

# 「阿波とん豚」の肉質特性の解明

新居雅宏・松長辰司・金丸 芳\*)・飯塚 悟

## 要 約

阿波とん豚の肉質特性を解明するため、阿波とん豚と、大ヨークシャー純粋種及び市販豚肉について、肉の理化学性状、脂肪の性質、遊離アミノ酸濃度、味覚センサー及び官能評価等を実施した。

(1)阿波とん豚は、大ヨークシャー及び市販豚（WLD）に比べ、保水性に優れ、筋肉内粗脂肪含量が高かった。また、テンシプレッサーを用いた分析でも、軟らかく好ましい肉と判定された。

(2)官能評価でも、理化学分析値を裏付ける様に阿波とん豚が他に比べジューシーで軟らかく、また、豚肉臭が低い傾向が示唆された。

(3)脂肪酸組成は、パルミチン酸（C16:0）＋オレイン酸（C18:1）の割合は阿波とん豚が最も高かった。

(4)ビタミンB1は、市販豚肉に比べ、阿波とん豚が高かった。一方、グルタミン酸とアスパラギン酸を加えた遊離アミノ酸含量は低かった。Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC)に差はなかった。

(5)味覚センサーの結果は、阿波とん豚が旨味及び塩味（コク）が高い傾向を示した。また、食味検査は、阿波とん豚の物性が優れ、肉の臭みが少ない結果となった。

(6)GC-MSによる臭いの分析では、阿波とん豚が他に比べ低い濃度である11物質を特定した。

## 目 的

近年の養豚産業を取り巻く環境は、飼料価格の継続的な高止まり、輸入豚肉との競合等により経営は厳しい状況にある中、更なる国際化の動きも加速している。このような状況に対応するため、肉質に特化した新しい銘柄豚を作出し、銘柄豚肉を基点とした国際競争力のある経営体の育成が重要である。

本県では、イノシシの持つ肉質特徴を継承した新しい系統の確立に組んできており、イノシシ由来の特定の染色体領域を固定した系統を平成25年に「阿波とん豚」として命名し、官民協力してブランド化に取り組んでいる。阿波とん

\*)徳島大学大学院生物資源産業学部

豚は、イノシシより第6染色体の肉の赤さ及び第15染色体の肉の保水性等に関わる領域を取り込んでおり、途中世代ではこれらの形質の効果を確認している。また、阿波とん豚は、麦類を豊富に配合した専用飼料を給与しており、遺伝子の効果に環境効果を加えた銘柄である。

阿波とん豚の肉は、一般に発売以来、消費者より高い評価を得ている。しかしながら、これまででは阿波とん豚の途中世代豚について、肉の一般的な理化学検査を行ってきたにすぎなかった。そこで、阿波とん豚の遺伝子型を持ち、専用飼料を給与した豚肉の詳細な理化学検査に加え、分析型パネルによる肉の美味しさを評価した。併せて、味覚センサー及びGC-MSによる

分析を実施し、阿波とん豚の美味しさについて客観的数値化を図ることを目的とした。また、肉の機能性についても検討した。

阿波とん豚が本県のブランドとして地位を確立するためには、販売促進することも重要である。しかし、食品については、消費者の最終的な購入の判断材料には「美味しさ」が優先されるため、美味しくなければ販売促進されない。

これらの取り組みにより、美味しさと理化学的分析との相関を定め、美味しさを数値として可視化することで、他との差別化を行うことに使用するとともに今後の飼養管理の指標として取り入れる。

### 材料および方法

試験に供試した材料肉は、畜産研究課で飼養している大ヨークシャー(W) (44頭)及び阿波とん豚(T) (9頭)は、と畜翌日サンプリングするとともに阿波とん豚及び県内市販豚(大ヨークシャーxランドレースのF1xデュロック:WLD)についてはロースを購入し、最長筋を供試した。

#### (1) 肉の理化学性状

肉の基礎的な理化学性状については、当研究課の定法<sup>1)</sup>により測定した。

#### (2) テンシプレッサーによる物性の測定

厚さ2cmにカットした最長筋を70℃の湯中で1時間保持し、水道水で30分間冷却後、筋線維の方向に沿って1cm角に成形し、サンプルとした。テンシプレッサーMyBoy2(タケモト電機)の多重積算バイト測定解析によりTenderness(N/m<sup>2</sup>), Pliability, Toughness(J/n<sup>2</sup>), Brittlenessを測定した。

#### (3) 脂肪形質

背脂肪内層部の中心部より脂肪を切り出し上昇融点法により、融点の測定を行った。また、同様の部位の脂肪についてNaOHメタノールによ

るケン化、三フッ化ホウ素メタノール水溶液によるエステル化後、ヘキサン層に移行してその1μLをガスクロマトグラフィー(島津製作所GC-2014)に注入し、リテンションタイムにより脂肪酸を同定し、百分率により示した。

#### (4) ビタミンB1及びB2

ミンチ肉に希塩酸を加え、オートクレーブ後、酸性ホスファターゼ及びパパインを加え、培養後、高速液体クロマトグラフィーにより分析した。

#### (5) 遊離アミノ酸

ミンチ肉に1%スルフォサルチル酸を加え、ホモジナイズ-遠心-濾過後、高速アミノ酸分析装置により分析した。

#### (6) Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC)

豚肉を凍結乾燥して粉碎したもの1gをヘキサン-ジクロロメタン混合液(1:1) 10mLで抽出し、上清と残渣に分けた。この上清を乾枯させてアセトンを加えたものを脂溶性溶液とした。一方、残渣をアセトン-酢酸-蒸留水混合液(70:29.5:0.5) 20mLで抽出したものを水溶性溶液とした。Oxiselect ORAC Activity Assay (Cell Biolabs, Inc.) キットを用いて、脂溶性溶液についてはL-ORAC、水溶性溶液についてはH-ORACとして測定し、その合計をTotal-ORACとした。

#### (7) 味覚センサーによる味の分析

味認識装置(TS-5000; インテリジェントセンサーテクノロジー)を用い、5種類の味覚センサーにより、苦味雑味、旨味、塩味、苦味、旨味コクを分析した。

試験1: 阿波とん豚(T)と市販豚(WLD)を比較し、WLDを0とした場合のT換算値を表記した。

試験2: T、WLD及びWの3検体で比較し、Wを0とした場合のT及びWLDの換算値を表記した。

#### (8) 官能評価

##### 試験 1

(7)の試験1で味覚センサーによる味分析と同じロース部位を厚さ約1cmに切り、200℃に設定したホットプレートにクッキングシートを敷いて、片面2分30秒間、さらに裏返して2分30秒間、更にふたをして2分間加熱したものを試料とし、1枚を十字に切り、パネリストに提供した。パネリストは、パネル選定用基準臭(第一薬品産業株式会社)により、味覚正常者と判断され、なおかつ、0.4%ショ糖、0.02%クエン酸、0.13%食塩、0.05%グルタミン酸ナトリウム及び0.03%カフェインを含む水溶液の味が正しく認識できる者とした。

評価項目は、赤肉部分を食べて「硬さ」、「ジューシー感」、「旨味」、赤肉と脂身を同時に食べて「風味」、「甘味」、「旨味」、「総合評価」について5段階で12名のパネリストにより評価した。

#### 試験2

(7)の試験2と同じ肉を用い、評価項目の「風味」を「くさみ」に変更し、その他は(8)の試験1と同様に官能検査を実施した。

#### 試験3

T及びWLDの2点比較を徳島大学総合科学部社会創生学科環境共生コースの3・4年のうち、パネルの基準をクリアした17名による官能評価を行った。肉は冷蔵庫で24時間解凍し、厚さ3cmのブロックにカットした。ブロック肉をスーパーsteam (マルゼン) で、庫内90℃・肉の芯部温度85℃になるように、芯温調理した。厚さ3mm、縦2cm×横2cmのサイズにカットして、官能評価に提供した。評点は-3~3までの7点とし、評価項目は、風味(肉特有の香り)、旨味、甘味、酸味、多汁性(ジューシーさ)、食感(軟らかさ)、及び総合評価の7項目とした。また、最後に、どちらの肉が好きかと質問し、嗜好性も調査した。

#### (9) 臭気成分の同定と比較

(7)(8)の試験2に用いた肉について、それぞれの試料の脂身1gをバイアル瓶に入れ、加熱、固相マイクロ抽出法(Solid Phase Micro Extraction: SPME)により揮発性成分を吸着後、ガスクロマトグラフ-質量分析計(Agilent Technologies)により測定した。

#### 結果及び考察

##### (1) 肉の理化学性状

表1に阿波とん豚(T)、大ヨークシャー(W)及び県内一般豚(WLD)の理化学性状を示した。

水分は、Tが他の2区に比べ、低く、マーブリングスコア及び筋肉内粗脂肪含量が高かった( $P < 0.01$ )。また、加熱加塩保水性は、TがWに比べ高く( $P < 0.01$ )、WLDに比べても高い傾向がみられた。一方、ドリップロスは $T < WLD < W$ の順に高くなった。これらのことは、TがWLD及びWに比べ物性に優れることを示唆している。特にWに比べ差が大きかった。

##### (2) テンシプレッサーによる物性の測定

テンシプレッサーを用いた食感の結果を示した(表2)。Tenderness、Pliability及びToughnessでWLDに比べ阿波とん豚が低く、Brittlenessでは高くなった( $P < 0.01$ )。

Tenderness、Pliability、Toughness及びBrittlenessは、日本語では軟らかさ、噛み応え、柔軟性及びもろさと表現され、柔軟性以外は低い数値ほど、軟らかくて評価の高い肉となる。これらのことより、TはWLDに比べ、軟らかく、噛み切りやすいことが明らかになった。また、測定数が少ないため参考値であるが、剪断力価との関連性よりWはWLDよりも硬い肉であることが示唆された。

##### (3) 脂肪形質

脂肪融点は、TとWLDがほぼ同じ温度でWに比べ低かった( $P < 0.05$ )。脂肪酸組成は、リノール酸以外の調査形質で系統間に差がみられた。

ミリスチン酸 (C14:0)、パルミチン酸 (C16:0) 及びパルミトレイン酸 (C16:1) についてW及びTがWLDに比べ高かった。一方、ステアリン酸 (C18:0) は、 $T < W < WLD$ の順に割合が高かった。オレイン酸は、WLD及びTに対してWが低い傾向がみられた。木全ら<sup>2)</sup>は、C16:0 及びC18:1が食味と正の相関を示すのに対し、ステアリン酸 (C18:0) 及びリノール酸 (C18:2) が負の相関を示すと報告している。C16:0+C18:1は、Tが最も高く、逆にC18:0+C18:2は低い結果となった。

#### (4) ビタミンB1及びB2

ビタミンB1及びB2の測定結果を表4に示した。ビタミンB1ではWLDに比べ高かった ( $P < 0.01$ )。WLDのビタミンB1濃度は、100g中1.05mgと一般的であるのに対し、Tでは2倍程度多く含まれていた。飼料中のビタミンB1量が豚肉中のビタミンB1濃度を変更することが報告<sup>3)</sup>されており、今後阿波とん豚専用飼料中及び肉中のビタミン濃度の測定を行い、再現性を明らかにする。

#### (5) 遊離アミノ酸

生体アミノ酸分析用カラムを用いて、同定可能なアミノ酸、ペプチド等について表5に示した。多くの項目で区間に差がみられた。甘味系アミノ酸とされるグリシン、アラニン、スレオニン、プロリン及びセレンを加えた結果、T及びWLDがWに比べ高くなった ( $P < 0.01$ )。一方、うまみ系アミノ酸とされるグルタミン酸とアスパラギン酸を加えた値では、WLDがT及びWに比べ高かった ( $P < 0.01$ )。

#### (6) Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC)

豚肉を凍結乾燥させ、その水溶性成分ORAC (H-ORAC) と脂溶性成分ORAC (L-ORAC) を測定した。その結果を表6に示す。今回の測定では、H-ORACしか結果が得られなかった。阿波とん豚は市販の対照品と比較して、差はなかった。

#### (7) 味覚センサーによる味の分析

#### 試験1 TとWLDの比較

2検体比較の結果を図1に示した。結果、旨味についてTが優れる傾向にあったが、人が味を感じることができる1には到達しなかった。

#### 試験2 T、WLD及びWの比較

3検体の結果を図2に示した。Tの塩味が最も高く、次いでW、WLDの順であった。味覚認識装置における塩味は味の厚みとして評価されることがあるので、Tが最も味に厚みがあることが示唆された。一方、苦味雑味は、Wが他に比べて高く、苦味雑味はコクの広がりとして評価されることがあるため、Wが味にコクがあることが示唆された。

#### (8) 官能評価

##### 試験1

TはWLDより柔らかく、ジューシーであることが示され ( $P < 0.01$ )、そのほかの項目については有意差はみられなかった。

##### 試験2

T及びWLDはWよりも柔らかく、TはWよりもジューシーであった ( $P < 0.01$ )。また、WLDは、Wよりもうまみが強く、総合評価はT及びWLDがWよりも高かった。

##### 試験3

WLDと比較すると、Tは食感に有意差があり、軟らかいと評価された ( $p < 0.05$ ) (図5)。その他では有意差は無いが、酸味が弱く、多汁性があり、甘みや風味が強い傾向で、総合評価も高かった。嗜好性としてどちらが好みかを聞いたところ、表7にあるように、阿波とん豚の方が好きと答えたのが6割を超えていた。阿波とん豚は、しまった食感でジューシーであり、甘みのある豚肉として好みとされることが示唆された。

#### (9) 臭気成分の同定と比較

それぞれのクロマトグラムより、TがWLDより

も明らかに小さいピークについて表7に示した。

2) 木全 誠・石橋 晃・鎌田俊彦. 日本養豚学会誌. 38. 45-50. 2001

## 文 献

1) 新居雅宏・山口智美・浅野順司. 徳島畜研報. 9. 29-32. 2010

3) 鈴木宏幸・永井卓也・喜瀬昌明【特開平2015-012867】

表1. 阿波とん豚(T)、県内銘柄豚(WLD)及び大ヨークシャー(W)の理化学性状

項目	W (n=44)		WLD (n=8)		T (n=20)	
	Ave	SE	Ave	SE	Ave	SE
pH	5.55 <sup>Aa</sup>	0.01	5.72 <sup>Bb</sup>	0.09	5.62 <sup>c</sup>	0.03
水分 (%)	73.10 <sup>A</sup>	0.17	73.90 <sup>A</sup>	0.22	70.04 <sup>B</sup>	0.54
剪断力価 (kg)	3.19 <sup>A</sup>	0.12	2.82	0.36	2.29 <sup>B</sup>	0.18
ヘマチン (mg/100g)	3.55	0.07	3.77	0.21	3.76	0.14
ドロップロス (%)	7.04 <sup>A</sup>	0.37	4.27 <sup>Ba</sup>	0.72	2.31 <sup>Bb</sup>	0.24
PCS	3.16 <sup>A</sup>	0.12	4.13 <sup>B</sup>	0.44	4.68 <sup>B</sup>	0.16
マーブリングスコア	1.48 <sup>A</sup>	0.10	1.88 <sup>A</sup>	0.16	3.88 <sup>B</sup>	0.43
加熱加塩遠心保水性 (%)	66.23 <sup>A</sup>	1.37	70.49	4.28	76.27 <sup>B</sup>	1.32
筋肉内粗脂肪含量 (%)	3.13 <sup>A</sup>	0.20	3.23 <sup>A</sup>	0.15	7.95 <sup>B</sup>	0.55

W; 大ヨークシャー、WLD; 県内銘柄豚、T; 阿波とん豚

A-B-C: P<0.01, a-b-c: P<0.05

表2. 阿波とん豚(T)、県内銘柄豚(WLD)及び大ヨークシャー(W)の食感の特徴

項目	W (n=1)		WLD (n=8)		T (n=16)	
	Ave	SE	Ave	SE	Ave	SE
Tenderness (N/m <sup>2</sup> )	8665500		7231958 <sup>A</sup>	943083	5000823 <sup>B</sup>	282176
Pliability	1.41		1.50 <sup>A</sup>	0.08	1.20 <sup>B</sup>	0.03
Toughness (J/m <sup>2</sup> )	2295000		1877938 <sup>A</sup>	243437	1186649 <sup>B</sup>	94282
Brittleness	1.29		1.33 <sup>A</sup>	0.05	1.97 <sup>B</sup>	0.09

A-B-C: P<0.01, a-b-c: P<0.05

表3. 阿波とん豚(T)、県内銘柄豚(WLD)及び大ヨークシャー(W)の脂肪の性質

調査形質	W (n=36)		WLD (n=8)		T (n=20)	
	Ave	SE	Ave	SE	Ave	SE
ミスチン酸 (C14:0)	1.35 <sup>Aa</sup>	0.02	1.22 <sup>B</sup>	0.05	1.35 <sup>b</sup>	0.03
パルミチン酸 (C16:0)	28.47 <sup>A</sup>	0.18	26.71 <sup>B</sup>	0.28	28.45 <sup>A</sup>	0.24
パルミトリン酸 (C16:1)	1.76 <sup>A</sup>	0.06	1.36 <sup>B</sup>	0.08	1.93 <sup>A</sup>	0.07
ステアリン酸 (C18:0)	17.82 <sup>a</sup>	0.32	18.60 <sup>A</sup>	0.62	16.57 <sup>Bb</sup>	0.32
オレイン酸 (C18:1)	42.38 <sup>a</sup>	0.33	43.95 <sup>b</sup>	0.63	43.46	0.45
リノール酸 (C18:2)	7.83	0.17	7.80	0.53	7.82	0.25
総飽和脂肪酸	47.64 <sup>a</sup>	0.37	46.52	0.67	46.37 <sup>b</sup>	0.49
融点 (°C)	39.45 <sup>a</sup>	0.41	37.47	1.27	37.43 <sup>b</sup>	0.79

A-B-C: P<0.01, a-b-c: P<0.05

表4. 阿波とん豚(T)、県内銘柄豚(WLD)及び大ヨークシャー(W)のビタミンB1及びB2含量

項目	W(n=1)		WLD(n=8)		T(n=18)	
	Ave	SE	Ave	SE	Ave	SE
ビタミンB1 (mg/100g)	1.31	—	1.05 <sup>A</sup>	0.07	2.01 <sup>B</sup>	0.10
ビタミンB2 (mg/100g)	0.20	—	0.24	0.01	0.23	0.01

表5. 阿波とん豚(T)、県内銘柄豚(WLD)及び大ヨークシャー(W)のアミノ酸含量(mg/100g)

項目	W(n=35)		WLD(n=8)		T(n=20)	
	Ave	SE	Ave	SE	Ave	SE
Phosphoserine (P-Ser)	0.83	0.03	0.83	0.11	0.95	0.06
Taurine (Tau)	18.03 <sup>A</sup>	0.73	34.32 <sup>B</sup>	3.63	31.94 <sup>B</sup>	1.90
Aspartic acid (Asp)	7.33 <sup>A</sup>	0.30	5.71 <sup>B</sup>	0.28	6.11 <sup>B</sup>	0.26
Threonine (Thr)	2.33 <sup>A</sup>	0.07	3.23 <sup>A</sup>	0.37	3.74 <sup>B</sup>	0.19
Serine (Ser)	2.01 <sup>A</sup>	0.08	3.81 <sup>B</sup>	0.29	4.10 <sup>B</sup>	0.30
Asparagine (Asn)	0.70 <sup>A</sup>	0.04	0.76 <sup>A</sup>	0.59	1.69 <sup>B</sup>	0.12
Glutamic acid (Glu)	5.38 <sup>A</sup>	0.24	10.40 <sup>B</sup>	0.51	6.76 <sup>C</sup>	0.53
Glutamine (Gln)	14.33 <sup>A</sup>	0.34	22.81 <sup>B</sup>	1.72	21.08 <sup>B</sup>	0.85
Glycine (Gly)	8.10 <sup>A</sup>	0.18	10.88 <sup>Ba</sup>	0.77	9.55 <sup>Bb</sup>	0.33
Alanine (Ala)	12.67 <sup>A</sup>	0.40	18.10 <sup>B</sup>	1.04	20.02 <sup>B</sup>	0.87
Valine (Val)	3.41 <sup>A</sup>	0.09	4.42 <sup>Ba</sup>	0.27	5.03 <sup>Bb</sup>	0.21
Methionine (Met)	0.92 <sup>A</sup>	0.06	1.96 <sup>Ba</sup>	0.20	2.77 <sup>Bb</sup>	0.35
Isoleucine (Ile)	1.81 <sup>A</sup>	0.06	2.61 <sup>B</sup>	0.15	3.30 <sup>C</sup>	0.21
Leucine (Leu)	3.17 <sup>A</sup>	0.09	4.99 <sup>B</sup>	0.32	5.92 <sup>B</sup>	0.42
Tyrosine (Tyr)	2.05 <sup>Aa</sup>	0.09	2.80 <sup>Ab</sup>	0.24	3.94 <sup>B</sup>	0.28
$\beta$ -Alanine ( $\beta$ -Ala)	3.40 <sup>A</sup>	0.12	8.13 <sup>B</sup>	1.73	3.72 <sup>A</sup>	0.18
Phenylalanine (Phe)	1.92 <sup>A</sup>	0.07	2.89 <sup>B</sup>	0.17	3.99 <sup>C</sup>	0.32
Ornithine (Orn)	0.44 <sup>A</sup>	0.02	0.98 <sup>B</sup>	0.17	0.43 <sup>A</sup>	0.03
Histidine (His)	1.90 <sup>A</sup>	0.05	2.19 <sup>B</sup>	0.11	2.34 <sup>B</sup>	0.10
Lysine (Lys)	2.97 <sup>Aa</sup>	0.10	3.78 <sup>b</sup>	0.39	4.78 <sup>Bc</sup>	0.30
Anserine (Ans)	34.45	0.80	36.40	3.22	32.46	1.74
Carnosine (Car)	833.6 <sup>a</sup>	9.88	830.0	41.67	779.3 <sup>b</sup>	21.88
Arginine (Arg)	11.68 <sup>A</sup>	0.20	13.71 <sup>B</sup>	0.64	14.48 <sup>C</sup>	0.47
Total (mg/100g)	1020.5	8.95	1048.8	45.74	988.8	25.01
甘味 (GlyAlaThrProSer)	25.11 <sup>A</sup>	0.60	36.02 <sup>B</sup>	1.74	37.41 <sup>B</sup>	1.54
うまみ (GluAsp)	12.72 <sup>A</sup>	0.51	16.11 <sup>B</sup>	0.65	12.86 <sup>A</sup>	0.67

表6. 阿波とん豚及び市販豚肉の活性酸素吸収能力 (ORAC)

	H-ORAC		L-ORAC		Total-ORAC	
	Ave	SE	Ave	SE	Ave	SE
阿波とん豚 (n=6)	8.20	0.42	ND		8.20	0.42
市販品 (n=6)	7.80	0.67	ND		7.80	0.67

単位は、 $\mu\text{mol TE/g}$ : Trolox  $1\mu\text{mol}$ の活性を単位として表示

Total-ORAC=H-ORAC+L-ORAC, ND:未検出

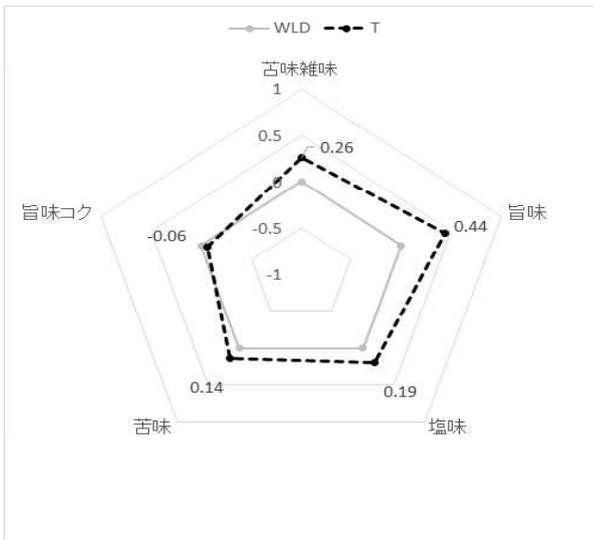


図1. 味覚センサーによる分析(試験1)

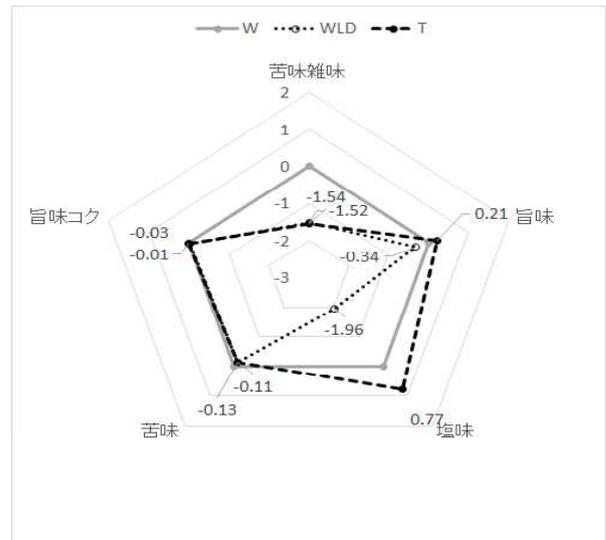


図2. 味覚センサーによる分析(試験2)

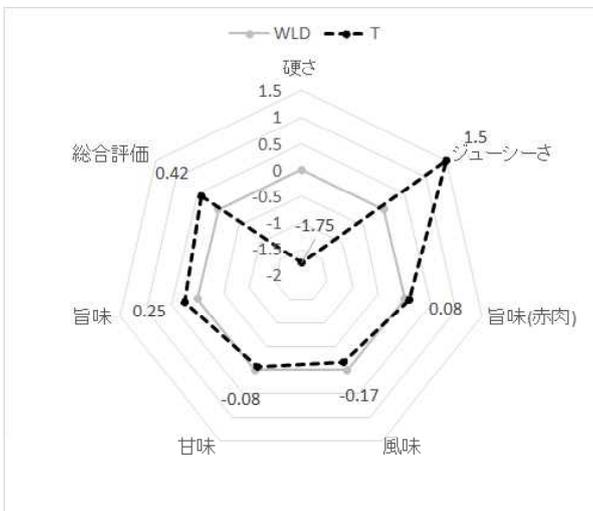


図3. 官能評価結果(試験1)

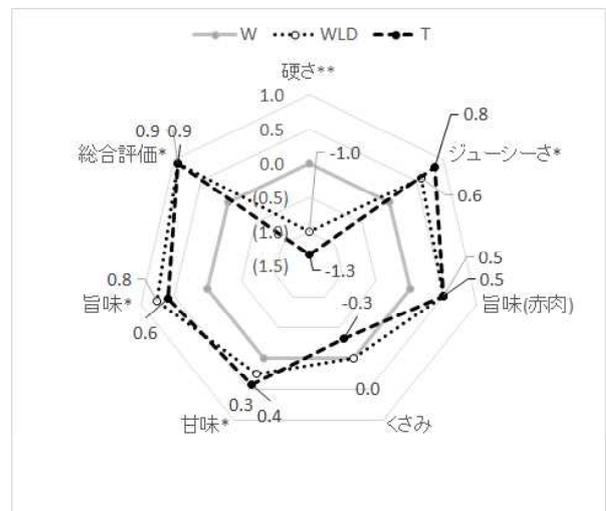


図4. 官能評価結果(試験2)



図5. 官能評価結果(試験3)

表7. 嗜好性 (対照品と試験品のどちらが好きかを問う)

	好みと答えた人数 (17人中)		
	1回目	2回目	平均
阿波とん豚	12 (70.6%)	10 (58.8%)	11 (64.7%)

表8. 臭気成分の同定と比較

物質名
ヘキサナール
ヘプタナール
2-ペンチルフラン
1-ペンタノール
2-ヘプテナール
1-ヘキサノール
ノナナール
<i>trans</i> -2-オクテナール
1-オクテン-3-オール
1-ヘプタノール
ノネナール

TよりもWLDが大きなピーク示した物質を同定した