

エコフィード給与条件下で生産された黒毛和種ブランド牛肉の肉質特性

松橋 珠子¹, 中尾 侑人², 後藤田 実咲², 亀位 徹³, 宮本 泰成⁴, 白木 琢磨²

要旨

和歌山県の地域ブランド「紀州和華牛」は、近年の健康志向に配慮した赤身割合の高い牛肉を黒毛和種から生産することを目指して2019年に誕生した新ブランド牛肉である。肥育期間中に和歌山県産の農産副産物・食品加工副産物をもとに生産した飼料原料を含む飼料をエコフィードとして給与し、ビタミンA制限を行わないことをブランドの認定基準に盛り込んでいる。しかし、そのような飼料給与方法によって生産された牛肉の肉質にどのような特徴が付与されているかは明らかでない。本研究では黒毛和種去勢肥育牛を用い、通常の市販飼料で肥育された牛のロース肉を対照区、エコフィードを給与して生産された牛の同部位を試験区として、給与飼料によって付与される肉質の特徴を胸最長筋の理化学分析により調べ、「紀州和華牛」の肉質特性を探索した。その結果、試験区の枝肉形質や肉質は対照区より低下しておらず、特定のエコフィードを給与すること、格付等級がA5やB5の牛肉を除外することなどの条件下でヘルシーかつ美味しい牛肉の生産が実現できる可能性が示された。

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

エコフィード (eco-feed) とは、“環境にやさしい (ecological)” や “節約する (economical)” 等を意味する “エコ (eco)” と “飼料” を意味する “フィード (feed)” を併せた造語であり、農場残さ (規格外農産物など) や食品製造副産物 (パン屑、豆腐粕、ビール粕など)、余剰食品 (パン、弁当など)、調理残さ (カット野菜屑、廃食用油など) などの食品の生産・流通・消費過程で副次的に生成される廃棄物を利用して製造された家畜用飼料をいう⁽¹⁾。家畜へのエコフィード給与は、食品残さ等の有効利用による飼料自給率拡大や飼料費の削減、環境負荷低減を目的として2003年頃から国内で盛んに行われるようになった。さらにエコフィード給与という特徴を付与することで、畜産物をブランド化する活動が各地で進められている^(1, 2)。豚では飼料の特徴が肉に反映されやすいことから、豚肉生産の過程でエコフィード給与を取り入れている例が数多く報告されている^(3, 4)。肉用牛でも、ワインを絞ったブドウ粕を給与して肥育した「甲州ワインビーフ」、オリーブ油の絞り粕を利用した「オリーブ牛」、ビールかすや豆腐粕の発酵飼料を給与した「葉山牛」、様々な食品製造残さを強制発酵させて飼料として給与した「まつなが牛」など、他の畜種に比べて例数は多くないものの複数のブランド形成にエコフィードが活用されている⁽⁵⁾。和歌山県の地域ブランド牛肉「紀州和華牛」は、近年の健康志向に配慮した赤身割合の高い牛肉を黒毛和種から生産することを目指して、近畿大学と和歌山県畜産試験場との共同研究により開発され、2019年に誕生した新ブランドである。ブランド牛の定義として、和歌山県内で最も長く飼養され、出荷月齢が24カ月以上、肥育期間中に和歌山県産の農産副産物・食品加工副産物をもとに生産した飼料原料を一定割合以上含む飼料をエコフィードとして給与し、肉用牛の脂肪交雑を増加させるために行われるビタミンA制限は行わないこと、日本食肉格付協会の格付けによる肉質等級2、3、4のいずれかとし、脂肪交雑の値

原稿受付 2022年2月6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. 和歌山県農林水産部農業生産局畜産課, 〒640-8585 和歌山県和歌山市小松原通り1-1
4. 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

が高い A5 や B5 の牛肉は除外することが定められている⁽⁶⁾。以上のような、ビタミン A 制限をしないなどの条件により牛の健康状態が向上し、肉量が多く脂肪交雑が控えめな牛肉の生産が期待されている。しかし、以上のような特徴的なブランドの定義や飼料給与方法によって、生産される牛肉の肉質にどのような特徴が付与されているかは明らかでない。そこで本研究では、エコフィードの給与やブランドの定義によって付与される肉質の特徴を胸最長筋の理化学分析により調べ、「紀州和華牛」の肉質特性を探索した。研究 1 では、エコフィードを給与した場合の枝肉成績や牛肉の理化学分析値の変化を調べ、研究 2 では、赤身割合を高めるため A5 や B5 の牛肉は除外するという「紀州和華牛」の定義が肉質に与える影響を調べた。

2. 材料と方法

材料

2016 年から 2019 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、エコフィードまたは通常の市販飼料で肥育された黒毛和種去勢牛 21 頭を研究に用いた。研究 1 では、市販飼料のみで肥育された 6 頭を対照区、エコフィード飼料 A を給与された 6 頭を試験区 1、エコフィード飼料 B (エコフィード飼料 A に新たな農産副産物・食品加工副産物を追加して配合割合を再設計した飼料) を給与された 9 頭を試験区 2 とした (表 1)。研究 2 では、試験区 2 の飼料条件で肥育された検体のうち紀州和華牛の定義に適合した BMS ナンバーの値が 7 以下の 6 頭を和華牛区、適合しなかった BMS ナンバー 8 以上の 3 頭を非和華牛区とした。枝肉格付形質には (公社) 日本食肉格付協会による格付成績を用いた。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 1 cm 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 供試検体の概要と濃厚飼料構成

	対照区	試験区1	試験区2
頭数	6	6	9
導入年月	2016年12月 ~2018年12月	2016年10月 ~2017年2月	2017年11月 ~2019年2月
出荷月齢(月)	27.1±0.6	27.0±0.5	28.0±1.3
濃厚飼料配合			
市販飼料	100%	80%	70%
エコフィード飼料A	—	20%	—
エコフィード飼料B	—	—	30%
飼料構成			
乾物(原物中%)	—	86.2	86.3
CP 粗蛋白質(乾物中%)	12.0	17.4	16.1
TDN 可消化養分総量(乾物中%)	73.0	75.2	75.0
Ca(乾物中%)	0.1	0.7	0.7
P(乾物中%)	0.4	0.3	0.3
エコフィード飼料組成			
蜜柑ジュース粕サイレーヅ(%)	—	10.0	4.7
醤油 粕(%)	—	59.9	11.8
乾燥緑茶粕サイレーヅ(%)	—	10.0	11.8
丸大豆(破碎)(%)	—	20.0	9.5
乾燥麦茶粕サイレーヅ(%)	—	—	23.6
豆腐粕サイレーヅ(%)	—	—	11.8
大豆皮(%)	—	—	7.1
チョコレート(%)	—	—	2.4
ケーキ残さ(小麦粉52% 砂糖48%)(%)	—	—	5.9
大麦(%)	—	—	9.5
炭酸 Ca(%)	—	—	0.7
ライストリエノール(米ぬかエキス, %)	—	0.1	1.2

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⁽⁷⁾。分光測色計（KONICA MINOLTA, CM-2500d）を用いて色彩値（L*a*b*表色系）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ガスクロマトグラフィー（SHIMADZU, GC-201）で分析した。一部のサンプルは 70°C 1 時間加温での加熱損失およびテクスチャーアナライザー（SMS、TA.XTplus）による剪断力価を測定した。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 HPLC（SHIMADZU）で分析した。脂質過酸化の測定には、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. 結果と考察

研究 1：給与飼料と枝肉成績および牛肉の理化学分析値との関連

各区の枝肉格付成績は表 2 の通り。エコフィードを給与した区のうち試験区 2 は対照区に比べ枝肉重量やバラの厚さの値が大きく、エコフィード給与区（試験区 1、試験区 2）は対照区に比べてロース芯面積、皮下脂肪厚の値が大きい傾向がみられた。

表 2 枝肉格付成績（研究 1）

形質	対照区	試験区 1	試験区 2	P 値
頭数(頭)	6	6	9	
枝肉重量(kg)	458.3±43.7 b	471.4±26.2 b	521±31.8 a	<0.01
ロース芯面積(cm ²)	54.3±6.8	58.2±7.4	68.0±16.3	
バラの厚さ(cm)	7.2±0.7 b	7.4±0.7 b	8.5±0.5 a	<0.01
皮下脂肪厚(cm)	2.2±0.5	2.9±0.6	2.7±0.9	
歩留基準値	73.6±1.1	73.6±1.8	75.1±2.8	
BMS No.	6.3±1.8	5.5±1.4	7.7±2.9	
BCS No.	3.5±0.8	4.0±0.6	3.4±0.5	
光沢	4.3±0.5	4.2±0.8	4.7±0.5	
締まり	4.2±0.4	4.2±0.8	4.4±0.5	
きめ	4.3±0.5	4.3±0.5	4.4±0.5	
BFS No.	3.0±0.0	2.7±0.5	3.0±0.0	

a-b 間に有意差あり ($P < 0.05$)

表 3 に各区の理化学分析結果を示した。エコフィード給与区（試験区 1、試験区 2）は対照区に比べ肉色が明るく（肉色、SCI 方式および SCE 方式の L*値）、肉の赤みが強く（SCI 方式および SCE 方式の a*値）、脂肪の融点が低く、飽和脂肪酸の割合は低く不飽和脂肪酸割合は高く、剪断力価は小さい傾向がみられた。試験区 1 は対照区に比べ肉色が明るく、脂肪の融点が低くなっていた ($P < 0.05$)。試験区 2 は対照区に比べ肉色が明るく、肉の赤みが強く ($P < 0.05$)、また脂質酸化値は低く加熱損失は少ない傾向がみとめられた。また試験区 2 は試験区 1 に比べ保水性が高く、ステアリン酸 (C18:0) の割合が低くなっていた ($P < 0.05$)。

以上のように、今回のエコフィードを黒毛和種肥育牛に給与することで、通常肥育牛に比べ肉色が鮮やかで不飽和脂肪酸の割合が高く脂肪の融点が高い傾向にある牛肉を生産できる可能性が示された。今後は加熱損失や剪断力価の情報を蓄積することで、牛肉の柔らかさへの効果を評価できるようになることから、エコフィードを給与して生産した紀州和華牛のブランド価値向上につながると考えられた。また、エコフィード給与区の飼料には通常の肥育用飼料に比べビタミンAやビタミンEが多く含まれていると期待されることから、今後は牛肉中や肥育期間の血液中のビタミンA量、ビタミンE量を測定することで、飼料と牛肉との因果関係を含めた解析を進めたいと考えている。

表3 理化学分析結果 (研究1)

項目	対照区	試験区1	試験区2	P値
頭数(頭)	6	6	9	
外観評価				
肉色	6.1±1.1 a	4.1±0.7 b	3.9±1.4 b	<0.01
脂肪色	4.1±1.2	3.8±1.1	3.5±1.2	
締まり	3.0±0.7	3.3±1.9	2.8±0.6	
BMS No.	7.1±2.0	6.3±3.0 *	8.4±1.5	
きめ	2.8±0.6	3.3±1.4	3.4±0.9	
ロース色彩値				
SCI方式(正反射光含む)				
明るさ(L*値)	41.6±7.3	48.2±2.5	44.5±2.9	<0.1
赤み(a*値)	14.0±2.7 b	17.1±1.5	17.1±2.2 a	<0.05
青み(b*値)	16.9±2.7	16.7±1.8	19.6±3.3	
SCE方式(正反射光除去)				
明るさ(L*値)	41.5±7.4	47.7±2.7	44.2±2.9	<0.1
赤み(a*値)	14.1±2.7	19.3±5.4	17.3±2.5	<0.1
青み(b*値)	17.0±2.7	17.0±1.8	19.6±3.2	
保水性(%)	76.0±2.0	72.5±2.4 b	76.6±3.1 a	<0.05
水分含量(%)	41.3±4.0	43.7±5.3	39.9±5.0	
粗脂肪含量(%)	44.6±2.5	41.5±6.8	43.3±9.7	
融点(°C)	28.3±5.6 a	21.7±4.0 b	24.2±3.3	<0.05
脂肪酸組成(%)				
C14:0	7.1±1.5	6.7±1.7	5.6±0.8	
C16:0	37.9±3.8	35.7±4.0	34.7±3.6	
C16:1	2.2±0.3	2.0±0.2	2.0±0.4	
C18:0	0.3±0.2	0.5±0.2 a	0.2±0.1 b	<0.05
C18:1	49.2±5.4	50.6±4.4	54.2±4.8	
C18:2	0.8±0.2	1.0±0.5	0.9±0.2	
C18:3	0.2±0.1	0.3±0.2	0.2±0.1	<0.05
飽和脂肪酸	45.8±4.7	43.5±5.0	41.1±4.2	
一価不飽和脂肪酸	51.6±5.3	52.9±4.3	56.4±4.6	
多価不飽和脂肪酸	1.1±0.2	1.4±0.3	1.2±0.3	
不飽和脂肪酸	52.7±5.4	54.3±4.2	57.5±4.6	
ビタミンE量(相対値)	0.016±0.010	0.020±0.007	0.022±0.017	
脂質酸化値(μM)	0.643±0.164	0.653±0.194	0.442±0.195	<0.1
頭数(頭)	2	2	4	
剪断力価(g)	1303.4±754.6	900.2±119.3	1064.2±533.7	
加熱損失(%)	14.5±2.1	15.2±0.9	12.7±1.5	

a-b 間に有意差あり ($P < 0.05$)

*分析頭数 4 頭

研究2：ブランドの定義に基づく区分と枝肉成績および牛肉の理化学分析値との関連

各区の枝肉格付成績は表4の通り。和華牛区は非和華牛区に比べ、BMSナンバーの他にロース芯面積や歩留基準値の値が小さく、しまりやきめの値も低かったが、その成績は対照区と同等だった。また和華牛区は対照区に比べ枝肉重量やバラの厚さの値が大きく、その他の形質は対照区と差がなかった。以上の結果から、エコフィードを給与した後、BMSナンバーを7以下に限定した場合でも、対照区と比較して遜色ない枝肉成績の牛肉を生産できていたことが示された。

次に3区間で胸最長筋の理化学分析結果の比較解析を行った(表5)。和華牛区は非和華牛区に比べ、保水性や粗脂肪含量の値が小さく、それらの成績は対照区と同等だった。また、和華牛区と非和華牛区の間では他の分析項目に有意な差は認められなかった。また有意ではなかったものの、和華牛区は他の2区に比べオレイン酸割合は高く飽和脂肪酸割合は低く、ビタミンE値は高く脂質酸化値は低く、剪断力価は低いという、牛肉の肉質評価として好ましい傾向が確認された。以上の結果から、紀州和華牛の定義に沿った牛肉の生産は、ヘルシー(低粗脂肪含量)で美味しい(高オレイン酸割合、低脂質酸化)牛肉を求め現在の市場の嗜好に適っていると考えられた。

4. 結論

和歌山県産の農産副産物や食品加工副産物を用いたエコフィードの給与は、黒毛和種肥育牛の肉量や肉質を低下させる可能性は小さく、むしろ産肉量を増やし(枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ)、肉質を向上する(肉色、脂肪の融点、脂肪酸組成、剪断力価)という、複数の好ましい効果を付与する可能性が示された。さらに、エコフィードを給与された牛からBMSナンバー8以上を除外した紀州和華牛は、ヘルシーな牛肉を目指すブランドの方向性に適った肉質の向上が期待される結果となった。このようにブランド牛の構築に枝肉成績や肉質の検証を含めることで、ブランドの方向性を担保した、信頼性のある牛肉生産を維持できるものと考えられた。

表4 枝肉格付成績(研究2)

形質	対照区	和華牛区	非和華牛区	P値
頭数(頭)	6	6	3	
枝肉重量(kg)	458.3±43.7 b	524.6±31.0 a	513.8±39.1	<0.05
ロース芯面積(cm ²)	54.3±6.8 b	59.5±6.5 b	85.0±17.3 a	<0.01
バラの厚さ(cm)	7.2±0.7 b	8.6±0.6 a	8.4±0.3 a	<0.01
皮下脂肪厚(cm)	2.2±0.5	3.0±0.7	2.1±1.1	
歩留基準値	73.6±1.1 b	73.7±1.2 b	78.0±2.9 a	<0.01
BMS No.	6.3±1.8 b	5.8±0.8 b	11.3±1.2 a	<0.001
BCS No.	3.5±0.8	3.5±0.5	3.3±0.6	
光沢	4.3±0.5	4.5±0.5	5.0±0.0	
締まり	4.2±0.4 b	4.2±0.4 b	5.0±0.0 a	<0.05
きめ	4.3±0.5	4.2±0.4 b	5.0±0.0 a	<0.05
BFS No.	3.0±0.0	3.0±0.0	3.0±0.0	

a-b 間に有意差あり ($P < 0.05$)

表5 理化学分析結果 (研究2)

項目	対照区	和華牛区	非和華牛区	P値
頭数(頭)	6	6	3	
外観評価				
肉色	6.1±1.1 a	4.3±1.4	3.0±1.0 b	<0.01
脂肪色	4.1±1.2	3.6±1.4	3.3±0.6	
締まり	3.0±0.7	2.8±0.7	2.7±0.6	
BMS No.	7.1±2.0 b	7.6±1.0	10.0±1.0 a	<0.05
きめ	2.8±0.6	3.3±0.8	3.7±1.2	
ロース色彩値				
SCI方式(正反射光含む)				
明るさ(L*値)	41.6±7.3	43.2±2.0	47.3±2.4	
赤み(a*値)	14.0±2.7	16.8±2.7	17.8±0.3	<0.1
青み(b*値)	16.9±2.7	18.4±3.6	21.9±0.5	<0.1
SCE方式(正反射光除去)				
明るさ(L*値)	41.5±7.4	42.6±1.4	47.5±2.5	<0.1
赤み(a*値)	14.1±2.7	17.2±3.1	17.6±0.3	<0.1
青み(b*値)	17.0±2.7	18.6±3.6	21.6±0.5	
保水性(%)	76.0±2.0	75.1±2.0 b	79.5±2.9 a	<0.05
水分含量(%)	41.3±4.0	41.6±2.3	36.5±7.9	
粗脂肪含量(%)	44.6±2.5	39.2±6.4 b	51.5±11.1 a	<0.1
融点(°C)	28.3±5.6	23.7±4.0	25.2±1.1	
脂肪酸組成(%)				
C14:0	7.1±1.5	5.6±1.1	5.6±0.3	<0.1
C16:0	37.9±3.8	33.6±3.6	36.7±3.2	
C16:1	2.2±0.3	1.9±0.4	2.2±0.3	
C18:0	0.3±0.2	0.2±0.0	0.2±0.1	
C18:1	49.2±5.4	55.8±4.6	51.1±3.9	<0.1
C18:2	0.8±0.2	0.9±0.2	1.0±0.2	
C18:3	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.0	
飽和脂肪酸	45.8±4.7	40.1±4.5	43.2±3.4	
一価不飽和脂肪酸	51.6±5.3	57.8±4.4	53.4±4.2	
多価不飽和脂肪酸	1.1±0.2	1.2±0.2	1.2±0.3	
不飽和脂肪酸	52.7±5.4	59.0±4.3	54.5±4.2	
ビタミンE量(相対値)	0.016±0.010	0.028±0.018	0.011±0.005	
脂質酸化値(μM)	0.643±0.164	0.379±0.145	0.568±0.252	<0.1
頭数(頭)	2	2	2	
剪断力価(g)	1303.4±754.6	866.5±49.4	1262±834.1	
加熱損失(%)	14.5±2.1	13.9±0	11.5±1.1	

a-b 間に有意差あり ($P < 0.05$)

5. 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。

6. 参考文献

- (1) 畜産局飼料課 (2022) エコフィードをめぐる情勢、pp.30、農林水産省
- (2) 村野多可子、青木大輔 (2008) 高タンパク質・高脂質エコフィードの採卵鶏への利用、千葉県畜産総合研究センター研究報告 8, 35-39.
- (3) 石田光晴 (2010) エコフィード利用でブランド豚肉、日本調理科学会誌 43, 50-52.
- (4) 高橋俊浩、大中望、堀之内正次郎、岩切正芳、入江正和 (2013) パン主体エコフィード中のタンパク質含量とリジン含量が肥育豚の発育および肉質に及ぼす影響、日本畜産学会報 84, 59-66.
- (5) 農林水産省 (2020) エコフィードの取組事例、pp.36-15、農林水産省
- (6) 紀州和華牛協議会 (2021) 紀州和華牛とは? <https://kishu-wakaushi.com/> (2022年2月5日)
- (7) 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

英文抄録

Meat Quality Characteristics of Japanese Black Cattle Brand Beef Produced under Eco-Feed Feeding Conditions

Tamako MATSUHASHI¹, Yuto NAKAO², Misaki GOTODA², Tohru KAMEI³, Yasunari MIYAMOTO⁴ and Takuma SHIRAKI²

Wakayama Prefecture's regional brand "Kishu-Wakaushi" is a new brand of beef created in 2019 with the aim of producing beef with a high percentage of lean meat from Japanese black cattle in consideration of recent health consciousness. The brand's certification criteria include the feeding of feed containing feed ingredients produced from agricultural by-products and food processing by-products from Wakayama Prefecture as eco-feed during the fattening period, and the absence of vitamin A restriction. However, it is not clear what characteristics are given to the meat quality of beef produced under such feeding conditions. In this study, the characteristics of the meat quality of "Kishu-Wakaushi" were investigated by physiochemical analysis of the longissimus thoracis muscle. The results showed that carcass traits and meat quality of test groups fed Eco-feed did not decline compared to the control group, indicating the possibility of achieving the production of healthy and tasty beef by excluding A5 and B5 grade beef.

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. The Stockbreeding Department, Agricultural Production Bureau, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Wakayama Prefecture, Wakayama 640-8585, Japan

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