

エコフィード配合割合が異なる飼養条件下で生産された「紀州和華牛」の肉質特性

松橋 珠子¹, 長堀 百花², 後藤田 実咲², 後藤 洋人³, 宮本 泰成³, 白木 琢磨²

要旨

紀州和華牛は赤身肉ニーズの高まりを背景に開発された脂肪交雑を抑えた黒毛和種の牛肉である。紀州和華牛の生産には和歌山県産の食品加工副産物を利用して製造されたエコフィードを1割以上与えて肥育することや、積極的なビタミンA制限を行わないことなどの条件が定められている。さらに近年の飼料価格高騰によりエコフィードの混合割合を増やした肥育管理の経済的効果がさらに高まっている。しかし、このような条件下で生産された牛肉にどのような肉質特性が付与されるかは明らかでない。本研究では、エコフィード給与量が紀州和華牛の肉質特性に与える影響を探るため、市販飼料にエコフィードを30%または50%混合した飼料で肥育した牛を試験区(30%区、50%区)、市販飼料で肥育された牛を対照区として、枝肉格付成績およびロース肉の各種理化学分析値への影響を調べた。その結果、枝肉格付形質では、対照区に比べ50%区でロース芯面積やばらの厚さの成績が高い一方で、試験区で成績が低い形質は確認されず、エコフィードを30%または50%混合した飼料の給与が枝肉成績に良い影響をもたらすことが示唆された。ロース肉の理化学分析では、対照区に比べ試験区でビタミンE含量、リノール酸割合、多価不飽和脂肪酸割合が有意に高く、脂肪融点が有意に低くなっていた。また30%区では粗脂肪含量が有意に少なく、50%区ではパルミチン酸割合が有意に低くなっていた。試験区でビタミンE量が有意に多かったのはエコフィード中にビタミンEが多く含まれていたことによると考えられた。また試験区で不飽和脂肪酸割合が高かったことが脂肪融点の低下に影響したと考えられた。以上の結果から、エコフィードを給与された紀州和華牛はビタミンE量が多く、脂肪融点の低い口溶けの良い牛肉であることが示唆された。

キーワード：黒毛和種肥育牛、エコフィード、紀州和華牛、食肉理化学分析、地域ブランド

1. 緒論

黒毛和種は肉用種の中でも特に霜降りが入りやすい特徴がある。日本食肉格付協会による牛肉の格付では、枝肉に占める部分肉の割合をA、B、Cの3段階に評価する歩留等級と、脂肪交雑、肉の色沢、肉の縮まり及びきめ、脂肪の色沢と質を5段階に評価する肉質等級の2つの評価基準があり、あわせて15段階に分けられている⁽¹⁾。枝肉の評価は霜降りが多いほど高くなることから、生産者は霜降りが多い牛肉生産を目指し技術向上に取り組んでいる。しかし、近年では、霜降り肉に比べ赤身肉の購入頻度が上がっており、消費者からは和牛の赤身も求められている^(2,3)。牛肉の取引価格は、枝肉格付成績だけでなく地域ブランドが影響し高価格で取引されることもある^(4,5)。

和歌山県には熊野牛という黒毛和種のブランド牛があるが、和歌山県の畜産業をさらに活性化させるために他の黒毛和種との差別化を図る新たなブランド牛の開発が試みられた。そして誕生したのが、2019年に和歌山県畜産試験場と近畿大学との共同研究により生まれた、赤身の多い和牛肉が特徴の地域ブランド「紀州和華牛」である。近年の社会問題でもある食品ロスに注目して、紀州和華牛にはエコフィードと呼ばれるオリジナル飼料を給与して肥育している。エコフィードとは、“環境にやさしい”や“節約する”

原稿受付 2024年1月16日

1. 近畿大学先端技術総合研究所, 〒642-0017 和歌山県海南市南赤坂 14-1
2. 近畿大学生物理工学部 食品安全工学科, 〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930
3. 和歌山県畜産試験場, 〒649-3141 和歌山県西牟婁郡すさみ町見老津 1

を意味する“eco”と“飼料”を意味する“feed”からあわせて造られた造語である。紀州和華牛用エコフィードは、リサイクル会社で農産副産物や食品製造時に出る残さから製造されている⁽⁶⁾。現在、牛肉生産に用いる濃厚飼料原料の穀物は多くを輸入に依存している⁽⁷⁾。濃厚飼料の一部をエコフィードに代替できれば、飼料費を安価に抑えられ、飼料自給率の向上にもつながる。さらに副産物を利用することから、二酸化炭素やオゾン層破壊物質の排出抑制にもつながる。

紀州和華牛は3つの条項をすべて満たすものと定義されており、和歌山県内で肥育された黒毛和種であること、県産副産物（すなわちエコフィード）を1割以上利用した飼料で肥育していること、肉質等級を2、3、4のいずれかに限ることとしている⁽⁸⁾。しかし、これらの定義のもとで生産された牛肉がやわらかさや脂の質などの肉質にどのような特徴を獲得しているかは明らかでない。またエコフィードの過剰給与が肉量や肉質に負の影響を与える可能性も危惧される。そこで本研究では、紀州和華牛の肉質特性に特に大きく影響する可能性のあるエコフィードに着目して、その給与割合を変更した時の枝肉格付成績や食味に関連する理化学分析値への影響を明らかにし、地域ブランド牛としての牛肉の付加価値を高める際の客観的情報基盤を確保することを目的として研究を行った。

2. 材料と方法

材料

2016年から2020年に和歌山県内の民間農家あるいは和歌山県畜産試験場に肥育導入され、通常の市販飼料のみまたは和歌山県産の食品加工副産物を利用して製造されたエコフィードを市販飼料に一定割合混合した飼料で肥育された黒毛和種去勢牛31頭を研究に用いた。市販飼料のみで肥育された5頭を対照区、エコフィードを給与して生産された紀州和華牛を試験区とし、試験区のうち濃厚飼料の30%をエコフィードで代替した飼料で肥育した10頭を30%区、濃厚飼料の50%をエコフィードで代替した飼料で肥育した16頭を50%区とした（表1）。枝肉形質には（公社）日本食肉格付協会による枝肉格付形質のうち、枝肉重量、ロース芯面積、ばらの厚さ、皮下脂肪の厚さ、しまり、きめ、BMS.No、BCS.No、BFS.Noの9形質を解析に用いた。理化学分析用サンプルとして、第6～第7肋骨間切開面に近接する厚さ約1cmのロース肉を収集し、真空包装後、分析まで-30℃で保管した。

表1 供試検体の概要

	対照区	試験区（紀州和華牛）	
		30%区	50%区
飼料	市販の濃厚飼料	濃厚飼料の30%を エコフィードで代替	濃厚飼料の50%を エコフィードで代替
頭数（頭）	5	10	16
肥育導入時期	2019年4月 ～2020年3月	2019年5月 ～2019年11月	2019年10月 ～2020年5月
出荷月齢*（ヶ月齢）	26.5±0.5	26.6±0.9	26.6±0.4

* 平均値±標準偏差

理化学分析

外観評価および、家畜改良センター（2010）をもとに各種理化学分析を行った⁽⁹⁾。分光測色計（KONICA MINOLTA, CM-2500d）を用いてロース肉の色彩値（L*a*b*表色系、SCI方式）を測定した後、ロース肉か

ら胸最長筋部分全体を切り出し、保水性は遠心法、水分含量は 135°C 乾燥法、粗脂肪含量はソックスレー抽出法、脂肪融点は水中加温時の上昇融点を測定した。脂肪酸組成は Folsh らの方法で脂肪抽出しメチルエステル化した脂肪酸を DB-WAX カラム (Agilent Technologies、122-7062) によるガスクロマトグラフィー (SHIMADZU, GC-2014) で分析した。ビタミン E 量は酢酸エチル・ヘキサンで抽出したトコフェロールをヘキサンに溶解し SW-C18 カラム (Imtakt, SW076) を用いた HPLC (SHIMADZU) で分析した。脂質過酸化値の測定には、チオバルビツール酸反応性物質 (TBARS) を指標とした TBARS Assay Kit (Cayman Chemical) を用いた。

統計処理

各形質値について試験区間の平均値の差の検定には一元配置の分散分析 (エクセル統計) を用い、得られた P 値が $P < 0.05$ の場合には Tukey の多重比較検定で全 2 区間の比較を行った。

3. 結果

エコフィード給与による枝肉格付形質への影響

各区の枝肉格付成績を表 2 に示した。ロース芯面積は対照区に比べ試験区の方が大きい傾向がみられ 50% 区は対照区より有意に大きかった ($P < 0.05$)。ばらの厚さは対照区および 30% 区に比べ 50% 区で有意に厚かった ($P < 0.05$)。BFS. No は対照区に比べ試験区で有意に成績が高かった。枝肉重量、皮下脂肪の厚さ、しまり、きめ、BMS. No、BCS. No については 3 区間の差はみられなかったが、対照区に比べ 30% 区や 50% 区で成績が低かった形質はなく、エコフィード給与による枝肉形質への負の影響はみられなかった。

表 2 枝肉格付成績

形質	対照区	試験区		P 値
		30% 区	50% 区	
枝肉重量 (kg)	417.0 ± 44.3	447.0 ± 55.2	465.0 ± 38.2	
ロース芯面積 (cm ²)	50.6 ± 7.4 ^y	56.5 ± 6.7	59.3 ± 5.9 ^x	< 0.05
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.3 ± 0.3	2.5 ± 0.8	2.4 ± 0.5	
ばらの厚さ (cm)	7.1 ± 0.7 ^y	7.3 ± 0.6 ^y	7.9 ± 0.5 ^x	< 0.01
しまり	4.0 ± 1.0	3.8 ± 0.4	3.9 ± 0.5	
きめ	4.2 ± 0.8	4.5 ± 0.5	4.4 ± 0.7	
BMS. No	6.2 ± 2.3	5.9 ± 1.2	5.7 ± 1.4	
BCS. No	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.4	3.4 ± 0.6	
BFS. No	2.0 ± 0.0 ^b	3.2 ± 0.6 ^a	3.1 ± 0.3 ^a	< 0.001

平均値 ± 標準偏差

異符号間に有意差あり (a, b: $P < 0.01$ 、x, y: $P < 0.05$)

エコフィード給与割合と牛ロース肉の理化学分析値との関連

各区の理化学分析結果を表 3 に示した。粗脂肪含量は対照区に比べ 30% 区で有意に低かった。脂肪酸組成は、対照区に比べ 30% 区で C16:0 (パルミチン酸) 割合が低かった (図 1-a) が、C14:0 (ミリスチン酸)、C18:0 (ステアリン酸) 割合では 3 区間の差がみられず、飽和脂肪酸割合でも差がみられなかった。また、C16:1 (パルミトレイン酸) 割合、C18:1 (オレイン酸) 割合、一価不飽和脂肪酸割合も差がみられなかった。C18:3 (リノレン酸) 割合は 3 区間の差がみられなかったが、C18:2 (リノール酸) 割合と多価不飽和

脂肪酸割合は対照区に比べ試験区で高かった (図 1-b)。しかし不飽和脂肪酸割合では 3 区間の差がみられなかった。脂肪融点は対照区に比べ試験区で有意に低く、30%区が最も低かった (図 1-c)。ビタミン E 含量は対照区に比べ試験区で有意に高く、30%区が最も高かった (図 1-d)。L*a*b*、保水性、水分含量、脂質過酸化値は 3 区間で差がみられなかった。

表 3 理化学分析値

形質	対照区	試験区		P値
		30%区	50%区	
L*	35.9±1.2	36.6±4.0	37.2±4.3	
a*	19.8±1.0	20.6±2.4	19.2±3.0	
b*	21.9±1.0	21.9±1.3	21.3±2.4	
保水性 (%)	79.9±3.0	76.8±2.9	76.3±2.7	
水分含量 (%)	41.5±6.4	47.3±3.2	45.9±5.2	
粗脂肪含量 (%)	39.4±8.7 ^x	31.5±3.9 ^y	35.9±6.0	<0.05
脂肪酸組成 (%)				
C14:0	3.0±0.1	2.6±0.4	2.8±0.6	
C16:0	30.0±2.4 ^x	27.4±2.4	26.5±2.2 ^y	<0.05
C16:1	4.0±0.5	4.4±1.9	4.1±0.9	
C18:0	12.3±1.2	11.6±1.3	11.5±1.7	
C18:1	48.6±3.0	50.3±2.8	49.8±2.4	
C18:2	2.1±0.7 ^b	3.7±0.6 ^a	3.6±1.0 ^a	<0.01
C18:3	0.1±0.1	0.1±0.0	0.2±0.2	
飽和脂肪酸	45.3±3.5	41.6±3.4	41.7±3.0	
不飽和脂肪酸	54.7±3.5	58.2±3.4	58.2±3.1	
一価不飽和脂肪酸	52.6±3.3	54.7±3.3	54.6±3.1	
多価不飽和脂肪酸	2.2±0.6 ^b	3.7±0.6 ^a	3.8±1.0 ^a	<0.01
脂肪融点 (°C)	31.4±3.5 ^x	25.5±2.5 ^y	26.6±4.0 ^y	<0.05
脂質過酸化値 (μM)	3.9±0.9	3.9±0.5	3.8±0.7	
ビタミンE含量 (μg/g)	22.0±7.5 ^b	39.4±5.3 ^a	35.7±8.1 ^a	<0.001

平均値±標準偏差

号間に有意差あり(a, b: $P<0.01$ 、x, y: $P<0.05$)

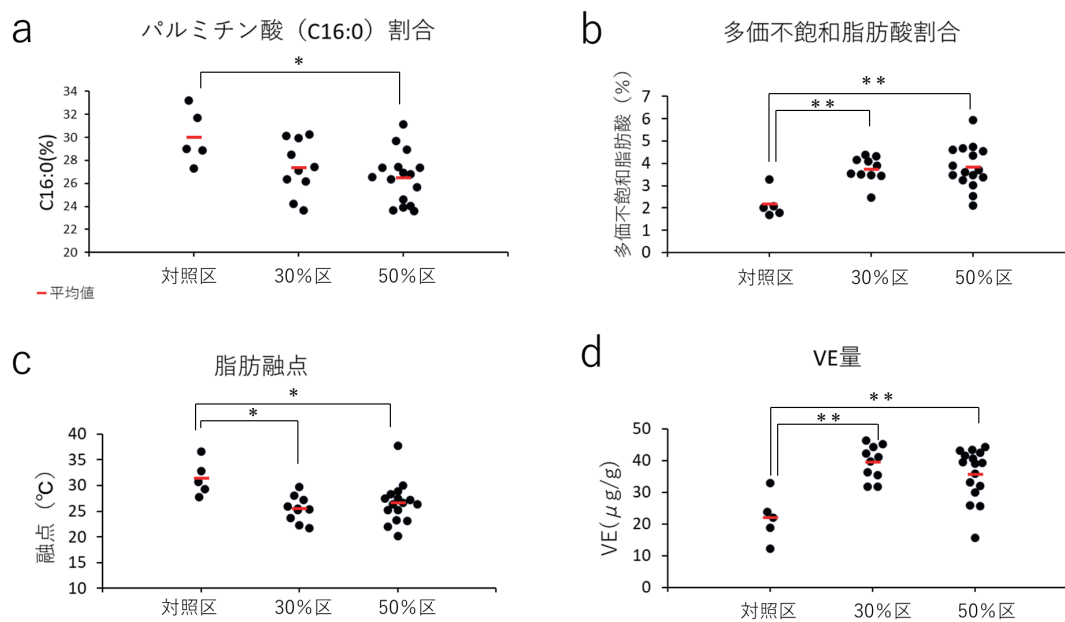


図1 理化学分析値の区間比較

a. パルミチン酸割合、b. 多価不飽和脂肪酸割合、c. 脂肪融点、d. ビタミンE含量
* $P < 0.05$ 、** $P < 0.01$

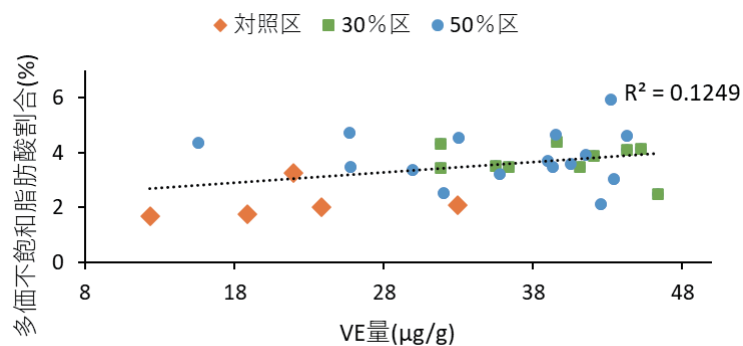


図2 多価不飽和脂肪酸割合とビタミンE含量との関係

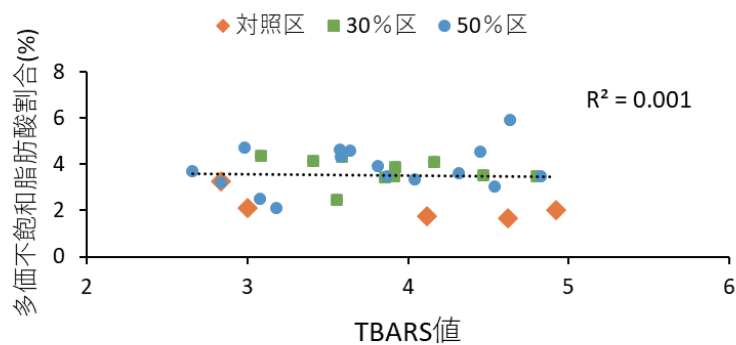


図3 多価不飽和脂肪酸割合と脂質過酸化値との関係

多価不飽和脂肪酸は、脂肪酸の中では酸化しやすい脂肪酸であり、ビタミンEには抗酸化作用の働きがある。そこで、脂肪の酸化と関係のある多価不飽和脂肪酸割合とビタミンE量、そして多価不飽和脂肪酸割合と脂質過酸化値との関係を調べた。その結果、多価不飽和脂肪酸割合とビタミンE含量との間では、弱い正の相関がみられ、対照区は多価不飽和脂肪酸割合とビタミンE含量が低く、30%区および50%区は多価不飽和脂肪酸割合とビタミンE量がどちらも高かった(図2)。多価不飽和脂肪酸割合と脂質過酸化値との間では、多価不飽和脂肪酸割合は、対照区で低く、30%区、50%区で高く、区ごとの差がみられたが、脂質酸化値では区間の差がみられず、多価不飽和脂肪酸割合と脂質酸化値との間に相関は認められなかった(図3)。

4. 考察

エコフィードを濃厚飼料に30%あるいは50%混合して給与した試験区の牛の枝肉格付成績は、対照区に比べてロース芯面積、ばらの厚さ、BFS No.の成績が高く、また対照区に比べて成績が低かった形質はなく、エコフィード給与による負の影響は見られなかった。ロース芯面積やばらの厚さで成績が高くなっていったことについては、ビタミンA制限を含む黒毛和種の一般的な肥育方法に比べ、ビタミンAの制限がなく肥育された結果、ストレスの低下や発育の向上が生じたと考えられた⁽¹⁰⁾。

理化学分析では、紀州和華牛は肉質等級を2~4に制限しているため、水分含量や粗脂肪含量で有意差が見られると予想していたが、実際には個体間のばらつきが大きく対照区と30%区の粗脂肪含量でしか有意差は見られなかった(表3)。対照区に比べ試験区でビタミンE含量や多価不飽和脂肪酸割合の値が有意に高くなっていったことについては、エコフィードに含まれるビタミンEや醤油粕由来の不飽和脂肪酸割合が原因であると考えられた⁽¹¹⁾。対照区に比べ試験区で融点が有意に低くなったのは多価不飽和脂肪酸割合が高かったことが影響したと考えられた。多価不飽和脂肪酸は飽和脂肪酸に比べて不安定で酸化されやすい性質がある。そこで脂質過酸化値を測定する項目であるTBAと多価不飽和脂肪酸割合の関係を見たところ、特に相関は見られなかった。多価不飽和脂肪酸割合とビタミンE含量の関係を見たところ、弱い正の相関がみられたことから、今回の結果では抗酸化作用のあるビタミンEが多価不飽和脂肪酸の脂質酸化を抑えた可能性が考えられた。

5. 結論

今回の結果から、エコフィードの給与により生産された紀州和華牛は通常よりビタミンEが豊富に含まれ、融点が低く赤身が多くても口溶けが良い肉であることが示唆された。しかし理化学分析値が食べたときの本当のやわらかさや口溶け感をそのまま反映しているわけではないため、今後は消費者型官能評価を行い、牛肉のどの様な理化学的特性が消費者により好まれるか、理化学分析と実際の食味との関係を調べていく必要がある。

6. 謝辞

本研究は和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業「画像解析による紀州和華牛の肉質特性の究明」の助成を受け実施した。牛肉検体や枝肉情報は紀州和華牛協議会の協力のもとエコマネジメント株式会社、株式会社ミートファクトリーから提供を受けた。

7. 参考文献

- (1) 公益社団法人日本食肉格付協会、牛枝肉取引規格.
- (2) 公益社団法人日本食肉食費者センター (2016) 「食肉に関する意識調査」報告書、pp142-148
- (3) 日本政策金融公庫 (2017) 平成 29 年度上半期消費者動向調査：牛肉の消費動向、
- (4) 堀田和彦 (2004) 銘柄牛産地における製品市場戦略の実態と今後の推進方向、農村研究 99, 1-5.
- (5) 有田 芳子 (2018) 葉山から届ける！自家配合発酵飼料と農場 HACCP を活用した牛肉の安全とおいしさへの追求、中央畜産会 エコフィードを活用した畜産物生産の優良事例 平成 30 年度受賞事例
- (6) 豊智行 (2019) 肉用牛へのエコフィードの利用に向けた取り組みと連携～和歌山県のエコマネジメント株式会社が製造するエコフィードを事例として～、畜産の情報 54, 47-54.
- (7) 畜産局飼料課 (2024) 飼料をめぐる情勢、農林水産省.
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1032.pdf (参照 2023-2-22) .
- (8) 紀州和華牛協議会 HP、紀州和華牛の定義 <https://kishu-wakaushi.com/> (参照 2023-2-22) .
- (9) 家畜改良センター (2010) 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル、pp.6-54、家畜改良センター
- (10) 社団法人畜産技術協会 (2005) ビタミン A のコントロールを用いた効率的肥育技術 Q&A Vol. 2、平成 16 年度飼養管理新技術確立・普及推進事業報告書
- (11) 上原力、山下洋治 (2013) 醤油粕の給与が肥育豚の発育と肉質に及ぼす影響、香川畜試報告 48

英文抄録

Meat Quality Characteristics of Kishu-Wakaushi under Different Eco-Feed Ratio

Tamako MATSUHASHI¹, Momoka NAGAHORI², Misaki GOTODA², Hiroto GOTO³, Yasunari MIYAMOTO³ and Takuma SHIRAKI²

"Kishu-Wakaushi" is a new beef brand of Japanese black cattle with reduced fat. It has been developed against the backdrop of growing demand for lean meat. The production of Kishu-Wakaushi requires that the cattle be fattened on a minimum of 10% Eco-feed, which is produced using food processing by-products in Wakayama Prefecture, and that no aggressive vitamin A restrictions be imposed. Under the recent rise in feed prices, fattening management with an increased percentage of eco-feed mixed in is being demanded. However, it is not clear what meat quality characteristics are imparted to beef produced under such conditions. In this study, in order to investigate the effect of the amount of eco-feed fed on the meat quality characteristics of Kishu-Wakaushi, cattle fattened on diets containing 30% or 50% eco-feed mixed with commercial feed were used as test groups (30% and 50% groups), and cattle fattened on ordinary commercial feed were used as control group, and the effects on carcass grading performance and various physiochemical data of the longissimus thoracis muscle. The results showed that carcass grading performance was higher for rib-eye area and rib thickness in the 50% group compared to the control group, while no traits were found to have lower performance in test groups, suggesting that feeding feed mixed with 30% or 50% eco-feed had a positive effect on carcass traits. Physical and chemical analysis of loin meat showed significantly higher vitamin E content, linoleic acid percentage, and polyunsaturated fatty acid percentage, and significantly lower fat melting point in the test groups. Crude fat content was significantly lower in the 30% group, and the palmitic acid percentage was significantly lower in the 50% group. The significantly higher amount of vitamin E in test groups was thought to be the cause of the high vitamin E content in the eco-feed. The higher percentage of unsaturated fatty acids in the test group was also thought to have influenced the lower fat melting point. These results suggest that Kishu-Wakaushi is a melt-in-the-mouth beef with high vitamin E content and low melting point fat.

Key words : Japanese black cattle, eco-feed, Kishu-Wakaushi, meat quality, regional brand.

1. Institute of Advanced Technology, Kindai University, Wakayama 624-0017, Japan

2. Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kindai University, Wakayama 649-6493, Japan

3. Livestock Experimental Station, Wakayama Prefecture, Wakayama 649-3141, Japan