理化学分析値から変数を選択し、官能特性グループの判別を目的とし多変量の線形判別分析を行った。

結果および考察

1. 肉質等級および官能特性グループと官能評価値

黒毛和種肥育牛89頭の肉質等級は、A3等級(n = 26), A4等級(n = 35), およびA5等級(n = 28)に分けられ、肉質等級と性別の独立性についてカイ2乗検定を行ったところ、有意性は認めず(p > 0.05), 肉質等級ごとに性別の偏りは無いことを確認した。肉質等級を要因とした分散分析の結果、やわらかさ、多汁性、脂っぽい香りで有意差が見られ、それらはA5等級で有意に高かった(表1)。本研究と同じロースト法の官能評価を実施した報告(佐久間ら, 2012)によると、粗脂肪含量と甘い香りは正の相関があるとされている。肉質等級は脂肪交雑の程度により決まるため、肉質等級が高いほど甘い香りの数値が高いことが予想されたが、本研究では甘い香りについて肉質等級の効果は有意ではなかった。佐久間ら(2012)の調査は複数産地からの黒毛和種牛肉を収集しており、粗脂肪含量と甘い香りの高低のばらつきが大きく、そのために相関係数が有意となったのではないかと考えられる。

官能評価8項目を用いたクラスター解析により、89頭は官能特性グループA(n = 21), グループB(n = 15), グループC(n = 36), グループD(n = 17)に分類され、各グループと性別の独立性についてカイ2乗検定を行ったところ、有意性は認めず(p > 0.05), 各グループに性別の偏りは無いことを確認した。官能特性グループを要因とした分散分析では、すべての官能評価項目において有意差が見られ、グループDは他のグループと比較し、やわらかさ、多汁性、脂っぽい香りが有意に高かった(表1)。グループBとCは、共にうま味、甘い香り、肉様の香りが有意に高く、グループCはグループBと比較すると、やわらかさ、多汁性、脂っぽ

表1. 肉質等級および官能特性グループごとの官能評価値

項目	全牛肉	肉質等級				官能特性グループ				
		A3	A4	A5	p-value ¹	A	B	C	D	p-value ¹
n	89	26	35	28	—	21	15	36	17	—
やわらかさ	8.2 $\pm$ 0.9	7.8 $\pm$ 0.6 ^b	8.0 $\pm$ 0.8 ^b	8.8 $\pm$ 0.8 ^a	***	7.4 $\pm$ 0.5 ^c	7.5 $\pm$ 0.5 ^c	8.5 $\pm$ 0.5 ^b	9.1 $\pm$ 0.8 ^a	***
多汁性	8.0 $\pm$ 0.7	7.6 $\pm$ 0.5 ^c	8.0 $\pm$ 0.6 ^b	8.6 $\pm$ 0.6 ^a	***	7.5 $\pm$ 0.5 ^c	7.4 $\pm$ 0.4 ^c	8.3 $\pm$ 0.4 ^b	8.7 $\pm$ 0.6 ^a	***
うま味	7.1 $\pm$ 0.6	7.1 $\pm$ 0.6	7.1 $\pm$ 0.7	6.9 $\pm$ 0.5	ns	6.6 $\pm$ 0.3 ^b	7.3 $\pm$ 0.5 ^a	7.4 $\pm$ 0.5 ^a	6.5 $\pm$ 0.4 ^b	***
脂っぽい香り	7.9 $\pm$ 0.7	7.6 $\pm$ 0.5 ^b	7.8 $\pm$ 0.7 ^b	8.4 $\pm$ 0.6 ^a	***	7.5 $\pm$ 0.5 ^c	7.3 $\pm$ 0.6 ^c	8.1 $\pm$ 0.5 ^b	8.6 $\pm$ 0.6 ^a	***
甘い香り	7.3 $\pm$ 0.5	7.2 $\pm$ 0.5	7.3 $\pm$ 0.5	7.3 $\pm$ 0.6	ns	6.9 $\pm$ 0.4 ^b	7.5 $\pm$ 0.4 ^a	7.6 $\pm$ 0.4 ^a	6.9 $\pm$ 0.5 ^b	***
肉様の香り	6.8 $\pm$ 0.6	6.9 $\pm$ 0.6	6.9 $\pm$ 0.6	6.6 $\pm$ 0.6	ns	6.5 $\pm$ 0.6 ^b	7.3 $\pm$ 0.4 ^a	7.0 $\pm$ 0.4 ^a	6.2 $\pm$ 0.5 ^b	***
和牛らしい風味	7.2 $\pm$ 0.5	7.2 $\pm$ 0.5	7.2 $\pm$ 0.6	7.4 $\pm$ 0.4	ns	6.7 $\pm$ 0.5 ^c	7.2 $\pm$ 0.3 ^b	7.6 $\pm$ 0.4 ^a	7.1 $\pm$ 0.4 ^b	***
オフフレーバー	1.4 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.2	ns	1.5 $\pm$ 0.3 ^a	1.4 $\pm$ 0.4 ^{ab}	1.3 $\pm$ 0.2 ^b	1.5 $\pm$ 0.3 ^a	**

数値は平均値 $\pm$ 標準偏差値 ; ^{a-c} 異符号間に有意差あり (p < 0.05).

¹*, p < 0.05 ; **, p < 0.01 ; ***, p < 0.001 ; ns, not significant.

い香り，和牛らしい風味の数値が有意に高かった。オフフレーバーに関しては，グループ A，D と比較し，グループ C が有意に低かった。

これらの官能特性の違いは，主成分分析の結果（図 1）からも確認することができる。ローディングプロットによると，座標の横軸（第 1 主成分軸）は，主にやわらかさ，多汁性，脂っばい香りの高低を示す軸（寄与率 37.6%）であり，一方，座標の縦軸（第 2 主成分軸）は，主にうま味と肉様の香りの数値の高低を示す軸（寄与率 28.3%）であった。すなわち，スコアプロットで右側にプロットされる牛肉（グループ C および D）は，やわらかさ，多汁性，脂っばい香りの数値が高いという特徴

があり，スコアプロットで上側にプロットされる牛肉（グループ B および C）は，うま味と肉様の香りの数値が高いという特徴があると考えられた。

以上のことをまとめると，肉質等級（A3，A4，A5）は，やわらかさ，多汁性，脂っばい香りの高低を示す指標である一方で，官能特性グループ（A，B，C，D）は，それら 3 項目に加えて，うま味，肉様の香り，和牛らしい香り，オフフレーバーの高低を示す指標であることが示された。肉質等級 × 官能特性グループの組み合わせは 12 種類あり，本研究では A5 等級 × グループ B を除く 11 種類の牛肉が確認された。例えば A5 等級 28 頭の牛肉は，グループ A（n = 4），グループ C（n = 13），グ

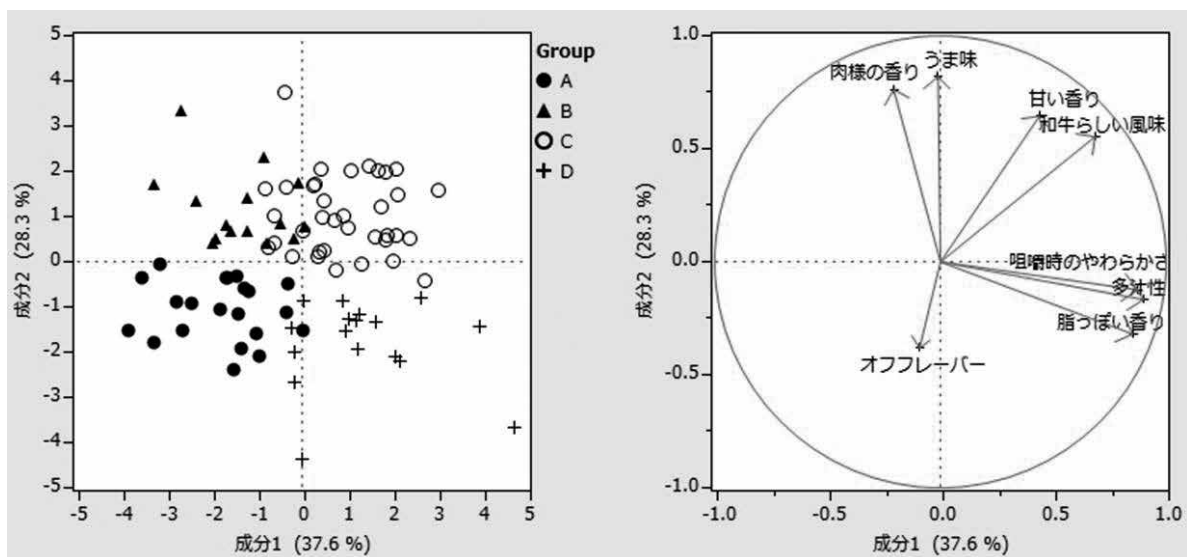


図 1. 官能評価値を用いた主成分分析結果（左：スコアプロット、右：ローディングプロット）

表 2. 肉質等級および官能特性グループごとの一般成分および脂肪酸組成

項目	全牛肉	肉質等級				官能特性グループ				
		A3	A4	A5	p -value ¹	A	B	C	D	p -value ¹
一般成分 (%)										
水分	43.6±4.8	46.4±3.2 ^a	44.8±4.1 ^a	39.4±4.1 ^b	***	46.4±4.5 ^a	47.7±2.7 ^a	42.2±3.5 ^b	39.3±4.3 ^b	***
粗脂肪	42.8±6.6	38.7±4.3 ^b	41.2±5.4 ^b	48.6±5.6 ^a	***	39.0±6.3 ^c	37.2±3.4 ^c	44.5±4.7 ^b	48.7±5.8 ^a	***
粗蛋白	12.8±1.6	14.0±1.1 ^a	12.9±1.2 ^b	11.4±1.4 ^c	***	13.6±1.6 ^a	14.1±0.8 ^a	12.5±1.2 ^b	11.3±1.5 ^c	***
脂肪酸組成 (%)										
C14:0	2.9±0.6	2.8±0.6	2.8±0.7	3.0±0.5	ns	2.9±0.6	2.9±0.5	2.9±0.7	2.8±0.5	ns
C14:1	1.1±0.3	1.0±0.3	1.1±0.4	1.1±0.3	ns	1.1±0.4	1.1±0.3	1.2±0.3	1.0±0.3	ns
C16:0	26.0±1.8	25.9±2.0	25.8±1.6	26.4±1.8	ns	26.2±1.7	26.2±1.6	25.9±2.0	25.9±1.6	ns
C16:1	4.8±0.8	4.8±1.0	4.9±0.8	4.7±0.6	ns	4.7±0.9	4.7±1.0	5.0±0.7	4.6±0.6	ns
C18:0	10.7±1.6	10.8±1.5	10.5±1.7	11.0±1.4	ns	10.9±1.7	11.1±1.9	10.3±1.2	11.2±1.7	ns
C18:1	51.7±2.8	52.0±2.7	52.2±2.9	50.9±2.6	ns	51.6±2.6	51.6±2.3	52.0±3.4	51.5±2.3	ns
C18:2	2.8±0.6	2.7±0.6	2.7±0.6	2.9±0.5	ns	2.7±0.6	2.4±0.6	2.9±0.6	2.9±0.5	ns
SFA	39.6±2.7	39.6±2.7	39.1±2.7	40.4±2.4	ns	40.0±2.2	40.2±2.9	39.0±2.9	40.0±2.3	ns
MUFA	57.6±2.6	57.8±2.6	58.2±2.5	56.7±2.3	ns	57.3±2.1	57.4±2.7	58.1±2.8	57.2±2.3	ns

数値は平均値 ± 標準偏差値；^{a-c} 異符号間に有意差あり (p < 0.05)；C14:0，ミリスチン酸；C14:1，ミリストレイン酸；C16:0，パルミチン酸；C16:1，パルミトレイン酸；C18:0，ステアリン酸；C18:1，オレイン酸；C18:2，リノール酸；MUFA，モノ不飽和脂肪酸；SFA，飽和脂肪酸。

¹ a, p < 0.05；*, p < 0.01；***, p < 0.001；ns, not significant.

グループ D (n = 11) に分類され, A5 等級の牛肉の中には, やわらかさやうま味等の官能特性が異なる牛肉があることが示唆された。

2. 肉質等級および官能特性グループと理化学分析値

肉質等級および官能特性グループごとの一般成分および脂肪酸組成の結果は表 2 に, 水溶性呈味成分の分析結果は表 3 に示した。A5 等級およびグループ D は, 粗脂肪含量が有意に多く, このことが, A5 等級およびグループ D のやわらかさ, 多汁性, 脂っばい香りの評価値の高さに影響していると考えられた。

牛肉の熟成過程で, 赤身部分, すなわち筋肉から核酸関連物質, 単糖類, 遊離アミノ酸といった呈味成分

が生じると考えられている (Nishimura, 1998; Honikel, 2014)。A5 等級は A3, A4 等級の牛肉と比較し, 筋肉部分が少ないことは今回の一般成分の結果からも推測され, 熟成過程で上記の呈味成分の生成は少ないと考えられる。実際, 水溶性呈味成分分析の結果, A5 等級はグリコーゲンやグルコース等の糖類とグルタミン酸等のアミノ酸が有意に少なかった (表 3)。うま味, 甘い香り, 肉様の香りが有意に高かったグループ B と C のうち, 特にグループ B は, イノシン酸やグリコーゲン, セリン, アルギニン, アラニン, アンセリン, チロシンの数値が高く, それぞれ表 3 に示した有意性が確認された。また, グループ C は, 概ねグループ B と D との間中間的な特徴を示した。過去の報告 (Suzuki ら, 2017) によると,

表 3. 肉質等級および官能特性グループごとの水溶性呈味成分

項目	全牛肉	肉質等級				官能特性グループ				
		A3	A4	A5	p-value ¹	A	B	C	D	p-value ¹
核酸関連物質 (μmol/g)										
IMP	0.45±0.25	0.50±0.26 ^a	0.49±0.25 ^a	0.34±0.22 ^b	*	0.39±0.20 ^{bc}	0.68±0.26 ^a	0.46±0.22 ^b	0.27±0.17 ^c	***
Ino	0.67±0.18	0.78±0.18 ^a	0.68±0.15 ^a	0.57±0.15 ^b	***	0.70±0.17 ^{ab}	0.79±0.19 ^a	0.65±0.15 ^b	0.59±0.17 ^b	**
Hx	1.66±0.30	1.74±0.32 ^a	1.69±0.28 ^{ab}	1.54±0.26 ^b	*	1.69±0.26	1.74±0.28	1.61±0.26	1.65±0.41	ns
糖類 (mg/g)										
Glycogen	2.37±0.86	2.16±0.63 ^b	2.82±0.91 ^a	1.99±0.72 ^b	***	2.26±0.77 ^{ab}	2.91±1.07 ^a	2.40±0.71 ^{ab}	1.94±0.80 ^b	*
Glucose	0.91±0.18	1.01±0.19 ^a	0.89±0.17 ^b	0.84±0.15 ^b	**	0.94±0.14	0.99±0.23	0.90±0.13	0.84±0.24	ns
Fru_Man	0.52±0.17	0.63±0.17 ^a	0.48±0.14 ^b	0.47±0.15 ^b	***	0.52±0.16	0.57±0.19	0.53±0.16	0.47±0.16	ns
Glycerol	0.54±0.09	0.55±0.09 ^{ab}	0.56±0.07 ^a	0.50±0.08 ^b	*	0.55±0.07	0.57±0.07	0.53±0.09	0.53±0.09	ns
Inositol	0.11±0.03	0.11±0.02	0.11±0.03	0.11±0.03	ns	0.12±0.03 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}	0.10±0.02 ^b	0.13±0.04 ^a	*
アミノ酸類 (μmol/g)										
Asp	0.00±0.01	0.00±0.01	0.00±0.02	0.00±0.01	ns	0.00±0.01	0.01±0.02	0.00±0.01	0.00±0.02	ns
Glut	0.26±0.07	0.25±0.08 ^{ab}	0.28±0.06 ^a	0.24±0.06 ^b	*	0.25±0.07	0.28±0.07	0.26±0.07	0.24±0.07	ns
Asn	0.16±0.05	0.15±0.04 ^b	0.18±0.04 ^a	0.15±0.05 ^b	*	0.16±0.04	0.18±0.05	0.15±0.04	0.16±0.06	ns
Ser	0.56±0.14	0.56±0.15 ^{ab}	0.61±0.14 ^a	0.49±0.11 ^b	**	0.56±0.15 ^{ab}	0.65±0.15 ^a	0.54±0.13 ^{ab}	0.51±0.13 ^b	*
Gln	2.61±0.75	2.47±0.84 ^{ab}	2.86±0.73 ^a	2.41±0.59 ^b	*	2.58±0.79	2.95±0.82	2.53±0.75	2.50±0.51	ns
Gly	0.22±0.09	0.20±0.08 ^b	0.26±0.11 ^a	0.19±0.07 ^b	**	0.22±0.08	0.26±0.12	0.22±0.08	0.19±0.10	ns
His	0.75±0.19	0.75±0.17 ^{ab}	0.80±0.21 ^a	0.69±0.16 ^b	*	0.77±0.20	0.83±0.18	0.74±0.17	0.69±0.18	ns
Thr	0.39±0.11	0.39±0.10 ^{ab}	0.43±0.11 ^a	0.35±0.08 ^b	*	0.38±0.09	0.45±0.12	0.38±0.10	0.39±0.10	ns
b-Ala	0.05±0.05	0.05±0.04 ^{ab}	0.07±0.05 ^a	0.03±0.04 ^b	**	0.05±0.05	0.08±0.04	0.05±0.05	0.04±0.04	ns
Arg	0.37±0.10	0.37±0.09 ^{ab}	0.41±0.10 ^a	0.31±0.07 ^b	***	0.37±0.10 ^{ab}	0.44±0.11 ^a	0.35±0.08 ^b	0.33±0.09 ^b	**
Ala	2.99±0.60	2.96±0.57 ^{ab}	3.27±0.55 ^a	2.67±0.51 ^b	***	3.02±0.54 ^{ab}	3.40±0.62 ^a	2.91±0.41 ^b	2.78±0.78 ^b	*
Ans	1.84±0.47	2.01±0.52 ^a	1.94±0.39 ^a	1.57±0.38 ^b	***	1.92±0.40 ^a	2.14±0.41 ^a	1.83±0.46 ^a	1.50±0.38 ^b	***
Tyr	0.37±0.09	0.38±0.09 ^{ab}	0.40±0.09 ^a	0.33±0.07 ^b	**	0.36±0.09 ^{ab}	0.43±0.09 ^a	0.36±0.08 ^b	0.34±0.07 ^b	*
Val	0.51±0.12	0.51±0.12 ^{ab}	0.55±0.12 ^a	0.45±0.11 ^b	**	0.49±0.10	0.57±0.13	0.50±0.12	0.47±0.12	ns
Met	0.29±0.08	0.30±0.08 ^{ab}	0.31±0.08 ^a	0.26±0.06 ^b	*	0.28±0.08	0.34±0.08	0.29±0.07	0.27±0.06	ns
Trp	0.09±0.04	0.08±0.04	0.10±0.04	0.08±0.04	ns	0.09±0.03	0.09±0.02	0.09±0.05	0.09±0.05	ns
Phe	0.36±0.09	0.35±0.09 ^{ab}	0.38±0.08 ^a	0.32±0.08 ^b	*	0.35±0.07	0.39±0.09	0.35±0.09	0.35±0.09	ns
Ile	0.37±0.10	0.37±0.10 ^{ab}	0.41±0.09 ^a	0.34±0.09 ^b	*	0.36±0.09	0.42±0.09	0.37±0.10	0.36±0.10	ns
Leu	0.84±0.19	0.85±0.19 ^{ab}	0.89±0.19 ^a	0.74±0.15 ^b	**	0.82±0.18	0.95±0.20	0.82±0.17	0.79±0.18	ns
Lys	0.52±0.13	0.51±0.14 ^{ab}	0.56±0.13 ^a	0.46±0.12 ^b	*	0.50±0.10	0.56±0.13	0.51±0.13	0.52±0.17	ns

数値は平均値 ± 標準偏差値; ^{ab} 異符号間有意差あり (p < 0.05); IMP, イノシン酸; Ino, イノシン; Hx, ヒポキサンチン; Asp, アスパラギン酸; Glut, グルタミン酸; Asn, アスパラギン; Ser, セリン; Gln, グルタミン; Gly, グリシン; His, ヒスチジン; Thr, スレオニン; b-Ala, ベータアラニン; Arg, アルギニン; Ala, アラニン; Ans, アンセリン; Tyr, チロシン; Val, バリン; Met, メチオニン; Trp, トリプトファン; Phe, フェニルアラニン; Ile, イソロイシン; Leu, ロイシン; Lys, リジン。

¹ *, p < 0.05; **, p < 0.01; ***, p < 0.001; ns, not significant.

イノシン酸は官能評価項目のうま味と中程度の正の相関を示しており、本研究におけるグループBの官能特性であるうま味に関してもイノシン酸が寄与している可能性が示唆された。また、加熱調理時の牛肉の甘い香りには、グルコースとアミノ酸のメイラード反応の関与が示唆されており（Mottram, 1998; Arihara ら, 2019）、グループBとCの官能特性である甘い香り、肉様の香りには、加熱調理前のグリコーゲンやアミノ酸が寄与している可能性が示唆された。

一方、脂肪酸組成に関しては、肉質等級および官能特性グループの中で有意差は見られなかった。本研究と同じロースト法の官能評価を実施した報告（佐久間ら, 2012）では、MUFA 割合と甘い香りについて正の関係があることと示されているが、単相関では低い正の相関であり、甘い香りには前述したメイラード反応の関与を含め多数の化合物が寄与している可能性が考えられた。また、焼肉法の分析型官能評価に関する報告ではあるが、C18:1 割合は多汁性や、オフフレーバーの少なさと中程度の正の相関を示すこと（Suzuki ら, 2017）や、C18:1 割合および MUFA 割合は風味の強さと中程度の正の相関を示すこと（鈴木ら, 2013）が報告されている。C18:1 や MUFA は、筋肉内脂肪の融点や口溶けに寄与していることは確かではあるが（小林と庄司ら, 2011）、一方で、脂肪の味や香り、総合的な美味しさとの関連は未だ明らかになっておらず、今後さらなる調査が必要である。

本研究では、肉質等級ごとの官能特性および理化学特性が明らかとなり、さらに、4つの官能特性グループに分類することで、個々の牛肉の官能特性をより詳細に把握することが可能となった。官能特性に関与する理化学成分としては、粗脂肪含量が、やわらかさ、多汁性、脂っぽい香りに影響することが、既報（佐久間ら, 2012）と同様に確認され、また、イノシン酸の含量がうま味に寄与し、グリコーゲンや一部のアミノ酸の含量が、甘い香り、肉様の香りに寄与する可能性が示唆された。これらの理化学分析値を用いた多変量の判別分析により、官能特性グループを判別できるか検討したところ、粗脂肪と水溶性呈味成分（核酸関連物質、糖類、アミノ酸類）の計29項目を用いたモデルで、判別率78.7%の判別式を得た。粗脂肪と MUFA のみを用いたモデルでの判別率は41.6%と低かったことから、個々の牛肉の官能特性を把握するためには粗脂肪と水溶性呈味成分に着目する必要があると考えられた。これらの成分含量の違いは、仲卸業者が指摘する味や香りのばらつきにつながると推察されたため、今後は各成分含量が味や香りにどの程度寄与するのかを詳細に明らかにしていく必要がある。

また、本研究で確認された肉質等級 × 官能特性グループの組合せの中で、卸業者が高く評価する牛肉、一般消費者が好ましいと評価する牛肉を明らかにしていくこと、さらには、その生産技術開発に研究が展開していくことが必要である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、御指導いただいた当畜産試験場の職員の方々、および多大なる御協力をいただいた実験補助員の方々、官能評価に御協力いただいた家畜改良センターのパネリストの方々に深謝いたします。

引用文献

- Arihara K, Yokoyama I, Ohata M. DMHF (2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone), a volatile food component with attractive sensory properties, brings physiological functions through inhalation. *Advances in Food and Nutrition Research*, 89, Chapter 6, 239-258. 2019.
- 日山畜産 . 和牛のおいしさ評価データベース 日山ノート ; [cited 2016]. Available from URL: <https://hiyama-mc.co.jp>
- Honikel KO. Glycolysis. In: Devine C and Dikeman M (eds), *Encyclopedia of Meat Sciences*, 2nd edition, vol. 1, 346-352. 2014.
- 家畜改良センター . 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル ; [cited 2010.3]. Available from URL: <http://www.nlbc.go.jp/research/nikushitsuhyoka/technical.html>
- 家畜改良センター . 全国域での種雄牛および繁殖牛の遺伝的能力の推移について ; [cited 2017.6.26]. Available from URL: <http://www.nlbc.go.jp/kachikukairyo/data/pr/trend29s.pdf>.
- 小林正人, 庄司則章 . 黒毛和種牛肉の脂肪の質 . 東北畜産学会報, 60 (3): 65-73. 2011.
- Komatsu T, Shoji N, Saito K, Suzuki K. Effects of genetic and environmental factors on muscle glycogen content in Japanese Black cattle. *Animal Science Journal*, 85: 793-798. 2014.
- Mottram DS. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, 62 (4): 415-424. 1998.
- 日本食肉格付協会 . 牛枝肉取引規格 . 1989.
- Nishimura T. Mechanism involved in the improvement of meat taste during postmortem aging. *Food Science and Technology International*, Tokyo, 4 (4): 241-249. 1998.
- 佐久間弘典, 齋藤薫, 曾和拓, 浅野早苗, 小平貴都子, 奥村寿章, 山田信一, 河村正 . 黒毛和種肥育牛の胸最長

- 筋における官能特性に及ぼす粗脂肪含量と脂肪酸組成の影響について. 日本畜産学会報, 83 (3): 291-299. 2012.
- Suzuki K, Shioura H, Yokota S, Katoh K, Roh SG, Iida F, Komatsu T, Syoji N, Sakuma H, Yamada S. Search for an index for the taste of Japanese Black cattle beef by panel testing and chemical composition analysis. Animal Science Journal, 88 (3): 421-432. 2017.
- 鈴木啓一, 横田祥子, 塩浦宏陽, 島津朋之, 飯田文子. 試食パネルによる黒毛和種牛肉の食味性に及ぼす肉質等級, 性と脂肪酸組成の影響の評価. 日本畜産学会報, 84 (3): 375-382. 2013.
- 山形県畜産協会. 山形産和牛の品質の高さ (平成 30 年次版) ; [cited 2018]. Available from URL: <http://yamagata.lin.gr.jp/kenwagyuhin/kenwagyuhin.pdf>

The grouping of sensory characteristics of Japanese Black cattle beef and the chemical composition

Tomohiko Komatsu¹, Hironori Sakuma², Kaoru Saito², Noriaki Shoji¹

¹Livestock Experiment Station of Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Shinjo, Yamagata 996-0041, Japan,

²National Livestock Breeding Center, Nishigo, Fukushima 961-8511, Japan

Corresponding: Tomohiko KOMATSU

Livestock Experiment Station of Yamagata Integrated Agricultural Research Center

Ipponmatsu, Torigoe, Shinjo, Yamagata 996-0041, Japan.

Phone: +81-233-23-8815; Fax: +81-233-23-8820; Email: komatsutom@pref.yamagata.jp

ABSTRACT

The quality grade of Japanese Black cattle beef is graded at the content of intramuscular fat in the longissimus muscle at the rib interface. In this study, we collected the Longissimus thoracis muscle from 89 Japanese Black cattle, and analyzed the sensory and chemical characteristics of each quality grade (A3, A4, A5) and each sensory characteristics group (A, B, C, D) which had been categorized by clustering analysis of sensory evaluation value. As a results, the A5 and group D beef had significantly higher scores for the items ‘tenderness’, ‘juiciness’, ‘oily aroma’, and crude fat content than beef from other groups. The group B beef had significantly higher scores for the items ‘umami’, ‘sweet aroma’, ‘beefy aroma’, and the content of inosine 5’-monophosphate, glycogen, and some amino acids than beef from other groups. The group C beef exhibited intermediate values between the group B and group D beef, and had higher score for the item ‘wagyu beef aroma’ than beef from other groups. There were no significant differences in fatty acid contents among each quality grades and sensory characteristics groups. The discriminant analysis using the content of chemical traits enabled to the grouping of sensory characteristics with a classification accuracy of 78.7%.

Key words: beef, discriminant analysis, Japanese Black cattle, meat quality, sensory evaluation.