

県産畜産物のおいしさに関する研究

鶴岡克彦・佐野一成・後藤優治・江藤勲
食品産業担当

Study on Tastes of Livestock Products in Oita Prefecture

Katsuhiko TSURUOKA・Kazunari SANÔ・Yuji GOTOH・Susumu ETOH
Food Industry Section

要 旨

和牛のおいしさについては様々な研究が行われているものの、そのおいしさに影響する要因は多く、少数の成分や測定項目を指標として客観的に評価する技術は確立されていない。一方で、ブランド力向上のためには、「おおいた和牛」の特徴を明確にする必要がある。そこで、おおいた和牛および県外産和牛の成分分析等を行い、血統とおいしさに影響する成分の関連について検討した。

各種成分を説明変数とした主成分分析の結果、粗脂肪含量、遊離アミノ酸含量、および脂肪酸組成や脂肪の融点などの脂肪の質により、特徴づけられることが確認された。3代大分県の血統とそれ以外の血統を目的変数とする判別分析の結果、3代大分県の血統の牛肉を成分から特徴付けできる可能性が示唆された。

1. はじめに

公益社団法人日本食肉格付協会は、全国統一基準となる「牛枝肉取引規格」を策定しており、これにより枝肉の歩留まりと肉質の格付けが行われている。肉質格付では脂肪交雑の影響が大きいことから、脂肪交雑を重視した育種改良が進み、近年、枝肉の脂肪交雑割合は高くなっている。一方で、消費者の健康に対する意識の高まりなどから、比較的脂肪交雑が少ない牛肉が求められる傾向がある。

肉の食味性に関しては、黒毛和牛に特異な香り成分（和牛香）⁽¹⁾や、脂肪酸組成⁽²⁾、特にオレイン酸などの一価不飽和脂肪酸割合（MUFA）が関連しているとの報告⁽³⁾がある。一方で、脂肪含量が36%を超えると官能評価の評点が低下することや⁽⁴⁾、MUFAが高すぎると官能評価において評点が低下する項目があり、適切なMUFA割合があることなども報告されている⁽⁵⁾。

大分県でも、脂肪交雑を重視した育種改良が進み、オレイン酸含量の高い牛肉をブランド化するなどの取り組みが行われてきたが、その他のうま味成分や香り成分などを含めた各種成分と官能評価による総合的な大分県産和牛の評価は行われていない。

大分県では、2018年から豊後牛のうち4、5等級以上のものを新ブランド「おおいた和牛」として、首都圏等での認知度向上を図っている。ブランド力向上のために

は、おおいた和牛のおいしさを消費者に分かりやすく示していくことが必要である。

そこで、おおいた和牛等のおいしさに関連する成分等の分析を行った。

2. 方 法

2.1 分析試料

令和2年度は、3代大分県種雄牛であるおおいた和牛、3代県外産種雄牛であるおおいた和牛、県外産和牛それぞれ5頭の牛肉を用いた。令和3年度は、おおいた和牛14頭の牛肉を用い、3頭が3代大分県種雄牛であるおおいた和牛であった。牛肉は、第7胸椎から第11胸椎の間の胸最長筋のロース芯を用いた。牛肉は、屠畜、格付け後、真空パックし、屠畜日から28日後まで2℃で保管した。水分、粗脂肪、加熱損失、せん断力価、および肉色は28日経過日に測定し、それ以外の分析サンプルは、それぞれの分析用に真空パックして-30℃で保管した。牛肉の格付けおよび枝肉形質は、Table 1に示した。

2.2 理化学分析

水分は135℃で2時間乾燥させ、加熱乾燥前後の重量差により算出した。粗脂肪含量は、ソックスレー抽出法により算出した。タンパク質は、ケルダール法により算出した。加熱損失は、袋で密封した約50gのサンプルを

Table 1 供試牛肉の格付けおよび枝肉形質

	格付け (C1~A5)	BMS No. (1~12)	枝肉重量 (kg)	ロース芯 (cm)	歩留まり
①	A5	11	447.5	69	76.0
②	A4	7	556.7	56	73.0
③	A5	8	547.4	70	75.5
④	A4	6	479.5	55	72.6
⑤	A4	6	429.1	62	73.9
⑥	A5	8	439.8	61	75.1
⑦	A4	6	348.1	42	72.8
⑧	A5	8	502.9	70	74.9
⑨	A5	10	439.3	63	75.7
⑩	A5	9	464.5	64	74.6
⑪	A5	8	586.8	79	76.2
⑫	B5	8	555.8	52	71.1
⑬	A5	8	553.0	71	74.3
⑭	A5	11	559.2	75	74.5
⑮	A5	11	594.1	76	76.5
⑯	A4	7	472.8	57	74.3
⑰	A4	7	484.4	67	74.9
⑱	A4	7	499.4	68	74.7
⑲	A4	7	404.9	62	74.2
⑳	A5	9	447	74	77
㉑	A4	6	446.6	44	72
㉒	A4	7	470.3	54	75.2
㉓	A5	9	466	71	76.6
㉔	A5	9	536.3	71	75.5
㉕	A4	5	448.5	51	72.8
㉖	A4	7	445.6	61	74.8
㉗	A5	9	469.4	63	75.6
㉘	A4	5	556.7	72	75.4
㉙	A4	5	429.6	57	74.5

70°Cの温湯で1時間加温し、加熱前後の重量差により算出した。剪断力価は、加熱損失測定後のサンプルを筋線維に対して平行に1cmの厚さにし、垂直断面が1×1cmとなるように切り出し、剪断速度を1mm/secとしたクリップメータ(RE2-33005C, 山電)により測定し、最大荷重を剪断力価とした。アタッチメントは、剪断用 P-21 にナイフカッターの背をサンプル側に装着して用いた。肉色は、13mm程度の厚さに切り出してから1時間後に、分光色彩計(SD6000, 日本電色工業)により測定した。脂肪融点は、105°C、4時間で加熱抽出した脂肪を毛细管に10mm吸引し、-30°Cで一晩冷凍後、ピーカー内で5°Cから1°C/2minで昇温させる上昇融点法により測定した。グリコーゲン含量は、30%KOHで抽出し、定量はアントロン硫酸法で行った。イノシン酸は、水で抽出し、ヘキサンで脱脂、過塩素酸で除タンパク後、KOH溶液で中和したものを、HPLCで定量した。カラムはCAPCELL PAK C18 AQ(資生堂)を用いた。遊離アミノ酸は、同様に抽出、脱脂後、限外ろ過により除タンパクした。Acc-Tag Ultra Derivatization Kit(waters)により誘導体化を行い、HPLCで定量した。カラムは、ACQUITY UPLC ACC・Tag Ultra C18, 1.7μm, 2.1×100mm Column(waters)を用いた。単糖類は、同様に抽出、脱脂後、アセトニトリルで除タンパクした。凍結乾燥後にN-trimethylsilylimidazole-Hを加え、トリメチルシリ

ル化を行い、ガスクロマトグラフィ(GC)により定量した。カラムは、キャピラリーカラム SH-rtx-1701 (0.25mm i. d. ×30m, df=0.25μm; 島津製作所)、検出器は水素炎イオン化検出器(FID)、キャリアガスはヘリウムガスを用いた。脂肪酸組成は、Folchら⁽⁶⁾の方法により抽出し、ナトリウムメトキシドメタノールによりメチルエステル化処理を行い、GCにより測定した。カラムは、キャピラリーカラム CP-Sil188 for FAME(0.25mm i. d. ×100m, df=0.25μm; Agilent Technologies)、検出器は水素炎イオン化検出器(FID)、キャリアガスはヘリウムガスを用いた。香気成分は、3×3cm、厚さ10mmにカットした試料50~60gを焼成後、水を加えてミルで粉碎し、ジクロロメタン500mlを加えて、攪拌しながら一晩抽出した。ジクロロメタン層をSolvent Assisted Flavor Evaporator(SAFE)蒸発装置により蒸留し、グデルナダニッシュ濃縮装置で100μlまで濃縮したものをGC-MSで分析した。カラムは、キャピラリーカラム DB-WAX(0.25mm i. d. ×30m, df=0.25μm; Agilent Technologies)を用いた⁽⁷⁾。香気成分は、マススペクトル、保持指標(RI)を標品と比較することにより同定した。定量値は、ノナン酸メチルを用いた内部標準法にて、各成分と内部標準物質のレスポンスファクターを1として算出した。分析値は、平均値±標準誤差で示した。解析には、統計処理ソフトR(version 4.1.2)を用いた。

3. 結果と考察

供試牛肉の成分等の分析値をTable 2, 3, 4, 5, および6に示した。Fig.1に主成分分析の結果、Fig.2に判別分析の結果を示した。主成分分析および判別分析は、加熱損失、せん断力価、L*, a*, b*, および香気成分を除いた52の成分等を説明変数とし、判別分析の目的変数は、血統(3代大分県の血統およびその他の血統)とした。主成分分析の結果、第一主成分の寄与率は37%、第二主成分の寄与率は14%であった(Fig.1)。Loading plotの結果から、第一主成分は脂肪含量および遊離アミノ酸含量等、第二主成分は、脂肪酸組成および脂肪融点などの脂肪の質を意味づけしていると考えられた(Fig.1)。Scores plotには、大分県およびその他の血統に分類してプロットしたが、血統間の違いは確認されなかった(Fig.1)。次に、血統を目的変数とした判別分析を行った。判別分析の結果をFig.2に示した。R²Yは、モデルの精度を表しており、0.79は用いた29サンプルの説明変数の差異の74.9%を説明していることを意味する。Q²Yは、モデルの予測性を表しており、未知のサンプルに対する予測性能を意味する。いずれも1に近いほど良い予測モデルであり、R²Yは0.65、Q²Yは0.

5以上あれば、良好な予測モデルとされる⁽⁸⁾。Q²Yは0.26であり、モデルの予測性はやや低く、さらなる検証が必要であるが、R²Yは十分高く、3代以上大分県の血統の牛肉を成分で特徴づけられる可能性が示唆された。

Table 2 牛肉の成分, 肉色, 物理的性質

水分	(%)	46.2 ± 0.79
粗脂肪	(%)	39.5 ± 1.02
粗たんぱく質	(%)	14.1 ± 0.34
脂肪融点	(°C)	28.0 ± 0.92
加熱損失	(%)	19.4 ± 0.44
せん断力価	(kg/cm ²)	2.2 ± 0.08
L*		51.5 ± 0.51
a*		15.8 ± 0.25
b*		16.0 ± 0.23
イノシン酸	(μmol/g)	0.6 ± 0.05
グリコーゲン含量	(mg/100g)	147.1 ± 12.37

Table 3 牛肉の単糖類含量 (mg/100g)

グルコース	88.3 ± 3.03
フルクトース	27.8 ± 1.39
マンノース	21.1 ± 1.14
リボース	14.0 ± 0.67
イノシトール	9.2 ± 0.28
合計	160.4 ± 5.83

Table 4 牛肉の遊離アミノ酸含量 (mg/100g)

Asp	1.5 ± 0.14
Glu	11.8 ± 0.37
Gln	25.7 ± 1.25
Asn	4.3 ± 0.20
gly	10.8 ± 0.71
Ala	28.1 ± 0.96
Thr	5.9 ± 0.30
Ser	9.1 ± 0.47
Pro	3.3 ± 0.11
Met	6.0 ± 0.20
Lys	9.1 ± 0.37
Ile	6.9 ± 0.27
Leu	12.5 ± 0.43
Phe	8.1 ± 0.28
Tyr	7.8 ± 0.27
Val	8.2 ± 0.31
His	4.1 ± 0.13
Arg	8.2 ± 0.40
Tau	10.1 ± 0.56
Orn	0.8 ± 0.05
Car	216.6 ± 6.55
Ans	34.2 ± 1.45
旨味呈味アミノ酸	43.3 ± 1.42
甘味呈味アミノ酸	57.2 ± 2.01
風味・苦味アミノ酸	70.8 ± 2.41
機能性アミノ酸	10.9 ± 0.57
遊離アミノ酸総量	182.2 ± 5.46
ジペプチド	250.8 ± 7.34

旨味呈味(Asp, Glu, Gln, Asn), 甘味呈味(Gly, Ala, Thr, Ser, Pro), 風味・苦味(Met, Lys, Ile, Leu, Phe, Tyr, Val, His, Arg), 機能性(Tau, Orn), ジペプチド(Car, Ans)

Table 5 牛肉の脂肪酸組成 (%)

14:0	3.0 ± 0.10
14:1	1.0 ± 0.05
16:0	27.5 ± 0.27
16:1	4.0 ± 0.09
17:0	1.2 ± 0.03
18:0	11.2 ± 0.26
18:1	49.0 ± 0.45
18:2	2.0 ± 0.07
SFA	43.3 ± 0.44
USAF	56.7 ± 0.44
MUFA	54.4 ± 0.45
PUFA	2.3 ± 0.08

SFA:飽和脂肪酸, USAF:不飽和脂肪酸, MUFA:一価不飽和脂肪酸, PUFA:多価不飽和脂肪酸

Table 6 牛肉の香気成分 (μg/kg)

2,3-butanedione	4.0 ± 2.7
hexanal	153.3 ± 46.7
octanal	139.2 ± 12.6
nonanal	366.0 ± 26.7
E-2-octenal	47.9 ± 4.8
methional	17.0 ± 2.2
decanal	68.0 ± 5.6
E-2-nonenal	78.2 ± 4.7
isobutyric acid	3.5 ± 0.7
butyric acid	62.0 ± 7.1
(2E,4E)2,4-nonadienal	8.5 ± 2.2
2-undecenal	181.2 ± 12.4
(E,E)-2,4-decadienal	10.1 ± 3.0
hexanoic acid	56.9 ± 4.5
γ-octalactone	3.1 ± 1.3
γ-nonanalactone	13.5 ± 1.9
decanoic acid	24.5 ± 2.6
vanillin	19.0 ± 2.4

R2年度の15サンプルの平均値

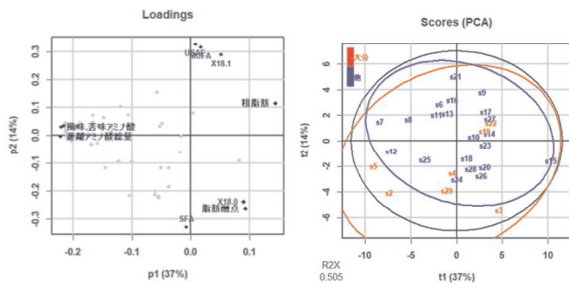


Fig.1 主成分分析
左:Loading Plot, 右:Score Plot

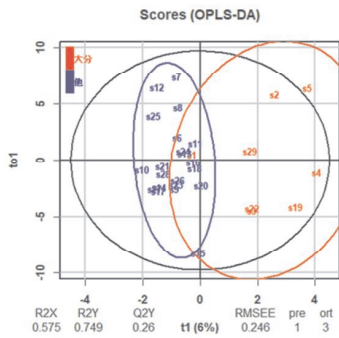


Fig.2 判別分析の Score Plot

参考文献

- (1) 松石昌典, 久米淳一, 伊藤友己, 高橋道長, 新井正純, 永富宏, 渡邊佳奈, 早瀬文孝, 沖谷明紘, 和牛肉と輸入牛肉の香り成分, 日本畜産学会報 (2004)
- (2) 鎌田丈弘, 米内美晴, 村元隆行, 黒毛和牛牛肉における脂肪酸組成とテクスチャーおよび肉色との関係, 日本畜産学会報 (2019)
- (3) 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 (2012)
- (4) Iida F, Saitou K, Kawamura T, Yamaguchi S, Nishimura T, Effect of fat content on sensory characteristics of marbled beef from Japanese Black steers. *Animal Science Journal* (2015)
- (5) 鈴木啓一, 横田祥子, 塩浦宏陽, 島津明之, 飯田文子, 試食パネルによる黒毛和牛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 (2013)
- (6) Folch J, Lees M, Stanley GHS, A simple method for the isolation and purification of total

lipids from animal tissues, *Journal of Biological Chemistry* (1957)

- (7) Ueda S, Yamanoue M, Sirai Y, Iwamoto E, Exploring the Characteristic Aroma of Beef Japanese Black Cattle (Japanese Wagyu) via Sensory Evaluation and Gas Chromatography-Olfactometry, *Metabolites* (2021)
- (8) Eriksson L, Byrne T, Johansson E Trygg J, Vikstrom C, Multi- and megavariate data analysis, basic principles and applications. 3rd ed. UMETRICS ACADEMY (2013)