

## 調理法の異なる黒毛和種去勢牛の香気成分について

An Analysis of the Aroma Compounds Found in Versions of Japanese Wagyu Beef  
Using Different Cooking Methods

食物学科  
Dept. of Food and Nutrition

田口 聡子  
Satoko Taguchi  
浅野 雅子  
Masako Asano

高橋 理沙  
Risa Takahashi  
飯田 文子  
Fumiko Iida

安原 久美子  
Kumiko Yasuhara

**抄 録** 等級の異なる黒毛和種去勢牛について、和牛に特徴的な香気成分が官能評価に与える影響を比較検討するために、焼成と煮熱の2種類の調理法で官能評価とGC-MSによる香気成分分析をおこなった。官能評価については「好ましい香り」「好ましくない香り」の2項目で評価をし、等級別で有意差が認められた。香気成分分析については、香りの質ごとに成分を分類し、官能評価値との相関を見たところ、果物様の香りを持つ成分と「好ましい香り」との間で相関が高かった。中でも d-limonene との相関が最も高いことから、この成分が持つ柑橘系の香りが好ましい香りに寄与したと考えられた。一方で green な香りを持つ成分と「好ましくない香り」との間で相関が高く、特に 2-hexenal が持つ青臭い香りが好ましくない香りに影響を与えたと示唆された。

**キーワード**：和牛、官能評価、香り、焼成、煮熱

**Abstract** This study examines the influence of the four different grades of Wagyu beef upon sensory analysis. The flavors were extracted from roasted and poached Wagyu beef. These were evaluated and compared to the identified compounds by GC-MS. Panelists divided the dishes into “preferred flavor” and “not preferred flavor”. As a result, the difference between separate grades was shown to be significant. The identified flavor compound was classified according to flavor quality. Considering the relation between sensory evaluation and flavor compounds, fruity flavor especially d-limonene was most frequently related to “preferred flavor”, which means that it was the most favored over all. In contrast, green flavor, especially 2-hexenal was selected as the “not preferable” option the most often, which means that the glassy flavor was enjoyed the least.

**Keywords** : Wagyu, sensory evaluation, flavor, roast, poach

### 1. 諸言

食肉のおいしさの構成要素は食前のものと食後のものに分けられる。食前のものとしては、色、形状、香りなどがあり、食後のものとしては、やわらかさ、多汁性、味、香り、などがある。このうち香りは食前、食後のどちらにも関わっており、食肉のおいしさに与える影響は大きい<sup>1, 2)</sup>。

食肉の香りは生肉の生鮮香気と加熱肉の加熱香気

に分けられる。加熱香気には 100℃ 以下の加熱で生じる煮熱肉香気と 100℃ 以上の香気で生じる焼成肉香気がある。

また、その一方で、食肉の香りは鼻先で感じられる orthonasal aroma と口中で噛んだ時に口腔から鼻に抜けて感じる retronasal aroma に分けられる<sup>3)</sup>。日本において、黒毛和牛が好かれる原因の一つにこの retronasal aroma である和牛香が考えられる。和牛香とは好ましい脂っぽくコクのあるココナッツ様

の甘い香りである<sup>4)</sup>。

そこで本研究では、等級の異なる黒毛和種去勢牛において、口中で感じ取られる香りが焼成および煮熱の調理法によりどのように変化するかを官能評価および香気成分分析の双方から検討することにより、好まれる香りと好まれない香りの成分を特定することを目的とした。

## 2. 実験方法

### 2.1 試料

官能評価には家畜改良センターにおいて同一条件下で飼育・と畜・熟成された等級の異なる (A2, A3, A4, A5 の4等級) 黒毛和種去勢牛 11 種 (B1, B2, B6, B7, B8, B9, B21, B22, B31, B34, B35) を用いた (Table 1)。これらの内、等級の異なる 2 種 (B22, B7) を用いて香気成分測定を行った。

### 2.2 官能評価

#### (1) 試料の調製方法

焼成肉は、厚さ 1 cm, 縦 4 × 横 3 cm に切り出し、200℃に温めたホットプレート (象印マホービン (株) やきやき R ホットプレート) で表 1 分 30 秒, 裏 1 分 30 秒の合計 3 分焼き, 提供前に半分にカットした。煮熱肉については、スライスした肉を 1 人 15 g に対して煮汁 40 g の割合で人数分を一度に調理した。水 (ナチュラルウォーター) 100 に対し、醤油 6%, 砂糖 2.2% を加えて調整した煮汁を温め、沸騰し始めた肉を加え、中火弱で 2 分間にて、最後に水分補整を行った。

#### (2) 評価方法

8段階評価尺度で分析型官能評価を全 4 回行った。パネルは事前に訓練された研究室訓練パネル 15 名である。評価項目については、口中で噛んだ時に口腔から鼻に抜けて感じられる香り (retronasal aroma) における「好ましい香り」と「好ましくない香り」の 2 項目とした。

#### (3) 解析方法

SPSS Ver.16.0 for Windows を用い、一元配置分散分析を行った後、Tukey HSD 検定にかけ有意差を検討した。また、Microsoft Excel 2010 を用いて相関および単回帰分析を行った。

**Table 1** Wagyu beef used in the present study

Grade	BMS (Beef Marbling Score)	Beef No.
A2	BMS No. 1~2	B1, B22, B31
A3	BMS No. 3~4	B2, B6, B7, B9
A4	BMS No. 5~7	B8, B21
A5	BMS No. 8~12	B34, B35

### 2.3 香気成分測定

#### (1) 試料の調製方法

出来る限り大きな筋や余分な脂肪を取り除いた肉 10 g をバーミックスで粉碎してミンチ状にし、小判形に成形した後、220℃に温めたホットプレートで片面 1.5 分ずつ、計 3 分焼き、焼成肉とした。一方、同様の方法でミンチ状にした肉を官能評価と同条件で調整した煮汁で中火弱 2 分煮た後にキッチンペーパーで濾したものを煮熱肉とした。

#### (2) 測定方法

それぞれ調整した試料 15 g を 10 ml セプタム付きミニフラスコに詰め、50℃の恒温槽で 15 分間加熱した後、SPME ファイバー (Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane, Superuko 社) を挿入し、30 分加熱して香気成分を抽出した。250℃の GC インジェクションで離脱後、GC-MS (JMS-AX505 W 型 GC-質量分析計, 日本電子データ株式会社) で測定した。カラムは DB-1MS (60 m × 0.253 mm × 0.25 μm, J & W 社) を用い、40℃で 3 分保持した後、40℃から 250℃まで毎分 8℃で昇温をかけた。

標準品には tridecane を用いた。20 mg を精秤し 50 ml のアセトンでフィルアップした後、これを 10 倍希釈し 0.04 mg/ml にし、GC-MS で試料と同条件で測定した。標準品とのピークの面積比より含有量を算出した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 官能評価

官能評価の結果を Figs. 1 と 2 に示す。「好ましい香り」の項目では焼成肉、煮熱肉のどちらにおいても A2 と A3 間, A2 と A4 間, A2 と A5 間において 1% の水準で有意差が認められた。

「好ましくない香り」については焼成肉の A2 と A5 間において 5% の水準で有意差が認められたが、煮熱肉では有意差は認められなかった。

これらのことから、和牛肉においては脂肪交雑が

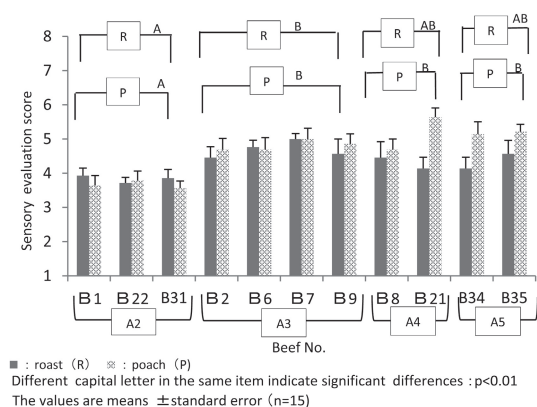


Fig. 1 Result of sensory evaluation on “preferable flavor”.

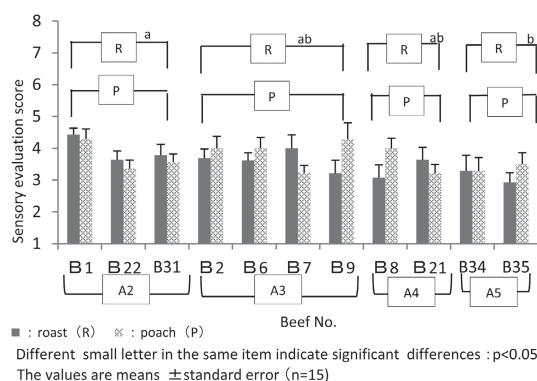


Fig. 2 Result of sensory evaluation on “not preferable flavor”.

ある一定の量以上にあると香りに良い影響を与えることが示唆された。報告にもあるように<sup>3)</sup>、脂肪交雑が高いほど和牛香の生成に有利な環境であると言える。また調理別において見ると、焼成肉では等級別に変化する香りを感じやすいが、煮熟肉では脂肪交雑の量が変化しても、好ましくない香りへの影響は少ないものと推察された。

### 3.2 香気成分分析

今回の香気成分測定より、等級別および調理別を合わせて、ケトン類 18 種、炭化水素類 24 種、アルコール類 20 種、脂肪族アルデヒド類 21 種、ピラジン類 3 種が検出された。それらの内の代表的なものを香りの質ごとに Table 2 に示す。

脂肪族アルデヒド類は不飽和脂肪酸を 60℃ 以上の高温で加熱する酸化によって生成され、低い閾値を持つことが報告されている<sup>5)</sup>。今回検出された hexanal, heptanal, octanal, nonanal も酸化によって生成されたと考えられる。

調理別に見ると、焼成肉にのみピラジン類である pyrazine, methyl, pyrazine, 2,5-dimethyl, pyrazine, 3-ethyl, 2,5-dimethyl が検出され、煮熟肉ではこのような成分はみられなかった。これは、焼成する際に高温で肉表面を焼くためにメイラード反応が加速され、それによりロースト臭として重要なこれらの香気成分が生成されたと考えられる<sup>6)</sup>。また、A3 試料肉の方がピラジン類の検出された量が多かった。

和牛香とは高度に脂肪を交雑させた和牛肉を酸素存在下で熟成させ加熱すると生成される香りのことであり、果物様の香り・脂っぽい香り・緑の香りを持つ香気成分で成り立っている。

和牛香の中でも、代表的な香りとしてココナッツや桃様の香りを有するラクトン類は全部で 5 種類 ( $\gamma$ -nonalactone,  $\gamma$ -decalactone,  $\sigma$ -decalactone,  $\sigma$ -undecalactone,  $\gamma$ -dodecalactone) あるが、今回の実験ではこれらについては検出されなかった。また、ラクトン類以外で甘く果物様の香気成分として octanal や decanal, d-limonene などが検出された。一方でバターのような香りを持つ 2,3-butanedione と 3-hydroxy, 2-butanone は和牛の脂っぽい香りに、pentanal, hexanal, nonanal は green な香りに寄与していると考えられる。また、報告にもあるように<sup>7)</sup>、同じ果物様あるいは green な香りを有する香気成分のうち、1-dodecanol, d-limonene, benzaldehyde, 2-octenal, 2-nonenal は脂臭い香りも併せ持っており、これらは和牛香の脂っぽい部分にも寄与しているものと考えられる。

### 3.3 官能評価と香気成分の相関および回帰分析

今回の実験で検出された成分を、和牛香に特徴的な香りの質ごとに選出し、官能評価の評価値との相関および回帰直線を図に示した (Figs. 3 ~ 5)。尚、相関係数は Table 3 の通りである。

果物様の香りには 2-heptanone, 2-octanone, 1-octanol, octanal, decanal, 2-decanal, d-limonene の合計値を、脂っぽい香りには 2-nonanal, 2,3-butanedione, 3-hydroxy, s-butanone, ethylbenzene の合計値を、green の香りには pentanal,

**Table 2** Aroma quality of identified compounds from Wagyu beef

Identified Compounds ( $\times 10^{-4}$ M)	NO.B22 (Grade: A2)		No.B7 (Grade: A3)	
	Roast	Poach	Roast	Poach
<b>Fruity except coconuts-like and peach-like</b>				
2-heptanone	—	—	4.028	—
2-octanone	—	—	0.648	—
1-octanol	0.224	—	1.418	—
octanal	2.997	0.777	8.129	4.678
decanal	0.114	—	0.195	0.090
2-decenal	—	—	1.409	0.229
d-limonene	0.329	0.408	0.153	0.747
<b>Subtotal</b>	<b>3.664</b>	<b>1.185</b>	<b>15.980</b>	<b>5.744</b>
<b>Fatty, butter-like</b>				
2,3-butanedione	0.985	—	0.120	0.176
3-hydroxy,2-butanone	0.577	—	—	—
2-nonenal	—	—	1.036	0.306
Ethylbenzene	0.099	0.137	0.819	0.151
<b>Subtotal</b>	<b>1.661</b>	<b>0.137</b>	<b>1.975</b>	<b>0.633</b>
<b>Green</b>				
Pentanal	1.340	2.116	1.686	3.176
Hexanal	6.369	10.550	6.917	0.144
Octanal	2.997	0.777	8.129	4.678
Nonanal	2.972	1.039	7.055	3.490
2-hexenal	—	—	0.571	—
2-nonenal	—	—	1.036	0.306
<b>Subtotal</b>	<b>13.678</b>	<b>14.482</b>	<b>25.394</b>	<b>11.794</b>
<b>Roast-like</b>				
Pyrazine,methyl	—	—	0.154	—
Pyrazine,2,5-dimethyl	0.152	—	0.240	—
Pyrazine,3-ethyl,2,5-dimethyl	—	—	0.635	—
<b>Subtotal</b>	<b>0.152</b>	<b>—</b>	<b>1.029</b>	<b>—</b>
<b>Total</b>	<b>19.16</b>	<b>15.80</b>	<b>44.38</b>	<b>18.50</b>

— : not determined.

**Table 3** Correlation coefficient between aroma compounds and sensory evaluation

Sensory evaluation/aroma compounds	Fruity	Fatty	Green
Preferable flavor	0.760	0.239	0.426
Not preferable flavor	0.777	0.881	0.898

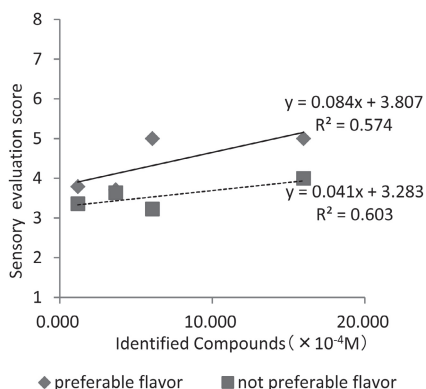


Fig. 3 Relation between sensory evaluation and aroma compounds (fruity).

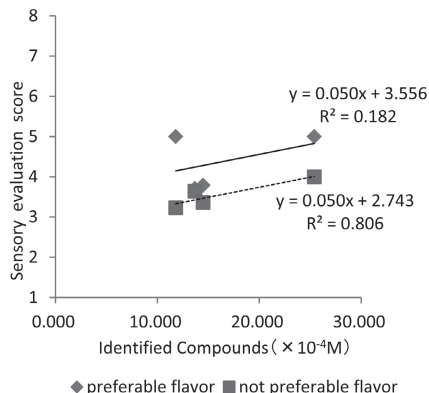


Fig. 5 Relation between sensory evaluation and aroma compounds (green).

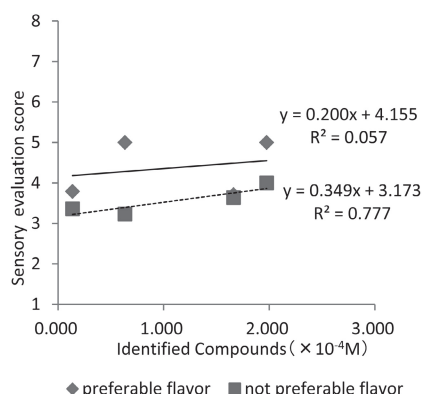


Fig. 4 Relation between sensory evaluation and aroma compounds (fatty).

hexanal, nonenal, octanal, 2-hexenal, 2-nonenal の合計値を用いて算出した。また、octanal のような 2 種類の香りを併せ持つ香りはそれぞれのグループに重複して用いた。

官能評価における「好ましい香り」ともっとも相関が強かった香りの質は、果物様の香りであった。中でも最も相関が高かったのは、d-limonene であり、相関係数は 0.925 であった。d-limonene はオレンジやレモンのような柑橘系の香りを有しており、パネルはそれを和牛の好ましい香りとして評価したと推察される。一方で、green の香りを持つ香気成分は「好ましくない香り」と強い相関を示しており、中でも 2-hexenal が最も強い相関を示した。パネルはこの香気成分に特徴的な青臭い香りを好ましくな

い香りとして捉えたのではないかと考察された。

### 3.4 まとめ

今回の実験より、黒毛和牛の香りに関する官能評価と香気成分分析により、「好まれる香り」と「好まれない香り」の成分を特定することができた。今後は、和牛独特の香りについても官能評価との関連を検討する予定である。

本研究を行うにあたり、試料提供にご協力を頂いた独立行政法人家畜改良センターの河村正様に感謝いたします。

### 引用文献

- 1) 松石昌典：日本味と匂学会誌, **11**, 137-146 (2004)
- 2) Matsuishi M., Igeta M., Takeda S., and Okitani A.: *J. Food Sci.*, **69**, 218-220 (2004)
- 3) Roberts D. D. and Acree T. E.: *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 2179-2186 (1995)
- 4) Matsuishi M., Fujimori M., and Okitani A.: *Anim. Sci. J.*, **72**, 498-504 (2001)
- 5) Gorraiz C., Beriain M. J., Chasco J., and Insausti K.: *J. Food Sci.*, **67**, 916-922 (2002)
- 6) 奥村烝司：澱粉科学, **38**, 81-92 (1991)
- 7) 松石昌典, 久米淳一, 伊藤友己, 高橋道長, 荒井正純, 永富 博, 渡辺佳奈, 早瀬文孝, 沖谷明紘：日本畜産学会報, **75**, 409-415 (2004)