

令和6年度品目団体輸出力強化緊急支援事業

和牛肉の比較優位性に関する文献等の
調査研究報告書

令和7年3月

神戸大学大学院農学研究科

はしがき

この調査報告書は、令和6年度品目団体輸出力強化緊急支援事業のうち、輸出における和牛肉の肉質などの科学的な優位性に関する調査業務で実施した「和牛肉の比較優位性に関する文献等の調査研究」の結果を取り纏めたものである。

黒毛和種は、日本国内外で高く評価される肉用牛であり、その美味しさや品質の優位性が科学的に研究されてきた。特に、霜降り（脂肪交雑）や脂肪組成、風味成分といった要素が、肉の食味を決定する重要な要因として注目されている。

この報告書では、今後の和牛肉の科学的な有意性を検討する資料となることを目的として、過去10年間で、研究報告された「黒毛和種」「和牛」「Wagyu」に関する文献をデータベースから検索し、黒毛和種に関する学術的な論文の整理・分析を行った。

これらの文献データを基に、本報告書の総括では、黒毛和種の品質特性を他品種と比較した論文に加え、霜降りの形成メカニズム、脂肪酸組成、和牛香の寄与要因、官能評価に関する最近の知見、研究成果を紹介する。また、本報告書では、データベースで該当文献としてヒットした黒毛和種に関連する学術論文について、資料としてその内容の要約を記載した。

この報告書が、黒毛和種牛肉の科学的な研究の方向性を議論する資料となることを期待致します。

令和7年3月
神戸大学大学院農学研究科
上田 修司

目次

略語の説明.....	4
(総括) 黒毛和種牛肉の美味しさの優位性に関する論文比較.....	5
「和牛およびその肉質を支える要因」総説.....	6
「黒毛和種の地理的生産地を特定するための質量分析の応用」.....	8
「黒毛和種とホルスタイン牛のガスクロマトグラフィー-質量分析に基づくメタボローム解析」.....	10
「和牛脂肪を模倣する培養肉の進展：脂肪酸組成の調整が可能な食用ウシ脂肪組織の生産」.....	12
「飼料日数または体重に基づくアンガスおよび和牛の肥育成績、枝肉特性および脂肪酸組成」.....	16
「黒毛和種のサシに関する遺伝的要因と筋肉および皮下脂肪の融点による評価」.....	18
「黒毛和種の特徴的な香りを生み出す揮発性成分の同定と特性化」.....	20
「和牛における筋衛星細胞密度および筋形成の減少がサシの含有量が高くなる要因である可能性」.....	22
「日本の和牛産業の現状と将来の展望」(総説).....	24
「和牛における筋肉内脂肪蓄積のパターニングの組織学的モニタリングと融点特性」.....	26
「肥育期間中の和牛交雑種去勢牛の血中メタボロームの変化とサシとの関連」.....	28
「黒毛和種牛における体脂肪分布と脂肪細胞サイズが筋肉内脂肪蓄積に及ぼす影響」.....	30
「日本産黒毛和種牛肉の特性香気の探索」.....	32
「牛における筋肉内脂肪形成：体脂肪分布およびマクロファージ浸潤の影響」.....	34
「黒毛和種交雑牛の肥育における Betaine-Biotin-Chromium (BBC) サプリメントの影響」.....	36
「オーストラリア牧草飼育黒毛和種、アンガス、ヘレフォード牛における筋肉内脂肪、脂肪融点、オメガ3多価不飽和脂肪酸の比較」.....	38
「中国黒毛和種牛における脂肪酸組成に関連する SNP の同定」.....	40
「アンガス、中国シンメンタル、黒毛和種交雑牛の脂肪酸プロファイルと肉質の比較」.....	42
「母牛の妊娠期間中の栄養レベルが黒毛和種胎児の筋肉、脂肪組織、骨、および臓器の発達に及ぼす影響」.....	44
「黒毛和種の早期高栄養給与が成長、枝肉特性、および肉質に及ぼす影響」.....	46
「済州黒牛、韓牛、黒毛和種の脂肪酸およびアミノ酸特性の比較」.....	48
「香港における日本産和牛の消費者嗜好：ラベル認識と参照点効果」.....	50

「黒毛和種のロース筋における死後熟成期間中の代謝物変化」	52
「黒毛和種を含むアングス、ヘレフォード、黒毛和種の脂肪酸組成、筋内脂肪（IMF）、脂肪融点（FMP）に関する研究」	54
「済州黒牛、韓牛、和牛の脂肪酸およびアミノ酸特性の比較」	56
「純血黒毛和種および交雑黒毛和種（ワングス）の成長性能と代謝特性の比較」	58
「日本の和牛と伝統的な和食文化が肉の美味しき研究に与えた影響」	60
「黒毛和種とホルスタインにおける脂肪組織の Pref-1 遺伝子発現と脂肪細胞性質の部位特異的な違い」	62
「黒毛和種における特徴的なラクトン形成に関与する脂質の探索」	64
「純血ジャージー牛および交雑ジャージー牛の成長性能、枝肉特性、脂肪酸組成、肉質評価」	66
「黒毛和種における筋内脂肪形成のメカニズムを解明するための遺伝子発現解析」	68
「家畜牛におけるゲノム進化：祖先ハプロタイプと健康的な牛肉」	70
「黒毛和種牛の特徴的な甘い香りに寄与する γ -ヘキサラクトンの生成メカニズムの解析」	72
「黒毛和種肉とカンガルー肉の摂取後における炎症性反応の違い」	74
「黒毛和種、アングス、ブラーマン、マレーシア在来種（Kedah-Kelantan, KK）のリブアイステーキの霜降り（筋内脂肪）および物理的・感覚的特性の比較」	76
「黒毛和種と他の牛種におけるサシと味覚特性の関係」	78
「ホルスタイン種の母牛に異なる牛種の精液を用いた交配による肥育成績および枝肉特性への影響」	80
「黒毛和種と他牛種の脂肪酸組成と栄養管理が米国成人の飽和脂肪酸摂取に及ぼす影響」	82
「東アジア牛種における親子鑑定に使用する SNP パネルの性能評価」	84
「黒毛和種の枝肉単価に影響を与える筋肉および脂肪間の画像解析特性」	86
「肉産業におけるグローバル化とローカル化の選択肢」	88
「日本人消費者の牛肉嗜好の分類と特徴付け」	90
「黒毛和種とアングス牛における霜降りが香気成分生成と摂食中の風味放出に及ぼす影響」	92
「高級黒毛和種牛肉のサシ評価における簡易スポット法の活用」	94

略語の説明

GC-MS	ガスクロマトグラフィー質量分析
LC-MS/MS	高分解能液体クロマトグラフィー-質量分析
HPLC	高性能液体クロマトグラフィー
ICP-MS	誘導結合プラズマ質量分析
ICP-OES	誘導結合プラズマ発光分光分析
GC-FID	ガスクロマトグラフ-炎イオン検出器
CE-TOFMS	カピラリー電気泳動-飛行時間型質量分析計
GLC	ガスクロマトグラフィー
GC-O	ガスクロマトグラフィー・オルファクトメトリー
QDA	Quantitative Descriptive Analysis
LC-MS	液体クロマトグラフィー-質量分析
SIDA	安定同位体希釈法
DHS-GC-MS	動的ヘッドスペース-ガスクロマトグラフィー-質量分析法

総 括

(総括) 黒毛和種牛肉の美味しさの優位性に関する論文比較

神戸大学 大学院農学研究科 上田 修司

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail : uedas@people.kobe-u.ac.jp

1. はじめに

PubMed は、米国国立医学図書館 (National Library of Medicine, NLM) が提供する無料の学術論文データベースであり、主に生命科学、医学、獣医学、農学、食品科学などの分野の論文を収録している。特に、MEDLINE という主要な生物医学文献データベースを含み、多くの査読付き論文が掲載されている。本報告書では、PubMed を活用し、「黒毛和種」「和牛」「霜降り」などのキーワードを用いて関連論文を検索した。選定された論文は、黒毛和種牛肉の肉質、脂肪組成、風味、食味評価、霜降り形成、遺伝的要因などの科学的知見を提供しており、それらの情報を整理し、本報告書としてまとめた。

本報告書では、以下の条件に基づいて論文を選定し、要約を行った。

対象期間 : 過去 10 年間 (2014 年～2024 年)

データベース : PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)

検索ワード : Japanese Black cattle, Wagyu, および関連用語

◆ 著作権に関する対応

本報告書では、論文の著作権を遵守し、収集した論文の内容は、原文を直接引用せず、要点を整理した形で記載した。対象論文は、オープンアクセス論文および要約が公開されている論文を選定し、すべての論文について出典を明示し、DOI 番号を記載した。

Meat Science, 120, 10-18 (2016).

「和牛とその肉質に寄与する要因」総説

Wagyu and the factors contributing to its beef quality: A Japanese industry overview

Michiyo Motoyama^{1,2}, Keisuke Sasaki¹, Akira Watanabe¹

¹ Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), Japan.

² UR370 Qualité des Produits Animaux, Institute Nationale de Recherche Agronomique (INRA), France.

概 要

和牛は、日本の独自の気候と環境に適応した在来種を起源とする品種であり、その豊富な筋内脂肪の含有量、甘い香り、および肉質の均一性で知られている。和牛生産の特異性は、個体識別制度、トレーサビリティシステム、統一された枝肉の格付け基準、および精度の高い枝肉処理技術にある。本総説では、「黒毛和種」「褐毛和種」「短角和種」「無角和種」の4品種について紹介し、和牛の歴史、育種、生産過程、消費パターン、品質について詳述し、その価値を総括する。

内 容

◆ 筋内脂肪の特徴

- 黒毛和種は、筋内脂肪含量が、海外品種（アンガス）や乳用種（ホルスタイン）と比較して顕著に高く、40%以上に及ぶ。
- 筋内脂肪の増加に伴い、肉の柔らかさ、ジューシーさ、脂肪の溶解性が向上する。

◆ 脂肪酸組成

- 黒毛和種の脂肪には、他品種に比べて高いオレイン酸含量（52.9%）が確認された。
- 高オレイン酸は低い脂肪融点（20～21°C）をもたらし、口溶けの良さに寄与する。

◆ 香りの特性

- 黒毛和種特有の甘い香り（和牛香）は、ラクトン類や脂肪の分解により生成される揮発性化合物に起因する。

- 特に γ -ノナラク톤 は、ココナッツやピーチのような香りを持ち、高いフレーバー希釈 (FD) 係数を示すことが報告されている。
- アルコール類やアルデヒド類 (脂肪様香気)、ジアセチルやアセトイン (バター様香気) も和牛香の形成に寄与する可能性がある。
- この香りは特に日本の消費者に好まれ、和牛の付加価値の一因となっている。
- 和牛香は、と畜直後にはほとんど存在せず、貯蔵時に酸素にさらされることで発生することが報告されている。
- 和牛香は、調理温度 80°C で特に強く発生し、これはすき焼きやしゃぶしゃぶなどの和牛を代表する調理法と一致している。

◆ トレーサビリティと品質管理

2001 年の BSE 発生を受け、日本では**「牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法」(2003 年制定)により、個体識別番号による牛の管理が義務化され、出生地や飼養情報の追跡が可能となった。また、日本では 2008 年に BMS (Beef Marbling Standard) が導入され、霜降りの度合いを 1~12 の 12 段階で評価する基準として活用されている。

考 察

和牛の品質は、筋内脂肪含量、脂肪酸組成、香りの特性に大きく依存している。特に黒毛和種は、飼育方法や遺伝的特性により、他の品種に比べて優れた肉質特性を示す。一方で、過度な霜降りはうま味成分の減少や経済効率の低下をもたらす可能性があるため、適度な脂肪量の維持が重要である。

結 論

本研究は、和牛生産および品質改良のための基礎情報を提供しており、2025 年 3 月に被引用数 170 を越えており、黒毛和種の肉質の紹介では欠かせない論文となっている。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.026>

Metabolites, 12, 977 (2022).

「黒毛和種の地理的生産地を特定するための質量分析の応用」

Application of Mass Spectrometry for Determining the Geographic Production Area of Wagyu Beef

Shuji Ueda¹, Yasuharu Takashima², Yunosuke Gotou², Ryo Sasaki³, Rio Nakabayashi³, Takeshi Suzuki¹, Shinji Sasazaki¹, Ituko Fukuda¹, Biniam Kebede⁴, Yuki Kadowaki⁵, Maiko Tamura⁵, Hiroki Nakanishi⁵, Yasuhito Shirai¹

¹Department of Agrobioscience, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Hyogo 657-8501, Japan.

²Incorporated Administrative Agency Food and Agricultural Materials Inspection Center, Saitama 330-0081, Japan.

³Food Oil and Fat Research Laboratory, Miyoshi Oil & Fat Co., Ltd., Tokyo 124-8510, Japan.

⁴Department of Food Science, University of Otago, P.O. Box 56, Dunedin 9054, New Zealand.

⁵Lipidome Lab Co., Ltd., Akita 010-0825, Japan.

概要

本研究は、黒毛和種および他国で飼育された黒毛和種を対象に、質量分析技術を用いて産地特定の可能性を検討した。日本国内外の黒毛和種および交雑黒毛和種を対象とし、脂質および微量元素のプロファイルを分析し、地理的起源に基づく差異を明らかにすることを目的とした。

サンプル

- 日本国内で生産された黒毛和種
- オーストラリア産黒毛和種
- 日本へ輸入された交雑黒毛和種（アンガス種と黒毛和種の交配）

使用機器

- LC-MS/MS (Q Exactive Plus, Thermo Fisher Scientific)
- HPLC (Agilent Technologies 1260 Infinity)
- ICP-MS (Varian 820MS, Agilent Technologies)
- ICP-OES (Varian 725-ES, Agilent Technologies)
- GC-MS (Shimadzu GCMS-TQ8030)

内 容

1. 脂質分析

日本産黒毛和種の脂肪組織において、オレイン酸が高含量であり、不飽和脂肪酸を持つトリオレイン（オレイン酸-オレイン酸-オレイン酸）やオレイン酸・パルミトレイン酸（オレイン酸-オレイン酸-パルミトレイン酸）が他国産黒毛和種より多く検出された。一方、オーストラリア産および交雑黒毛和種では、パルミチン酸およびステアリン酸を含むトリアシルグリセロールが多く見られた。

2. 元素分析

ICP-MS および ICP-OES による分析では、日本産黒毛和種でモリブデンとカドミウムが高く検出され、オーストラリア産ではルビジウム、セシウム、リチウムが多かった。これにより、元素の分布が産地の違いを反映していることが示唆された。

3. 代謝物分析

GC-MS を用いたメタボロミクス分析では、日本産黒毛和種とオーストラリア産黒毛和種の間で多くのアミノ酸やその他の代謝物に有意な違いが見られた。日本産黒毛和種ではエライジン酸やセドヘプツロース-7-リン酸が多く含まれ、特にペントースリン酸経路が強化されていることが示唆された。

考 察

日本産黒毛和種の脂肪酸および微量元素の特異なプロファイルは、他国産の黒毛和種と区別する上で有用であることが示された。また、オレイン酸の多さは抗炎症作用を持つ可能性があり、消費者の健康への貢献が期待される。微量元素の分布も、地域ごとの飼料や土壌、気候の違いを反映していると考えられる。

結 論

本研究は、複数のオミクス分析により、黒毛和種肉の地理的起源を識別できる可能性を示した。特に、脂肪酸と元素組成の違いは産地特定に有用な指標となり得る。さらに研究を重ねることで、黒毛和種の地理的特性を活かした品質評価基準が確立されることが期待される。

引用元 <https://doi.org/10.3390/metabo12090777>

Metabolites, 10, 95 (2020).

「黒毛和種とホルスタイン牛のガスクロマトグラフィー-質量分析に基づくメタボローム解析」

Gas Chromatography–Mass Spectrometry-Based Metabolomic Analysis of Wagyu and Holstein Beef

Tomoya Yamada^{1,*}, Mituru Kamiya¹, Mikito Higuchi¹

¹Division of Livestock Feeding and Management, National Agriculture and Food Research Organization, Nasushiobara, Tochigi, 329-2793, Japan.

概要

本研究は、黒毛和種とホルスタイン牛のサーロイン筋（長背筋）を用いて、黒毛和種特有の「甘み」の特徴を生み出す化学成分を解明するためにメタボローム解析を実施した。特に黒毛和種の高い筋肉脂肪が甘みの形成に関与する可能性を示唆している。

サンプル

- 黒毛和種：4頭（29～30か月齢）
- ホルスタイン牛：4頭（21～22か月齢）

使用機器

- メタボローム分析：GC-MS (Shimadzu QP2010Ultra)
- 分析カラム：DB-5カラム (Agilent Technologies)
- ソフトウェア：GC-MS Solution および GC/MS Metabolite Database Ver. 2 (Shimadzu社)
- 統計解析：SampleStat および PeakStat (Human Metabolome Technologies)

内容

GC-MS分析により、黒毛和種とホルスタイン牛のサーロインから67種類の代謝物が検出された。主成分分析 (PCA) およびヒートマップにより、黒毛和種とホルスタイン牛の代謝プロファイルが明確に区別されることが確認された。黒毛和種は糖成分（マルトース、キシリトール）や脂肪酸（ステアリン酸、パルミチン酸、ノナン酸）に富んでいたのに対し、ホルスタイン牛はアミノ酸（グリシン、プロリン）、アミノ化合物（サクシン酸、アミノプロパノ酸）、および核酸関連代謝物（イノシン、リボース）が多く含まれていた。

考 察

黒毛和種の甘みの要因は、高濃度の糖成分と筋肉脂肪の相互作用により形成されていると考えられる。特にマルトースとキシリトールは黒毛和種の特徴的な甘みに関与し、他の品種には見られない特徴を示している。一方、ホルスタイン牛はアミノ酸と核酸代謝物が豊富で、これらが旨味や香ばしさに寄与するメイラード反応の基質となりうる。品種による代謝プロファイルの違いが加熱処理後の味覚に影響を与える可能性が示唆された。

結 論

本研究により、黒毛和種の甘味成分はマルトースやキシリトールの豊富な含有と筋肉脂肪の増加によるものであることが明らかになった。この糖成分と脂肪の相互作用が黒毛和種の肉質特性に独自性を与えており、代謝物プロファイルの違いが黒毛和種肉の高品質を裏付ける要因となることが示唆された。将来的には、代謝プロファイルの違いを基にした品質評価や味覚の詳細なメカニズム解明が期待される。

引用元 <https://doi.org/10.3390/metabo10030095>

Metabolism Open, 20, 100720 (2023).

「和牛脂肪を模倣する培養肉の進展：脂肪酸組成の調整が可能な食用ウシ脂肪組織の
生産」

Mimicking Wagyu beef fat in cultured meat: Progress in edible bovine adipose tissue production with
controllable fatty acid composition.

Fiona Louis¹, Mai Furuhashi^{2,3}, Haruka Yoshinuma³, Shoji Takeuchi^{2,4}, Michiya Matsusaki^{1,5}

¹Joint Research Laboratory (TOPPAN INC.) for Advanced Cell Regulatory Chemistry, Graduate School of Engineering, Osaka University, Osaka, Japan.

²Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

³Global Innovation Center, Nissin Foods Holdings Co., Ltd, Tokyo, Japan.

⁴Department of Mechano-Informatics, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

⁵Division of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Osaka University, Osaka, Japan.

概要

本研究は、黒毛和種脂肪の風味や食感を再現するため、脂肪酸組成を調整できる食用ウシ脂肪組織の培養を行い、黒毛和種に類似した品質を持つ培養肉の脂肪組織構築を目指したものである。筋肉から分離されたウシ脂肪幹細胞の増殖率と脂肪分化を最適化し、食用可能な細胞培養条件下で成長させた。

サンプル

- 黒毛和種脂肪幹細胞（ウシ脂肪組織から採取された幹細胞）

使用機器

- 抗菌処理剤：Perasan MP-2（FDA 承認、過酢酸 15%）
- 分解酵素：トリプシン（食品グレード）
- 培養媒体：食用 I-MEM（IntegriCulture 社製）
- 脂肪酸分析装置：GC-FID（Shimadzu GC-2010 plus、キャピラリーカラム DB-23, Agilent Technologies）
- 画像解析：共焦点イメージサイメトリ CQ1（Yokogawa）
- 統計解析ソフトウェア：EzAnova

内 容

1. 細胞分離と増殖評価

抗菌処理後に食品グレードのトリプシンを使用して脂肪幹細胞を抽出し、I-MEMでの培養により35パッセージ以上の連続増殖が確認された。脂肪幹細胞は約100日間で 2.9×10^{22} 個まで増殖が可能で、商業規模へのスケールアップの基盤が確立された。

2. 脂肪分化評価

3D コラーゲンドロップ培地を用いて脂肪分化を誘導し、7種類の脂肪酸（フィタン酸、プリスタン酸、オレイン酸など）を添加。最適な濃度は100 μM で、対照と比較して約1.4倍の脂質蓄積が認められた。エルカ酸は安全性のため除去し、6種類の脂肪酸で分化を行った。

3. 脂肪酸組成分析

GC-FID分析により、7日および14日間の培養で脂肪酸組成が培地条件に応じて制御可能であることが示された。特に、オレイン酸単独での分化条件は黒毛和種の頬部脂肪と腎周囲脂肪の実際の組成に近い脂肪酸プロファイルを得ることができた。

考 察

食用培養媒体における脂肪幹細胞の増殖と分化は、商業規模での培養肉製造に向けた有望な基盤となり得る。また、脂肪酸組成の調整により、黒毛和種肉の風味や食感に近い培養脂肪が生産できる可能性が示唆された。エルカ酸の除去によって、安全性が向上しながらも脂肪分化に影響を与えない点も確認された。

結 論

本研究により、黒毛和種脂肪の模倣が可能な食用ウシ脂肪組織の培養方法が確立され、脂肪酸組成の調整が実現された。この技術は培養肉の風味、栄養価、食感の改善に貢献し、特にオレイン酸を豊富に含む黒毛和種風の培養脂肪の製造が可能であることが示唆された。今後、官能試験を通じて消費者の受容性の評価が求められる。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2023.100720>

Journal of Veterinary Medical Science, **84**, 601–609 (2022).

「和牛とホルスタイン牛の血漿および筋内脂肪組織のメタボローム解析」

Metabolomic analysis of plasma and intramuscular adipose tissue between Wagyu and Holstein cattle.

Tomoya Yamada 1, Mituru Kamiya 1, Mikito Higuchi 1

1 Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization, Nasushiobara, Tochigi 329-2793, Japan.

概 要

本研究は、和牛とホルスタイン牛の筋内脂肪形成能力の違いが血漿および筋内脂肪組織のメタボロームプロファイルに与える影響を評価することを目的としている。和牛は筋内脂肪が豊富であり、ホルスタイン牛との比較により代謝物の差異を明らかにすることで、牛種ごとの脂肪形成能力を示す候補バイオマーカーを特定することが期待される。

サンプル

- 和牛：4 頭（肥育期間 29～30 ヶ月、平均体重 776±27.9 kg）
- ホルスタイン牛：4 頭（肥育期間 21～22 ヶ月、平均体重 766±19.9 kg）
- 血漿サンプルは屠殺 3 日前に採取し、筋内脂肪組織は長背筋から採取

使用機器

- 血漿と筋内脂肪の抽出および前処理：Human Metabolome Technologies (HMT) 社の内部標準を含むメタノールで抽出
- 分析機器：CE-TOFMS (Agilent 6210, Agilent Technologies 社)
- 分析ソフトウェア：ChemStation (Agilent Technologies 社製)
および MasterHands (慶應義塾大学開発)
- 統計解析：Student's t 検定を使用し、 $P < 0.05$ を有意差とした

内 容

和牛はホルスタイン牛に比べて筋内脂肪含量が有意に高く、脂肪細胞のサイズも大きかった。また、和牛では脂肪細胞分化に関与する C/EBP β および C/EBP α の発現がホルスタイン牛よりも有意に高かった。血漿中では、TCA 回路、脂質合成、脂肪酸代謝、糖代謝に関連する代謝物が和牛で有意に高く、ホルスタインではコリン代謝、エタノールアミン経路、グルタチオン恒常性、核酸代謝、アミノ酸代謝に関連する代謝物が多く確認された。筋内脂肪組織では、ホルスタインで核酸、アミノ酸、アミノ糖代謝に関連する代謝物の発現が高く、和牛では有意に高い代謝物は確認されなかった。

考 察

和牛の高い筋内脂肪形成能力は、C/EBP ファミリーやレプチンの発現に関連し、これが脂肪細胞の分化を促進している可能性がある。一方で、ホルスタインでは、エネルギー消費を促進するアディポネクチンが多く発現しており、これが筋内脂肪細胞の小型化に寄与している可能性が示唆された。また、ホルスタインの血漿と筋内脂肪で高く検出されたコリンやエタノールアミン関連の代謝物は、筋内脂肪形成の低さに関連している可能性がある。

結 論

本研究により、和牛とホルスタインの筋内脂肪形成能力の差異が、血漿および筋内脂肪組織の代謝物プロファイルに反映されることが示された。特に和牛で見られる TCA 回路や脂肪酸代謝関連の代謝物は肥満や関連疾患と関係しており、ホルスタインで見られる代謝物はコリン代謝などと結びついていることから、これらの代謝物が牛種特有の脂肪形成能力を示すバイオマーカーとして活用できる可能性が示唆された。

引用元 <https://doi.org/10.1292/jvms.21-0562>

Journal of Animal Science, 100, skac343 (2022).

「飼料日数または体重に基づくアンガスおよび和牛の肥育成績、枝肉特性および脂肪酸組成」

Growth performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of Angus- and Wagyu-sired finishing cattle fed for a similar days on feed or body weight endpoint

Jerad R Jaborek^{1,2}, Franics L Fluharty³, Henry N Zerby⁴, Alejandro E Relling^{5,✉}

1Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA.

2Currently with Michigan State University Extension-Sanilac County, Sandusky, MI 48471, USA.

3Department of Animal and Dairy Science, University of Georgia, Athens, GA 30602, USA.

4Quality Supply Chain Co-Op., Dublin, OH 43017, USA.

5Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Wooster, OH 44691, USA.

概 要

本研究は、和牛とアンガス牛の肥育試験において、飼料日数または体重基準での肥育終了時点での成長性能、枝肉特性、および脂肪酸組成を比較し、和牛のマーブリング特性が脂肪酸組成に与える影響を評価することを目的としている。特に、和牛由来のマーブリング特性が肉の品質向上にどのように寄与するかを検討した。

サンプル

- アンガス牛：13 頭
- 和牛成長特性群：9 頭、和牛マーブリング特性群：12 頭
- 飼料日数基準と体重基準の 2 種類の肥育試験

使用機器

- 脂肪酸分析：GLC (CP-SIL88 カラム、100 m × 0.25 mm × 0.2 μm フィルム厚)
- 脂肪抽出およびメチル化法：フォルチ法 (1957)、Doreau 法 (2007)
- 統計解析ソフトウェア：SAS (SAS Institute Inc.)

内 容

DOF 基準試験では、アンガス牛と和牛成長特性群が和牛マーブリング特性群よりも高い最終体重および平均日増体重を示した。アンガス牛は乾物摂取量が多い一方、和牛マーブリング特性群は腎臓、骨盤、心臓脂肪および多価不飽和脂肪酸の割合が最も高かった。体重基準試験では、和牛マーブリング特性群がマーブリングスコア、USDA 品質等級、脂肪厚の評価で最も高い数値を示し、

特に単価不飽和脂肪酸が多く含まれることが確認された。アンガス牛は総脂肪酸のうち飽和脂肪酸が多い傾向が見られた。

考 察

和牛のマーブリング特性は、脂肪交雑度の増加と脂肪酸組成において健康的な特徴の向上に寄与していることが示された。特に和牛は、少ない乾物摂取量で高いマーブリングスコアを示すため、和牛の飼育効率が高いことが示唆される。また、和牛マーブリング特性群は脂肪酸組成において単価不飽和脂肪酸の割合が多く、これが消費者にとって健康的な肉の特性を強化する可能性がある。

結 論

アンガス牛と和牛は、それぞれ異なる飼育基準において独自の肉質特性を示し、特に和牛は高いマーブリングスコアと健康的な脂肪酸組成を持つことが確認された。本研究の内容は、和牛が脂肪酸組成の観点からも優れた品質を持つ肉を生産するための重要な基盤となることを示している。また、和牛の脂肪交雑度の高さと単価不飽和脂肪酸の多さは、健康面での利点と消費者満足度を高める要因となり得る。今後、和牛肉の品質管理および評価の指標として、これらの知見が活用されることが期待され、和牛産業の競争力向上にも貢献することが示唆された。

引用元 <https://doi.org/10.1093/jas/skac343>

International Journal of Genomics, 2017, 3948408 (2017).

「黒毛和種のサシに関する遺伝的要因と筋内および皮下脂肪の融点による評価」

Genetics of Marbling in Wagyu Revealed by the Melting Temperature of Intramuscular and Subcutaneous Lipids

Sally S Lloyd^{1,2,✉}, Jose L Valenzuela^{1,2,3}, Edward J Steele¹, Roger L Dawkins^{1,2,3}

1CY O'Connor ERADE Village Foundation, P.O. Box 5100, Canning Vale South, WA 6155, Australia.

2CY O'Connor Centre for Innovation in Agriculture, Murdoch University, 5 Del Park Road, Box 1, North Dandalup, WA 6207, Australia.

3Melaleuka Stud, 24 Genomics Rise, Piara Waters, WA 6112, Australia.

概 要

本研究は、黒毛和種の筋内脂肪（サシ）の融点を遺伝的視点から評価することで、従来の視覚的なサシ評価に代わる新たな基準を確立することを目的としている。黒毛和種およびその交雑種の筋内および皮下脂肪の融点（T_m）を測定し、特定の種雄牛が T_m に与える影響を調査した。

サンプル

- 黒毛和種純血種の去勢牛 126 頭（確認された種雄牛を含む 2 つのコホート）
- 欧州種と黒毛和種交雑種（皮下脂肪をサンプルとする）

使用機器

- 脂肪抽出および T_m 測定：サーモサイクラー法
- データ解析ソフトウェア：多変量解析および ANOVA に SPSS（IBM 社）を使用

内 容

黒毛和種純血種のコホートにおいて、特定の種雄牛が T_m に対して顕著な影響を及ぼすことが確認された。Sire 2 の子孫は特に 37°C 以下の T_m を示す割合が高く、種雄牛が T_m に与える遺伝的な影響が強いことが示唆された。また、交雑種の皮下脂肪の T_m は飼料給餌日数および黒毛和種血統の割合が増えることで低下する傾向があり、黒毛和種の遺伝子が脂肪融点に大きく貢献していることが明らかとなった。

考 察

Tm を指標とするサシ評価は視覚的スコアに比べて再現性が高く、種雄牛によるサシへの影響を定量的に把握するうえで有用である。また、交雑種であっても黒毛和種血統が 25%以上であればサシ形成に顕著な影響が見られるため、黒毛和種遺伝子の高い浸透力が示された。飼料給餌期間や内容も Tm に影響を与えるため、品質管理には遺伝と環境因子の両方を考慮することが求められる。

結 論

黒毛和種のサシに対する遺伝的影響が Tm 測定により明確化され、黒毛和種の品質と信頼性を維持するための指標として活用できる可能性が示された。また、交雑種においても黒毛和種の遺伝的特徴がサシ形成に強く反映され、黒毛和種血統割合と給餌管理の適切な組み合わせが黒毛和種肉の質を高める要因となる。Tm 測定は、和牛肉の高品質維持と生産信頼性の確保に寄与すると期待される。

引用元 <https://doi.org/10.1155/2017/3948408>

Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65, 6197–6205 (2017).

「黒毛和種の特徴的な香りを生み出す揮発性成分の同定と特性化」

Identification and Characterization of Volatile Components Causing the Characteristic Flavor of Wagyu Beef (Japanese Black Cattle)

Satsuki Inagaki¹, Yohei Amano¹, Kenji Kumazawa¹

¹Ogawa & Company, Ltd., 15-7 Chidori Urayasushi, Chiba 279-0032, Japan.

概 要

和牛（黒毛和種）の特徴的な甘い香りの原因成分を明らかにするため、アロマ抽出希釈分析法を用いて和牛およびオーストラリア産牛肉の揮発性成分を比較した。20の香気活性ピークを検出し、17種の香気物質を同定または暫定的に同定した。主要な香気物質はアルデヒドとケトンであり、これらは和牛脂質中に多く含まれる多価不飽和脂肪酸の酸化生成物であることが示唆された。特にトランス-4,5-エポキシ-(E)-2-デセナールが最も重要な香気物質として特定された。

サンプル

- 和牛（松阪牛、リブアイ）
- オーストラリア産草飼牛（ロイン）
- アメリカ産牛（サーロイン、未知成分の同定用）

使用機器と方法

- 香気成分抽出：ジエチルエーテルを用いた溶媒抽出法
- 揮発性成分濃縮：溶媒支援フレーバー蒸発法
- 分析装置：Agilent GC-O および GC-MS システム
- 統計解析：アロマ抽出希釈分析法により香気希釈係数（FD 値）を測定

内 容

香気成分の同定

1. 和牛の特徴的な香りは、20の香気活性ピークを持ち、そのうち17種を同定または暫定的に同定した。

2. 主要な香気物質は、脂肪酸の酸化生成物であるアルデヒドおよびケトン（例：トランス-4,5-エポキシ-(E)-2-デセナール、メチオナール、(E,Z,Z)-2,4,7-トリデカトリエナール）。
3. トランス-4,5-エポキシ-(E)-2-デセナールは、和牛の香り形成において特に重要であり、多価不飽和脂肪酸（リノール酸およびアラキドン酸）の酸化による生成物である。

脂質と香りの関係

1. 和牛の脂質はオレイン酸を多く含み、これにより低融点（約 20~21° C）が実現され、柔らかい食感と特徴的な香りに寄与している。
2. 松阪牛は多価不飽和脂肪酸（リノール酸やアラキドン酸）の割合が高く、なめらかでまろやかな食感をもたらすことがわかった。

調理条件の影響

1. 香気成分は 80° C で 2 分間の加熱条件で最大化された。
2. 特定の加熱条件が香気成分の生成量に影響を与えることが確認された。

考 察

和牛の特徴的な香りの形成には、多価不飽和脂肪酸の酸化によるアルデヒドおよびケトンの生成が重要な役割を果たしている。特に、トランス-4,5-エポキシ-(E)-2-デセナールは和牛香の主要成分として特定された。調理条件（温度、時間）は香気成分の生成量を大きく左右するため、和牛の香りを最大化するためには適切な加熱条件の設定が必要である。

結 論

和牛の甘い香りは、多価不飽和脂肪酸の酸化生成物であるアルデヒドおよびケトンによって形成される。本研究は、和牛の品質向上やブランド価値の最適化に向けた分子基盤を提供し、調理条件が香気成分に与える影響を強調するものである。

引用元 <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02843>

animal, 12, 2400–2408 (2018).

「和牛における筋衛星細胞密度および筋形成の減少がサシの含有量が高くなる要因である可能性」

Reduced satellite cell density and myogenesis in Wagyu compared with Angus cattle as a possible explanation of its high marbling

panelX. Fu ¹, Q. Yang ¹, B. Wang ¹, J. Zhao ², M. Zhu ³, S.M. Parish ⁴, M. Du ¹

¹Department of Animal Sciences and Department of Pharmaceutical Sciences, Washington Center for Muscle Biology, Washington State University, Pullman, WA 99164, USA.

²College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, P. R. China.

³School of Food Sciences, Washington State University, Pullman, WA 99164, USA.

⁴College of Veterinary Medicine, Washington State University, Pullman, WA 99164, USA.

概 要

本研究は、和牛が持つ高い筋内脂肪含有量の要因として、筋形成能力の低下が寄与している可能性を評価した。和牛とアンガス牛の筋衛星細胞密度と筋形成を比較し、筋細胞の形成が脂肪蓄積に対してどのように影響を与えるかを分析した。

サンプル

- 和牛 (Wagyu) 5 頭 (体重: 302 ± 9 kg)
- アンガス (Angus) 5 頭 (体重: 398 ± 12 kg)
- 12 か月齢の雌牛を対象とし、Washington State University にて飼育・管理

使用機器

- 筋衛星細胞と筋細胞の識別: Pax7 およびデスミン抗体
- 遺伝子発現解析: CFX リアルタイム PCR システム (Bio-Rad 社)
- ウェスタンブロット解析: Odyssey 赤外線イメージングシステム (LI-COR 社)
- 統計解析ソフトウェア: SAS 9.2 (Statistical Analysis System Institute Inc.)

内 容

和牛はアンガス牛と比較して筋衛星細胞密度が 45.8% 低く、また筋衛星細胞由来の筋形成も 64.2% 低かった。さらに、和牛の筋内脂肪量が増加している一方で、筋肉成長の効率は低く、筋繊維の数が少ないことが確認されたが、和牛の筋繊維径はアンガス牛よりも 23.9% 大きかった。また、脂肪形成能が和牛で高まっており、これがサシの増加につながる可能性があると考えられた。

考 察

和牛は筋形成に関与する衛星細胞が少ないことから、筋成長が制限され、余剰の栄養素が筋内脂肪蓄積に回されると考えられる。また、和牛は肥育期間が長いため、筋繊維が補償的に肥大し、筋繊維の数が少なくても総筋肉量を保つ傾向が見られる。これらの内容から、筋衛星細胞の減少と脂肪細胞への分化が、和牛のサシの形成に影響を与えていると結論づけられる。

結 論

和牛は筋形成よりも脂肪形成を促進する特性を持っており、これが高い筋内脂肪含有量の原因の一部であることが示唆された。筋衛星細胞の減少と早期の脂肪細胞分化が、和牛のサシの増加に関与している可能性があり、和牛肉の品質と価値向上に貢献する基礎的知見として重要である。今後、筋衛星細胞や筋内脂肪細胞の特性を調整することで、和牛の肉質向上に寄与する方法が期待される。

引用元 <https://doi.org/10.1017/s1751731117002403>

「日本の和牛産業の現状と将来の展望」(総説)

The Japanese Wagyu beef industry: current situation and future prospects — A review

Takafumi Gotoh^{1,2,*}, Takanori Nishimura³, Keigo Kuchida⁴, Hideyuki Mannen⁵

¹Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima, 890-0065, Japan.

²Kuju Agricultural Research Center, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Takeda 878-0201, Japan.

³Muscle Biology and Meat Science laboratory, Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan.

⁴Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan.

⁵Laboratory of Animal Breeding and Genetics, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Kobe 657-8501, Japan.

概 要

本研究は、日本の黒毛和種を中心に、和牛産業の現状と将来の発展可能性を検討している。黒毛和種は筋内脂肪と一価不飽和脂肪酸の割合が高い肉質が特徴であり、これが和牛の高い食味に寄与している。現在の和牛生産においては、高い生産コストや輸入飼料依存、環境負荷などの課題が指摘されており、本研究ではこれらの課題解決策も探っている。

サンプル

- 和牛のうち、黒毛和種を中心に、脂肪交雑度や肉質評価に関するデータを収集。
- 黒毛和種は平均 30%以上の筋内脂肪率を有し、特にオレイン酸などの一価不飽和脂肪酸が多い。

使用機器

- 飼育データの収集と肉質評価に ICT 技術および IoT 管理システムを活用。

内 容

黒毛和種は脂肪交雑度が高く、JMGA（日本食肉格付協会）の格付システムにおいて優れた評価を受けている。この評価では、脂肪の色、質感、筋肉の色味なども含めた包括的な肉質評価が行われる。さらに、飼料中のビタミン A 濃度の調整により、脂肪交雑度や筋内脂肪の分布を制御し、肉の柔らかさや風味を向上させることが一般的であることが示された。

黒毛和種の高品質な肉生産には、効率的な栄養管理が不可欠であり、特にビタミン A の管理が脂肪交雑度に与える影響が注目されている。また、肥育期間の短縮や代謝プログラミングにより、より効率的な和牛生産が可能になると考えられる。さらに、持続可能な和牛生産を目指し、山間部や

放棄された農地を利用した草地放牧の導入が検討されている。この方法は環境保全と地域経済活性化にも寄与する可能性があるとして述べられた。

結 論

本研究は、黒毛和種の高品質な肉質を維持しつつ、持続可能な和牛生産システムの確立が今後の課題であると結論づけている。特に、輸入飼料への依存を減らし、国内資源の活用を促進することが重要であるとされた。また、ICT と IoT 技術の導入による管理システムの開発や、ビタミン A 管理による脂肪交雑度の改善、さらに代謝プログラミングによる効率的な肉質向上が期待される。こうした技術革新により、和牛の品質向上と産業全体の成長が促進され、日本の和牛産業の競争力強化に貢献することが期待される。

引用元 <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0333>

Meat Science, 167, 108063 (2020).

「和牛における筋肉内脂肪蓄積のパターニングの組織学的モニタリングと融点特性」

Adipose invasion of muscle in Wagyu cattle: Monitoring by histology and melting temperature

J L Valenzuela¹, S S Lloyd², F L Mastaglia³, R L Dawkins⁴

¹CY O'Connor ERADE Village Foundation, P.O. Box 1, North Dandalup, WA 6207, Australia; Murdoch University, 90 South Street, Murdoch, WA 6150, Australia; Melaleuka Stud, 24 Genomics Rise, Piara Waters, WA 6112, Australia.

²CY O'Connor ERADE Village Foundation, P.O. Box 1, North Dandalup, WA 6207, Australia.

³Perron Institute for Neurological and Translational Science, Queen Elizabeth II Medical Centre, Nedlands, WA 6009, Australia.

⁴CY O'Connor ERADE Village Foundation, P.O. Box 1, North Dandalup, WA 6207, Australia; Melaleuka Stud, 24 Genomics Rise, Piara Waters, WA 6112, Australia; Tillbrook Melaleuka Group, 24 Genomics Rise, Piara Waters, WA 6112, Australia.

概要

黒毛和種（和牛）は、筋内および皮下脂肪が特徴的に低融点（38° C 以下）を示すことで知られている。本研究では、和牛の筋内脂肪の蓄積過程およびその特徴を組織学的手法と脂肪の融点解析を用いて明らかにした。特に、脂肪細胞が筋束内に侵入し、筋線維を分離および変性させる「樹状化プロセス」が注目された。また、融点が脂肪酸組成と相関し、特定部位でのモニタリングの可能性が示された。

サンプル

- 牛種: 黒毛和種、褐毛和種、および黒毛和種とホルスタイン種との交雑牛
- 部位: 長背筋（LD）、仙尾筋（SDM）、および皮下脂肪
- 頭数: 74 頭（肥育期間の異なる 3 クラスター）

使用機器と方法

- 組織学的解析: ヘマトキシリン・エオジン染色、Oil Red O 染色（筋内脂肪の視覚化）
- 融点測定: 皮下脂肪および筋内脂肪の脂肪融点（T_m）測定装置
- 統計解析: 相関係数および Fisher 変換法を用いて筋内脂肪量と融点の関係を評価

内 容

筋肉脂肪の特徴

1. 筋肉内脂肪蓄積のパターニング

- 初期段階では、脂肪細胞が神経血管束周辺の筋周膜内に蓄積。
- 高度な脂肪化では、筋周膜の脂肪が筋束を分離し、筋線維が変性・萎縮する樹状化パターンが観察された。

2. 脂肪細胞サイズと密度

- 肥育期間が延長するにつれ、脂肪細胞の数およびサイズが増加。脂肪細胞の直径は最大で 200 μm に達した。

3. 脂肪融点の低下

- 肥育期間 300 日以上では脂肪融点が顕著に低下 (34°C 以下)。融点の低下は脂肪組成（特にオレイン酸の増加）に起因する。

脂肪の融点と筋肉脂肪量の相関

- 皮下脂肪の融点は筋肉脂肪量と強い相関 ($r = 0.85, P < 0.001$)。
- 尾部皮下脂肪の融点は、ロイン部位の筋肉脂肪融点を予測するのに有効であることが示された。

考 察

筋肉脂肪蓄積は、脂肪細胞が筋線維を侵食し、周囲の筋束を分離する侵襲的なプロセスで進行することが明らかになった。特に、脂肪酸の融点低下が筋肉脂肪の柔軟性を高め、脂肪の侵入を促進する要因となっていると考えられる。また、尾部の皮下脂肪を用いた簡便なモニタリング手法が、肥育中の脂肪組成変化を予測する可能性を示唆している。これにより、肉質向上および健康的な脂肪組成を持つ牛の選抜が可能となる。

結 論

筋肉脂肪の蓄積と融点特性は、和牛特有の肉質に寄与する重要な要因である。融点低下による脂肪の柔軟性向上は、細かいサシ形成に寄与し、肉の柔らかさと風味を高める。また、尾部皮下脂肪の融点モニタリングは、肥育中の筋肉脂肪蓄積プロセスを追跡する実用的な方法として期待される。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108063>

Scientific Reports, 10, 19408 (2020).

「肥育期間中の和牛交雑種去勢牛の血中メタボロームの変化とサシとの関連」

Changes in the blood metabolome of Wagyu crossbred steers with time in the feedlot and relationships with marbling

Samantha Connolly^{1,2,3}, Anthony Dona⁴, Darren Hamblin³, Michael J D'Occhio², Luciano A González^{5,6}

¹Sydney Institute of Agriculture, The University of Sydney, Sydney, NSW, 2006, Australia.

²School of Life and Environmental Sciences, Faculty of Science, The University of Sydney, Camden, NSW, 2570, Australia.

³Hamblin Pty Ltd, 'Strathdale', Blue Mountain, Sarina, QLD, 4737, Australia.

⁴Kolling Institute of Medical Research, Northern Medical School, The University of Sydney, St Leonard's, NSW, 2065, Australia.

⁵Sydney Institute of Agriculture, The University of Sydney, Sydney, NSW, 2006, Australia.

⁶School of Life and Environmental Sciences, Faculty of Science, The University of Sydney, Camden, NSW, 2570, Australia.

概要

本研究は、和牛交雑種去勢牛において、肥育場での飼育期間中における血中メタボロームの変化とサシ（マーブリング）との関係を明らかにすることを目的とした。196日目と432日目の血液サンプルを用い、血中代謝物の変動とそれらがサシに与える影響を分析した。

サンプル

- 和牛交雑種去勢牛 167 頭（和牛血統の割合は 50～98.7%）
- 飼育地点：オーストラリア南部の商業肥育場
- 飼育期間：最大 650 日間

使用機器

- 血液採取用：18G 針とリチウムヘパリン管（Vacutainer BD、ベクトン・ディッキンソン社、アメリカ）
- NMR 分析装置：Bruker Advance III 600 MHz NMR スペクトロメーター（Bruker 社、アメリカ）
- 統計解析ソフトウェア：SAS (v9.4; SAS Institute Inc.、アメリカ)

内 容

196 日目と 432 日目のサンプル比較において、血中の 38 種の代謝物のうち、33 種が統計的に有意な変化を示した。筋肉エネルギーや糖代謝に関連する 21 種の代謝物は濃度が増加し、一方で脂質代謝に関連する 13 種の代謝物は減少した。サシと相関する代謝物には、グルコース、プロピオン酸、3-ヒドロキシ酪酸、脂質が含まれ、特に 432 日目では 3-ヒドロキシ酪酸や酢酸がサシと強い正の相関を示した。

考 察

肥育期間の後半になると、血中代謝物とサシとの関連が顕著に変化することが確認された。3-ヒドロキシ酪酸や酢酸は 432 日目でサシとの正の相関を示しており、代謝物が年齢や成熟度とともに脂肪蓄積に対して重要な役割を果たすことが示唆された。グルコースやプロピオン酸は脂肪酸合成に関与し、サシ形成に寄与する重要な成分として機能する可能性がある。

結 論

肥育期間中の血中メタボロームは成長とともに変化し、特に 432 日目ではサシ形成に関わる代謝物が増加する傾向があることが明らかになった。血中メタボロームを基にしたサシの予測は、肥育期間や個体の成熟度を考慮することで、精度を高められる可能性がある。

引用元 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76101-6>

Animal Science Journal, 92, e13449 (2021).

「黒毛和種牛における体脂肪分布と脂肪細胞サイズが筋内脂肪蓄積に及ぼす影響」

Fat depot-specific effects of body fat distribution and adipocyte size on intramuscular fat accumulation in Wagyu cattle

Tomoya Yamada¹, Mituru Kamiya¹, Mikito Higuchi¹

¹Division of Livestock Feeding and Management, National Agriculture and Food Research Organization, Nasushiobara, Tochigi, Japan.

概 要

黒毛和種牛の筋内脂肪は、肉質の評価指標であるマーブリングスコア（BMS）に基づき評価される。本研究では、体脂肪分布（皮下脂肪および内臓脂肪）と脂肪細胞サイズが筋内脂肪蓄積に及ぼす影響を検討した。その結果、筋内脂肪蓄積が筋内脂肪細胞の肥大と強く相関し、内臓脂肪の割合が高い牛は筋内脂肪蓄積が抑制されることが明らかになった。

サンプル

- 対象牛種: 黒毛和種去勢牛（51頭）
- 飼育環境: 栃木県の農業研究機構にて肥育、平均屠殺年齢 30.7 か月
- 採取部位: 皮下脂肪、内臓脂肪（大腸部位）、筋内脂肪（長背筋部位）

使用機器と方法

- 脂肪細胞径測定: オスミウムテトロキシド固定後、WinROOF ソフトウェアを用いて測定
- 脂肪蓄積量測定: ソックスレー抽出法による粗脂肪含量解析
- 統計解析: ANOVA および線形回帰分析（ $p < 0.05$ を有意水準とする）

内 容

1. 皮下脂肪

- 皮下脂肪細胞径（平均 144.7 μm ）は BMS スコアとは有意な相関を示さなかった。
- 一方、皮下脂肪の割合は BMS スコアと正の相関を示し、A5 等級牛では A3 等級牛より有意に高かった（7.9% vs 6.7%）。

2. 内臓脂肪

- 内臓脂肪細胞径（平均 187.5 μm ）も BMS スコアと有意な相関を示さなかった。
- 内臓脂肪の割合は BMS スコアと負の相関を示し、A5 等級牛では A3 等級牛より有意に低かった（7.5% vs 8.8%）。

3. 筋内脂肪

- 筋内脂肪細胞径（平均 131.7 μm ）は BMS スコアと強い正の相関を示した。
- A5 等級牛では筋内脂肪細胞が最も大きく、筋内脂肪含量も高かった（A5: 37.3%, A3: 23.3%）。

考 察

皮下脂肪と内臓脂肪は、筋内脂肪蓄積に異なる影響を及ぼしている。特に、内臓脂肪の割合が低い場合、余剰エネルギーが筋内脂肪として蓄積されやすくなることが示唆された。筋内脂肪細胞の肥大は筋内脂肪蓄積と密接に関連しており、これは和牛のマーブリングスコア向上に寄与していると考えられる。

結 論

黒毛和種牛における筋内脂肪蓄積は、内臓脂肪蓄積の低下および筋内脂肪細胞肥大と関連している。本研究は、脂肪分布と細胞特性が和牛の肉質形成に及ぼす影響を解明し、肥育戦略の改良に役立つ基礎データを提供した。

引用元 <https://doi.org/10.1111/asj.13449>

Metabolites, 11, 56 (2021).

「日本産黒毛和種牛肉の特性香気の探索」

Exploring the Characteristic Aroma of Beef from Japanese Black Cattle (Japanese Wagyu) via Sensory Evaluation and Gas Chromatography-Olfactometry

Shuji Ueda¹, Minoru Yamanoue¹, Yasuhito Sirai¹, Eiji Iwamoto²

¹ Department of Agrobioscience, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Kobe, Hyogo 657-8501, Japan, ² Hokubu Agricultural Technology Institute Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Asago, Hyogo 669-5254, Japan

概 要

本研究は、黒毛和種牛肉の香りの特性を解明するため、GC-O およびメタボロミクス分析を使用し、香気成分とその関連代謝物の特定を行った。香りの評価を通じて、黒毛和種牛肉の特有の甘くオイリーな香りを形成する成分と代謝物との関係を探った。

サンプル

- 黒毛和種タイプ A：鹿児島県産（月齢 29.5 ± 0.9 、枝肉重量 483.4 ± 40.1 kg）
- 黒毛和種タイプ B：兵庫県産（Tajima 種、月齢 32.3 ± 1.3 、枝肉重量 406.6 ± 18.5 kg）
- ホルスタイン種：栃木県産（対照群、月齢 21.3 ± 2.4 、枝肉重量 451.6 ± 47.9 kg）

使用機器

- GC-O 装置：CharmAnalysis（DATU 社、アメリカ）
- GC/MS 装置：Agilent 6890 ガスクロマトグラフ（Agilent Technologies 社、アメリカ）
- GC/MS/MS 装置：Agilent 7000C トリプルクアドラポール GC/MS システム（Agilent Technologies 社、アメリカ）

内 容

香りの感覚評価では、黒毛和種タイプ B が特に甘くオイリーな香りで評価され、ホルスタインは肉本来の風味が高く、タイプ A はその中間的な評価となった。GC-O 分析により 63 種の香気活性化化合物が検出され、そのうち 39 種が黒毛和種の特徴的な香り成分として特定された。特に γ -ヘキサラクトン、 γ -デカラクトン、 γ -ウンデカラクトンが黒毛和種の香りに強く寄与していることがわかった。SIDA を用いた GC/MS/MS 分析により、これらの香り成分が黒毛和種タイプ B で特に高濃度で確認された。

メタボロミクス分析により、グルタミン、デカン酸、リン酸、乳酸、クレアチニン、ヒポキサンチンが香気成分と高い関連性を示すことが明らかとなった。これらの代謝物は、黒毛和種の風味と香り形成において重要な役割を果たすと考えられる。

考 察

黒毛和種の特有の甘くオイリーな香りには、特に γ -ヘキサラクトンが重要な寄与をしており、香りの評価指標として利用可能であると考えられる。また、グルタミンやデカン酸などの代謝物が、香りの質を高めるために重要であることが示唆された。これらの代謝物は熟成や貯蔵の過程で香り形成に寄与しており、黒毛和種の豊かな香りを維持・向上させるために役立つとされる。特にグルタミンはうま味成分としても香りの質を補完し、デカン酸は脂肪蓄積と関連があるため、黒毛和種の風味と香りの一貫性を保つ役割が期待される。

結 論

本研究により、黒毛和種の牛肉に含まれる γ -ヘキサラクトン、 γ -デカラクトン、 γ -ウンデカラクトンが特性香気的主要成分であることが確認され、これらが香り評価の指標として活用できる可能性が示された。また、グルタミンやデカン酸などの代謝物の管理が香りの品質向上に寄与することが明らかになった。これらの知見は、黒毛和種の品質評価や香り管理において重要な指標の確立に貢献し、適切な貯蔵・熟成管理が香りの質を高めるための重要な要素であると結論付けられる。

引用元 <https://doi.org/10.3390/metabo11010056>

Animal Science Journal, 93, e13785 (2022).

「牛における筋内脂肪形成：体脂肪分布およびマクロファージ浸潤の影響」

Intramuscular adipogenesis in cattle: Effects of body fat distribution and macrophage infiltration

Tomoya Yamada¹

¹National Agriculture and Food Research Organization, Oda, Shimane, Japan.

概 要

黒毛和種牛は筋内脂肪の高い蓄積能力を持つことで知られる。本研究は、和牛の筋内脂肪形成に影響を与える2つの新しい要因として、体脂肪分布とマクロファージ浸潤の影響を評価した。また、代謝産物分析（メタボローム解析）を用いて、和牛とホルスタインの筋内脂肪形成能力の違いを調査した。内容として、体脂肪分布、特に内臓脂肪の割合が筋内脂肪蓄積に重要な役割を果たすことが示された。

サンプル

- 対象牛種: 黒毛和種（和牛）、ホルスタイン
- 分析部位: 皮下脂肪、内臓脂肪、筋内脂肪
- 飼育条件: 肥育期間中に統一した条件下で管理

使用機器と方法

- 組織学的解析: ヘマトキシリン・エオジン染色、Oil Red O 染色
- 遺伝子発現解析: qRT-PCR
- 代謝物解析: LC-MS/MS を用いたメタボローム解析
- 統計解析: ANOVA および相関解析

内 容

1. 体脂肪分布

- 和牛の筋内脂肪蓄積は皮下脂肪の割合が高く、内臓脂肪の割合が低い牛で顕著であった。
- 内臓脂肪の蓄積容量が限界に達すると、エネルギーの蓄積が筋内脂肪にシフトするメカニズムが示唆された。

2. マクロファージ浸潤

- 内臓脂肪ではマクロファージの浸潤が他の脂肪部位よりも高く、炎症性サイトカインの発現が増加していた。
- 和牛の筋内脂肪組織では、ホルスタインと比較してマクロファージ浸潤が顕著であり、これが脂肪細胞の肥大を促進する要因と考えられた。

3. 代謝産物プロファイルの差異

- 和牛とホルスタインの間で、筋内脂肪組織および血漿中の代謝物に顕著な違いが認められた。
- 和牛では脂肪酸合成および糖代謝に関連する代謝経路が活性化されており、これが筋内脂肪の高い蓄積能力と関連していた。

考 察

筋内脂肪の蓄積は、体脂肪分布やマクロファージ浸潤と密接に関連している。特に内臓脂肪におけるマクロファージの浸潤が脂肪組織の炎症および線維化を促進し、筋内脂肪蓄積に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、和牛の筋内脂肪形成能力の高さは、特異的な代謝プロファイルと関連していることが分かった。

結 論

和牛の筋内脂肪形成は、体脂肪分布とマクロファージ浸潤の影響を受けており、これらの要因が和牛の優れた肉質特性に寄与している。本研究は、筋内脂肪形成の分子メカニズムを理解し、牛肉の品質向上に寄与する新たな知見を提供した。

引用元 <https://doi.org/10.1111/asj.13785>

Veterinary Sciences, 9, 314 (2022).

「黒毛和種交雑牛の肥育におけるベタインビオチンクロムサプリメントの影響」

Growth Performance, Blood Metabolites, Carcass Characteristics and Meat Quality in Finishing Wagyu Crossbred Beef Cattle Receiving Betaine-Biotin-Chromium (BBC) Supplementation

Sukanya Poolthajit¹, Wuttikorn Srakaew², Theerachai Haitook¹, Chaiwat Jarassaeng³, Chalong Wachirapakorn¹

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

²Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 55000, Thailand.

³Division of Theriogenology, Faculty of Veterinary Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

概 要

本研究は、黒毛和種交雑牛の肥育期におけるベタインビオチンクロム (BBC) サプリメントが成長性能、血液代謝、枝肉特性、および肉質に与える影響を評価した。18頭の黒毛和種交雑牛 (初期体重 596.9 ± 46.4 kg、平均月齢 36 ± 2.7 ヶ月) を対象に、BBC を異なる濃度 (0、3、6 g/kg DM) で98日間摂取させ、肉質改良と栄養効率への可能性を検討した。

サンプル

- 黒毛和種交雑牛：18頭 (50%黒毛和種×25%Brahman×25%タイネイティブ)
- 試験期間：98日

使用機器

- 血液代謝分析装置：自動分析装置 COBAS INTEGRA 400 plus (Roche Diagnostics, USA)
- 飼料成分分析装置：ANKOM 200 繊維分析装置 (ANKOM Technology, NY, USA)
- 脂肪酸分析：ガスクロマトグラフィー Agilent 6890N (FID プローブ搭載)
- 統計解析ソフトウェア：SAS version 9.0

内 容

1. 成長性能と栄養効率

- 6 g/kg の BBC 摂取群では平均日増体重 (ADG) が 0.73 kg/日と、0 g/kg および 3 g/kg 給与群よりも高かった (0.53 kg/日および 0.56 kg/日)。
- 栄養効率 (摂取栄養量/必要栄養量) も 6 g/kg 群で有意に向上 (エネルギー効率 0.68、タンパク質効率 0.63) した。

2. 枝肉特性

- 枝肉重量やドレッシング率には有意差がなかった。
- 6 g/kg 群では背脂厚が 2.33 cm とやや高い傾向を示した。
- サシスコアに有意差はなかったが、6 g/kg 群の筋内脂肪含量が 39.8% (DM ベース) と、他群 (28.2%および 29.1%) より有意に高かった。

3. 血液代謝

- 血中尿素窒素、グルコース、トリグリセリド、コレステロールなどの主要代謝物に有意差は認められなかった ($p > 0.05$) 。
- クレアチニン濃度が 6 g/kg 群で高く、グロブリン濃度が低かったが、健康範囲内であった。

4. 肉質

- 筋内脂肪の脂肪酸構成では、オレイン酸 (C18:1n9c) が主要な脂肪酸で、すべての群で 50%以上を占めた。
- 脂肪酸比率 (MUFA:SFA、PUFA:SFA) には有意差がなかった。

考 察

BBC サプリメントは、特に 6 g/kg DM の濃度で、筋内脂肪の蓄積を促進し、肉質向上に寄与した可能性が示唆された。クレアチニン濃度の増加は筋肉代謝の促進を反映している可能性がある。脂肪酸プロファイルの内容から、オレイン酸の豊富さが黒毛和種交雑牛肉の官能特性に寄与する可能性が示唆された。

結 論

本研究は、BBC サプリメントの 6 g/kg DM 摂取が筋内脂肪含量を顕著に増加させることを示した。これにより、黒毛和種交雑牛の肉質向上や付加価値の高い製品化への可能性が示唆された。

引用元 <https://doi.org/10.3390/vetsci9070314>

BMC Veterinary Research, 20, 5 (2024).

「オーストラリア牧草飼育黒毛和種、アンガス、ヘレフォード牛における筋肉内脂肪、脂肪融点、オメガ3多価不飽和脂肪酸の比較」

Muscle biopsy long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid compositions, IMF and FMP in Australian pasture-based Bowen Genetics Forest Pastoral Angus, Hereford, and Wagyu Beef Cattle

John Roger Otto¹, Felista Waithira Mwangi^{2,3}, Shedrach Benjamin Pewan^{2,4}, Oyelola Abdulwasiu Adegboye⁵, Aduli Enoch Othniel Malau-Aduli²

¹School of Environmental and Life Sciences, College of Engineering, Science and Environment, The University of Newcastle, Callaghan, NSW, 2308, Australia.

²School of Environmental and Life Sciences, College of Engineering, Science and Environment, The University of Newcastle, Callaghan, NSW, 2308, Australia.

³School of Medicine and Public Health, College of Health, Medicine and Wellbeing, The University of Newcastle, Callaghan, NSW, 2308, Australia.

⁴National Veterinary Research Institute, Private Mail Bag 01 Vom, Jos, Plateau State, Nigeria.

⁵Menzies School of Health Research, Charles Darwin University, Casuarina, NT, 0811, Australia.

概 要

本研究は、オーストラリアの牧草地で育てられた黒毛和種、アンガス、およびヘレフォード牛の長背筋における筋肉内脂肪、脂肪融点、およびオメガ3多価不飽和脂肪酸（LC omega-3 PUFA）の組成を比較した。特に、健康に有益なオメガ3脂肪酸（DPA、EPA、DHA）の含有量と肉質特性の関連を調査した。

サンプル

- 黒毛和種：75 頭
- アンガス：30 頭
- ヘレフォード：22 頭
- 平均月齢：12±2.43 か月、全頭が同条件下で牧草飼育

使用機器

- 脂肪酸分析：GC-MS
- 脂肪融点測定：脂肪をキャピラリーチューブで加熱測定
- 統計解析：R ソフトウェア（バージョン 4.0.2）

内 容

1. 筋肉内脂肪 (IMF)

- 黒毛和種は IMF が最も高く (11.1%)、アンガス (8.0%)、ヘレフォード (5.9%) を上回った。
- 雌牛は雄牛よりも IMF が高かった (11.9% vs 5.3%)。

2. 脂肪融点 (FMP)

- 黒毛和種は最も低い FMP (33° C) を示し、アンガス (46.5° C)、ヘレフォード (55° C) を下回った。
- 雌牛は雄牛よりも低い FMP (33° C vs 37° C) であった。

3. オメガ 3 多価不飽和脂肪酸 (LC omega-3 PUFA)

- 黒毛和種は DPA、EPA + DHA、EPA + DHA + DPA の総量が他の品種よりも高かった。
- 黒毛和種は 28.8 mg/100 g で、オーストラリアおよびニュージーランド推奨基準 (30 mg/100 g) に最も近かった。
- 雌牛は雄牛よりも LC omega-3 PUFA を多く含有していた。

考 察

黒毛和種は、遺伝的な特徴により高い IMF 含量と低い FMP を示し、食味や肉質向上に寄与している。オメガ 3 脂肪酸の含有量が高いことは健康促進効果が期待される。一方、ヘレフォードは脂肪融点が高く、柔らかさや食味では劣る可能性が示唆された。

結 論

黒毛和種は、健康的な LC omega-3 PUFA の高い含有量を有し、肉質向上の面でも優れた特徴を示した。これらの内容は、牧草飼育システムにおける品種選択が肉質特性に及ぼす影響を強調しており、黒毛和種が高品質の健康的な赤肉の生産に適していることを示している。

引用元 <https://doi.org/10.1186/s12917-024-03906-2>

Journal of Animal Science and Biotechnology, 10, 45 (2019).

「中国黒毛和種牛における脂肪酸組成に関連する SNP の同定」

Genome wide association study identifies SNPs associated with fatty acid composition in Chinese Wagyu cattle

Ze Zhao Wang^{#1,2}, Bo Zhu^{#1}, Hong Niu¹, Wengang Zhang¹, Ling Xu¹, Lei Xu^{1,3}, Yan Chen¹, Lupei Zhang¹, Xue Gao¹, Huijiang Gao¹, Shengli Zhang², Lingyang Xu¹, Junya Li¹

¹Innovation Team of Cattle Genetic Breeding, Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100193 China.

²National Engineering Laboratory for Animal Breeding, Key Laboratory of Animal Genetics, Breeding and Reproduction, Ministry of Agriculture, College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing, 100193 China.

³Institute of Animal Husbandry and Veterinary Research, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, 230031 China.

概 要

本研究は、中国黒毛和種牛の脂肪酸組成に関連するゲノム領域を特定するため、ゲノム全体関連解析（GWAS）を行った。脂肪酸は肉質や栄養価に重要な影響を及ぼすため、遺伝的要因の解明は脂肪酸プロファイルの改良に貢献すると期待される。

サンプル

- 中国黒毛和種牛：464 頭（2012～2013 年生まれ）
- 平均 28 か月齢で屠殺。筋肉サンプルは長背筋部（12～13 番目の肋骨間）から採取。

使用機器

- 脂肪酸分析：GC-2014 CAFsc (Shimadzu)
- SNP ジェノタイピング：Illumina Bovine HD BeadChip (Illumina 社)
- 統計解析：PLINK v1.07、ASReml v3.0、FarmCPU モデル

内 容

1. 脂肪酸組成の統計解析

- 脂肪酸 21 種類と 8 つの脂肪酸グループ（SFA、MUFA、PUFA など）を測定。
- 飽和脂肪酸（SFA）は 42.5%、一価不飽和脂肪酸（MUFA）は 52.51%、多価不飽和脂肪酸（PUFA）は 4.96%を占めた。

2. 遺伝率と遺伝的相関

- 遺伝率は脂肪酸によって異なり、C14:1 cis-9 (0.43) が最も高い。SFA、MUFA、健康指数 (HI) も高い遺伝率 (0.40~0.51) を示した。
- MUFA と PUFA/SFA 比率において高い遺伝的相関が確認された。

3. 候補 SNP と関連遺伝子

- SCD (ステアロイル-CoA デサチュラーゼ) 遺伝子内に 4 つの SNP が C14:1 cis-9 に関連し、表現型分散の 7.37% を説明した。
- 他に PLSCR5 (C22:6 n-3)、CLASP1、BAIAP2L2、MAFF、TMEM184B など 9 つの候補遺伝子が特定された。これらは脂肪酸グループの調節に関与している可能性がある。

考 察

脂肪酸組成の遺伝的基盤は、品種や集団によって異なる可能性があり、本研究で特定された SNP や遺伝子は中国黒毛和種牛の特有性を示している。また、SCD 遺伝子の変異は MUFA の合成に重要であり、健康に有益な脂肪酸の増加に寄与する可能性がある。BAIAP2L2 や MAFF などの遺伝子は複数の脂肪酸グループに影響を及ぼしており、脂肪酸組成の改良に役立つ可能性がある。

結 論

本研究は、中国黒毛和種牛の脂肪酸組成に関連する複数の有望な SNP と候補遺伝子を特定した。これらの知見は、脂肪酸プロファイルの改良や、健康に有益な肉質特性の向上を目指した育種プログラムの設計に貢献すると期待される。

引用元 <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0322-0>

Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 40, 500–513 (2020).

「アンガス、中国シンメンタル、黒毛和種交雑牛の脂肪酸プロファイルと肉質の比較」

Fatty Acid Profile of Muscles from Crossbred Angus-Simmental, Wagyu-Simmental, and Chinese Simmental Cattles

Ting Liu¹, Jian-Ping Wu^{1,2}, Zhao-Min Lei¹, Ming Zhang¹, Xu-Yin Gong², Shu-Ru Cheng¹, Yu Liang³, Jian-Fu Wang¹

¹Faculty of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Gansu 730070, China.

²Gansu Academy of Agricultural Sciences, No. 1 Agricultural Academy Village Anning, Gansu 730070, China.

³Department of Civil Engineering, College of Technology and Engineering, Lanzhou University of Technology, Gansu 730070, China.

概要

本研究では、アンガス種×中国シンメンタル種（AS）、黒毛和種×中国シンメンタル種（WS）、および中国シンメンタル種（CS）の3種類の牛における胸最長筋および半腱様筋を対象として、脂肪酸プロファイルおよび肉質特性を比較した。脂肪酸組成、肉の軟らかさ、色調、水分保持能力の違いを明らかにし、肉質改善を目的とした交雑の有効性を検証した。

サンプル

- アンガス×中国シンメンタル（AS）：9頭
- 黒毛和種×中国シンメンタル（WS）：9頭
- 中国シンメンタル（CS）：9頭

全て同一条件下で飼育され、180日間の飼育試験後に屠殺。

使用機器

- 脂肪酸分析：GC（Agilent 6890 N, USA）
- 肉質測定：
 - pH計：HI98103（Beijing Taiyasaifu）
 - 色彩測定：Minolta CR-400（Minolta Camera, Japan）
 - シアーテスト：TA-XT Plus（Stable Micro System, UK）
- 統計解析ソフトウェア：SAS（Version 9.4）

内容

1. 脂肪酸プロファイル

- 飽和脂肪酸 (SFA)

CS が最も高く (56.81%)、AS は最も低かった (52.26%)。特に C16:0 (パルミチン酸) と C14:0 (ミリスチン酸) の含有量が CS で高い傾向を示した。

健康への影響：AS は SFA が低く、心血管疾患のリスク低減に寄与する可能性がある。

- 不飽和脂肪酸 (UFA)

AS が最も高い割合 (50.50%) を示し、CS (46.03%) を上回った。特に C18:1n9c (オレイン酸) が多く含まれており、肉質や脂肪の柔らかさに寄与する。

2. 肉質特性

- 柔らかさ

シアーテストでの力は AS が最も低く (2.20 kg/cm²)、CS (4.03 kg/cm²) より柔らかかった。

- 色彩

WS は最も鮮やかな色 (L*: 49.79, a*: 8.73, b*: 13.94) を示し、見た目の評価が高い可能性がある。

- 水分保持能力

AS と WS は加熱後の重量減少 (調理損失) が少なく、特に AS ではジューシーさが際立った。

考 察

AS 交雑種は、健康に良い脂肪酸プロファイルを持ち、柔らかくジューシーな肉質を提供する可能性が高い。WS は肉の色や見た目ですぐれた特徴を示した。一方、CS は脂肪酸プロファイルや肉質で AS と WS に劣る結果となった。これらは、アンガスや黒毛和種との交雑が中国シンメンタルの肉質改善に効果的であることを示唆している。

結 論

AS 交雑種は、健康的で柔らかい肉質を提供するための最適な選択肢であり、WS は見た目や脂肪酸構成においても優れている。交雑は中国シンメンタルの肉質向上のための有効な戦略である。

引用元 <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e33>

Animal Science Journal, 92, e13600 (2021).

「母牛の妊娠期間中の栄養レベルが黒毛和種胎児の筋肉、脂肪組織、骨、および臓器の発達に及ぼす影響」

Effects of low and high levels of maternal nutrition consumed for the entirety of gestation on the development of muscle, adipose tissue, bone, and the organs of Wagyu cattle fetuses

Yi Zhang^{1,2}, Kounosuke Otomaru³, Kazunaga Oshima⁴, Yuji Goto⁴, Ichiro Oshima¹, Susumu Muroya⁵, Mitsue Sano⁶, Rena Saneshima¹, Yukiko Nagao¹, Aoi Kinoshita¹, Yasuko Okamura¹, Sanggun Roh⁷, Akira Ohtsuka¹, Takafumi Gotoh^{1,2}

¹Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

²Kuju Agricultural Research Center, Kyushu University, Taketa, Oita, Japan.

³Joint Faculty of Veterinary Medicine, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

⁴Western Region Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), Oda, Shimane, Japan.

⁵Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

⁶School of Human Cultures, The University of Shiga prefecture, Hikone, Shiga, Japan.

⁷Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japan.

概 要

本研究は、黒毛和種母牛の妊娠期間を通じた高栄養（120%の栄養要求量）および低栄養（60%の栄養要求量）の給与が、胎児の筋肉、脂肪組織、骨、および臓器の発達に及ぼす影響を評価した。栄養条件が胎児の発達やその後の肉質に及ぼす影響を明らかにするためのデータを提供することを目的としている。

サンプル

- 母牛：黒毛和種 32 頭（うち妊娠成功 12 頭：高栄養 6 頭、低栄養 6 頭）
- 飼料：日本飼養標準に基づく TMR（総混合飼料）と稲わら
- 胎児：平均 260±8.3 日齢（屠殺時）

使用機器

- 栄養素分析：NC アナライザー（JM1000, J-Science Labs, Japan）
- 脂肪酸分析：GC-MS（Shimadzu）
- 統計解析：SAS 9.4 および EZR（R ソフトウェア）

内 容

1. 母牛の体重変化

- 高栄養群では、母牛の体重は8か月間で20%増加した。
- 低栄養群では、体重が10%減少した。

2. 胎児の発達

- 体重と骨格筋量
 - 高栄養群の胎児体重は低栄養群の1.4倍。
 - 筋肉量は1.42倍、骨量は1.25倍。
- 脂肪組織
 - 高栄養群では胎児の脂肪量が2.13倍となり、特に皮下脂肪と筋間脂肪がそれぞれ3.03倍、2.33倍と大きかった。

3. 臓器発達

- 高栄養群で肝臓、腎臓、胸腺、脾臓、心臓、肺、大腸の重量が低栄養群よりも有意に大きかった。
- 脳重量も高栄養群で高い傾向が見られた。

4. 長背筋の粗成分とアミノ酸組成

- メチオニン含量は高栄養群で有意に高かった。
- グルタミン酸含量も高栄養群で有意に高かった。

考 察

高栄養は胎児の筋肉、脂肪、骨の発達を促進し、特に脂肪蓄積が顕著であった。これにより、出生後の肉質や脂肪含量に影響を与える可能性がある。一方で、低栄養は重要臓器への栄養配分が優先され、筋肉や脂肪の発達が制限されることが示唆された。

結 論

母牛の妊娠期間中の栄養管理は、胎児の発達や将来の肉質に大きな影響を与える。特に、高栄養条件下での脂肪蓄積の促進は、黒毛和種の高品質なサシ形成に貢献する可能性が示唆された。本研究の内容は、栄養管理を通じた胎児プログラミングの重要性を示している。

引用元 <https://doi.org/10.1111/asj.13600>

Journal of Animal Science, 99, skab123 (2021).

「黒毛和種の早期高栄養給与が成長、枝肉特性、および肉質に及ぼす影響」

Effects of early high nutrition related to metabolic imprinting events on growth, carcass characteristics, and meat quality of grass-fed Wagyu (Japanese Black cattle)

Sithyphone Khounsaknalath¹, Kotaro Etoh¹, Kaori Sakuma², Kunihiko Saito², Akira Saito³, Tsuyoshi Abe², Fumio Ebara¹, Toshie Sugiyama⁴, Eiji Kobayashi², Takafumi Gotoh^{1,5}

¹Kuju Agriculture Research Center, Kyushu University, Taketa, Oita 878-0201, Japan.

²National Livestock Breeding Center, Nishigo-mura, Fukushima 961-8511, Japan.

³Zenrakuren, Tokyo 104-0061, Japan.

⁴Faculty of Agriculture, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan.

⁵Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima 899-0065, Japan.

概 要

本研究は、早期高栄養給与が黒毛和種の成長、枝肉特性、筋内脂肪含量、および肉質に与える影響を評価した。早期の高栄養給与が代謝の印象付けを通じて肉質改良に寄与する可能性を検討するため、2つの異なる栄養条件で育てた黒毛和種去勢牛を比較した。

サンプル

早期高栄養給与群 (EHN) : 12 頭

粗飼料給与群 (RG) : 11 頭

両群とも黒毛和種去勢牛 (31 か月齢で屠殺)

使用機器

成分分析：デュアルエネルギーX線吸収測定装置 (QDR-2000, Hologic, USA)

脂肪酸分析：GC-MS (Shimadzu)

統計解析：SAS v9.4 および EZR (R ソフトウェア)

内 容

1. 成長性能

- EHN 群は RG 群に比べ、最終体重が 51 kg 重く、粗飼料への切り替え後も体重優位を維持した。
- 平均日増体重 (ADG) は、0~10 か月齢で EHN 群が RG 群を上回った (1.02 kg/日 vs 0.45 kg/日)。

2. 枝肉特性

- EHN 群はホット枝肉重量が有意に高く (293.63 kg vs 256 kg) 、サシスコア (BMS) も EHN 群で有意に高かった (2.41 vs 1.54) 。
- EHN 群のサブカット脂肪厚は 1.45 cm と RG 群 (0.83 cm) より厚く、筋内脂肪含量は 13.2% で RG 群 (9.4%) を上回った。

3. 血中 IGF-I 濃度

- IGF-I 濃度は、EHN 群で 3、10、14 か月齢の RG 群より有意に高かった。
- 30 か月齢時には逆に RG 群が優位であった。

考 察

早期高栄養給与は、黒毛和種における枝肉特性および肉質の向上に大きな効果をもたらした。この効果は、特に脂肪組織の早期発達に関連する代謝刷り込み (インプリンティング) 効果によるものと考えられる。早期高栄養給与群 (EHN 群) では、幼少期の高栄養給与が脂肪細胞の分化を促進し、これがその後の筋内脂肪蓄積に大きく寄与していた。その結果、マーブリングスコアおよび筋内脂肪含量が顕著に向上した。また、インスリン様成長因子 I (IGF-I) 濃度の変動は成長パターンに影響を与え、筋肉および脂肪の発達を促進した可能性がある。一方で、粗飼料への移行後に一時的な成長停滞が認められたが、これは早期高栄養給与によって誘導された代謝変化への適応過程であると推察される。以上の知見は、黒毛和種の成長および肉質向上を目的とした飼養管理戦略において、重要な示唆を与えるものである。

結 論

早期高栄養給与は、黒毛和種の筋肉および脂肪組織の発達を促進し、特に筋内脂肪の形成とサシスコアの向上に効果的であった。また、IGF-I 濃度の変化が代謝の調節や脂肪形成に寄与し、持続的な肉質改善に繋がる可能性が示された。本研究の内容は、肥育管理における早期栄養戦略が黒毛和種の高品質肉生産に重要な役割を果たすことを示しており、将来的な肥育プログラム設計のための有用な指針となる。

引用元 <https://doi.org/10.1093/jas/skab123>

Korean Journal for Food Science of Animal Resources, **40**, 446–459 (2020).

「済州黒牛、韓牛、黒毛和種の脂肪酸およびアミノ酸特性の比較」

Erratum to: Comparisons of Beef Fatty Acid and Amino Acid Characteristics between Jeju Black Cattle, Hanwoo, and Wagyu Breeds

Seung-Hoon Lee¹, Chung-Nam Kim², Kyoung-Bo Ko², Se-Pill Park², Ho-Kyoung Kim³, Jun-Mo Kim⁴, Youn-Chul Ryu²

¹Division of Biotechnology, College of Life Science, Korea University, Seoul 02841, Korea.

²Division of Biotechnology, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea.

³Division of Food Nutrition and Culinary Art, Dong-Eui Institute of Technology, Busan 47230, Korea.

⁴Department of Animal Science and Technology, College of Biotechnology and Natural Resources, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea.

概 要

本研究は、済州黒牛 (Jeju Black Cattle)、韓牛 (別名 Hanwoo)、黒毛和種の脂肪酸およびアミノ酸特性を比較し、各品種の肉質特性の違いを明らかにすることを目的とした。これらのデータは、品種ごとの肉質向上およびブランド価値の向上に寄与することが期待される。

サンプル

- 済州黒牛：10 頭
- 韓牛：10 頭
- 黒毛和種：10 頭
- 長背筋 (サーロイン部分) を対象に分析。

使用機器

- 脂肪酸分析：GC-MS (Shimadzu)
- アミノ酸分析：アミノ酸自動分析装置 (Biochrom 30)
- 統計解析：SAS ソフトウェア (バージョン 9.4)

内 容

1. 脂肪酸組成

- 黒毛和種はオレイン酸 (C18:1n9c) の割合が最も高く、他の品種よりも一価不飽和脂肪酸 (MUFA) が多かった。
- 濟州黒牛は飽和脂肪酸 (SFA) の割合が最も高く、特にステアリン酸 (C18:0) の割合が顕著だった。
- 韓牛は多価不飽和脂肪酸 (PUFA) の割合が他の品種より高く、特にリノレン酸 (C18:3n3) が豊富であった。

2. アミノ酸組成

- 黒毛和種はグルタミン酸含量が最も高く、うま味特性に寄与するアミノ酸が豊富だった。
- 濟州黒牛はバリンおよびロイシンなどの分岐鎖アミノ酸 (BCAA) の割合が高かった。
- 韓牛はリジンおよびスレオニンの含量が高く、栄養価の観点で優れていた。

考 察

黒毛和種の肉質特性は、オレイン酸の高含量とグルタミン酸の豊富さにより、柔らかさと風味の点で優れている。一方、濟州黒牛は高いステアリン酸含量が特徴で、健康的な脂肪酸プロファイルとして注目される可能性がある。韓牛は多価不飽和脂肪酸と必須アミノ酸の含量が高く、栄養価の観点で優れた特性を示した。これらの内容は、品種ごとの肉質改善およびブランディング戦略において重要な知見を提供する。

結 論

本研究は、濟州黒牛、韓牛、黒毛和種の脂肪酸およびアミノ酸特性の違いを明確に示した。黒毛和種は特に風味と柔らかさで優れた特徴を持ち、濟州黒牛は健康的な脂肪酸プロファイル、韓牛は栄養価の高さが際立っていた。この知見は、品種特性を活かした差別化戦略や高品質な肉製品の開発に活用されることが期待される。

引用元 <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e27>

Animal Science Journal, 90, 1025–1032 (2019).

「香港における日本産和牛の消費者嗜好：ラベル認識と参照点効果」

Hong Kong consumer preferences for Japanese beef: Label knowledge and reference point effects

Ryosuke Kikushima¹, Shinsaku Nakajima², Masahiro Takano³, Nobuhiro Ito³

¹Policy Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan.

²School of Agriculture, Meiji University, Kanagawa, Japan.

³Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

概 要

本研究では、香港における日本産和牛の消費者嗜好を明らかにするため、選択実験法を用いて消費者の評価を分析した。特に、和牛の産地、筋肉脂肪蓄積のレベル、購入場所、価格、ラベル認識が嗜好に及ぼす影響を検討した。香港の消費者は日本産和牛に対して高い評価を与え、特に「日本産和牛」のラベルが付与された牛肉に対してプレミアムを支払う意向が強いことが示された。

サンプル

- 対象地域: 香港
- 回答者数: 250 名（過去 1 年以内に日本産牛肉を購入した経験のある香港居住者）
- 属性: 性別、年齢、世帯収入、教育レベルなどの人口統計データを収集

使用機器と方法

- 分析方法: 選択実験法（Discrete Choice Experiment）
- 統計モデル: 条件付きロジットモデルおよび混合ロジットモデルを使用
- 価格基準: 100g あたりの価格（HK\$60～HK\$220）
- 変数: 産地（日本、オーストラリア、アメリカ）、筋肉脂肪（少量、中程度、多量）、購入場所（デパート、市場、輸入食品専門店）、ラベルの有無

内 容

1. 産地とラベル認識

- 日本産和牛は、オーストラリア産およびアメリカ産和牛に比べて顕著に高い評価を受けた。
- 特に「日本産和牛」のラベルが付与された場合、支払い意向額（WTP）がさらに増加した。

2. マーブリング

- マーブリングの「中程度」および「多量」は、評価を向上させる要因であったが、過剰なマーブリングに対する抵抗感も一部の消費者に確認された。

3. 購入場所

- デパートや輸入食品専門店で購入された牛肉は、市場で購入された牛肉よりも高い評価を受けた。

4. 参照点効果

- 消費者は通常購入する価格を基準に、価格が高い場合に「損失」を感じる傾向があった。この効果は「日本産和牛」のプレミアム価格にも影響を与えた。

考 察

日本産和牛の高評価は、その品質とラベル認識によるブランド価値の向上に基づいている。特に、ラベルの有無が消費者の購買意欲を大きく左右する要因となっている。一方で、過剰なマーブリングや価格プレミアムの設定には慎重な対応が必要であり、現地市場の需要に合わせた販売戦略が重要である。

結 論

日本産和牛の輸出促進には、ラベル認識の向上と参照点効果を考慮した価格戦略が重要である。また、現地消費者の嗜好に応じた柔軟な販売計画が、ブランド価値の最大化に寄与する。本研究は、香港市場における日本産和牛の競争力向上に向けた貴重な知見を提供するものである。

引用元 <https://doi.org/10.1111/asj.13085>

Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 32, 1158–1168 (2019).

「黒毛和種のロース筋における死後熟成期間中の代謝物変化」

Metabolomic approach to key metabolites characterizing postmortem aged loin muscle of Japanese Black (Wagyu) cattle

Susumu Muroya¹, Mika Oe¹, Koichi Ojima¹, Akira Watanabe²

¹Muscle Biology Research Unit, Animal Products Research Division, NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, Ibaraki 305-0901, Japan.

²NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan.

概 要

本研究は、黒毛和種牛の胸最長筋における死後熟成期間中の代謝物の変化を包括的に分析することを目的とした。特に、肉の品質特性に寄与する代謝物やそれらの関連経路を特定するため、キャピラリー電気泳動-飛行時間型質量分析法（CE-TOFMS）を使用した代謝プロファイリングが行われた。

サンプル

- 黒毛和種去勢牛：3頭（28か月齢、632～739 kg）
- 部位：胸最長筋（Longissimus thoracis）、第8～9胸椎間。
- サンプルングタイムポイント：屠殺後0日、1日、14日。

使用機器

- CE-TOFMS（Agilent 6210 TOF-MS）
- データ解析ソフトウェア：MasterHands（Human Metabolome Technologies）

内 容

1. 解糖経路と乳酸生成

- 屠殺直後から糖解系が進行し、乳酸含量は有意に増加。
- フルクトース 1,6-二リン酸 (F-1,6-dP) は 24 時間以内に減少、乳酸生成を裏付ける内容であった。

2. エネルギー代謝産物

- ATP は屠殺直後から急速に分解され、IMP (一リン酸イノシン) が一時的に蓄積 (1 日目)。その後、イノシンやヒポキサンチンが蓄積した。

3. アミノ酸とペプチド

- グルタミン酸を含む 16 種類の遊離アミノ酸および 6 種類のジペプチドが、熟成期間中に増加した。
- グルタミン酸および芳香族アミノ酸の顕著な増加が認められ、風味形成への寄与が示唆された。

4. その他の代謝物

- コリン、チアミン、グルコン酸などの栄養価の高い物質が熟成に伴い増加。
- グルタチオン関連物質も顕著に増加し、抗酸化特性を示唆。

考 察

死後熟成期間中、黒毛和種のロース筋では、解糖、クエン酸回路、タンパク質分解、プリン代謝など多くの代謝経路が活性化した。特に、IMP やグルタミン酸の増加は風味特性の向上に重要である。また、コリンやチアミンといった栄養物質の蓄積は、熟成肉の栄養価を高める可能性がある。これらの代謝物は、熟成過程を特徴付ける指標として活用できる可能性がある。

結 論

本研究は、黒毛和種のロース筋における死後熟成期間中の代謝物変化を詳細に分析し、熟成肉の品質向上に寄与する重要な代謝物を特定した。特に、IMP、グルタミン酸、チアミンは風味および栄養特性を高める可能性があり、熟成肉の品質管理における有用な指標として提案される。

引用元 <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0648>

BMC Veterinary Research, 20, 45 (2024).

「黒毛和種を含むアングス、ヘレフォード、黒毛和種の脂肪酸組成、筋内脂肪 (IMF)、脂肪融点 (FMP) に関する研究」

Correction: Muscle biopsy long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid compositions, IMF and FMP in Australian pasture-based Bowen Genetics Forest Pastoral Angus, Hereford, and Wagyu Beef Cattle

John Roger Otto¹, Felista Waithira Mwangi^{2,3}, Shedrach Benjamin Pewan^{2,4}, Oyelola Abdulwasiu Adegboye^{2,5}, Aduli Enoch Othniel Malau-Aduli^{2,6}

¹Animal Genetics and Nutrition, Veterinary Sciences Discipline, College of Public Health, Medical and Veterinary Sciences, James Cook University, Townsville, QLD, 4811, Australia.

²Animal Genetics and Nutrition, Veterinary Sciences Discipline, College of Public Health, Medical and Veterinary Sciences, James Cook University, Townsville, QLD, 4811, Australia.

³School of Medicine and Public Health, College of Health, Medicine and Wellbeing, The University of Newcastle, Callaghan, NSW, 2308, Australia.

⁴National Veterinary Research Institute, Private Mail Bag 01 Vom, Jos, Plateau State, Nigeria.

⁵Menzies School of Health Research, Charles Darwin University, Casuarina, NT, 0811, Australia.

⁶School of Environmental and Life Sciences, College of Engineering, Science and Environment, The University of Newcastle, Callaghan, NSW, 2308, Australia.

概 要

本研究は、オーストラリアの放牧システムにおいて飼育されたアングス、ヘレフォード、黒毛和種の筋肉生検サンプルを用い、健康に有益な長鎖オメガ3多価不飽和脂肪酸（オメガ-3 PUFA）、筋内脂肪、および脂肪融点を比較した。これにより、品種や性別がこれらの特性に及ぼす影響を評価した。

サンプル

- 牛種：アングス 30 頭、ヘレフォード 22 頭、黒毛和種 75 頭
- 性別：去勢雄牛および雌牛
- 年齢：平均 12 ± 2.43 か月齢
- 育成条件：オーストラリア放牧システムに基づく同一管理下で飼育。

使用機器と解析

- 脂肪酸分析：GC-MS 法
- 筋内脂肪と脂肪融点測定：標準化された実験手法（詳細は前研究に準拠）
- 統計解析：R ソフトウェア（バージョン 4.0.2）を用いた Kruskal-Wallis 検定およびスピアマン相関解析。

内 容

1. 筋肉脂肪 (IMF)

- 黒毛和種は IMF が最も高い (11.1%)、ヘレフォードは最も低い (5.9%)。
- 性別の影響として、雌牛は雄牛よりも高い IMF (11.9% vs 5.3%) を示した。

2. 脂肪融点 (FMP)

- 黒毛和種は最も低い FMP (33.0 °C)、ヘレフォードは最も高い FMP (55.0 °C) を示した。
- 雌牛は雄牛よりも FMP が低かった (33 °C vs 37 °C)。
-

3. 脂肪酸組成

- 黒毛和種は、健康に有益な DPA (22:5n-3) および EPA+DHA+DPA の含量が最も高かった (28.8 mg/100g 組織)。
- ALA (α -リノレン酸)、EPA (エイコサペンタエン酸)、DHA (ドコサヘキサエン酸) の含量も黒毛和種が他の品種を上回った。
- 雌牛は、ALA や DPA を含む多価不飽和脂肪酸 (PUFA) の割合が雄牛より高かった。

考 察

黒毛和種は、IMF の高さ、低い FMP、豊富なオメガ-3 PUFA の組成において他の品種よりも優れていた。これらの特性は、遺伝的要因および放牧システムの影響によるものと考えられる。さらに、性別は IMF と FMP に有意な影響を及ぼし、雌牛は高品質な肉を生産する可能性が高いことが示唆された。これらの内容は、健康に有益な脂肪酸含有量を向上させるための育種戦略における基礎データを提供する。

結 論

黒毛和種は、LC omega-3 PUFA の含有量が最も高く、IMF と FMP の点でも優れており、健康的で高品質な肉生産のための主要品種であることが確認された。性別による特性の違いを考慮することで、肉質向上戦略がさらに最適化できる可能性が示された。

引用元 <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04316-0>

「済州黒牛、韓牛、和牛の脂肪酸およびアミノ酸特性の比較」

Comparisons of Beef Fatty Acid and Amino Acid Characteristics between Jeju Black Cattle, Hanwoo, and Wagyu Breeds

Seung-Hoon Lee¹, Chung-Nam Kim², Kyoung-Bo Ko², Se-Pill Park², Ho-Kyoung Kim³, Jun-Mo Kim⁴, Youn-Chul Ryu²

¹Division of Biotechnology, College of Life Science, Korea University, Seoul 02841, Korea.

²Division of Biotechnology, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea.

³Division of Food Nutrition and Culinary Art, Dong-Eui Institute of Technology, Busan 47230, Korea.

⁴Department of Animal Science and Technology, College of Biotechnology and Natural Resources, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea.

概 要

本研究は、済州黒牛、韓牛、和牛の肉質における栄養学的特性を比較し、それぞれの脂肪酸およびアミノ酸組成の違いを明らかにすることを目的とした。済州黒牛は、韓牛よりも高い不飽和脂肪酸（UFA）含有量を示し、特にオレイン酸が多く、甘味をもたらすアラニンやグルタミンも豊富であった。一方で、韓牛は旨味成分であるグルタミン酸が多く含まれていた。これらの内容は、済州黒牛が健康的で風味豊かな肉質を提供する可能性を示唆している。

サンプル

- 牛種: 済州黒牛（25 頭: 雌 8 頭、去勢雄 17 頭）、韓牛（28 頭: 雌 11 頭、去勢雄 16 頭）、和牛（10 頭: 市販品）
- 分析部位: 長背筋（LD）
- 飼育条件: 済州黒牛と韓牛は同一条件下で肥育。和牛はオーストラリア産市販肉を使用。

使用機器と方法

- 脂肪酸組成: GC 法、Supelco TMS-P-2560 カラム（Sigma-Aldrich）を使用。
- アミノ酸組成: GC 分析（脂肪酸メチルエステル化後、火炎イオン化検出器を使用）。
- 統計解析: 一般線形モデル（GLM, SAS ソフトウェア）。Duncan 多重比較検定を実施し、 $p < 0.05$ を有意とした。

内 容

1. 脂肪酸組成

- 濟州黒牛は、韓牛および和牛と比較して、顕著に高いオレイン酸 (C18:1n-9) 含有量を示した (56.34%)。
- 飽和脂肪酸 (SFA) は濟州黒牛が最も低く (32.74%)、韓牛が最も高かった (44.22%)。
- 不飽和脂肪酸 (UFA) 比率は濟州黒牛が韓牛を上回り、健康的な脂肪酸プロファイルを示した (MUFA: 63.88%, PUFA: 3.38%)。

2. アミノ酸組成

- 甘味をもたらすアラニンは濟州黒牛で最も高く、韓牛よりも有意に高かった。
- 濟州黒牛は苦味を伴うアミノ酸 (バリン、ロイシン、イソロイシン、メチオニン) の含有量が韓牛よりも低かった。
- 旨味成分であるグルタミン酸は韓牛で最も多く含まれていた。

考 察

濟州黒牛の高いオレイン酸含有量は、風味と健康面での付加価値を高める要因となる。一方で、韓牛は旨味成分であるグルタミン酸が豊富で、独特の味わいを提供する。脂肪酸およびアミノ酸プロファイルの違いは、消費者嗜好や市場需要に応じた育種戦略の設計に役立つ。

結 論

濟州黒牛は健康的な不飽和脂肪酸と甘味アミノ酸のバランスが良く、風味豊かで栄養価が高い肉質を提供する。一方、韓牛は旨味成分が多く、日本産和牛に匹敵する肉質特性を持つ。本研究は、韓国および国際市場での牛肉ブランド強化に貢献する知見を提供した。

引用元 <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e33>

Animals, 12, 1671 (2022).

「黒毛和種および交雑黒毛和種の成長性能と代謝特性の比較」

Comparison of Pure and Crossbred Japanese Black Steers in Growth Performance and Metabolic Features from Birth to Slaughter at a Spanish Fattening Farm

Juan M Vázquez-Mosquera¹, Eduardo de Mercado², Aitor Fernández-Novo³, Juan C Gardón⁴, José L Pesántez-Pacheco⁵, María Luz Pérez-Solana², Ángel Revilla-Ruiz¹, Daniel Martínez⁶, Arantxa Villagrà⁷, Francisco Sebastián⁸, Sonia S Pérez-Garnelo², Susana Astiz²

¹Medicine and Surgery Department, Veterinary Faculty, Complutense University of Madrid, Puerta de Hierro Avenue s/n, 28040 Madrid, Spain.

²Animal Reproduction Department, National Institute of Agronomic Research (INIA-CSIC), Puerta de Hierro Avenue s/n, 28040 Madrid, Spain.

³Department of Veterinary Medicine, School of Biomedical and Health Sciences, Universidad Europea de Madrid, C/Tajo s/n, Villaviciosa de Odón, 28670 Madrid, Spain.

⁴Department of Animal Medicine and Surgery, Veterinary and Experimental Sciences Faculty, Catholic University of Valencia-San Vicente Mártir, Guillem de Castro, 94, 46001 Valencia, Spain.

⁵Faculty of Agricultural Sciences, School of Veterinary Medicine and Zootechnics, University of Cuenca, Av. Doce de Octubre, Cuenca 010220, Ecuador.

⁶Embriovet S.L, Polígono Industrial de Piadela II-8, Betanzos, 15300 A Coruña, Spain.

⁷Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), CV-315, Km 107, 46113 Valencia, Spain.

⁸Cowvet S.L, Avda. País Valencià 6, 46117 Bétera-Valencia, Spain.

概要

本研究は、スペインの肥育農場における黒毛和種、黒毛和種とアンガスの交雑牛、およびアンガスと他のヨーロッパ種（シャロレーまたはリムジン）の交雑牛（ACL）の成長性能、肉質特性、代謝特性を比較した。飼養管理は運動制限のない高い動物福祉基準の下で行われ、地元産の高オレイン飼料を使用した。

サンプル

- 対象動物:
 - 黒毛和種（Wagyu）：262 頭
 - 黒毛和種とアンガスの交雑牛（Wangus）：103 頭
 - アンガス×ヨーロッパ種交雑牛（ACL）：43 頭
- データ取得期間: 2018 年～2020 年
- 肥育ステージ: 離乳後（約 4.5 か月齢）、成長終了時（約 13.5 か月齢）、仕上げ終了時（約 22 か月齢）、屠殺時（約 32 か月齢）。

使用機器と方法

- 体重測定：電子体重計（精度 0.5 kg）

- 超音波測定：MyLab One®システム（Esaote, Barcelona, Spain）
- 血液代謝物分析：Konelab 20（Thermo Fisher Scientific, USA）
- 統計解析：SPSS 25（IBM, Armonk, NY, USA）

内 容

1. 成長性能

- 平均日増体重（ADG）：
 - 離乳から成長終了まで：黒毛和種（0.916 kg/日）、Wangus（1.046 kg/日）、ACL（1.293 kg/日）。
 - 成長終了から仕上げ終了まで：黒毛和種（0.628 kg/日）、Wangus（0.64 kg/日）、ACL（0.802 kg/日）。
- ACL は最も早く成長し、早期に屠殺可能であったが、黒毛和種と Wangus はより高い筋肉脂肪（IMF）を示した。

2. 筋肉および脂肪の発達

- IMF 含量：黒毛和種および Wangus が最も高く、ACL は最低。
- 背脂厚（BF）および臀脂厚（RF）：ACL が最も高く、黒毛和種が最も低かった。

3. 代謝特性

- 黒毛和種および Wangus：高コレステロール（TC）、高トリグリセリド（TG）、高密度リポタンパク質（HDL）を示し、ACL と比較して動脈硬化リスクが低いプロファイル。
- ACL は乳酸および β -ヒドロキシ酪酸（BHB）が高く、離乳時にストレスが高い可能性が示唆された。

考 察

黒毛和種と Wangus は、高い IMF 含量および健康的な脂肪代謝プロファイルにより、価値の高い肉質を提供できる可能性がある。一方で、ACL は成長が速いため、効率的な生産が可能であるが、肉質面での特性は劣る傾向があった。また、黒毛和種と Wangus の長い肥育期間が高い筋肉脂肪形成に寄与していると考えられる。

結 論

黒毛和種と Wangus は、スペインの肥育条件下でも優れた肉質特性を維持でき、ACL は高い成長率を示した。本研究は、異なる飼養条件下での黒毛和種およびその交雑種の特性を明確化し、適切な肥育管理や生産戦略の設計に役立つ知見を提供した。

引用元 <https://doi.org/10.3390/ani12131671>

Meat Science, 188, 108919 (2022).

「日本の和牛と伝統的な和食文化が肉の美味しさ研究に与えた影響」

Science and technology of meat and meat products in Japan-Pursuit of their palatability under the influence of Washoku, traditional Japanese cuisine

Masanori Matsuishi¹

¹School of Food Science and Technology, Faculty of Applied Life Science, Nippon Veterinary and Life Science University, Japan.

概 要

日本の和牛生産と肉科学技術は、和食の伝統的な文化に深く根差しており、特に味覚、香り、食感に注目して進化してきた。本研究では、和牛の美味しさを支える要因として、旨味成分、肉の老化による味の向上、調理や加工による風味の変化、食感の研究について包括的にレビューした。また、日本の食文化が肉製品の技術開発や消費者嗜好に与える影響を考察した。

サンプル

- 対象肉種: 日本産和牛（黒毛和種）、輸入牛肉（主にオーストラリア産）
- 部位: 長背筋および皮下脂肪を中心に分析
- 評価基準: 味覚（旨味強度）、香り（揮発性成分）、食感（柔らかさとジューシーさ）
- 対象群の条件: 各サンプルは同一条件下で調理（80° C、10分間）した後に評価

使用機器と方法

- GC 分析: GC-2010 Plus (Shimadzu, Japan) を使用し、肉から抽出した揮発性成分を分離・定量
- GC-MS 分析: Agilent 7890 GC coupled with Agilent 5975 MS (Agilent Technologies, USA) により揮発性香気化合物を特定
- GC 嗅覚分析: Sniffer 9000 (Brechtbühler AG, Switzerland) を使用して香気成分の感覚評価を実施
- 官能評価: 10名のトレーニングを受けたパネリストが QDA 法を適用し、味覚と食感を評価
- アミノ酸および核酸関連化合物の定量: Hitachi L-8900 Amino Acid Analyzer (日立ハイテクノロジーズ, Japan) を使用
- 老化によるペプチド生成の解析: LC-MS/MS (Thermo Scientific Q Exactive, Thermo Fisher Scientific, USA) を用い、熟成肉のペプチドプロファイルを分析

- データ解析ソフトウェア: MassHunter (Agilent Technologies) および Xcalibur (Thermo Fisher Scientific) を用いてデータ解析

内 容

1. 旨味成分と味覚

- 和牛はグルタミン酸と IMP の相乗効果による強い旨味を示し、輸入牛肉と比較して高い評価を得た。
- 熟成肉では、老化に伴う自由アミノ酸やペプチドの増加が旨味強度を向上させる要因とされた。

2. 香りの特性

- 和牛独特の香り（甘く脂肪の風味を伴う）は、 γ -ノナラクトンやトランス-4,5-エポキシ-(E)-2-デセナールなどの揮発性化合物によって形成されることが示された。
- これらの香り成分は、特に和牛脂肪の酸化により生成され、調理時に強化される。

3. 食感と老化

- 和牛の柔らかさは脂肪分布と関連し、老化により筋肉タンパク質が分解されることで更に向上する。
- 高圧処理や低塩調理技術により、食感と保存期間の両方を改善する可能性が示された。

4. 消費者嗜好

- 海外からの消費者調査では、和牛のジューシーさ、柔らかさ、香りが高い評価を受けており、多くの国で和牛が好まれていることが確認された。
- ただし、過剰な脂肪含有量は一部で好まれない傾向が見られ、適切なマーブリングの管理が重要であるとされた。

考 察

和牛の美味しさは、旨味成分の相乗効果、特有の香り、滑らかな食感に支えられている。特に、和食文化に由来する微妙な味覚や調理技術が和牛の評価を高める重要な要因となっている。また、科学的根拠に基づいた育種や加工技術の改良により、和牛の付加価値を更に高める可能性がある。

結 論

和牛は、日本の食文化を反映した独特の美味しさを持ち、国内外の市場で高い需要を維持している。本研究は、和牛の品質向上と国際市場での競争力強化のための重要な知見を提供した。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108919>

Biochemical and Biophysical Research Communications, 445, 74–79 (2014).

「黒毛和種とホルスタインにおける脂肪組織の Pref-1 遺伝子発現と脂肪細胞性質の部位特異的な違い」

Fat depot-specific differences in pref-1 gene expression and adipocyte cellularity between Wagyu and Holstein cattle

Tomoya Yamada¹, Mikito Higuchi², Naoto Nakanishi²

¹Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization, Nasushiobara-shi, Tochigi-ken 329-2793, Japan.

²Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization, Nasushiobara-shi, Tochigi-ken 329-2793, Japan.

概 要

本研究では、黒毛和種とホルスタイン牛の脂肪組織における Pref-1 遺伝子の発現と脂肪細胞の性質に関する部位特異的な違いを比較した。特に皮下脂肪および腸間膜脂肪を対象に分析を行い、黒毛和種の腸間膜脂肪細胞のサイズがホルスタインより大きい一方で、ホルスタインでは Pref-1 遺伝子の発現が顕著に高いことが示された。

サンプル

- 対象牛種: 黒毛和種去勢牛 (8 頭)、ホルスタイン去勢牛 (8 頭)
- 年齢: 19~24 か月齢
- 飼育条件: 濃厚飼料 (総消化養分 88%、粗タンパク 12%) およびオーチャードグラス乾草 (総消化養分 56%、粗タンパク 8%) を自由採食
- 採取部位: 皮下脂肪 (第 3 および第 4 腰椎部位)、腸間膜脂肪 (結腸周囲)

使用機器と方法

- RNA 抽出とリアルタイム PCR:
 - RNA 抽出: RiboPure Kit (Ambion, CA, USA)
 - cDNA 合成: ReverTra Ace qPCR RT Kit (Toyobo, Osaka, Japan)
 - リアルタイム PCR: Mini Opticon (Bio-Rad, Munich, Germany)
 - 試薬: THUNDERBIRD SYBR qPCR Mix (Toyobo)
 - プライマー配列: Pref-1 および内部対照遺伝子 (RPLP0) をターゲット

- 脂肪細胞性質の測定:
 - 固定: 2%オスミウムテトロキシド固定
 - 分離: 0.154 M NaCl および 8 M 尿素を使用
 - 測定: WinROOF ソフトウェア (Mitani Corporation, Fukui, Japan) を用いて脂肪細胞直径を計測 (各サンプル 300 細胞以上を測定)
- 統計解析:
 - ANOVA および Tukey の事後検定 (有意水準: $p < 0.01$)

内 容

1. 脂肪細胞性質

- 皮下脂肪において、黒毛和種とホルスタイン間で脂肪細胞サイズに有意差は認められなかった。
- 腸間膜脂肪では、黒毛和種の脂肪細胞がホルスタインよりも有意に大きかった。

2. Pref-1 遺伝子発現

- 腸間膜脂肪における Pref-1 遺伝子発現量は、ホルスタインで黒毛和種の 2 倍以上高かった。
- 皮下脂肪では、両牛種間で Pref-1 発現量に有意差は認められなかった。

考 察

腸間膜脂肪の Pref-1 発現量が高いことは、ホルスタインにおける脂肪細胞分化能力の低下と関連している可能性がある。また、黒毛和種の腸間膜脂肪細胞サイズが大きいことは、より高い脂肪蓄積能力を示唆している。本研究は、脂肪組織の部位特異的な特性が牛種間で異なることを示し、黒毛和種の優れた脂肪蓄積能力の分子基盤を理解するための新たな知見を提供する。

結 論

脂肪組織における Pref-1 遺伝子の発現と脂肪細胞の性質は、部位および牛種によって異なる特性を示す。本研究は、黒毛和種とホルスタインの脂肪組織形成能力の違いを解明し、肉質改良に向けた基礎データを提供した。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.01.177>

Metabolites, 11, 203 (2021).

「黒毛和種における特徴的なラクトン形成に関与する脂質の探索」

Exploring the Lipids Involved in the Formation of Characteristic Lactones in Japanese Black Cattle

Shuji Ueda¹, Ryo Sasaki², Rio Nakabayashi², Minoru Yamanoue¹, Yasuhito Sirai¹, Eiji Iwamoto³

¹Department of Agrobioscience, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Kobe 657-8501, Hyogo, Japan.

²Food Oil and Fat Research Laboratory, Miyoshi Oil & Fat Co., Ltd., Tokyo 124-8510, Japan.

³Hokubu Agricultural Technology Institute Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry, and Fisheries, Asago 669-5254, Hyogo, Japan.

概 要

黒毛和種牛の脂肪や筋肉から生成される「和牛香」の形成に寄与する代謝物を明らかにするため、GC-O および LC-MS を用いてラクトンと脂質の相関を分析した。特に、和牛香に重要とされる 7 種類のラクトンの含有量を SIDA 法で定量し、トリアシルグリセリド (TAG) の分子種との関連を検討した。

サンプル

- 種類：黒毛和種 (Type A: 一般血統、Type B: 閉鎖血統)、ホルスタイン
- 部位：長背筋および脂肪組織
- 評価：39 種の臭気物質とラクトン (7 種) を分析

使用機器と方法

- 臭気物質分析：GC-O (Agilent 6890)
- ラクトン定量：GC-三重四重極質量分析計 (Agilent 7000C)
- 脂質解析：LC-MS (LTQ-Orbitrap XL, Thermo Fisher Scientific)、HPLC (Agilent 1260 Infinity)
- 統計解析：JMP 12 および SIMCA 14

内 容

1. 臭気物質の検出

- 黒毛和種の脂肪組織で 39 種の臭気物質を検出。特に δ -デカラクトン、 γ -オクタラクトン、 γ -ノナラクトンが高 FD 値を示した。
- GC-O 分析で、黒毛和種のマーブリング領域はホルスタインより多くのラクトンを

生成した。

2. ラクトン含量の比較

- γ -ヘキサラクトンはマーブリング領域で最も多く検出され、果実のような甘い香りを持つ。
- γ -ノナラクトン、 γ -デカラクトン、 δ -デカラクトンは脂肪組織で優位に多く含まれていた。

3. 脂質組成

- LC-MS により 108 種の脂質を検出。TAG は主要脂質であり、特にマーブリング領域で豊富に存在。
- 主な TAG : POO (29.9%)、POP (9.8%)、PPoO (8.2%)。モノ不飽和脂肪酸 (MUFAs) は総脂肪酸の 54.4%を占めた。

4. TAG とラクトンの相関

- TAG とラクトンの全体的な相関は低かったが、 γ -ヘキサラクトンはリノール酸と正の相関を示した。

考 察

黒毛和種のマーブリング領域における脂質組成の違いがラクトン生成に影響を与え、「和牛香」の形成に寄与している可能性が示唆された。特に、 γ -ヘキサラクトンは和牛香の主要成分であり、その生成にはリノール酸や筋肉由来の代謝物が関与していると考えられる。また、TAG 分子種の多様性が臭気物質の多様性に寄与している可能性がある。

結 論

本研究は、黒毛和種のマーブリング領域で生成される特徴的な和牛香の形成における脂質組成の重要性を示した。特に、 γ -ヘキサラクトンは和牛香の指標として有望であり、その生成にはリノール酸や筋肉代謝物が寄与している可能性が示唆された。この知見は、和牛の品質向上や特性の最適化に役立つ基礎情報を提供する。

引用元 <https://doi.org/10.3390/metabo11040203>

Translational Animal Science, 4, txz110 (2020).

「純血ジャージー牛および交雑ジャージー牛の成長性能、枝肉特性、脂肪酸組成、肉質評価」

Evaluation of feedlot performance, carcass characteristics, carcass retail cut distribution, Warner-Bratzler shear force, and fatty acid composition of purebred Jersey and crossbred Jersey steers

Jerad R Jaborek¹, Henry N Zerby¹, Steven J Moeller¹, Francis L Fluharty², Alejandro E Relling³

¹Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Columbus, OH.

²Department of Animal and Dairy Sciences, University of Georgia, Athens, GA.

³Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Wooster, OH.

概要

本研究は、純血ジャージー牛および交雑ジャージー牛（アンガス種、シンメンタル・アンガス交雑牛、褐毛和種との交配）における飼養管理、枝肉特性、脂肪酸組成および肉質評価を比較し、それぞれの品種が持つ経済的ならびに肉質の特性を明らかにすることを目的とした。

サンプル

- 純血ジャージー牛：21 頭
- 交雑ジャージー牛：
 - アンガス種由来：9 頭
 - シンメンタル・アンガス交雑牛：10 頭
 - 褐毛和種由来：15 頭
- 試験期間：2015 年および 2016 年に実施
- 肥育期間：平均 210±31 日

使用機器と方法

- 枝肉測定：USDA 基準に基づく計測
- 肉質評価：Warner-Bratzler シアーフォース法 (TA.XT2 Plus Texture Analyzer)
- 脂肪酸組成：GC (CP-SIL88 キャピラリーカラム)
- 統計解析：SAS ソフトウェア

内 容

1. 飼養性能

- 平均日増体重 (ADG) : 交雑牛 (アンガス : 1.05 kg/日、シムアンガス : 1.08 kg/日) が純血ジャージー牛 (0.85 kg/日) を上回った。
- 飼料効率 (Gain) : 褐毛和種由来交雑牛が最も効率的であった (0.142 kg/kg)。
- 飼育終了体重 : 交雑牛 (アンガス : 531 kg) が純血ジャージー牛 (499 kg) より有意に高かった。

2. 枝肉特性

- 枝肉歩留まり : 交雑牛が純血ジャージー牛より高く、アンガス牛が最も高かった (64.19% vs. 61.24%)。
- マーブリングスコア : アンガスおよび褐毛和種が純血ジャージー牛を上回った (745, 687 vs. 586)。
- 脂肪厚 : アンガスが最も高く (1.37 cm)、純血ジャージー牛が最も低かった (0.86 cm)。

3. 脂肪酸組成

- オレイン酸 (C18:1cis9) : 褐毛和種交雑牛が最も多く含み、健康的な脂質プロファイルを示した。
- 多価不飽和脂肪酸 (PUFA) : 純血ジャージー牛が最も高かった。

4. 肉質評価

- シアーフォース : 褐毛和種およびシムアンガス交雑牛のリブアイステーキが最も柔らかく (2.39, 2.48 kg)、アンガス牛および純血ジャージー牛より優れていた。

考 察

交雑牛、特にアンガスおよび褐毛和種由来の牛は、純血ジャージー牛に比べて優れた成長性能、飼料効率、枝肉特性を示した。褐毛和種は特に脂質プロファイルと肉質で優れており、柔らかく風味豊かな肉を提供する可能性が示された。これにより、高級肉市場や付加価値市場での競争力向上が期待される。

結 論

交雑ジャージー牛は、純血ジャージー牛に比べて経済的および肉質特性で優れており、特にアンガスおよび褐毛和種との交配が有益である。本研究の内容は、効率的かつ高品質な牛肉生産を目指す肥育管理戦略において重要な知見を提供する。

引用元 <https://doi.org/10.1093/tas/txz110>

Genes, 12, 1107 (2021).

「黒毛和種における筋内脂肪形成のメカニズムを解明するための遺伝子発現解析」

Gene Expression Analysis Provides New Insights into the Mechanism of Intramuscular Fat Formation in Japanese Black Cattle

Shuji Ueda¹, Mana Hosoda¹, Ken-Ichi Yoshino², Minoru Yamanoue¹, Yasuhito Shirai¹

¹Department of Agrobioscience, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Kobe 657-8501, Japan.

²Biosignal Research Center, Kobe University, Kobe 657-8501, Japan.

概 要

本研究は、黒毛和種 (Japanese Black Cattle) における筋内脂肪 (IMF) の形成メカニズムを解明するため、皮下脂肪と筋内脂肪組織を対象に RNA シークエンス (RNA-seq) 解析を実施した。27,606 個の遺伝子を検出し、IMF 特異的に高発現している 8 つの遺伝子を特定した。また、これらの遺伝子の役割や、筋内脂肪形成に関連するシグナル伝達経路を探索した。

サンプル

- 対象動物：黒毛和種去勢牛 (4 頭、27 か月齢以上、肉質等級 4 以上)
- 採取部位：皮下脂肪および筋内脂肪 (胸鎖乳突筋)
- 飼育条件：20 か月間、共通飼料 (草、複合飼料) による肥育管理

使用機器および解析方法

- RNA 抽出：Maxwell RSC Simply RNA Tissue Kit (Promega)
- RNA シークエンス：Illumina NovaSeq 6000
- データ解析：Genedata Profiler Genome、STAR マッピングソフトウェア、KEGG・GO 解析 (DAVID v6.8)
- 遺伝子発現定量：qPCR (ReverTra Ace qPCR RT マスターミックス)

内 容

1. RNA-seq 解析

- 筋内脂肪と皮下脂肪を比較し、1,625 個の遺伝子が筋内脂肪で有意に高発現 ($P < 0.05$) 。
- 筋内脂肪で特異的に発現する 25 個の遺伝子を同定。

2. IMF 特異的な遺伝子

- 以下の 8 遺伝子が IMF で高発現：
 - Carboxypeptidase E (CPE)
 - Tenascin C (TNC)
 - Transgelin (TAGLN)
 - Collagen Type IV Alpha 5 (COL4A5)
 - Cysteine and Glycine-rich Protein 2 (CSRP2)
 - PDZ and LIM Domain Protein 3 (PDLIM3)
 - Phosphatase 1 Regulatory Inhibitor Subunit 14A (PPP1R14A)
 - Regulator of Calcineurin 2 (RCAN2)

3. KEGG および GO 解析

- 筋内脂肪で活性化されたシグナル経路：
 - PI3K-Akt、MAPK、Ras、および TGF- β 経路 ($P < 0.05$)
- 生物学的過程：細胞接着、細胞移動、細胞骨格再編成

考 察

筋内脂肪に特異的に発現する COL4A5 などの遺伝子は、筋肉内膜や筋周膜の基底膜構造に寄与し、前脂肪細胞の分化や移動を促進すると考えられる。また、TGF- β 経路は COL4A5 や他の遺伝子の発現を調節し、筋内脂肪の形成に中心的な役割を果たしている可能性が示唆された。さらに、IMF 形成における細胞接着や移動の分子的基盤が、がん細胞の進展メカニズムと類似することが明らかになった。

結 論

黒毛和種における筋内脂肪形成のメカニズムとして、COL4A5 を中心とした遺伝子群が特定された。これらの遺伝子や関連経路は、肉質改良や肥育管理の分子標的として有望であり、IMF 形成に寄与する新しい知見を提供した。

引用元 <https://doi.org/10.3390/genes12081107>

Genomics, 97, 201–205 (2011).

「家畜牛におけるゲノム進化：祖先ハプロタイプと健康的な牛肉」

Genomic evolution in domestic cattle: ancestral haplotypes and healthy beef

Joseph F Williamson¹, Edward J Steele, Susan Lester, Oscar Kalai, John A Millman, Lindsay Wolrige, Dominic Bayard, Craig McLure, Roger L Dawkins

¹C.Y. O'Connor ERADE Village Foundation, Canning Vale, Western Australia, Australia.

概要

本研究は、家畜牛における祖先ハプロタイプを特定し、それらが脂肪融点や筋肉脂肪分布に及ぼす影響を評価した。特に、SREBF1（ステロール調節領域結合転写因子 1）および GH（成長ホルモン）遺伝子を含むゲノム領域に注目し、シンメンタル種、アンガス種、および黒毛和種牛間の違いを比較した。これにより、健康的で低融点の脂肪酸組成をもつ牛肉生産に寄与する多様な遺伝的要因が明らかにされた。

サンプル

- 対象牛種: シンメンタル（251 頭）、アンガス（16 頭）、黒毛和種（31 頭）
- 評価部位: DNA 採取は血液から実施
- 飼育条件: 研究地域はオーストラリア南西部の牧場

使用機器と方法

- DNA 抽出: 標準的な塩析法でゲノム DNA を抽出
- プライマー設計: SREBF1、GH、および関連遺伝子領域をターゲットとするプライマー
- PCR 機器: Corbett PCR Machine (Fisher Biotec, Australia) を使用
- PCR 試薬: Qiagen Fast Cycling Master Mix および Qiagen Q Solution
- 遺伝子増幅と解析: Multiplex PCR を用いて SREBF1、TCAP、NT5M を増幅し、QIAxcel システム (Qiagen) で製品を分離・定量化
- 統計解析: ハプロタイプの頻度分布および遺伝子連鎖不平衡の解析を実施

内 容

1. ハプロタイプの特定

- シンメンタル、アンガス、黒毛和種間で異なる祖先ハプロタイプが特定された。
- 黒毛和種では、脂肪融点が低い特徴的なハプロタイプが確認された。

2. 脂肪融点と遺伝子頻度の関係

- SREBF1 と GH の遺伝子座は、それ自体では脂肪融点に対する主たる因子ではなかったが、それらを含むハプロタイプ全体が影響を及ぼしていた。
- 黒毛和種のハプロタイプは、脂肪分布と低融点の脂肪酸組成を形成する上で重要であった。

3. 異種交配の影響

- アンガスと黒毛和種の間で共有されるハプロタイプが確認され、これは交配により発生した可能性が示唆された。

考 察

祖先ハプロタイプは、牛種間の遺伝的差異を理解するための重要な手がかりを提供する。本研究は、脂肪融点や筋内脂肪形成に寄与する遺伝子群がハプロタイプ内で相互作用する可能性を示した。これにより、牛肉品質の改良に向けた育種プログラムに役立つ情報が得られる。

結 論

家畜牛の祖先ハプロタイプは、脂肪の低融点および健康的な脂肪酸組成をもたらす重要な要素である。本研究は、家畜牛の進化と育種における分子遺伝学的知見を提供し、特に黒毛和種の優れた肉質特性に寄与する要因を明らかにした。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2011.02.006>

Metabolites, 12, 332 (2022).

「黒毛和種牛の特徴的な甘い香りに寄与する γ -ヘキサラクトンの生成メカニズムの解析」

Production of Hydroxy Fatty Acids, Precursors of γ -Hexalactone, Contributes to the Characteristic Sweet Aroma of Beef

Shuji Ueda¹, Mana Hosoda¹, Kumi Kasamatsu², Masahiro Horiuchi², Rio Nakabayashi³, Bubwoong Kang¹, Masakazu Shinohara⁴, Hiroki Nakanishi⁵, Takayo Ohto-Nakanishi⁵, Minoru Yamanoue¹, Yasuhito Shirai¹

¹Department of Agrobioscience, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Kobe 657-8501, Japan.

²Research & Development, Takata Koryo Co., Ltd., Amagasaki 661-0001, Japan.

³Food Oil and Fat Research Laboratory, Miyoshi Oil & Fat Co., Ltd., Tokyo 124-8510, Japan.

⁴The Integrated Center for Mass Spectrometry, Graduate School of Medicine, Kobe University, Kobe 650-0017, Japan.

⁵Lipidome Lab Co., Ltd., Akita 010-0825, Japan.

概要

本研究は、黒毛和種牛の甘い香りの主成分である γ -ヘキサラクトンの生成メカニズムを解明するために実施された。脂肪組織、筋内脂肪、筋肉組織を対象に、低温真空蒸留法で調製した牛脂肪を分析し、ラクトン生成に寄与する脂質および酵素の役割を検討した。

サンプル

- 対象動物: 黒毛和種 (5 頭)、ホルスタイン (5 頭)
- 部位: 胸最長筋、筋内脂肪、皮下脂肪

使用機器と方法

- 香気成分分析: DHS-GC-MS (Agilent Technologies)
- 脂肪酸組成分析: GC-2010 Plus (Shimadzu, Japan)
- 酵素発現解析: ウェスタンブロッティング (ImageJ ソフトウェアを使用)
- 酸化脂肪酸の定量: LC-MS/MS (Shimadzu, Kyoto, Japan)

内 容

1. 香気成分の分析

- 黒毛和種牛の牛脂肪から生成されるラクトンには、 γ -ヘキサラクトン、 γ -ドデカラクトン、 δ -テトラデカラクトンが含まれていた。
- γ -ヘキサラクトンは筋内脂肪および筋肉組織でより多く生成された。

2. 酸化脂肪酸の検出

- リノール酸由来の酸化脂肪酸（9S-HODE および 13S-HODE）が、ラクトン生成の主要な前駆体として同定された。
- 筋肉組織でこれらの酸化脂肪酸の濃度が最も高かった。

3. 酵素発現の解析

- ALOX15 および COX1 酵素は筋内脂肪と筋肉組織で高発現しており、ラクトン生成に寄与している可能性が示唆された。
- COX2 および ALOX5 は筋肉組織で特異的に発現していた。

考 察

リノール酸から生成される酸化脂肪酸（9S-HODE および 13S-HODE）が、黒毛和種牛の特徴的な甘い香りに重要であることが示された。ALOX15 および COX1 はこれらの酸化脂肪酸生成を媒介する主要な酵素として機能している。また、筋内脂肪と筋肉組織の代謝特性がラクトン生成に重要な役割を果たしていることが確認された。

結 論

黒毛和種牛の甘い香りの生成は、リノール酸由来の酸化脂肪酸と、それを媒介する酵素 ALOX および COX によって駆動されることが明らかになった。本研究は、和牛の香りの品質向上やブランド価値向上に向けた分子基盤を提供する。

引用元 <https://doi.org/10.3390/metabo12040332>

British Journal of Nutrition, 104, 941–949 (2010).

「黒毛和種肉とカンガルー肉の摂取後における炎症性反応の違い」

Differences in postprandial inflammatory responses to a 'modern' v. traditional meat meal: a preliminary study

Fatemeh Arya¹, Sam Egger, David Colquhoun, David Sullivan, Sebely Pal, Garry Egger

¹School of Human Nutrition, University of Sydney, Sydney, NSW, Australia.

概 要

本研究は、肥満による慢性的な脂肪性炎症における黒毛和種肉とカンガルー肉の効果の違いを検証した。黒毛和種肉は、脂肪の少ないカンガルー肉と比べて、より強い炎症反応を引き起こすことを明らかにした。試験では、血漿中のトリグリセリド (TAG)、炎症性サイトカイン (IL-6 および TNF- α)、および C 反応性タンパク質 (CRP) の濃度が分析された。

サンプル

- 対象者: 健康な成人 10 名 (男性 6 名、女性 4 名、年齢: 19~38 歳、BMI: 18~26.5 kg/m²)
- 試験食品:
 - 黒毛和種肉 (脂肪含有量 25–30%、飽和脂肪酸 40%)
 - カンガルー肉 (脂肪含有量 4%、飽和脂肪酸 1%未満)
- 調理法: パン調理 (油や塩を加えず、黒毛和種肉は目に見える脂肪を除去)

使用機器と方法

- 血漿成分測定:
 - 炎症性サイトカイン (IL-6 および TNF- α) : BioSource (Nivelles, Belgium) 製の EASIA キットを使用
 - C 反応性タンパク質 (CRP) : Alpha Diagnostic International (San Antonio, TX, USA) 製キットを使用
 - 測定装置: Bio-Rad 550 マイクロプレートリーダー (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)
- 試験デザイン:
 - ランダム化クロスオーバー試験
 - 各食事の摂取後、1 時間および 2 時間後に血液サンプルを採取
 - 2 回の食事間には 6~10 日の洗い出し期間を設けた

- 統計解析: 回帰分析および一般化推定方程式 (GEE) を使用し、繰り返し測定データを分析

内 容

1. 血漿トリグリセリド (TAG)

- 黒毛和種肉摂取後の TAG 濃度は、1 時間後に 16%増加し、2 時間後には 28%増加した。
- カンガルー肉摂取後では TAG 濃度の有意な減少が見られた。

2. 炎症性サイトカイン (IL-6 および TNF- α)

- 黒毛和種肉摂取後、IL-6 濃度は 1 時間後に 19%、2 時間後に 37%増加。
- TNF- α 濃度は 1 時間後に 26%、2 時間後に 50%増加した。
- カンガルー肉ではこれらのサイトカインの増加は少なかった。

3. C 反応性タンパク質 (CRP)

- 黒毛和種肉摂取後、CRP 濃度は 1 時間後に 8%増加、2 時間後には非有意に 5%増加。

考 察

黒毛和種肉は、脂肪の少ない伝統的な肉 (カンガルー肉) と比較して、食後の炎症マーカーを有意に増加させた。この現象は、黒毛和種肉の高い脂肪含有量、特に飽和脂肪酸の割合が原因である可能性が高い。また、カンガルー肉は長い歴史を持つ伝統的な食材として、ヒトの代謝に適応しており、炎症を引き起こしにくい特徴を持つと考えられる。

結 論

現代的な脂肪肉 (黒毛和種肉) は、脂肪の少ない伝統的な肉 (カンガルー肉) と比較して、より強い食後の低度炎症反応を引き起こす。これは、慢性疾患リスクの増加に関与する可能性があり、脂肪酸組成の改善や食事選択の見直しが重要であると考えられる。

引用元 <https://doi.org/10.1017/s0007114510001042>

Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 33, 1785–1795 (2020).

「黒毛和種、アンガス、ブラーマン、マレーシア在来種のリブアイステーキの筋内脂肪および物理的・感覚的特性の比較」

Effects of marbling on physical and sensory characteristics of ribeye steaks from four different cattle breeds

Nurul Nuraliya Shahrai¹, Abdul Salam Babji¹, Mohamad Yusof Maskat¹, Ahmad Faisal Razali², Salma Mohamad Yusop¹

¹Department of Food Sciences, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia.

²Karnivormalaya, Gourmet Artisan Enterprise, Bukit Jelutong Gate, 40150 Shah Alam, Selangor, Malaysia.

概要

本研究は、黒毛和種、アンガス、ブラーマン、マレーシア在来種のリブアイステーキにおける筋内脂肪（IMF）のレベル、物理的特性、感覚特性を評価し、各品種間の差異を明らかにすることを目的とした。IMFの量が肉の風味、柔らかさ、ジューシーさに与える影響について、統計モデルを用いて検討した。

サンプル

- 対象牛種：黒毛和種、アンガス、ブラーマン、マレーシア在来種
- サンプル数：各品種 10 サンプル
- 部位：リブアイステーキ（胸最長筋）
- 調理法：鉄板焼きウェルダン（71°C±1°C）

使用機器と方法

- 筋内脂肪測定：Image J ソフトウェアによるコンピューター画像解析
- テクスチャー分析：Warner-Bratzler シアーフォース（TA-XT2 Texture Analyzer）
- 感覚評価：10 名のパネリストによる定量的記述分析
- 統計解析：ANOVA および部分最小二乗回帰（APLSR, XL-STAT ソフトウェア）

内 容

1. 筋肉脂肪 (IMF) と肉の大きさ

- IMF 含量：黒毛和種が最も高い (33.90%±1.00)、次いでアンガス (20.87%±1.60)、ブラーマン (12.17%±1.63)、マレーシア在来種 (6.86%±0.67)。
- ステーキの大きさ：黒毛和種が最も大きく (長さ 17.40 cm、幅 11.43 cm)、マレーシア在来種が最も小さい (長さ 9.63 cm、幅 6.30 cm)。

2. シアーフォース (柔らかさ)

- 生肉のシアーフォース：黒毛和種が最も柔らかい (5.61 N/mm²)、マレーシア在来種は最も硬い (15.51 N/mm²)。
- 調理後：黒毛和種 (14.72 N/mm²) が他の品種より柔らかかった。

3. 感覚評価 (QDA)

- 黒毛和種は「油っぽさ」「柔らかさ」「ジューシーさ」「口当たり」「総合的な好ましさ」で最も高い評価。
- マレーシア在来種は「苦味」が最も高く、総合的な受容性は最も低かった。

4. 味の特徴

- 黒毛和種とアンガスは「牛肉らしい風味」「旨味」「グリル風味」が強く、総合的な味覚品質で高評価。
- マレーシア在来種は筋肉構造が硬く、「苦味」や「弾力性」が顕著。

考 察

黒毛和種は、最も高い IMF 含量により柔らかく、ジューシーで、口当たりの良い特性を示した。これらの特性は、脂肪の分布が筋肉の構造に及ぼす影響によるもので、IMF の増加が肉質特性を改善することを裏付けている。一方、マレーシア在来種は低い IMF 含量と硬い筋肉構造により感覚的な受容性が低く、調理法や肉の前処理が必要である可能性が示唆された。

結 論

IMF 含量は牛肉の感覚品質に直接影響を与える重要な要因である。黒毛和種とアンガスは高い IMF により優れた肉質特性を示したが、マレーシア在来種は苦味や硬さが目立ち、改良の余地がある。本研究は、異なる牛種間の肉質特性の違いを明らかにし、肉質改善および消費者満足度向上のための基礎データを提供した。

引用元 <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0201>

Meat Science, 100, 246-251 (2015).

「黒毛和種と他の牛種におけるサシと味覚特性の関係」

Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments

C H Corbin¹, T G O'Quinn¹, A J Garmyn¹, J F Legako², M R Hunt¹, T T N Dinh³, R J Rathmann¹, J C Brooks¹, M F Miller⁴

¹Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409, USA.

²Department of Nutrition, Dietetics & Food Sciences, Utah State University, Logan, UT 84322, USA.

³Department of Animal and Dairy Sciences, Mississippi State University, Mississippi State, MS 39762, USA.

⁴Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409, USA.

概 要

本研究は、異なる筋肉脂肪レベルおよび品質処理が、消費者の味覚評価や官能特性に及ぼす影響を調査した。豪州 Wagyu、米国 Wagyu を含む複数の牛肉サンプルを対象として、筋肉脂肪量と肉質の嗜好性との関連性を評価した。その結果、脂肪含有量が増加するにつれて、肉の軟らかさ、ジューシーさ、味覚評価が向上し、全体的な嗜好性が高まることが確認された。

サンプル

- 牛肉種：豪州 Wagyu、米国 Wagyu、USDA（プライム、ハイチョイス、ローチョイス、セレクト、スタンダード）、ホルスタイン種（USDA セレクトおよび USDA トップチョイス）、グラスフェッド（牧草肥育）
- 部位：胸最長筋
- 処理方法：USDA 基準に基づく品質格付け、および 28 日間の真空パック熟成処理

使用機器と方法

- 成分分析: FoodScan (FOSS NIRsystems) を使用して脂肪、タンパク質、含水率を測定
- 柔らかさ測定: Warner-Bratzler Shear Force (G-R Elec. Mfg.) を用い、剪断力を分析
- 調理条件: プレート温度 225°C で 71°C 内部温度に調理 (Silex Grills, Australia)
- 官能評価: 消費者パネル (120 名、Lubbock, Texas) による嗜好評価 (柔らかさ、ジューシーさ、味、全体評価を 100 mm スケールで評価)
- 統計解析: SAS (Version 9.3, SAS Institute, USA) を用いた線形混合モデル分析

内 容

1. 脂肪含有量と成分特性

- 脂肪含有量は1.96%（スタンダード）から26.6%（豪州 Wagyu）の範囲で変動した。
- 脂肪が多いサンプルほど含水率が低く、タンパク質含有量も減少。

2. 柔らかさ、ジューシーさ、味覚の嗜好性

- 豪州 Wagyu と米国 Wagyu は、柔らかさ、ジューシーさ、味覚で最も高い評価を受けた。
- 牧草肥育およびスタンダードサンプルは最も低い評価を示した。

3. 消費者嗜好の関連性

- 脂肪含有量と全体評価には高い相関が見られた。
- 消費者の味覚評価は、脂肪に関連する脂質様フレーバーおよび旨味成分と密接に関連していた。

考 察

黒毛和種を含む高脂肪サンプルは、柔らかさやジューシーさ、味覚の評価で有利であり、消費者の嗜好において優れた特性を持つことが確認された。一方、牧草肥育サンプルは独特のフレーバー（酸化臭や草の香り）により、消費者評価が低下する傾向があった。高脂肪肉の生産においては、脂肪酸組成や酸化防止技術の改善が重要である。

結 論

黒毛和種などの高脂肪牛肉は、柔らかさやジューシーさ、味覚の評価を向上させ、消費者嗜好性を高める重要な要素である。本研究は、脂肪レベルと肉質嗜好性の関連性を理解する上で重要な知見を提供し、牛肉の品質改良およびマーケティング戦略に貢献する。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.009>

Translational Animal Science, **8**, txae043 (2024).

「ホルスタイン種の母牛に異なる牛種の精液を用いた交配による肥育成績および枝肉特性への影響」

The impact of sire breed on feedlot performance and carcass characteristics of beef × Holstein steers

Bailey L Basiel¹, Jonathan A Campbell¹, Chad D Dechow¹, Tara L Felix¹

¹Department of Animal Science, Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA.

概要

本研究は、ホルスタイン種の母牛にアンガス、シャロレー、シメンタル、リムジン、ヘレフォード、褐毛アンガス、および黒毛和種の精液を用いた交配による肥育成績および枝肉特性の違いを比較することを目的とした。肥育期間中の増体率、枝肉特性、筋内脂肪（IMF）量、肉質特性を評価し、各牛種の特徴を明らかにした。

サンプル

- 交配母牛: ホルスタイン種
- 対象牛: 7種の牛種の精液で交配された雄牛（計 262 頭）
 - 牛種: アンガス、褐毛アンガス、シャロレー、シメンタル、リムジン、ヘレフォード、黒毛和種
- 肥育管理: ペンシルベニア州農業部門の Livestock Evaluation Center において同一条件下で管理。

使用機器と方法

- 増体率計測: 個体別体重測定器
- 肉質評価: Warner-Bratzler シアーフォース（WBSF）法、筋内脂肪測定（ガスクロマトグラフィー）
- 枝肉データ解析: SAS ソフトウェア（バージョン 9.4）

内容

1. 増体率と肥育日数

- 平均日増体重（ADG）: 黒毛和種×ホルスタイン（1.39 kg/日）が最も低く、アンガス（1.76 kg/日）が最も高かった。

- 黒毛和種とリムジンの交雑牛は、他の牛種に比べて肥育期間が5～26日長かった。

2. 筋肉脂肪（IMF）および霜降りスコア

- 褐毛アンガスが最も高いマーブリングスコア（5.03）を示し、続いてアンガス（4.82）、シャロレー（4.71）が高かった。
- 黒毛和種の筋肉脂肪量は4.16%と他牛種より低い傾向を示したが、全体的に低いスコアの牛種もあった。

3. 肉の柔らかさ（WBSF）

- アンガス（3.82 kg）、リムジン（3.70 kg）、ヘレフォード（3.83 kg）が最も柔らかい肉を生成した。
- シメンタルは最も硬い肉を生成し、4.51 kgのシアーフォースを要した。

考 察

黒毛和種は肥育効率が低いものの、霜降りや柔らかさで一定の特性を示した。アンガスとシャロレーは、肥育効率と枝肉特性のバランスが良好で、高品質な肉生産に適していると考えられる。一方で、シメンタルは硬い肉を生成する傾向があり、改良の可能性が示唆された。

結 論

ホルスタイン種と異なる牛種の交配による肥育成績および枝肉特性には明確な違いがある。アンガスおよび褐毛アンガスは筋肉脂肪量や肉質において優れた特性を示し、高品質肉生産のための有望な牛種といえる。本研究は、交雑牛の肥育および肉質改良のための基礎データを提供する。

引用元 <https://doi.org/10.1093/tas/txae043>

Meat Science, 169, 108225 (2020).

「黒毛和種と他牛種の脂肪酸組成と栄養管理が米国成人の飽和脂肪酸摂取に
及ぼす影響」

Impact of beef consumption on saturated fat intake in the United States adult population: Insights from modeling the influences of bovine genetics and nutrition

Shanon L Casperson¹, Zach Conrad², Susan K Raatz³, Justin Derner⁴, James N Roemmich⁵, Lisa Jahns⁵, Matthew J Picklo⁵

¹Grand Forks Human Nutrition Research Center, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2420 2nd Ave. N, Grand Forks, North Dakota 58203, United States.

²Department of Health Sciences, College of William & Mary, 251 Ukrop Way, Williamsburg, Virginia 23185, United States.

³Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, St Paul, MN 55108, United States.

⁴Rangeland Resources and Systems Research Unit, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 8408 Hildreth Road, Cheyenne, Wyoming 82009, United States.

⁵Grand Forks Human Nutrition Research Center, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2420 2nd Ave. N, Grand Forks, North Dakota 58203, United States.

概要

本研究は、牛肉の脂肪酸（FA）プロファイルを遺伝的要因（黒毛和種とアンガス）および栄養管理（放牧、15%フラックスシード補給、35%湿潤蒸留穀物補給）の影響下でモデル化し、飽和脂肪酸（SFA）の摂取量に及ぼす影響を解析した。黒毛和種由来の肉は、SFAの含有量が減少することで、米国成人の総SFA摂取量を有意に削減する可能性があることが示唆された。

サンプル

- 牛種: 黒毛和種（米国 Wagyu）、アンガス
- 管理方法: 放牧飼育、15%フラックスシード補給、35%湿潤蒸留穀物（WDG）補給
- モデル対象: 米国成人（20歳以上）の全国健康栄養調査（NHANES、2001–2016年）より39,758名のデータ

使用機器と方法

- 脂肪酸組成分析:
 - 分析対象部位: 胸最長筋（longissimus thoracis）
 - 分析方法: 文献データを基に脂肪酸組成を構築
- 摂取量モデル:
 - 米国農務省（USDA）食品組成データベースを使用し、個人の食事記録を解析
 - 10%、25%、50%、100%の代替シナリオをモデル化

- 統計解析:
 - Stata 15 (StataCorp, TX, USA) を用いた多重比較検定
 - Bonferroni 補正を適用し、 $P < 0.05$ を有意とする

内 容

1. 脂肪酸組成

- 黒毛和種の SFA 含有量は 41%、一方アンガスでは 48%。
- MUFA (単不飽和脂肪酸) は黒毛和種で 55%、アンガスで 45%。

2. 飽和脂肪酸摂取削減のシナリオ

- 黒毛和種に基づく 100%代替により、SFA 摂取量は 2.8%削減 (女性 2.3%、男性 3.4%) 。
- 15%フラックスシード補給では最大 4.1%削減 (女性 3.6%、男性 4.6%) 。

3. その他の知見

- 放牧牛の SFA 削減効果は 1.9%、湿潤蒸留穀物補給では 2.6%。
- 全てのモデルシナリオにおいて SFA 摂取量は低下したが、推奨基準 (DGA または AHA) に達しなかった。

考 察

黒毛和種を含む遺伝的および栄養管理の改善により、牛肉中の SFA を削減できる可能性が示された。特に黒毛和種の MUFA 比率の高さが健康への貢献につながる可能性がある。一方で、消費者の嗜好や大規模生産システムへの適用可能性が課題となる。

結 論

黒毛和種や特定の栄養管理による SFA 削減は、米国成人の SFA 摂取量を有意に低下させる可能性がある。しかし、さらなる削減には他の食品群へのアプローチが必要であり、包括的な栄養戦略が求められる。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108225>

Animal Genetics, 45, 719–726 (2014).

「東アジア牛種における親子鑑定に使用する SNP パネルの性能評価」

Performance of different SNP panels for parentage testing in two East Asian cattle breeds

E M Strucken¹, B Gudex, M H Ferdosi, H K Lee, K D Song, J P Gibson, M Kelly, E K Piper, L R Porto-Neto, S H Lee, C Gondro

¹Centre for Genetics Analysis and Applications, School of Environmental and Rural Science, University of New England, Armidale, 2351, NSW, Australia.

概 要

本研究は、国際動物遺伝学会 (ISAG) による標準 SNP パネル (コアパネル: 100 SNP、フルパネル: 200 SNP) の有効性を、日本の黒毛和種と韓国の韓牛を対象に評価した。さらに、これらの牛種に特化した独自の SNP パネルを作成し、ISAG パネルとの比較を行った。内容として、フル ISAG パネルは高い親子鑑定精度を示したが、コアパネルでは誤判定が発生する可能性が指摘された。

サンプル

- 牛種:
 - 黒毛和種 (オーストラリア産、親 5 頭、仔牛 227 頭)
 - 韓牛 (韓国産、親牛 36 頭、仔牛 290 頭)
- データ収集: 50K BovineSNP50 v2 (黒毛和種)、700K BovineHD BeadChip (韓牛)

使用機器と方法

- 遺伝子型解析:
 - SNP データの取得: Illumina 製 BeadChip を使用
 - 解析ソフトウェア: R パッケージ「hsphase」を使用し、対立遺伝子の不一致 (opposing homozygotes) を計算
- 統計解析:
 - 除外力 (Exclusion Power) の計算 (Jamieson & Taylor, 1997)
 - 誤判定率 (False Positive Rate, FPR) および誤除外率 (False Negative Rate, FNR) の計算
 - セパレーション値 (Separation Value) : 正しい親子関係と誤った親子関係の間の差を示す指標

内 容

1. ISAG パネルの性能

- コアパネル（100 SNP）：誤判定率は黒毛和種で 3.57%、韓牛で 3.01%。
- フルパネル（200 SNP）：黒毛和種では誤判定率が 0%、韓牛では誤除外率が 2.00%。

2. 独自パネルの性能

- 黒毛和種専用パネル（199 SNP）：誤判定率 0%、誤除外率 0%。
- 韓牛専用パネル（195 SNP）：誤判定率 2.03%、誤除外率 0%。

3. セパレーション値

- フル ISAG パネルは両牛種で正のセパレーション値を示し、親子関係の判別が可能であることを確認。
- 独自パネルではさらに高いセパレーション値を示し、判別精度が向上。

考 察

東アジア牛種において、ISAG のコアパネルは親子関係判定には不十分である場合がある。一方、フルパネルまたは牛種特異的パネルは高い精度を示し、特に黒毛和種専用パネルが優れた内容を示した。また、小規模で遺伝的に近縁な集団では、より多くの SNP を使用する必要があることが示唆された。

結 論

黒毛和種や韓牛のような東アジア牛種における親子鑑定には、フル ISAG パネルまたは牛種特異的な SNP パネルが推奨される。本研究は、東アジア牛種における効率的な親子関係判定を可能にするための有用なデータを提供した。

引用元 <https://doi.org/10.1111/age.12154>

Animal Bioscience, 37, 1526–1534 (2024).

「黒毛和種の枝肉単価に影響を与える筋肉および脂肪間の画像解析特性」

Image analysis traits of multiple muscles and intermuscular/subcutaneous fat influence Japanese Black beef carcass price and genetic parameters

Yuta Tamagawa¹, Mikiya Takahashi¹, Koichi Hagiya¹, Keigo Kuchida¹

¹Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido 080- 8555, Japan.

概要

本研究は、黒毛和種の枝肉単価（UP）に影響を及ぼす複数の筋肉や脂肪（筋間脂肪および皮下脂肪）の特性を、画像解析を用いて調査した。また、これらの特性に関連する遺伝的パラメーターを推定し、遺伝改良の可能性を検討した。内容として、UP は筋肉および脂肪の特性に影響を受けることが示され、これらの特性が遺伝的改良の重要な指標となる可能性が示唆された。

サンプル

- 対象牛種: 黒毛和種（去勢雄 1,216 頭、雌 591 頭）
- 対象期間: 2019 年 1 月～12 月
- 評価部位: 第 6 および第 7 肋骨間の断面画像

使用機器と方法

- 画像取得: HK-333 ミラー型カメラ（Hayasaka Ricoh, Japan）
- 画像解析ソフトウェア: BeefAnalyzer-II Ver2.0（Meat Image Japan, Obihiro, Japan）
- 評価指標: 筋肉面積（cm²）、脂肪率（%）、細かさ指数、新細かさ指数、筋肉の厚さ（mm）、筋間脂肪（IF）および皮下脂肪（SF）の面積および割合
- 統計解析:
 - 一般線形モデル（SAS 2019）を用いた分散分析（ANOVA）
 - 遺伝的パラメーター推定: GIBBS1F90 プログラムを使用（500,000 サイクルの MCMC 法）

内 容

1. 画像解析特性と UP の関係

- 筋肉面積および厚さは、すべての MQ（肉質等級）で UP に正の影響を及ぼした（標準化偏回帰係数: 5.38~15.46）。
- 筋間脂肪（IF）および皮下脂肪（SF）の面積および割合は、高 MQ において UP と負の相関を示した（-3.18~-9.98）。

2. 遺伝的パラメーター

- 筋肉面積および脂肪率の遺伝率は高く（0.67~0.85）、これらの特性は遺伝的改良が可能であることが示唆された。
- 筋肉の新細かさ指数は、肉質等級（MQ）および UP との間に高い遺伝的相関を示した（0.69~0.98）。

3. UP の要因

- UP は枝肉重量や皮下脂肪の厚さとは遺伝的相関が低かった（0.10 および -0.05）。
- 一方、肉眼面積（REA）およびビーフマーブリングスタンダード（BMS）とは高い正の相関を示した（0.78 および 0.98）。

考 察

画像解析特性は、肉質等級や UP に強い影響を及ぼし、特に筋肉面積や新細かさ指数が重要な指標であることが示された。筋間脂肪および皮下脂肪の割合が UP に負の影響を与えることから、脂肪分布の改善が価格向上のための重要な課題と考えられる。

結 論

黒毛和種の枝肉単価は、筋肉および脂肪の特性に大きく影響を受ける。本研究で得られた画像解析特性は遺伝的改良の指標として有望であり、これにより農家の収益向上が期待される。

引用元 <https://doi.org/10.5713/ab.23.0330>

Meat Science, 98, 556-560 (2014).

「肉産業におけるグローバル化とローカル化の選択肢」

The meat industry: do we think and behave globally or locally?

K E Belk¹, D R Woerner², R J Delmore², J D Tatum², H Yang², J N Sofos²

¹Center for Meat Safety and Quality, Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523-1171, USA.

²Center for Meat Safety and Quality, Department of Animal Sciences, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523-1171, USA.

概要

本研究は、肉産業のグローバル化とローカル化の選択肢について分析し、両者が業界の進化にどのように影響を与えるかを探求した。特に、企業の統合、グローバルなサプライチェーン、ローカル生産とマーケティングの役割に焦点を当てている。内容として、グローバル化は効率性と規模の拡大を可能にする一方で、消費者の透明性への期待やローカル食品への需要増加が新たな挑戦と機会をもたらしていることが示唆された。

サンプル

- 対象領域: 北米、ヨーロッパ、アジアを中心とした主要な肉産業市場
- 分析対象: グローバル企業 (Tyson Foods, JBS, Cargill など) およびローカルマーケット (ファーマーズマーケット、CSA など)

使用機器と方法

- データ収集:
 - 企業統計: USDA、ERS、FAO の公式データ
 - 市場動向: Bloomberg、Meat & Poultry Magazine からの市場調査レポート
- 分析手法: 文献レビューおよび市場データの統計解析
- 評価項目:
 - グローバル化によるコスト効率と収益性
 - ローカル食品の消費者嗜好と信頼性

内 容

1. グローバル化の影響

- 大規模企業は水平および垂直統合によりコストを削減し、収益を拡大している。
- グローバル化の進展に伴い、競争力の高い市場では価格と品質の差別化が求められるようになった。

2. ローカル化の役割

- ファーマーズマーケットや CSA（コミュニティ支援農業）は、消費者に地元産食品の信頼性と持続可能性を提供。
- 米国におけるファーマーズマーケットは 1994 年の 1,755 市場から 2013 年には 8,144 市場に増加。

3. 消費者の透明性への要求

- 消費者は食品ラベルにおいて成長促進剤の使用、動物の生活環境、出身地などの情報を求めている。
- 大規模企業も食品安全基準（ISO-22000 や Global Food Safety Initiative）を導入し、透明性を確保。

考 察

グローバル化は効率性を向上させる一方で、消費者が食品生産の透明性やローカル食品に価値を置く傾向が強まっている。これにより、大企業はローカルな生産者との提携や市場への対応が必要となる。一方で、ローカル化は規模の小さい農業経営者にとって直接販売の機会を提供し、地域経済に貢献している。

結 論

肉産業はグローバル化とローカル化の両方を取り入れ、消費者の多様なニーズに対応する必要がある。効率性の追求と消費者の透明性への期待にバランスを持たせることが、業界の競争力を維持する鍵となる。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.023>

Journal of the Science of Food and Agriculture, 98, 3143-3150 (2018).

「日本人消費者の牛肉嗜好の分類と特徴付け」

Classification and characterization of Japanese consumers' beef preferences by external preference mapping

Keisuke Sasaki¹, Motoki Ooi², Naoto Nagura³, Michiyo Motoyama¹, Takumi Narita¹, Mika Oe¹, Ikuyo Nakajima¹, Tatsuro Hagi¹, Koichi Ojima¹, Miho Kobayashi¹, Masaru Nomura¹, Susumu Muroya¹, Takeshi Hayashi⁴, Kyoko Akama⁵, Akira Fujikawa², Hironao Hokiyama², Kuniyuki Kobayashi³, Takanori Nishimura³

¹Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), Tsukuba, Japan.

²Animal Research Center, Hokkaido Research Organization, Shintoku, Japan.

³Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

⁴Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Japan.

⁵Tochigi Prefecture Livestock & Dairy Experimental Center, Nasushiobara, Japan.

概要

本研究は、黒毛和種を含むさまざまな牛肉の嗜好性を評価し、日本人消費者の好みに基づくセグメント化を試みた。消費者の約半数は高い霜降りを好む一方で、適度な脂肪含量や独特の風味・食感を重視するニッチなセグメントも存在することが明らかとなった。本研究は、日本市場において異なる霜降りレベルを有する牛肉の潜在的市場を探るための基礎的知見を提供するものである。

サンプル

- 対象牛肉種:
 - 日本国内産: 黒毛和種（北海道産、鹿児島産）、褐毛和種、ホルスタイン
 - 輸入牛: オーストラリア産（穀物肥育）、アメリカ産（USDA チョイス）
- 部位: サーロインおよびリブロース
- グレード: A3、C2、USDA チョイス
 - A3: 歩留まり等級 A（最も高い）+肉質等級 3（中程度）
 - C2: 歩留まり等級 C（最も低い）+肉質等級 2（やや劣る）

使用機器と方法

- 調理法: 電気グリドル（Panasonic KZ-HP1000, 日本製）を使用し、230° C で両面を各 30 秒調理。
- 感覚評価: 訓練済みパネル（16 名）による 6 点および 15 点スケールを使用。食感、香り、味を評価。

- 消費者調査:
 - 対象: 北海道および茨城県での一般消費者 307 名 (男女比: 51.5%対 48.5%)
 - 方法: 消費者嗜好テスト (全 6 種の牛肉を試食) およびアンケート調査

- 分析装置:
 - アミノ酸分析: L-8900 アミノ酸分析装置 (Hitachi, 日本製)
 - GC-17A (Shimadzu, 日本製) を用いて脂肪酸プロファイルを測定

内 容

1. 感覚特性と嗜好性の関係

- 黒毛和種 (A, B) は、甘味、脂肪の溶けやすさ、ジューシーさで高評価。
- 輸入牛 (E, F) は、噛み応えや硬さで顕著な特徴を示すが、嗜好性は低い傾向。
- ホルスタイン (D) は、中間的な評価を示し、輸入牛よりも高評価。

2. 消費者セグメント

- 高脂肪徐々に好む層 (23.5%) : 高脂肪を好むが、極端な好みではない。
- 中程度脂肪と独特な味嗜好層 (16.9%) : 適度な霜降りと独特な味を評価。
- 黒毛和種嗜好層 (35.5%) : 高い霜降りの黒毛和種を最も好む。
- 独特な食感嗜好層 (24.1%) : 食感を重視し、黒毛和種と輸入牛の両方を評価。

3. 霜降りと嗜好性の相関

- 高霜降りは甘味、脂肪感、ジューシーさを向上させるが、全消費者が高霜降りを好むわけではない。

考 察

黒毛和種は日本人消費者に広く支持されているが、適度な脂肪を持つ牛肉も一定の市場価値がある。特に、脂肪の質や香り、食感に注目したマーケティングが新たなニッチ市場を開拓する鍵となる。

結 論

本研究は、日本人消費者の嗜好性の多様性を明らかにし、適度な霜降り牛肉が有望な市場カテゴリーであることを示した。この知見は、牛肉生産者およびマーケティング戦略に重要な洞察を提供する。

引用元 <https://doi.org/10.1002/jsfa.8204>

Meat Science, 134, 54-60 (2017).

「黒毛和種とアンガス牛における霜降りが香気成分生成と摂食中の風味放出に及ぼす影響」

Effect of marbling on volatile generation, oral breakdown and in mouth flavor release of grilled beef

Damian Frank¹, Kornelia Kaczmarek², Janet Paterson³, Udayasika Piyasiri⁴, Robyn Warner⁵

¹Commonwealth Scientific Industry Research Organisation, CSIRO, 11 Julius Ave, North Ryde, NSW 2113, Australia.

²Commonwealth Scientific Industry Research Organisation, CSIRO, 11 Julius Ave, North Ryde, NSW 2113, Australia; Food Science and Technology, School of Chemical Engineering, University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia.

³Food Science and Technology, School of Chemical Engineering, University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia.

⁴Commonwealth Scientific Industry Research Organisation, CSIRO, 11 Julius Ave, North Ryde, NSW 2113, Australia.

⁵Commonwealth Scientific Industry Research Organisation, CSIRO, 11 Julius Ave, North Ryde, NSW 2113, Australia; Faculty of Veterinary and Agricultural Science, University of Melbourne, Royal Parade, Parkville, Vic 3010, Australia.

概要

本研究は、黒毛和種とアンガス牛の筋内脂肪(IMF) がグリル調理中および摂食中の香気成分生成と放出に及ぼす影響を調査した。内容として、高 IMF 肉では調理時に脂溶性成分が多く生成され、摂食時には水溶性香気成分の放出が顕著に増加することが示された。また、高 IMF 肉は分解が早く、より多くの液体や風味成分を放出することで風味感覚が強化されることが明らかになった。

サンプル

- 対象牛肉:
 - アンガス牛 (Grass-fed, Grain-fed)
 - 黒毛和種 (Grass-fed)
- 霜降りレベル: 低 IMF (5.2~10%)、高 IMF (14.9~17.8%)
- 部位: 胸最長筋
- 熟成条件: 真空パックで 28 日間 (1°C)

使用機器と方法

- 香気成分解析:
 - プロトン移動反応質量分析計 (PTR-MS, Ionicon Analytik GmbH, Austria) を使用。
 - 測定項目: ヘキサナール (m/z 83)、オクタナール (m/z 129)、ノナナール (m/z 143) など。

- 摂食時の香気放出:
 - 人体実験: 被験者 6 名により咀嚼・呼気中の揮発性成分を測定。
 - 咀嚼ごとに液体・脂肪・コラーゲンの放出量を測定。
- 調理条件: 220° C で片面 210 秒ずつ調理、内部温度 57° C で停止。
- 統計解析: GenStat 16 版 (VSN International Ltd., UK) を使用し、MANOVA を実施。

内 容

1. 調理時の香気成分生成

- 高 IMF 肉は低 IMF 肉に比べ、脂肪由来の香気成分 (m/z 83, 129, 143) が多く生成された。
- 水溶性香気成分 (m/z 73, 87) の生成量は IMF レベルによる差は見られなかった。

2. 摂食時の香気放出

- 高 IMF 肉では、水溶性香気成分 (2/3-メチルブタナール、ジアセチル) が摂食中により速く、より高濃度で放出された。
- 脂溶性香気成分は高 IMF 肉で放出が遅く、口腔内に滞留する傾向があった。

3. 咀嚼中の分解特性

- 高 IMF 肉は咀嚼 1~2 回目で液体と脂肪の放出が最大化し、分解が早かった。
- 低 IMF 肉は液体吸収量が多く、咀嚼時の保持力が高かった。

考 察

高 IMF 肉は、香気成分の生成と放出の両面で顕著な特性を示し、風味強化に寄与する。特に水溶性成分の速やかな放出は、摂食開始時の風味の強さに大きな影響を与える。一方、脂溶性成分の滞留は持続的な風味感覚を提供する可能性がある。

結 論

黒毛和種を含む高霜降り牛肉は、調理時および摂食時の香気成分生成と放出を強化し、風味特性を向上させる。これらの知見は、高品質牛肉の価値を裏付けるとともに、消費者嗜好に基づく製品開発に役立つ。

引用元 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.006>

Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 25, 52-61 (2012).

「高級黒毛和種牛肉のサシ評価における簡易スポット法の活用」

Simple spot method of image analysis for evaluation of highly marbled beef

M Irie¹, K Kohira¹

¹National Livestock Breeding Center, Fukushima 961-8511, Japan .

概 要

本研究では、黒毛和種牛肉の高い筋内脂肪の評価を目的に、画像解析を用いた簡易スポット法（スポット法）と従来の全周追跡法（トレース法）の性能を比較した。スポット法は、画像中の一定領域を迅速に評価でき、トレース法と同等の精度を示しつつ、時間と労力を大幅に削減することが示された。

サンプル

- 対象牛種: 黒毛和種牛（82 頭）
- 評価部位: 第 6～7 肋骨間の断面（日本標準）
- 測定対象筋肉: 胸最長筋、僧帽筋、半棘筋

使用機器と方法

- 画像取得:
 - 使用機器: デジタルカメラ（Olympus C-3100, Olympus Co., Tokyo, Japan）
 - 撮影条件: スケール付き画像を取得、フラッシュ光は使用せず
- 画像解析:
 - ソフトウェア: Image-Pro PLUS Ver. 4.0（Media Cybernetics, Inc., USA）
 - 処理方法: 画像を平坦化し、バイナリ処理で筋肉と脂肪を識別
 - トレース法: 筋肉の輪郭を自動トレースし、必要に応じて手動修正を加えた。
 - スポット法: 各筋肉内で直径 2.5～3.0 cm の円形領域を選択し、脂肪面積比を計測
- 統計解析:
 - ソフトウェア: SPSS 15.0J（Japan Inc., Tokyo, Japan）
 - 相関解析: 単純相関係数を用い、各方法の精度を比較

内 容

1. トレース法とスポット法の比較

- トレース法とスポット法間の相関係数は高く、すべての筋肉で $r = 0.89 \sim 0.97$ を示した。
- スポット法はトレース法と比較して計測時間を大幅に短縮可能であった。

2. 筋肉間の相関

- 胸最長筋の筋内脂肪の評価値は、他の筋肉（僧帽筋: $r = 0.70$ 、半棘筋: $r = 0.73$ ）と強い相関を示した。
- 胸最長筋を用いた評価は、全体の肉質評価に有効であることが示唆された。

3. 精度と利便性

- スポット法は、狭い断面や一部の筋肉のみの画像からでも高精度の評価が可能であり、従来の手法を補完する技術となり得る。

考 察

スポット法は、トレース法に匹敵する精度を持ちながら、操作の簡便さと迅速性において優れている。特に、部分的な画像やヒップ部位などの評価が必要な場合、スポット法は実用的であると考えられる。さらに、CT 画像など他の技術と組み合わせることで、より包括的な評価が可能になると期待される。

結 論

画像解析を用いたスポット法は、黒毛和種牛肉の筋内脂肪評価において、迅速かつ高精度な測定を可能にする有望な手法である。本研究は、肉市場での効率的な評価と品質向上に貢献する基盤を提供した。

引用元 <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11204>