

# 大山ルビー豚肉の調理による物理・化学・官能特性の変化

小林 努、西村 雅美<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>鳥取県畜産試験場)

## Physicochemical and sensory characteristics of pork “Daisen-ruby” (sus domestics) in cooked conditions

Tsutomu Kobayashi, Masami Nishimura

### 要 約

銘柄豚「大山ルビー」は系統豚「大山赤ぶた」の雌にパークシャー種雄を交配した交雑豚だが、この肉質特性に関する情報は生肉の分析により得られてきた。本研究は本銘柄豚ロース肉の物理化学的性質を調理前の生肉、煮沸及び焼成調理後の材料において分析・比較した。水分含量は煮沸・焼成両調理法により低下、粗脂肪及び粗タンパク質含量は増加した。豚肉の硬度は生肉に比べ両調理法で増加した。各種遊離アミノ酸含量は主に親水性アミノ酸(甘味系及び旨味系アミノ酸)が調理後、特に煮沸調理により減少した。単糖ではマンノース、核酸類似物質はイノシン酸、アデニル酸、アデノシン2リン酸が調理後増加した。脂肪酸は主に短中鎖長の種(C6-C15)が調理後わずかに増加した。官能評価試験では調理法による美味しさと香りの項目に差は認めなかったが、焼成群の雌雄間で肉のジューシーで差を認め、煮沸2群間では短時間調理群でより柔らかい食感を示した。

### 緒 言

一般に畜肉の品質は、と畜後の枝肉の各種成績により評価・格付され価格が決められる<sup>1)</sup>。枝肉の格付の根拠は畜肉の美味しさと枝肉外観との相関から経験的に得られているものである<sup>1)2)</sup>。鳥取県の銘柄豚、「大山ルビー」は本場で系統造成された「大山赤ぶた」の雌に同じく本場で維持するパークシャー種雄を交配して得られる交雑豚である<sup>3)4)</sup>。現在までこの銘柄豚や元豚である大山赤ぶたの肉質分析は生肉で行われ、他交雑豚との比較等がされている<sup>5)6)</sup>。畜肉の格付は豚肉の品質を示していると言われているが、実際に現代の我々が喫食するのは生肉ではなく加熱調理肉であり、各種成分分析を加熱調理済肉で実施することは、その畜肉の味を知るためには直接的な方法であると言える。本研究は我々が喫食する調理肉と調理前の豚肉の力学的、理化学的及び官能特性に関する分析を実施し、調理による各性質の変化を調べ、調理肉分析の有用性を探ること目的として実施したので、その結果を報告する。

### 材料と方法

#### 1 材料

本場で生産された大山ルビー8頭(去勢4頭、雌4頭)を常法に従い肥育後、概ね110kgで出荷した(出荷

体重:113±2.41kg, 日齢166±3.06日)。と畜3-4日後に第3-4胸椎間~第11-12胸椎間の胸最長筋(ロース肉)から各種分析用検体を切出し各種調整(次項記載)後、分析まで冷凍保存(-30℃)した。

#### 2 試料の調製

##### (1)生肉(非加熱)試料

1 材料のロース肉頭側4cmの塊から胸最長筋(ロース芯)を切出し、家庭用ブレンダーで磨砕、磨砕肉(生肉検体)とした。続いて尾側に向け厚さ1cmのスライスを8-10枚作成、これより脂肪が1cm付いた5cmX4cmのロース芯を切出成形し、調理試験及び官能評価試験用検体とした。磨砕肉、成形肉検体は真空包装後分析まで冷凍保存(-30℃)した。

##### (2)調理肉(加熱)試料

(1)生肉(非加熱)試料の成形肉(検体)を4℃で1晩解凍、室温(約20℃)とした後、調理した。焼成は次の2条件で実施した。家庭用ホットプレートで240℃に加熱し検体を片面1.5min両面3min、または片面2min両面4min焼成した(焼成3min、焼成4min)。煮沸は次の2条件で実施した。約1000mLの水を直径18cmの小鍋で沸騰、これに検体を1.5min、または2.5min調理した(煮沸1.5min、煮沸2.5min)。調理肉は紙タオルで軽く肉汁・茹で汁を吸収後、室温まで放冷した。各種分析のため胸最長筋(ロース芯)部分を切出細切後、乳鉢で磨砕肉を作成、10g程度で真空包装後分析まで

冷凍保存(-30℃)した。

### 3 分析方法

#### (1) 一般成分及び力学的分析

水分、粗脂肪、粗タンパク質は方法2で調整の試料を用い、原則「食肉の理化学分析および官能評価マニュアル」<sup>7)</sup>に記載の方法で分析した。水分は乾燥前後の重量差を測定して算出した。粗脂肪は水分測定後の検体をEther抽出装置(ST243 Soxtec, Foss Japan)を用い Soxhlet 抽出法の後に秤量し算出した。粗タンパク質は窒素分解装置(DK20, VelpScientifica)及び蒸留装置(Kjet1tec 2100, Foss Japan)を用い Kjeldahl 法により測定した。力学的分析として生肉及び調理肉の破断試験を実施した。破断試験はクリープメーター(RE2-3300S5, 山電)と円柱プランジャー(直径5mm)を用い測定した。方法2で官能試験及び調理分析用にした厚さ1cmの成形肉を解冻後、若しくは2試料の調製の(2)調理肉(加熱)試料の条件で調理後、プランジャーを検体の表面に筋繊維に垂直に位置させ、ロードセルは200N、圧縮速度1.0 mm/secの条件で破断試験を実施した。調理肉内でプランジャー位置を変え複数回の試験を実施した。得られた応力-ひずみ曲線から算出された破断応力、破断エネルギーを解析した。

#### (2) 理化学的分析

遊離アミノ酸は磨砕肉ホモジネート(10%, w/v)の除脂肪(hexane)、除タンパク(Trichloroacetic acid)後、上清をpH2.0-2.2に中和・定容後、高速液体クロマトグラフ(HPLC)(Prominace, 島津製作所)により分析した。分離はイオン交換カラム(shim-pack AMINO Li, 島津製作所)、Li型アミノ酸移動相(島津製作所)を用い o-phthalaldehyde による分離後誘導体化の後、蛍光検出器(RF-10-AXL, 島津製作所)にて検出した。核酸関連物質は磨砕肉ホモジネートの除脂肪、除タンパク(過塩素酸)、中和(pH6.5-6.8)定容後、HPLC(同)で分析した。分離は逆相カラム(STR ODS II, 島津GLC)と移動相(triethylamine, acetonitrile 含むリン酸緩衝液)を用い UV 検出器(SPD-20AV, 島津製作所)にて検出した。単糖類は核酸関連物質分析の際と同様に磨砕肉か

ら除脂肪、除タンパク、フィルター濾過・定容後、ABEE 標識試薬(J-Oil Mills)による標識後、HPLC(同)により分析した。分離は糖分析用逆相カラム(HonenpakC18, J-Oil Mills)と移動相(糖分析用溶媒キット、J-Oil Mills)を用い、UV 検出器にて検出した。各アミノ酸濃度、各核酸関連物質濃度及び各単糖類濃度は標準品で作成した検量線から豚肉検体100gあたりmgとして算出した。脂肪酸は前述の磨砕肉ホモジネートを Folch 法により抽出した脂肪酸を Trimethyl-3-trifluoromethylphenylammonium Hydroxide(東京化成工業株)と共にガスクロマトグラフ(GC)(GC-2014, 島津製作所)で分析した。検体はキャピラリカラム(ZB-FAME, Phenomenex)上でmethyl ester化、分離後、解析装置(Chromatopac CR-8A 津製作所)で解析した。分離はGC注入口240℃、FID検出器300℃、オープン100-165℃(10℃/min)、165-200℃(1.5℃/min)、200-280℃(15℃/min)の温度条件で Helium をキャリアガスとして実施した。ピークは標準品(37 Component FAME Mix, Sigma)と比較し同定、検量線より各含量を求め、検体毎の含量の比率を百分率で算出し脂肪酸組成とした。

#### (3) 官能評価試験

試験はベリタスビューロエフイーエーシー(島根県出雲市)に委託して実施した。検体は2試料の調製の(2)調理肉(加熱)試料と同様の方法で調理後、5人のパネラーが喫食し次の4項目について最高点を5点として採点した。食感(1:硬~5:柔)、ジューシーさ(1:無~5:有)、美味しさ(1:弱~5:強)、香り(1:弱~5:強)。

#### (4) 統計解析

各種理化学分析結果は、雌雄差はT検定、各群間差は一元配置分散分析と Tukey HSD 法で解析した。力学分析(破断試験)結果は雌雄差は Mann-Whitney の U 検定(U 検定)、各群間の差は Kruskal-Wallis 検定と Steel-Dwass 法で解析した。官能評価試験結果の群内雌雄差、焼成2群間及び煮沸2群間の差はU検定で、調理4群間の多重比較はSD法で検定した。全ての方法で  $P(\text{adj.}) < 0.05$  の場合、有意とした。

表1 調理による豚肉中一般成分及び力学的性質の変化

一般成分(%)	生肉 (n=8)	煮沸		焼成	
		1.5min (n=8)	2.5min (n=8)	3min (n=8)	4min (n=8)
水分	73.93 (0.44) a	64.36 (0.82) b	63.85 (0.64) bc	62.56 (0.75) bc	60.81 (1.09) c
粗脂肪	3.59 (0.43) b	5.69 (0.63) ab	4.36 (0.45) ab	5.76 (0.68) ab	6.49 (1.07) a
粗タンパク質	21.50 (0.20) b	29.09 (0.62) a	30.62 (0.55) a	29.80 (0.60) a	31.26 (0.88) a
力学分析	(n=75)	(n=150)	(n=130)	(n=127)	(n=101)
破断応力[kPa]	638.7 (31.3) c	954.9 (16.4) a	895.1 (14.8) b	887.6 (21.9) ab	901.6 (19.13) ab
破断荷重[N]	12.54 (0.62) c	18.87 (0.32) a	17.71 (0.29) b	17.57 (0.43) ab	17.88 (0.38) ab

※数値:平均 (SE)

※上段(一般成分): Tukey多重比較、下段(力学分析):Steel-Dwass法で検定。各群の異符号間に有意差 ( $P < 0.05$ )

表2 調理による遊離アミノ酸含量の変化

	遊離アミノ酸 (mg/100g)	生肉 (n=8)	煮 沸		焼 成	
			1.5min (n=8)	2.5min (n=8)	3min (n=8)	4min (n=8)
親水性	Glutamine (Gln)	45.84 (3.74) a	15.52 (0.68) b	12.46 (0.72) b	18.61 (2.17) b	16.75 (1.79) b
	Asparagine (Asn)	3.98 (0.22) a	3.09 (0.21) ab	2.89 (0.22) b	3.30 (0.27) ab	3.24 (0.18) ab
	Glutamate (Glu)	10.35 (0.63) a	6.81 (0.44) b	6.95 (0.62) b	7.88 (0.83) ab	7.80 (0.63) ab
	Aspartate (Asp)	1.44 (0.23) a	0.33 (0.06) b	0.40 (0.07) b	0.39 (0.04) b	0.35 (0.05) b
	Lysine (Lys)	7.20 (0.52) a	4.75 (0.73) b	3.96 (0.24) b	4.55 (0.34) b	4.40 (0.28) b
	Arginine (Arg)	5.02 (0.35) a	3.43 (0.23) b	3.24 (0.24) b	3.71 (0.33) b	3.42 (0.29) b
	Threonine (Thr)	3.94 (0.22) a	2.82 (0.18) b	2.68 (0.18) b	3.14 (0.22) ab	3.07 (0.18) b
	Serine (Ser)	5.22 (0.30) a	3.52 (0.24) b	3.33 (0.29) b	3.87 (0.31) b	3.74 (0.26) b
	Histidine (His)	2.67 (0.12) a	1.76 (0.09) b	1.66 (0.10) b	1.98 (0.13) b	1.92 (0.09) b
疎水性	Proline (Pro)	7.15 (0.47) a	4.13 (0.18) b	3.92 (0.18) b	6.29 (0.39) ab	6.38 (0.43) ab
	Glycine (Gly)	12.07 (0.73) a	7.43 (0.33) b	6.93 (0.27) b	8.78 (0.76) b	8.64 (0.61) b
	Alanine (Ala)	26.41 (2.15) a	15.19 (0.89) b	14.07 (0.75) b	18.26 (1.05) b	17.25 (1.27) b
	Valine (Val)	5.07 (0.25) a	4.09 (0.18) b	4.01 (0.14) b	4.63 (0.23) ab	4.64 (0.14) ab
	Isoleucine (Ile)	3.57 (0.22) -	3.24 (0.15) -	3.10 (0.14) -	3.48 (0.20) -	3.42 (0.12) -
	Leucine (Leu)	6.51 (0.42) -	6.10 (0.31) -	5.86 (0.31) -	6.47 (0.42) -	6.35 (0.28) -
	Tyrosine (Tyr)	3.99 (0.24) -	3.56 (0.20) -	3.50 (0.23) -	3.87 (0.26) -	3.78 (0.22) -
	Phenylalanine (Phe)	4.51 (0.27) -	3.95 (0.19) -	3.87 (0.19) -	4.24 (0.28) -	4.15 (0.20) -
	Tryptophan (Trp)	0.72 (0.04) -	0.68 (0.03) -	0.66 (0.05) -	0.71 (0.10) -	0.75 (0.08) -
	甘味系 AAs (Thr, Ser, Pro, Gly, Ala, Lys)	61.98 (3.55) a	37.84 (1.97) b	34.88 (1.50) b	44.87 (2.42) b	43.47 (2.41) b
	苦味系 AAs (Val, Met, Ileu, Leu, Phe, His, Arg)	29.99 (1.66) -	25.17 (1.25) -	24.28 (1.21) -	27.14 (1.75) -	26.58 (1.17) -
	旨味系 AAs (Glu, Asp)	11.79 (0.70) a	7.14 (0.43) b	7.35 (0.65) b	8.27 (0.82) b	8.15 (0.67) b
	$\beta$ -Alanine	2.49 (0.20) -	1.88 (0.15) -	1.88 (0.27) -	2.21 (0.25) -	2.27 (0.34) -
	o-Phosphoserine	0.15 (0.02) c	0.24 (0.01) b	0.25 (0.01) b	0.36 (0.03) a	0.32 (0.02) ab
	Taurine	40.58 (3.48) a	19.61 (1.11) b	15.02 (1.50) b	21.33 (0.80) b	19.56 (2.20) b
	o-Phosphoethanolamine	1.22 (0.06) a	0.73 (0.03) bc	0.67 (0.03) c	0.87 (0.06) b	0.87 (0.05) b
	Citrulline	2.62 (0.16) a	0.97 (0.04) b	0.94 (0.03) b	1.31 (0.13) b	1.35 (0.11) b
2-Amino butyric Acid	0.50 (0.05) a	0.14 (0.01) b	0.13 (0.01) b	0.20 (0.03) b	0.22 (0.02) b	
4-Amino butyric Acid	0.08 (0.00) a	0.06 (0.00) b	0.06 (0.01) b	0.11 (0.03) b	0.08 (0.01) b	
Melatonin	2.63 (0.19) -	2.60 (0.17) -	2.56 (0.17) -	2.63 (0.24) -	2.68 (0.19) -	
3-Methyl histidine	0.27 (0.02) a	0.14 (0.01) b	0.13 (0.01) b	0.17 (0.00) b	0.17 (0.01) b	
Carnosine	465.0 (23.6) c	489.7 (22.1) bc	495.8 (15.1) abc	580.8 (23.0) a	573.8 (20.7) ab	
Anserine	55.02 (2.24) b	56.12 (1.40) b	57.05 (2.18) b	67.12 (1.78) a	65.54 (2.54) a	
Ornithine	0.53 (0.06) -	0.39 (0.03) -	0.40 (0.05) -	0.46 (0.05) -	0.43 (0.05) -	
Ethanolamine / Ammonia	9.32 (0.37) a	7.67 (0.19) b	7.55 (0.06) b	9.09 (0.45) a	9.07 (0.42) a	

※ 数値は平均 (SE)、各群の異符号間に有意差 (P&lt;0.05)

表3 調理による単糖類及び核酸関連物質含量の変化

単糖類 (mg/100g)	生肉 (n=8)	煮沸		焼成	
		1.5min (n=8)	2.5min (n=8)	3min (n=8)	4min (n=8)
D-mannose	11.78 (1.14) b	17.90 (1.35) a	18.94 (1.50) a	20.53 (0.82) a	19.51 (1.30) a
D-glucose	88.12 (6.16) -	78.45 (5.80) -	73.41 (4.59) -	96.51 (3.62) -	92.02 (8.59) -
D-ribose	7.01 (0.62) -	6.66 (0.53) -	5.35 (0.49) -	6.46 (0.57) -	6.07 (0.75) -
<b>核酸関連物質 (mg/100g)</b>					
ヒポキサンチン (Hx)	12.95 (0.66) a	8.31 (0.62) b	7.25 (0.53) b	8.44 (0.55) b	8.62 (0.35) b
イノシン酸(IMP)	135.6 (8.17) c	173.0 (5.98) b	177.7 (3.54) ab	198.2 (8.88) ab	200.2 (5.25) a
イノシン (HxR)	50.43 (1.98) ab	49.01 (2.40) b	50.58 (1.86) ab	56.14 (2.24) ab	59.05 (2.58) a
アデニル酸(AMP)	5.54 (0.37) b	8.20 (0.57) ab	12.24 (0.63) a	11.76 (1.79) a	12.31 (1.08) a
アデノシン2リン酸(ADP)	8.19 (0.26) b	7.74 (0.54) b	9.73 (0.52) ab	9.89 (1.07) ab	11.56 (0.77) a
アデノシン3リン酸(ATP)	5.95 (0.30) a	2.65 (0.41) b	3.01 (0.40) ab	4.21 (0.97) ab	5.31 (1.13) ab

※ 数値は平均 (SE)、各群の異符号間に有意差 (P<0.05)

## 結果

### 1 一般成分と力学分析結果

生肉群及び調理肉群(煮沸 1.5min 群、煮沸 2.5min 群、焼成 3min 群、焼成 4min 群)の一般成分と力学分析結果を示した(表1)。一般3成分(水分、粗脂肪、粗タンパク質)の中では水分低下が最も顕著であり、生肉と調理肉4群の間で差を認めた(約10%以上)。調理4群内では煮沸1.5min群と比べ煮沸2.5min、焼成3min、焼成4minと調理時間の長い群の順に水分減少を認めた。粗脂肪含量は生肉と比べ調理4群で増加した。調理群の中では焼成4min群で増加した。粗タンパク質は調理4群で顕著に(約10%)増加したが、調理4群間の差は認めなかった。表1の下段に力学的分析結果として破断応力と破断加重を示した。生肉と比べ調理4群は全て硬度を増したが、調理4群中では煮沸2.5min群が最も柔らかい結果を示した。

### 2 アミノ酸、単糖、核酸類似物質、脂肪酸分析結果

遊離アミノ酸は分析した31成分中、生肉と比較し調理後に22成分が変化、うち19成分は低下した(表2)。これらはタンパク質構成アミノ酸の全ての親水性アミノ酸と4/9種の疎水性アミノ酸であった。低下率は親水性のGlutamine, Aspartate, 4-aminobutyric acidで70-80%の低下を認めたが、他アミノ酸では30-40%の低下率であった。一方CarnosineとAnserineは調理後に増加した(どちらも120%程度)。単糖類及び核酸類似物質の分析では、単糖はmannose, glucose, ribose(何れもD型)が検出されたが、mannoseのみ調理後に増加した(表3)。核酸類似物質はヒポキサンチン(Hx)とアデノシン3リン酸(ATP)が調理後特に煮沸調理後に低下、イノシン酸、アデニル酸(AMP)、アデノシン2リン酸(ADP)調理後増加した。脂肪酸組成分析では、調理前後の変化は主に短~中鎖(C6-C15)の飽和脂肪酸で認め、主に煮沸により増加した(表4)。ま

た比較的割合の高い脂肪酸ではC18:3(n6)、 $\gamma$ -linolenic acidの比率が調理、特に煮沸により80%程度低下した。飽和脂肪酸(SFA)、一価不飽和脂肪酸(MUFA)、多価不飽和脂肪酸(PUFA)各々の種の小計の比較では群間差は認めなかった。なお、結果1及び2の全ての分析結果において雌雄差は認められなかった。

### 3 官能評価試験

官能評価試験は力学的、理化学的分析と同様に調理したロース肉にて実施した(表5)。焼成3min群内の項目「ジューシーさ」において僅かに雌雄差を認めた(去;4.2±0.37, 雌;3.8±0.58,  $P=0.0406$ , U検定)。他項目では煮沸1.5min群と煮沸2.5min群間の食感(柔らかさ)で群間差、1.5min群が2.5min群より柔らかいという結果を認めた。他項目や調理群間において有意差は認めなかった。

## 考察

本研究は、従来から実施されてきた生肉中の各種理化学成分分析と我々が喫食する加熱調理済の豚肉における分析を生肉同様に実施し、生肉と調理肉の間でどのような各種成分の相違が認められるか探索することを目的とした。また、調理肉の官能評価試験を実施し、力学的・理化学的分析結果との関連があるかを検討した。

一般成分に関し、調理肉で見られた粗脂肪及び粗タンパク質比率の増加は、水分含量低下によるものと比率から推察できる(表1)。粗タンパク質と比べ粗脂肪の増加割合が少ないのは脂肪が茹で汁、肉汁中に流失した結果と推察できる。力学分析(肉の破断試験)の結果は調理方法から推定される結果とよく一致していた。すなわち、生肉よりは調理肉の方が肉は硬くなり、その硬さは焼成調理の方が煮沸調理より硬いが、短時間の煮沸調理(1.5min)ではむしろ煮沸の方が硬化

表4 調理による豚肉中脂肪酸組成の変化

脂肪酸組成 (%)	生肉 (n=8)	煮 沸			焼 成	
		1.5min (n=8)	2.5min (n=8)	3min (n=8)	4min (n=8)	
C6:0	0.09 (0.02) b	0.33 (0.03) ab	0.49 (0.10) a	0.22 (0.05) b	0.20 (0.05) b	
C8:0	0.10 (0.02) b	0.21 (0.02) ab	0.33 (0.06) a	0.19 (0.03) ab	0.18 (0.04) b	
C10:0	0.15 (0.03) b	0.29 (0.02) a	0.33 (0.01) a	0.24 (0.03) ab	0.25 (0.04) ab	
C11:0	0.09 (0.02) b	0.22 (0.02) ab	0.36 (0.07) a	0.18 (0.04) b	0.16 (0.04) b	
C12:0	0.21 (0.04) b	0.53 (0.03) ab	0.77 (0.14) a	0.44 (0.07) ab	0.40 (0.08) b	
C13:0	0.03 (0.01) b	0.19 (0.04) ab	0.32 (0.09) a	0.15 (0.04) ab	0.13 (0.04) ab	
C14:0	1.53 (0.03) -	1.53 (0.03) -	1.51 (0.02) -	1.54 (0.02) -	1.55 (0.03) -	
C14:1(c9)	0.03 (0.002) b	0.04 (0.003) ab	0.05 (0.004) a	0.04 (0.003) ab	0.03 (0.004) b	
C15:0	0.06 (0.01) b	0.06 (0.01) ab	0.09 (0.01) a	0.07 (0.004) ab	0.07 (0.01) ab	
C15:1(c10)	0.05 (0.01) b	0.08 (0.01) ab	0.15 (0.03) a	0.08 (0.02) b	0.08 (0.02) ab	
C16:0	27.59 (0.26) -	27.55 (0.30) -	26.92 (0.18) -	27.30 (0.21) -	27.31 (0.20) -	
C16:1(c9)	3.39 (0.13) -	3.63 (0.18) -	3.45 (0.19) -	3.34 (0.15) -	3.33 (0.13) -	
C17:0	0.24 (0.02) -	0.22 (0.01) -	0.26 (0.02) -	0.25 (0.02) -	0.26 (0.01) -	
C17:1(c10)	0.20 (0.01) -	0.14 (0.03) -	0.13 (0.04) -	0.13 (0.04) -	0.15 (0.05) -	
C18:0	12.95 (0.39) -	12.65 (0.33) -	12.12 (0.24) -	12.95 (0.33) -	12.90 (0.24) -	
C18:1(t9)	0.11 (0.03) -	0.13 (0.03) -	0.19 (0.02) -	0.17 (0.04) -	0.17 (0.04) -	
C18:1(c9)	40.73 (0.54) -	40.83 (0.53) -	39.15 (1.02) -	40.47 (0.45) -	40.63 (0.56) -	
C18:2(t9,12)	0.06 (0.01) -	0.07 (0.01) -	0.07 (0.01) -	0.09 (0.01) -	0.07 (0.01) -	
C18:2(c9,12)	7.41 (0.56) -	7.41 (0.45) -	8.82 (0.59) -	7.62 (0.45) -	7.83 (0.43) -	
C18:3 (c6,c9,c12,n6)	1.67 (0.33) a	0.18 (0.04) b	0.28 (0.07) b	1.07 (0.33) ab	0.84 (0.27) ab	
C18:3 (c9,c12,c15,n3)	0.34 (0.01) -	0.30 (0.03) -	0.34 (0.02) -	0.36 (0.02) -	0.37 (0.02) -	
C20:0	0.08 (0.002) -	0.08 (0.003) -	0.08 (0.002) -	0.08 (0.003) -	0.08 (0.003) -	
C20:1(c11)	0.79 (0.01) -	0.79 (0.01) -	0.79 (0.02) -	0.79 (0.02) -	0.80 (0.02) -	
C20:2 (c11,14)	0.22 (0.01) -	0.19 (0.01) -	0.20 (0.005) -	0.22 (0.01) -	0.23 (0.01) -	
C21:0	0.04 (0.004) b	0.05 (0.004) ab	0.06 (0.004) a	0.04 (0.004) b	0.04 (0.003) b	
C20:3 (c8,11,14,n6)	0.34 (0.06) -	0.35 (0.04) -	0.40 (0.03) -	0.33 (0.04) -	0.33 (0.05) -	
C20:4 (c5,8,11,14,n6)	1.17 (0.16) -	1.39 (0.14) -	1.60 (0.14) -	1.18 (0.16) -	1.16 (0.17) -	
C22:1 (c13, n9)	0.02 (0.004) -	0.01 (0.003) -	0.02 (0.005) -	0.01 (0.003) -	0.01 (0.003) -	
C20:5 (c5,8,11,14,17,n3)	0.07 (0.01) b	0.10 (0.01) ab	0.12 (0.02) a	0.09 (0.01) ab	0.08 (0.01) ab	
C24:0	0.03 (0.01) c	0.20 (0.03) ab	0.32 (0.07) a	0.14 (0.03) bc	0.13 (0.03) bc	
C24:1 (c15, n9)	0.04 (0.02) -	0.03 (0.004) -	0.03 (0.01) -	0.02 (0.004) -	0.03 (0.01) -	
C22:6 (c4,7,10,13,16,19,n3)	0.16 (0.03) -	0.20 (0.02) -	0.24 (0.02) -	0.16 (0.02) -	0.18 (0.02) -	
SFA	43.20 (0.54) -	43.82 (0.318) -	43.66 (0.21) -	44.12 (0.415) -	43.95 (0.51) -	
MUFA	45.35 (0.61) -	45.05 (0.531) -	45.24 (0.63) -	45.69 (0.668) -	43.96 (1.15)	
PUFA	11.45 (0.57) -	11.13 (0.394) -	11.10 (0.59) -	10.19 (0.647) -	12.09 (0.76) -	

※ 数値は平均 (SE)、各群の異符号間に有意差 (P<0.05)

※ SFA: 飽和脂肪酸計、MUFA: 一価不飽和脂肪酸計、PUFA: 多価不飽和脂肪酸計

するという結果である(表1の下段)。焼成調理の方が肉は硬くなるようにも見えるが、短時間の煮沸調理では肉片に水分が浸透しないと考えることもできる。いずれにせよ各群8頭から得られた成形(スライス)肉を用いており個体差や調理誤差によるものとは考えにくい。アミノ酸分析結果も親水性のアミノ酸が主に

調理により減少していた(表2)。一部のアミノ酸、Glutamine, Aspartateなどいわゆる「旨み」に関するものの減少が顕著であったが、通常の調理の際は煮沸調理時に茹で汁を、焼肉では肉汁を活用場面もあるため一概に「旨味」が調理で失われると断定はできない。しかし調理の結果、これら成分が分析検体から流出す

表5 官能評価試験の結果

	煮 沸		焼 成	
	1.5min (n=10)	2.5min (n=10)	3min (n=10)	4min (n=10)
食 感 (1:硬~5:柔)	3.50 (0.31) a	3.10 (0.28) b	3.90 (0.28) -	2.90 (0.23) -
ジューシーさ (1:無~5:有)	4.00 (0.33) -	3.30 (0.30) -	3.90 (0.18) *	3.50 (0.22) -
美味しさ (1:弱~5:強)	3.80 (0.29) -	3.00 (0.33) -	3.00 (0.26) -	2.70 (0.30) -
香 り (1:弱~5:強)	3.10 (0.31) -	3.10 (0.35) -	2.40 (0.16) -	3.10 (0.28) -

※数値:平均 (SE)、\*: 雌雄間有意差 (P<0.05, U検定)、a-b: 異符号間有意差 (P<0.05, U検定)

ることは一つの情報でもあると考える。一方、調理後検体におけるジペプチドである Carnosine 及び Anserine の増加であるが、両者はヒスチジン及びアラニン由来のジペプチドで抗酸化作用を認めるとされている。鶏肉では磨砕後の凍結保存や調理により減少すると報告<sup>8)</sup>されている。この報告では生肉磨砕後に調理しており、本報告の方法と磨砕の順序が異なり単純な比較はできない。一方、本報告は生肉のアミノ酸分析前に生肉を磨砕しており生肉磨砕時に各種ペプチターゼが活性化しこれらジペプチドが分解されている可能性もある。単糖類ではD-mannose が調理後に増加しているが、これは多糖の分解により生じたと推察される。核酸類似物質である旨味成分イノシン酸の調理後の増加、特に焼成後の増加が明確だった(表3)。イノシン酸の加熱調理による変化に関する報告は多数見られ、調理時に分解される<sup>9)</sup>、流出する<sup>10)</sup>という報告もあるが、一方では急速加熱により分解が抑えられるという報告もある<sup>11)</sup>。本研究の分析結果からもより高い温度で調理した焼成肉検体でイノシン酸含量が高いため、加熱により分解酵素が失活した結果、豚肉中に保存され、一方生肉の分析検体は分析前に磨砕されており、イノシン酸が分解酵素に暴露された結果、生肉中イノシン酸含量が低く見えている可能性がある。脂肪酸分析の結果、調理により主要な脂肪酸、C16:0 や C18:1 の明確な損失は認められなかった(表4)。短中鎖飽和脂肪酸の調理による増加は長鎖脂肪酸の分解による可能性もある。C18:3(n6) 即ち  $\gamma$ -linoleic acid の減少が認められた。 $\gamma$ -linoleic acid は C20:4(n6) (arachidonic acid) へと変換されアラキドン酸経路に入り EPA や LT 等各種エイコサノイド(生理活性物質)の前駆体として働く。この物質の調理との関係は不明であるが、調理により低下するという特性は着目すべき現象と推察する。官能評価試験

は期待した明確な結果は得られなかったが、解析方法の変更で見えてくるものがある可能性もある。例えばパネラーの評価スコア平均値を見ると群間で相違があるように見えるが、検定では有意とならないものがある。ジューシーさ(煮沸2群間、焼成2群間)、美味しさ(煮沸2群間、焼成2群間)、香り(焼成2群間)等である(表5)。ただし、食感の項目で煮沸2群間で認めた差(1.5min 煮沸の方が2.5min 煮沸より柔らかい)は、力学分析(表1下段)と相反しており、これらに関してさらなる検討が必要と考えられる。

以上、本研究では生肉と調理肉における各種分析を多岐の項目で実施した。単糖類、脂肪酸組成など、今まであまり調査されていなかった項目についても、知見を得ることができた。一方、アミノ酸等の一部は既報<sup>10)12)</sup>と同様な結果が得られたが、イノシン酸(表3)や破断試験(表1)の結果はこれまでの報告<sup>9)10)</sup>や官能評価試験(表5)で認めた傾向と異なる部分もあり、本報告の分析データの解釈に際しては実験条件、順序等も考慮に入れた上で、活用する必要があると考えられる。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり破断試験及び粗タンパク質測定につき機器使用に御配慮、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所の加藤愛グループ長及び藤光 洋志 研究員に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 沖谷 明紘. 食肉のおいしさの決定要因. 栄養学雑誌, 2002, 60(3), 119-29.
- 2) 佐々木 啓介. 食肉の「おいしさ」について :

- 少数の成分で食肉の「おいしさ」を説明できるか.  
化学と生物, 2019, 57(8), 456-58.
- 3) 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, 2012, 56, 1-6.
  - 4) 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, 2010, 25.
  - 5) 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, 2018, 60, 12-13.
  - 6) 福田孝彦ら. 「大山ルビー」の理化学分析と官能評価における肉質特性. 鳥取中小試研報, 2022, 62, 16-24.
  - 7) 独立行政法人 家畜改良センター編. 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル(家畜改良センター技術マニュアル, 21), 2011.
  - 8) 小出あつみら. 鶏肉の貯蔵・加熱調理に伴うヒスチジン含有ジペプチド(アンセリン・カルノシン)およびDPPH ラジカル捕捉活性の変化. 日本調理科学会誌, 2007, 40(6), 397-404.
  - 9) 富岡和子ら. 加熱調理過程における獣鳥肉および魚肉中のイノシン酸の分解. 日本家政学会誌, 1993, 44(1), 11-18.
  - 10) Sasaki K et al., Changes in the amounts of water-soluble umami-related substances in porcine longissimus and biceps femoris muscles during moist heat cooking. Meat Science, 2007, 77(2), 167-72.
  - 11) 粟津原元子ら. 鶏肉の加熱調理方法による旨み成分の変化. 日本調理科学会大会研究発表要旨集, 2007, 創立40周年日本調理科学会平成19年度大会.
  - 12) 千国幸一ら. 豚肉風味関連物質の含量に対する加熱処理の影響. 日本養豚学会誌, 2002, 39(3), 191-99.