

# 「大山ルビー」の理化学分析と官能評価における肉質特性

福田孝彦、西村雅美<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 鳥取県畜産試験場)

## Meat quality characteristic for Daisenruby evaluated by sensory evaluations and chemical analysis.

Takahiko FUKUDA, Masami NISHIMURA

### 要 約

鳥取県の銘柄豚大山ルビー（デュロック種雌にバークシャー種雄を交配する交雑種、以下 DB 種）の肉質特性を明らかにするため、鳥取県内の 4 戸の大山ルビー生産者が生産した DB 種 24 頭、LWD 三元交雑種（LWD 種）24 頭の計 48 頭の豚ロース肉を用いて、理化学分析及び官能評価により比較しその関係性について検討した。DB 種の肉質は、LWD 種と比較して筋肉内脂肪含量が高く、加熱損失が低かった。肉色は、DB 種が赤色度、黄色度が高く、脂肪色は赤色度、黄色度が低かった。脂肪酸組成においては、パルミチン酸（C16:0）含量が高く飽和脂肪酸（SFA）の割合が高かった。遊離アミノ酸含量は、グルタミン酸等のうま味を呈するアミノ酸に差はなく、イノシン酸（IMP）は低かった。官能評価では「脂肪の甘い香り」、「脂肪の口溶け」、総合評価を表す「バランス」が高く、脂質に関係する評価項目が高かった。理化学分析と官能評価の関係では、筋肉内脂肪が「甘み」及び「脂肪の口溶け」と中程度の正の相関が、脂肪酸組成ではパルミチン酸（C16:0）が脂肪の「口溶け」と中程度の正の相関が、遊離アミノ酸含量は、多くのアミノ酸で負の相関が見られたが、特にエタノールアミンで「脂肪の甘い香り」と強い負の相関、「脂肪の口どけ」と中程度の負の相関が示された。

### 緒 言

日 EU・EPA や TPP の発効によって、養豚生産者は国内の産地間競争に加えて低価格の輸入豚肉あるいはイベリコ豚などの海外の銘柄豚との競争を迫られている。このような国内外の産地間競争に打ち勝つために、豚肉の差別化、高品質化が求められており、豚肉消費形態がテーブルミート主体である我が国においては、とりわけ食味は欠かせない要素である。

鳥取県の銘柄豚「大山ルビー」は、デュロック種系統豚「ダイセンアカブタ」<sup>1)</sup>の雌にバークシャー種の雄を交配する肉質に特化した全国でも希な交配方式で生産される。年間出荷頭数 735 頭（2019 年度）と生産規模は小さいが、食味の良さで高い評価を得ている<sup>2)3)</sup>。これまで、大山ルビーの肉質特性を調査した尾崎ら<sup>4)</sup>は、LWD 種と比較しドリップロスが少なくパルミトレイン酸が高いと報告しているが、官能評価との関連性については明らかにできていない。今後、大山

ルビーの競争力を高めるためには、現状の大山ルビーの肉質や美味しさを科学的に裏付け、さらに向上させるための育種改良や飼養管理改善を進めていく必要がある。

そこで、本研究では DB 種の肉質特性を明らかにすることを目的に、DB 種と LWD 種の豚肉を供試材料として、理化学分析及び官能評価により比較するとともに、官能評価と関連する理化学分析項目を特定するため、その関係性について検討した。

### 材料と方法

#### 1. 供試材料

供試肉は、4 戸の大山ルビー生産者が生産した DB 種 24 頭、LWD 種 24 頭の合計 48 頭の枝肉からのロース肉とし、と畜後 3～4 日目にロース部ブロック肉から理化学分析、官能評価用のサンプルを採取した。理化学分析用のサンプルは、それぞれの分析項

目に必要な調製を行った後 $-30^{\circ}\text{C}$ で凍結保存し、官能評価用のサンプルについては、1 cmの脂肪を付けた $5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ の大きさで厚さ1 cmに成形し真空包装してから $-30^{\circ}\text{C}$ で凍結保存した。供試肉の属性を表1に、枝肉格付の概要を表2に示す。

表1 供試豚肉の属性別頭数

区 分	DB種		LWD種	
	去勢	雌	去勢	雌
A農場	3	3	1	5
B農場	4	2	3	3
C農場	2	4	1	5
D農場	3	3	6	0
計	12	12	11	13
	24		24	

表2 供試豚肉の枝肉格付の概要

区 分	DB種	LWD種
枝肉重量(kg)	$75.9 \pm 1.0$	$73.8 \pm 1.5$
背脂肪厚(cm)	$2.7 \pm 0.1$	$2.2 \pm 0.1$
上物率(%)	29.2	33.3

平均値 $\pm$ 標準誤差

## 2. 理化学分析及び官能評価

### (1) 理化学分析

理化学分析は、一般成分(水分含量、粗脂肪含量、粗蛋白質含量)、ドリップロス、加熱損失、破断応力、肉色・脂肪色、脂肪融点、脂肪酸組成、遊離アミノ酸含量、核酸関連物質含量、単糖類含量を分析した。

一般成分組成の分析は、第4・5胸椎部の胸最長筋のミンチを用い、水分含量は、サンプル約2 gを $105^{\circ}\text{C}$ 2時間乾燥させる常圧加熱・乾燥助剤法、粗脂肪含量は、水分含量測定後のサンプルをジエチルエーテル及び溶媒抽出装置(ST 243 Soxtec、フォス・ジャパン株式会社、東京)を用いたソックスレー抽出法により測定した。粗タンパク質含量は、窒素分解装置(VELP DK20、LabtecKT260、アクタック株式会社、東京)及び窒素蒸留装置(Kjet1tec 2100、フォス・ジャパン株式会社、東京)を用いてケルダール法により測定した。

ドリップロスは、1 cm角に成形したサンプルを鉤針で吊しポリエチレン製の袋に入れ、 $4^{\circ}\text{C}$ に設定した冷蔵庫内で48時間保管した後に重量を測定し、保管前後の重量から水分損失量を割合で計算した。

加熱損失は、2 cm角の大きさに成形したサンプルをポリエチレン製の袋に入れ、 $70^{\circ}\text{C}$ に設定したウォーターバス内で1時間加熱し、流水で1時間冷却した後にサンプルの重量を測定し、加熱前後の重量から水分損失量を割合で計算した。

破断応力は、加熱損失と同様に調製したサンプルを筋繊維に対して垂直断面になるように1 cm厚に切り出し、直径5 mmの円柱プランジャーを用いてクリープメーター(RE2-33005S、株式会社山電、東京)により測定した。

肉色及び脂肪色は、第2・3胸椎部の胸最長筋と脂肪を用いて、 $L^*$ (明度)、 $a^*$ (赤色度)、 $b^*$ (黄色度)を測色色差計(Color Meter ZE-2000、日本電色工業株式会社、東京)で測定した。

脂肪融点は、上昇融点法により測定した。細切した内層脂肪をろ紙を敷いた漏斗にのせ、 $105^{\circ}\text{C}$ で4時間加熱抽出し、ガラス毛细管に吸引した後 $-30^{\circ}\text{C}$ で12時間以上凍結した。作製した毛细管を2分間で $1^{\circ}\text{C}$ 昇温させるよう加熱し毛细管内で脂肪が10 mm上昇した時の温度を記録し平均を求め融点とした。

脂肪酸組成は、胸最長筋のミンチ肉を用いて、3-(トリフルオロメチル)フェニルトリメチルアンモニウムヒドロキシド溶液(東京化成工業株式会社、東京)を使用したGCオンカラム法にてガスクロマトグラフィー(GC-2014、島津製作所、京都)で分析した。測定条件は、ガスクロマトグラフィーの注入口と検出器の温度をそれぞれ $240^{\circ}\text{C}$ と $300^{\circ}\text{C}$ とし、オーブン温度を $100^{\circ}\text{C}$ から $165^{\circ}\text{C}$ まで $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、 $165^{\circ}\text{C}$ から $200^{\circ}\text{C}$ まで $1.5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、 $200^{\circ}\text{C}$ から $280^{\circ}\text{C}$ まで $15^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で昇温させた。カラムには、キャピラリーGCカラム(ZB-FAME、Phenomenex、米国)、キャリアガスにはヘリウムガスを使用した。脂肪酸は標準品と比較して同定し、脂肪酸組成は面積百分率法で算出した。同定した脂肪酸は、ミリスチン酸( $\text{C}14:0$ )、ミリストレイン酸( $\text{C}14:1$ )、パルミチン酸( $\text{C}16:0$ )、パルミトレイン酸( $\text{C}16:1$ )、ヘプタデカン酸( $\text{C}17:0$ )、ヘプタデセン酸( $\text{C}17:1$ )、ステアリン酸( $\text{C}18:0$ )、オレイン酸( $\text{C}18:1$ )、リノール酸( $\text{C}18:2$ )、 $\alpha$ リノレン酸( $\text{C}18:3$ )、アラキジン酸( $\text{C}20:0$ )、アラキドン酸( $\text{C}20:4$ )の12項目とし、これらの脂肪酸組成から飽和脂肪酸(SFA)割合、モノ不飽和脂肪酸(MUFA)、多価不飽和脂肪酸(PUFA)割合を算出した。

遊離アミノ酸は、胸最長筋のミンチ肉をヘキサンの除脂肪、トリクロロ酢酸による除タンパクを行い、 $\text{pH}2.0\sim 2.2$ に中和後、フィルター濾過した溶

液を pH2.2 くえん酸リチウム緩衝液で希釈し、オルトフタルアルデヒド (OPA) を用いたポストカラム誘導体化法にて高速液体クロマトグラフィー

(Prominace : 島津製作所、蛍光検出器 : RF-10-AXL : 島津製作所島、京都) により分析した。カラムは、shim-pack AMINO Li (島津製作所、京都)、移動相は島津高速液体クロマトグラフアミノ酸システム用アミノ酸移動相 Li 型 (島津製作所、京都) を使用した。核酸関連物質は、胸最長筋ミンチ肉のヘキササンによる除脂肪、過塩素酸による除タンパクを行い、pH6.5~6.8 に中和後、フィルター濾過した溶液を超純水で希釈し、高速液体クロマトグラフィー

(prominace : 島津製作所、UV 検出器 : SPD-20AV : 島津製作所、京都) により分析した。カラムは STR ODS II (島津ジーエルシー、東京) を用い、移動相は超純水 1L にリン酸 6.8mL 及びトリエチルアミン 20.9mL を含む溶液に 1% のアセトニトリルを加えたものを使用した。単糖類は、胸最長筋ミンチ肉をヘキササンによる除脂肪、過塩素酸による除タンパクを行い、フィルター濾過した溶液を ABEE 標識化キット (J オイルミルズ、東京) で ABEE 標識後、高速液体クロマトグラフィー (prominace : 島津製作所、UV 検出器 : SPD-20AV : 島津製作所、京都) により分析した。カラムは HonenpakC18 (J オイルミルズ、東京)、移動相は糖分析用溶媒キット (J オイルミルズ、東京) を使用した。各アミノ酸濃度、各核酸関連物質濃度及び各単糖類濃度を標準品から作成した検量線にあてはめ、サンプル豚肉 100g 当り mg とし計算した。

## (2) 官能評価

官能評価は、一般社団法人食肉科学技術研究所 (東京) に委託した。評価方法は、3名の訓練された検査員が、基準肉 (LWD 種) と比較する 2点比較法とし、冷凍されたサンプルを 4℃ の冷蔵庫で解凍し、230℃ に加熱したホットプレートで表面 90 秒、裏面 90 秒加熱し検査員が直ちに評価した。

評価項目は、味については「甘味」、「うま味」、香りは「豚肉の好ましい香り」、「脂肪の甘い香り」、食感は「軟らかさ」、脂肪の質は「口溶け」、「脂っこさ」、総合評価として「バランス」の 8 項目とし、基準肉を 0 点とした場合のサンプルを -2 から +2 までの 5 段階での評価とした。

## 3. 統計処理

統計処理は R (version4.0.3) を用い、5%未満の水準で有意差ありとし、理化学分析及び官能評価

に関するデータについて、品種 2 水準 (DB 種、LWD 種)、性 2 水準 (去勢、雌)、農場 4 水準を要因とする 3 元配置分散分析によって各要因の主効果と交互作用を固定効果として調べた。また、官能評価値と理化学分析値との相関分析を R の Psych パッケージを用いて行った。

## 結果

### 1. 理化学分析及び官能評価結果

表 3 に一般成分、ドリップロス、加熱損失、破断応力、肉色・脂肪色、脂肪融点の分析結果を示す。DB 種は粗脂肪含量が高く、水分及び加熱損失が低かった。肉色は、DB 種が a\* 値、b\* 値が高く、脂肪色は、a\* 値、b\* 値が低かった。

脂肪酸組成を表 4 に示す。C16:0、SFA については DB 種が高く、その他の脂肪酸には差はなかった。C16:0、C16:1、C18:2、C18:3、C20:0、C20:4、MUFA、PUFA で農場の効果が認められ、脂肪融点も含め多くの脂肪酸で農場の影響が確認された。

遊離アミノ酸、核酸関連物質、単糖類の分析結果を表 5 に示す。遊離アミノ酸含量は、Taurin (タウリン)、Gln (グルタミン)、Pro (プロリン)、Citrulline (シトルリン)、β-Alanine (βアラニン)、4-Aminobutyric Acid (4-アミノ酪酸)、Ethanolamine (エタノールアミン) で DB 種が低く、1-Methylhistidine (1-メチルヒスチジン) は DB 種が高かった。旨みを呈する Glu (グルタミン酸)、Asp (アスパラギン酸)、甘みを呈する Ala (アラニン)、Gly (グリシン) に差はなかった。核酸関連物質は、IMP (イノシン酸) が低く、アデニン、HxR (イノシン) は高かった。単糖類は、D-ribose (リボース) が低かった。遊離アミノ酸、核酸関連物質、単糖類においても多くの項目で農場の影響または品種と農場の交互作用が確認された。

官能評価の結果を表 6 に示す。DB 種は、「脂肪の甘い香り」、「脂肪の口溶け」、「バランス」が高く、「脂っこさ」は低かった。「脂っこさ」は、低い方が食味に好ましい評価となる。DB 種は脂肪の評価に係る項目を中心に高く評価された。

### 2. 理化学分析及び官能評価の相関分析

官能評価と一般成分、ドリップロス、加熱損失、破断応力、肉色・脂肪色、脂肪融点との相関係数を表 7 に示す。相関係数の高かった項目として、肉色の b\* 値、脂肪色の L\* 値が、官能評価の「口溶け」とそれぞれ中程度の相関 (0.484、-0.439) があつた。その他、

表3 理化学分析結果

区 分	DB種	LWD種	分散分析						
			品種	性	農場	品種 × 性	性 × 農場	品種 × 農場	品種× 性× 農場
水分(%)	71.7 ± 0.2	72.7 ± 0.3	**						
粗蛋白質含量(%)	21.4 ± 0.1	21.6 ± 0.4							
粗脂肪含量(%)	4.5 ± 0.2	3.7 ± 0.2	*						
加熱損失(%)	26.6 ± 0.6	28.4 ± 0.4	**						
ドロップロス(%)	5.5 ± 0.5	5.1 ± 0.5							
破断応力(kpa)	756.5 ± 23.4	758.9 ± 29.4							
肉 色 L*	51.7 ± 0.7	52.6 ± 0.9		*					
a*	14.3 ± 0.4	12.9 ± 0.4	*						*
b*	11.9 ± 0.3	9.6 ± 0.3	***				*		
脂肪色 L*	73.6 ± 0.8	75.1 ± 0.5							*
a*	5.6 ± 0.3	7.3 ± 0.4	***				**		**
b*	9.5 ± 0.4	11.3 ± 0.3	***	*	***				*
脂肪融点(°C)	35.9 ± 0.7	34.5 ± 0.9			***				

平均値±標準誤差 \*:p<0.05、\*\*:p<0.01、\*\*\*:p<0.001

表4 脂肪酸組成

区 分	DB種	LWD種	分散分析						
			品種	性	農場	品種 × 性	性 × 農場	品種 × 農場	品種× 性× 農場
C14:0(%)	1.8 ± 0.1	1.9 ± 0.1							
C14:1(%)	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1							
C16:0(%)	28.2 ± 0.3	26.9 ± 0.3	***		***				*
C16:1(%)	3.7 ± 0.1	3.6 ± 0.1			**			*	
C17:0(%)	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.0							
C17:1(%)	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0							
C18:0(%)	14.7 ± 0.4	14.3 ± 0.3		*			*	*	
C18:1(%)	44.0 ± 0.5	45.1 ± 0.4							
C18:2(%)	5.4 ± 0.4	5.8 ± 0.3		*	**				
C18:3(%)	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0			**				
C20:0(%)	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0			*				
C20:4(%)	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1		**	**				
SFA(%)	45.1 ± 0.3	43.5 ± 0.5	**	*					
MUFA(%)	48.6 ± 0.5	49.6 ± 0.3			*				
PUFA(%)	6.3 ± 0.5	6.9 ± 0.4		*	**				

平均値±標準誤差 \*:p<0.05、\*\*:p<0.01、\*\*\*:p<0.001

表5 遊離アミノ酸・核酸関連物質・単糖類分析結果

区 分	DB種	LWD種	分散分析						
			品種	性	農場	品種 × 性	性 × 農場	品種 × 農場	品種× 性× 農場
o-Phosphoserin	0.27 ± 0.02	0.27 ± 0.01						*	
Taurine	19.61 ± 1.40	23.27 ± 1.52	*				**		**
o-Phosphoethanolamine	0.76 ± 0.05	0.80 ± 0.02			*				**
Asp	1.01 ± 0.16	1.27 ± 0.13							**
Thr	3.82 ± 0.28	4.45 ± 0.23							**
Ser	4.77 ± 0.41	5.27 ± 0.32							**
Asn	3.59 ± 0.30	4.06 ± 0.24							*
Glu	9.02 ± 0.56	9.12 ± 0.46			*				**
Gln	14.60 ± 0.80	17.71 ± 0.59	***		*				***
Pro	3.23 ± 0.24	3.73 ± 0.10	*		**				**
Gly	7.75 ± 0.40	8.14 ± 0.23							**
Ala	16.65 ± 1.04	17.32 ± 0.71							**
Citrulline	1.53 ± 0.08	1.79 ± 0.07	*						*
2-aminobutyric Acid	0.39 ± 0.04	0.41 ± 0.03					*		
Val	4.97 ± 0.34	5.06 ± 0.24							**
Met	3.14 ± 0.21	2.83 ± 0.15							**
Ile	3.79 ± 0.26	3.69 ± 0.19							**
Leu	6.59 ± 0.48	6.47 ± 0.34							**
Tyr	4.10 ± 0.31	4.22 ± 0.20							**
Phe	4.45 ± 0.26	4.46 ± 0.15							***
β-Alanine	2.26 ± 0.20	3.97 ± 0.31	***		***				
4-Aminobutyric Acid	0.84 ± 0.09	1.14 ± 0.05	**		***				
Trp	0.78 ± 0.06	0.74 ± 0.04			**				**
His	2.48 ± 0.16	2.54 ± 0.11							**
3-Methylhistidine	0.24 ± 0.01	0.24 ± 0.01							*
1-Methylhistidine	0.09 ± 0.00	0.07 ± 0.00	***						***
Carnosine	550.34 ± 27.79	585.40 ± 10.74			**				***
Anserine	87.03 ± 4.68	92.95 ± 2.89							**
Lys	3.91 ± 0.40	4.62 ± 0.31							***
Etanolamine	6.64 ± 0.38	8.97 ± 0.14	***		***				***
Arg	4.04 ± 0.42	4.20 ± 0.30							**
甘味系 ※ <sup>1</sup>	40.14 ± 2.51	43.52 ± 1.69							***
苦味系 ※ <sup>2</sup>	29.47 ± 2.05	29.25 ± 1.41							**
旨味系 ※ <sup>3</sup>	10.03 ± 0.67	10.39 ± 0.53							**
Hx	10.54 ± 0.45	10.20 ± 0.52				*			*
IMP	149.80 ± 2.14	181.38 ± 3.71	***		**	**	*		**
アデニン	0.02 ± 0.00	0.00 ± 0.00	***	*					
HxR	53.82 ± 1.06	46.88 ± 1.28	***						
AMP	4.08 ± 0.08	4.37 ± 0.18			**	**		***	***
ADP	7.91 ± 0.12	7.98 ± 0.19			***			***	
ATP	7.14 ± 0.20	6.87 ± 0.09			***			**	
D-mannose	19.09 ± 1.69	18.22 ± 1.41			*				
D-glucose	94.90 ± 7.34	105.83 ± 9.94							
D-ribose	3.35 ± 0.20	4.62 ± 0.36	**		*				

平均値±標準誤差 \*:p&lt;0.05, \*\*:p&lt;0.01, \*\*\*:p&lt;0.001

※<sup>1</sup> Thr、Ser、Pro、Gly、Ala、Lysの合計 ※<sup>2</sup> Val、Met、Ile、Leu、Phe、His、Argの合計 ※<sup>3</sup> Glu、Aspの合計

表6 官能評価結果

区 分	DB種	LWD種	分散分析			
			品種	性	農場	品種 × 性 × 農場
甘味	0.16 ± 0.08	0.04 ± 0.06			*	
うま味	0.41 ± 0.09	0.34 ± 0.13				
豚肉の好ましい香り	0.48 ± 0.10	0.32 ± 0.10				
脂肪の甘い香り	0.83 ± 0.10	0.18 ± 0.07	***			
軟らかさ	0.04 ± 0.11	0.10 ± 0.13				
脂肪の口溶け	0.58 ± 0.09	-0.14 ± 0.10	***		*	
脂っこさ	-0.21 ± 0.08	0.13 ± 0.09	**			
バランス	0.65 ± 0.13	0.09 ± 0.15	**			

平均値±標準誤差 \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

加熱損失と「脂肪の甘い香り」は弱い負の相関（-0.389）が、粗脂肪含量は「甘味」、「口溶け」と弱い正の相関（0.385、0.336）がみられた。官能評価の「バランス」と相関の高い項目はなかった。官能評価と脂肪酸組成の相関係数を表8に示す。C18:3は、「甘味」、「口溶け」とそれぞれ-0.512、-0.410と中程度の負の相関があった。C18:1は「甘味」、「豚肉の好ましい香り」と中程度の正の相関（0.412、0.432）が、C14:1は「豚肉の好ましい香り」と中程度の負の相関（-0.478）が、C16:0は「口溶け」と中程度の正の相関（0.470）が見られた。脂肪酸組成についても官能評価の「バランス」と相関の高い項目はなかった。

官能評価と遊離アミノ酸、核酸関連物質、単糖類の相関係数を表9に示す。多くのアミノ酸で負の相関が示され、官能評価の「うま味」との相関は見られなかった。Ethanolamineは、「脂肪の甘い香り」と強い負の相関（-0.618）が、「脂肪の口溶け」と中程度の負の相関（-0.574）が見られた。官能評価の「バランス」との相関は、アンセリンに弱い負の相関（-0.333）、アデニンに弱い正の相関（0.329）が確認された。

## 考 察

DB種の肉質特性を明らかにするため、DB種とLWD種の豚肉を供試材料として、理化学分析と官能評価により比較した。

官能評価では、DB種はLWD種に比べて、「脂肪の甘い香り」、「脂肪の口溶け」、「脂っこさ」、「バランス」において食味に好ましい評価となり、筆者がこ

れまで耳にしてきた「脂に甘味を感じる。」「脂がさっぱりしている。」などの大山ルビーの脂肪質を中心とした食味評価を裏付ける結果だった。また、DB種は理化学分析のうち筋肉内脂肪と加熱損失で、食味の多汁性にとって好ましい結果となり、このことも大山ルビーがジューシーな食感と評されることと一致するものだった。

脂肪酸組成では、DB種はC16:0とSFAが高かったが、その他の多くの脂肪酸に差は見られなかった。尾崎ら<sup>4)</sup>もDB種はLWD種と比較してパルミトレイン酸（C16:1）が高かったが、それ以外の脂肪酸に差は見られなかったと同様の報告をしている。トウキョウXやかごしま黒豚は、LWD種に比べて、舌触りの良さや風味物質となるC18:1が高いと報告されている<sup>5)6)</sup>。脂肪酸組成は一般的に脂肪の美味しさの特徴づけるものと考えられるが、本研究の結果からは大山ルビーの脂肪の質に対する評価を脂肪酸組成だけで説明することは難しいと考えられた。

遊離アミノ酸、核酸関連物質、単糖類については、DB種では本研究が初めての分析となった。高崎ら<sup>5)</sup>は、パークシャー種はLWD種に比べてグルタミン酸（Glu）が多いと報告している。パークシャー種の血液を1/2量持つDB種でも、主要な呈味成分であるGluやIMPが一定量以上含まれると予測していたが、旨みや甘味を呈するアミノ酸に差がない上にIMPは低かった。また、その他のいくつかの遊離アミノ酸含量もLWD種より低い結果だった。川井田<sup>7)</sup>は、鹿児島パークシャーを含めた豚5品種の全遊離アミノ酸含量を比較しデュロック種が最も少なかったと報告しており、DB種のアミノ酸含量はデュロック種の影響が強く出ている可能性もある。DB種のアミノ酸等の実態

表7 官能評価と理化学分析の相関係数

区分	甘味	うま味	豚肉の好 ましい香り	脂肪の 甘い香り	軟らかさ	口溶け	脂っこさ	バランス
水分(%)	-0.288 *	-0.277	-0.318 *	-0.149	0.013	-0.349 *	0.148	-0.252
粗蛋白質含量(%)	0.025	-0.014	0.045	-0.043	-0.204	-0.052	0.246	-0.128
粗脂肪含量(%)	0.385 **	0.278	0.262	0.117	0.038	0.336 *	-0.139	0.254
加熱損失(%)	-0.118	-0.021	-0.075	-0.389 *	0.096	-0.208	0.039	-0.134
ドロップロス(%)	-0.259	-0.123	0.091	-0.001	-0.022	0.086	-0.097	0.046
破断応力(kpa)	-0.284	-0.217	-0.125	0.083	0.000	0.017	0.061	-0.158
肉色 L*	-0.092	0.069	-0.071	-0.162	0.151	0.059	-0.085	0.198
a*	0.004	-0.146	0.171	0.035	-0.136	0.204	-0.009	-0.173
b*	-0.074	-0.022	-0.003	0.295	-0.029	0.484 **	-0.228	0.158
脂肪色 L*	-0.126	-0.140	-0.175	0.093	-0.139	-0.439 **	0.203	-0.212
a*	0.225	0.041	0.063	-0.228	0.145	-0.096	0.092	-0.064
b*	0.057	0.148	0.175	-0.332 *	0.116	-0.066	0.149	0.043
脂肪融点(°C)	0.143	-0.058	-0.041	0.092	0.140	-0.012	-0.281	0.010

\*:p&lt;0.05、\*\*:p&lt;0.01

表8 官能評価と脂肪酸組成の相関係数

区分	甘味	うま味	豚肉の好 ましい香り	脂肪の 甘い香り	軟らかさ	口溶け	脂っこさ	バランス
C14:0(%)	-0.208	-0.081	-0.401 **	-0.023	0.152	-0.182	0.101	-0.080
C14:1(%)	-0.228	-0.075	-0.478 **	0.080	0.081	-0.201	0.135	-0.078
C16:0(%)	0.227	0.015	0.089	0.313 *	0.129	0.470 **	-0.189	0.089
C16:1(%)	-0.043	-0.089	0.023	0.307 *	-0.033	0.321 *	0.106	-0.074
C17:0(%)	0.248	0.049	0.018	0.361 *	0.173	0.254	0.084	0.173
C17:1(%)	-0.313 *	0.011	-0.346 *	0.102	0.104	-0.013	0.087	0.051
C18:0(%)	0.049	0.042	0.057	-0.008	-0.026	-0.026	-0.001	0.138
C18:1(%)	0.412 **	0.246	0.432 **	-0.181	0.063	0.055	0.042	0.112
C18:2(%)	-0.421 **	-0.202	-0.304 *	-0.156	-0.214	-0.345 *	-0.052	-0.228
C18:3(%)	-0.512 ***	-0.253	-0.082	-0.115	-0.166	-0.410 **	0.165	-0.216
C20:0(%)	-0.282	-0.179	-0.229	0.001	0.399 **	0.140	0.069	-0.055
C20:4(%)	-0.324 *	-0.144	-0.040	-0.177	-0.186	-0.217	0.023	-0.153
SFA(%)	0.163	0.027	0.001	0.248	0.149	0.287 *	-0.094	0.179
MUFA(%)	0.334 *	0.217	0.300 *	-0.059	0.093	0.101	0.133	0.081
PUFA(%)	-0.429 **	-0.206	-0.255	-0.167	-0.213	-0.342 *	-0.032	-0.225

\*:p&lt;0.05、\*\*:p&lt;0.01、\*\*\*:p&lt;0.001

表9 官能評価と遊離アミノ酸・核酸関連物質・単糖類の相関係数

区 分	甘味	うま味	豚肉の好 ましい香り	脂肪の 甘い香り	軟らかさ	口溶け	脂っこさ	バランス
o-Phosphoserin	-0.272	-0.143	-0.202	-0.127	-0.164	-0.244	0.010	-0.163
Taurine	-0.484 ***	-0.164	-0.233	-0.203	0.021	-0.258	0.071	-0.238
o-Phosphoethanolamine	-0.503 ***	-0.136	-0.319 *	-0.190	-0.121	-0.321 *	0.041	-0.226
Asp	-0.006	0.081	0.021	-0.170	0.132	-0.200	0.130	0.027
Thr	-0.125	0.061	-0.043	-0.371 **	0.021	-0.316 *	0.041	-0.019
Ser	-0.099	0.123	0.007	-0.290 *	0.059	-0.236	0.009	0.068
Asn	-0.045	0.130	0.040	-0.336 *	0.053	-0.228	-0.010	0.098
Glu	-0.326 *	-0.017	-0.232	-0.299 *	-0.127	-0.232	0.040	-0.091
Gln	-0.444 **	-0.029	-0.128	-0.442 **	-0.121	-0.498 ***	0.212	-0.251
Pro	-0.458 **	0.084	-0.195	-0.494 ***	-0.013	-0.368 *	0.142	-0.025
Gly	-0.376 **	-0.067	-0.281	-0.331 *	-0.106	-0.388 **	-0.002	-0.146
Ala	-0.267	-0.052	-0.067	-0.278	-0.197	-0.331 *	0.067	-0.114
Citrulline	-0.279	-0.009	-0.247	-0.366 *	-0.051	-0.461 **	0.175	-0.152
2-aminobutyric Acid	-0.099	-0.194	-0.152	-0.274	-0.259	-0.306 *	-0.099	-0.270
Val	-0.183	-0.014	-0.072	-0.355 *	-0.093	-0.219	-0.094	-0.045
Met	-0.089	0.114	0.094	-0.200	0.065	-0.053	-0.217	0.213
Ile	-0.082	0.048	0.026	-0.092	-0.292 *	-0.147	-0.092	0.032
Leu	-0.079	0.131	0.094	-0.018	-0.301 *	-0.155	-0.080	0.123
Tyr	-0.127	0.186	0.072	0.101	-0.331 *	-0.157	-0.065	0.183
Phe	-0.188	0.097	0.039	0.009	-0.334 *	-0.202	-0.075	0.115
$\beta$ -Alanine	-0.176	-0.048	-0.111	-0.096	-0.471 **	-0.429 **	-0.003	-0.167
4-Aminobutyric Acid	-0.135	0.082	-0.116	-0.200	-0.453 **	-0.390 **	0.133	-0.182
Trp	-0.203	0.028	-0.071	-0.176	-0.291 *	-0.184	0.040	0.041
His	-0.217	0.092	-0.095	-0.060	-0.304 *	-0.235	-0.019	0.035
3-Methylhistidine	-0.157	-0.112	-0.105	-0.245	-0.109	-0.208	0.179	-0.147
1-Methylhistidine	-0.060	0.061	0.056	0.060	0.000	0.156	-0.180	0.251
Carnosine	-0.287 *	-0.097	-0.144	-0.385 **	-0.253	-0.357 *	-0.027	-0.199
Anserine	-0.326 *	-0.255	-0.256	-0.321 *	-0.353 *	-0.272	0.123	-0.333 *
Lys	-0.082	0.119	-0.001	-0.349 *	0.022	-0.226	0.033	0.058
Ethanolamine	-0.423 **	-0.044	-0.147	-0.618 ***	-0.152	-0.574 ***	0.274	-0.227
Arg	-0.086	0.196	0.049	-0.278	0.033	-0.154	-0.021	0.148
甘味系 ※ <sup>1</sup>	-0.254	0.025	-0.092	-0.363 *	-0.082	-0.346 *	0.052	-0.052
苦味系 ※ <sup>2</sup>	-0.126	0.106	0.031	-0.310 *	-0.021	-0.171	-0.084	0.095
旨味系 ※ <sup>3</sup>	-0.278	0.006	-0.191	-0.294 *	-0.076	-0.245	0.065	-0.070
Hx	-0.162	0.008	-0.258	0.081	-0.148	-0.096	0.084	-0.093
IMP	-0.204	-0.087	-0.127	-0.487 ***	0.036	-0.459 **	0.147	-0.254
アデニン	0.078	0.109	0.081	0.440 **	0.061	0.407 **	-0.408 **	0.329 *
HxR	0.073	0.102	0.178	0.329 *	-0.041	0.213	-0.030	0.214
AMP	-0.072	-0.099	-0.101	-0.126	-0.112	-0.228	0.017	-0.065
ADP	-0.175	-0.086	-0.055	-0.007	-0.231	-0.022	0.062	-0.123
ATP	-0.420 **	-0.209	-0.113	-0.053	-0.294 *	-0.089	-0.138	-0.146
D-mannose	-0.227	0.117	0.168	-0.183	0.074	-0.160	-0.025	0.235
D-glucose	0.010	-0.092	0.112	-0.118	0.088	-0.040	0.052	-0.062
D-ribose	-0.295 *	-0.032	-0.082	-0.333 *	-0.061	-0.310 *	0.264	-0.217

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ ※<sup>1</sup> Thr, Ser, Pro, Gly, Ala, Lysの合計 ※<sup>2</sup> Val, Met, Ile, Leu, Phe, His, Argの合計 ※<sup>3</sup> Glu, Aspの合計



について、今後例数を重ねて検討する必要がある。

本研究のもう一つの目的である官能評価と関連性高い理化学分析値の特定について、相関分析を行ったところ、官能評価において総合評価を表す「バランス」と高い相関を示す項目はなく、最も強い相関を示した Ethanolamine と「脂肪の甘い香り」でも  $-0.618$  という結果だった。

大山ルビーの食味の特徴と関連付けるため、LWD 種と差のあった理化学分析項目からピックアップすると、粗脂肪含量が「甘味」、「口溶け」に、脂肪酸組成では C16:0 が、「口溶け」、「脂肪の甘い香り」と関係していた。粗脂肪含量は風味、多汁性とといった肉の味を向上させる<sup>8)</sup>と言われており、木全ら<sup>9)</sup>は、C16:0 と官能評価の「香り」に正の相関が認められたと報告している。また、DB 種と LWD 種に差はなかったが、C18:1、C18:2 は、官能評価の「豚肉の好ましい香り」とそれぞれ中程度の正の相関、中程度の負の相関が認められた。奥村ら<sup>10)</sup>は豚肉では、一価不飽和脂肪酸は良い香りに寄与し、多価不飽和脂肪酸含量が高いとオフフレーバーが増す可能性を示唆しており、今後大山ルビーの食味向上を考える上では、これらの脂肪酸も考慮すべきと考えられた。

アミノ酸等では、官能評価の「うま味」と関連するアミノ酸は認められず、多くのアミノ酸で官能評価と負の相関が見られた。特に、強い負の相関を示した Ethanolamine は、豚肉の食味への関与は不明であるが、アミン類は食品の腐敗物質中に多く見られ好ましくない成分として扱われることから、食味においては雑味を提供するものと考えられる。尾崎ら<sup>4)</sup>は味覚センサーによる分析で、DB 種は苦味雑味が少なかったと報告しており、こうした苦味雑味を呈するアミノ酸含量が少ないことが、さっぱりとした脂といった評価につながる可能性があると考えられる。また、豚肉は、特有のフレーバーがあることで不快感を示す人が少なくないと言われる<sup>11)</sup>。加熱調理によって、アミノ酸はフレーバーを発することから、大山ルビーの臭みを感じないという評価と関係している可能性も考えられる。

本研究では、大山ルビーの特性を踏まえ、人が食べて感じる美味しさと関係の深い理化学分析に関して、いくつかの知見を得たが、特に脂肪酸組成やアミノ酸については、その特定は容易ではないと考えられた。

しかしながら、表には示していないが官能評価の各項目間で「バランス」と最も強い相関を示したのは「うま味」（相関係数  $0.771$ ）であったことから、アミノ酸は引き続き重要な分析項目であることを再確認し、今後も検討が必要であると考える。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、破断応力の測定について機器使用への御配慮、御指導いただいた地方独立行政法人鳥取県産業技術センター食品開発研究部の加藤愛グループ長、ロース肉サンプルの確保に御協力いただいた有限会社マエダポークの永本政延執行役員に深謝します。

## 参考文献

- 1) 入江誠一ら. 鳥取県産大山赤ぶたの創出（デュロック種の系統造成試験）. 鳥取農林総研中小試研報 56 : 1-6. 2012
- 2) 八木広幸. 黒豚と大山赤ぶたの交配による新品種の作出. 平成 21 年度畜産業績発表会集録. 25
- 3) ブランド豚トップシェフはこう使う. 料理王国. 株式会社 CUISINE KINGDOM. 241 : 16-17. 2014
- 4) 尾崎裕昭ら. 鳥取県産豚美味しさ解析試験Ⅲ大山ルビーの肉質特性調査. 鳥取中小試研報 60 : 12-13. 2018
- 5) 高崎禎子ら. トウキョウ X 豚肉の化学的, 物理的特性ならびに咀嚼特性. 日本調理科学会誌 38. 5 : 404-409. 2005
- 6) 大小田勉ら. 官能評価と理化学検査数値から見るかごしま黒豚の肉質特性. 日暖畜会報 62(1) : 17-24. 2019
- 7) 川井田博. 豚肉質とその品種間差異について. 鹿児島畜試研報 26 : 94-173. 1993
- 8) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編. 日本飼養標準 豚 (2013 年版). 中央畜産会. 44. 2013
- 9) 木全誠ら. 豚肉質の理化学的成分と官能検査との関係. 日豚会誌. 38. 2 : 45-51
- 10) 奥村寿章ら. 豚ミンチ肉と皮下脂肪塊による豚肉の食味に対する脂肪酸組成の影響. 第 128 回日畜学会要旨. P5-16. 2021
- 11) 平野正男, 鏡晃. いまさら聞けない肉の常識. 食肉通信社. 64-65. 1999