

大学発アーバンイノベーション神戸 研究成果報告書



大学発アーバンイノベーション神戸
University's Urban Innovation Kobe

研究課題名：神戸ビーフの美味しい香りの生成過程の解明とその関連遺伝子の探索

研究期間：2024年4月～2026年3月

交付決定額(研究期間全体)：12,000千円

申請区分：企業テーマ提案型
課題番号：A23201

研究代表者：神戸大学大学院農学研究科
准教授 上田 修司

1. 研究成果の概要

本研究では、神戸ビーフの美味しさを科学的に裏付けるデータ収集を目的として、和牛の加熱調理時に生じる特徴的な香りである「和牛香」に着目し、その主要構成成分である γ -ラクトンの生成機構および遺伝的要因の解明を進めた。

まず、和牛香の生成機構に関しては、脂質代謝および脂質酸化反応に基づく γ -ラクトン生成経路に関わる和牛固有の遺伝子の探索を実施した。本研究では、次世代シーケンス解析により網羅的に取得された遺伝子発現データを基に、和牛香の形成に寄与する脂質代謝酵素および脂質酸化関連酵素の同定を行った。

さらに、和牛香の生成に関与する遺伝的要因の探索として、神戸ビーフの素牛である但馬牛の全ゲノム配列データを活用し、候補遺伝子におけるゲノム多型の解析を行った。これにより、香りの特性とゲノム配列を関連付ける選抜マーカー開発への将来的な応用が期待される遺伝子多型を複数見出すことができた。

2. 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた成果は、英文査読付き学術雑誌において公表するとともに、国内学会において発表を行った。

また、学術成果の社会実装および普及の観点から、専門誌への寄稿を通じて和牛香の生成機構および黒毛和種牛肉の価値に関する情報発信を行い、新聞取材への対応や、万博関連イベントにおける特別セミナーでの講演を通じて、一般市民および産業界に対して研究成果の普及・啓発活動を実施した。

3. 研究開始当初の背景



大学発アーバンイノベーション神戸
University's Urban Innovation Kobe

神戸ビーフの魅力とは!?



神戸ビーフとは。。
他品種との交わりのない黒毛和種牛の原種

兵庫県内(神戸エリア)で生産・流通管理された一貫生産。兵庫県が遺伝子を管理する国内唯一の和牛のブランド。

高い生産管理に基づく国内随一のブランド力

徹底した遺伝子の
管理

高い品質
甘く芳醇な香り
「和牛香(わぎゅうこう)」



3. 研究開始当初の背景

神戸ビーフの持続的な成長に欠かせない課題とは!?

✓ 国内環境の懸念点

1. 長期的な経済低迷による消費者の高級食材離れ
2. 畜産農家の高齢化による離農が進めば、神戸ビーフの生産持続が困難になる

✓ 海外環境の変化

1. 国際情勢の急激な変化
2. 海外産wagyuの増加は和牛の潜在的脅威



✓ 輸出先のさらなる促進

1. 輸出による高級部位の販売促進
2. 経済発展の期待される東南アジアの市場開拓

○ 本課題に求められる成果

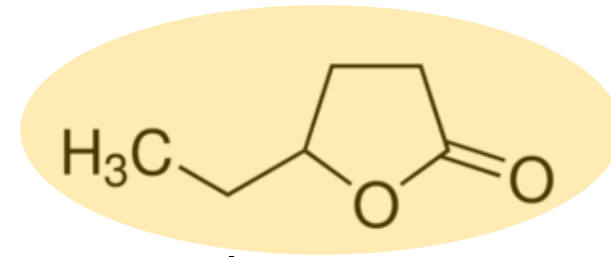
1. 海外に向けた神戸ビーフの新たな魅力の掘り起こし
2. 付加価値の高い和牛生産に向けた品種改良

4. 研究の目的

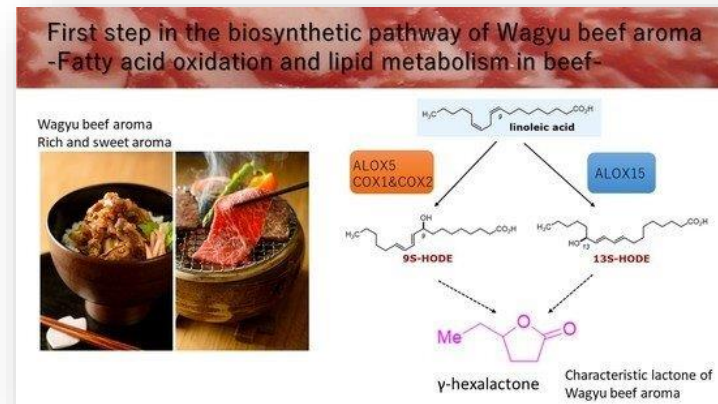
本事業で解決を目指す神戸ビーフの美味しい香りの生成過程の解明



神戸ビーフより生じる和牛香の成分を発見!?



γ -Hexalactone
(ガンマ-ヘキサラクトン) 甘い香り



Ueda S, Yamanoue M, Shirai Y, Iwamoto E. Exploring the Characteristic Aroma of Beef from Japanese Black Cattle (Japanese Wagyu) via Sensory Evaluation and Gas Chromatography-Olfactometry. *Metabolites*. **2021** Jan 15;11(1):56.

Ueda S, Hosoda M, Kasamatsu K, Horiuchi M, Nakabayashi R, Kang B, Shinohara M, Nakanishi H, Ohto-Nakanishi T, Yamanoue M, Shirai Y. Production of Hydroxy Fatty Acids, Precursors of γ -Hexalactone, Contributes to the Characteristic Sweet Aroma of Beef. *Metabolites* **2022**, 12(4), 332;

5. 研究の方法

✓ メタボロミクス解析

GC-MSおよびLC-MSを用いた黒毛和種牛肉に含まれる代謝成分分析では、脂質関連成分、遊離脂肪酸、アミノ酸、有機酸などを分析し、和牛香に関わるラクトン類やの材料となる成分を検出・定量した。得られたデータは、主成分分析や相関解析などの多変量解析により和牛香形成に関わる特徴的な代謝成分の探索を行った。

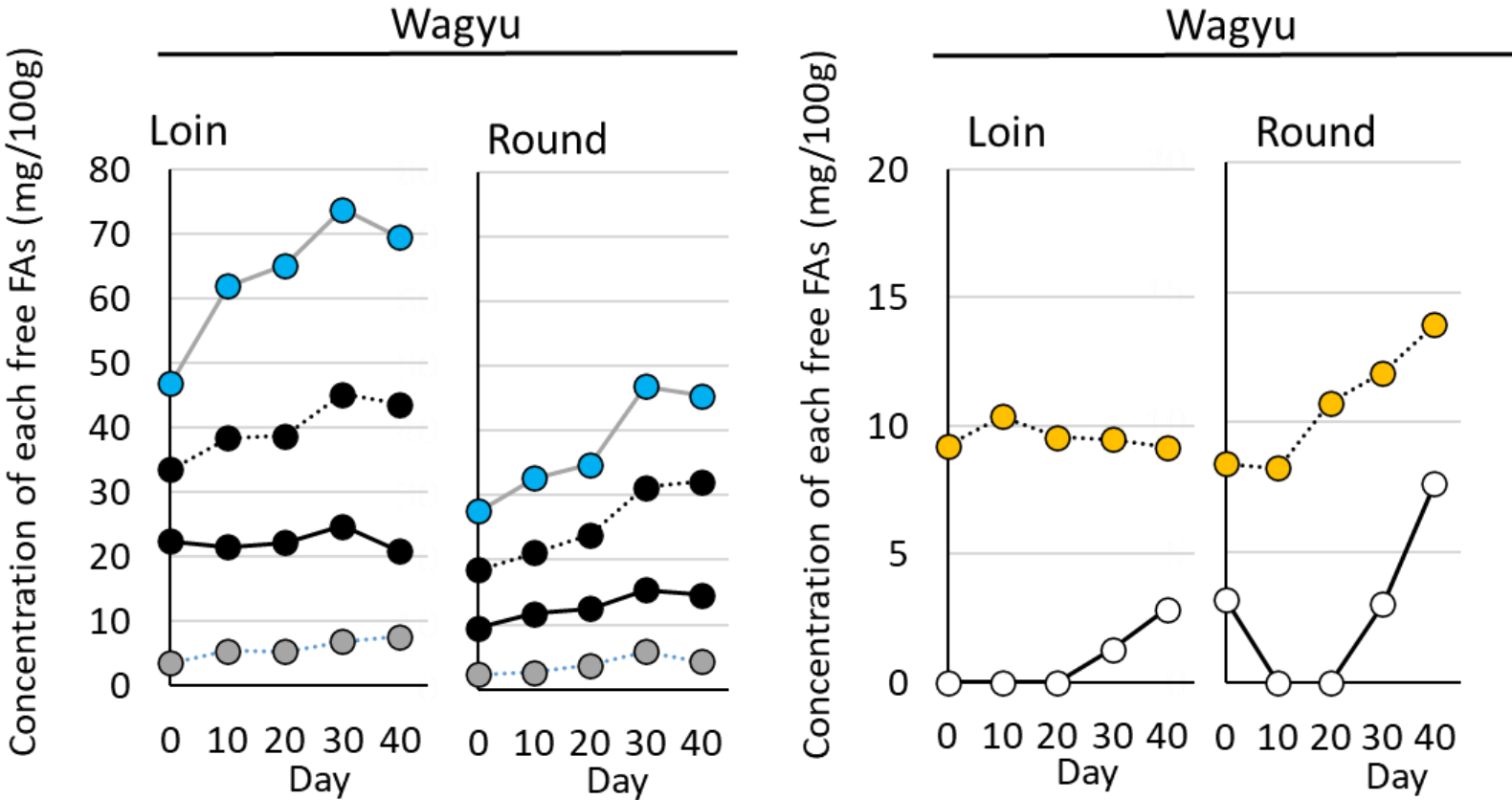
✓ 遺伝子解析

黒毛和種の筋組織から細胞核を単離し、次世代シーケンサーを用いてシングル核RNAシーケンス解析を行った。得られたデータは、Cell RangerおよびSeuratを用いて解析し、細胞種の分類、遺伝子発現の比較、および脂肪関連細胞集団の同定を行った。さらに、黒毛和種の脂肪形成や和牛香生成に関与する可能性のあるリパーゼ、脂質代謝酵素、および脂質酸化関連酵素を探索した。

6. 研究成果



...●... Palmitic acid ...●... Palmitoleic acid ...●... Linoleic acid
—●— Stearic acid —●— Oleic acid —○— Arachidonic acid



Loin 胸最長筋
Round 内転筋

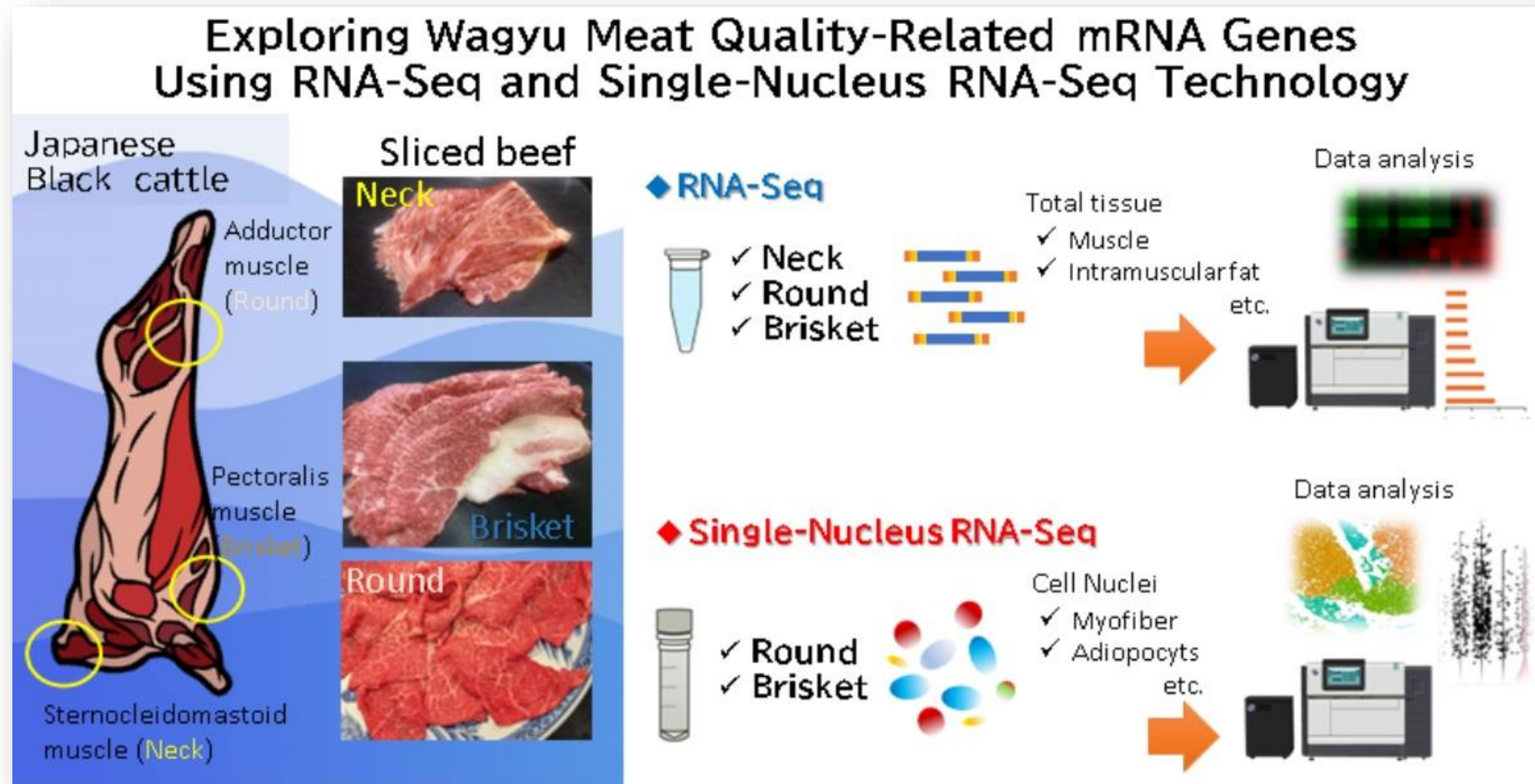
品種・部位によって
遊離脂肪酸比率が異なる



遊離脂肪酸が牛肉の風味に
影響を与えている可能性が
高いと考えられる

Ueda, S.; Yoshida, Y.; Tateoka, Y.; Kebede, B.; Shinohara, M.; Nakanishi, H.; Fukuda, I.; Shirai, Y. Metabolites and Free Fatty Acids in Japanese Black Beef During Wet Aging. *Metabolites* **2025**, *15*, doi:10.3390/metabo15020094.

黒毛和種牛肉の美味しさに関連する遺伝子の探索に向けた取り組み



Ueda, S.; Kitamura, C.; Tateoka, Y.; Kanai, A.; Suzuki, Y.; Fukuda, I.; Shirai, Y. Single-Nucleus RNA Sequencing Reveals Muscle-Region-Specific Differences in Fibro-Adipogenic Progenitors Driving Intramuscular Fat Accumulation. *Metabolites* **2025**, *15*, doi:10.3390/metabo15040231.

Figure 2 is a dot plot showing the average expression and percent of cells expressing genes in various cell types. The y-axis lists cell identities: no ident, Adipocyte, Endothelial cells, Smooth muscle, Myogenic cells, Immune cells, Schwann cells, Tenocyte, Type I+IIA, FAP, Type IIA, Type I, and Type IIX. The x-axis lists genes: PLA2G16, PNPLA2, LPL, PLA2G12A, MGLL, PLBD2, PLD3, LIPE, DAGLB, and PLA2G15. A color scale for 'Average Expression' ranges from -1 (light purple) to 2 (dark blue). A legend for 'Percent Expressed' shows dot sizes for 25, 50, and 75 percent. Adipocytes show the highest expression for most genes, particularly LIPE and PLA2G16.

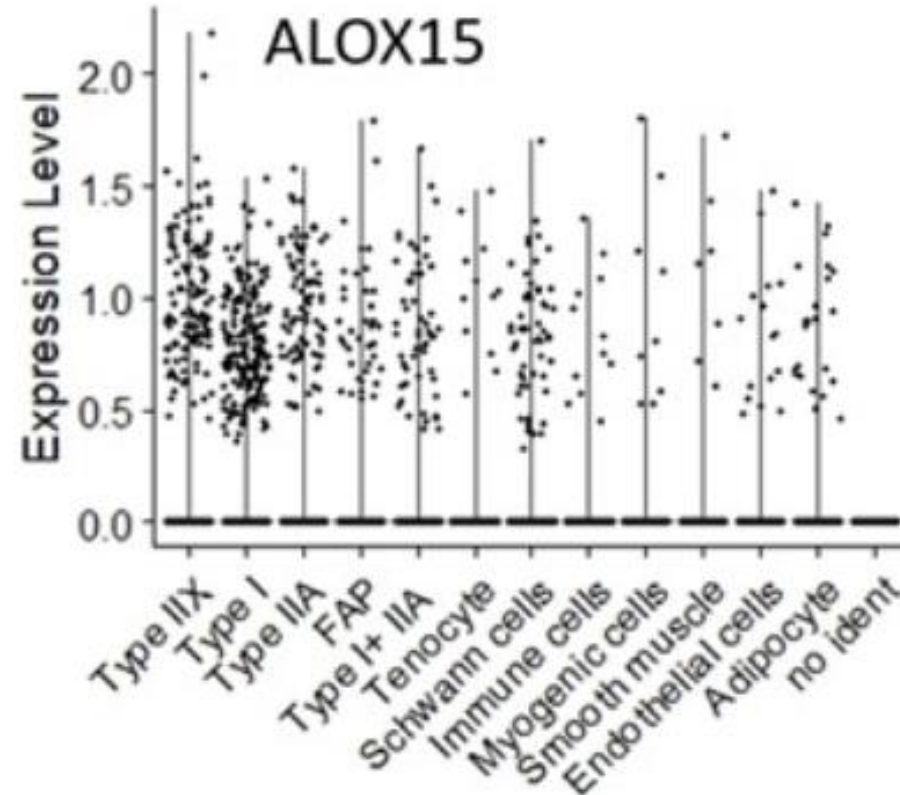
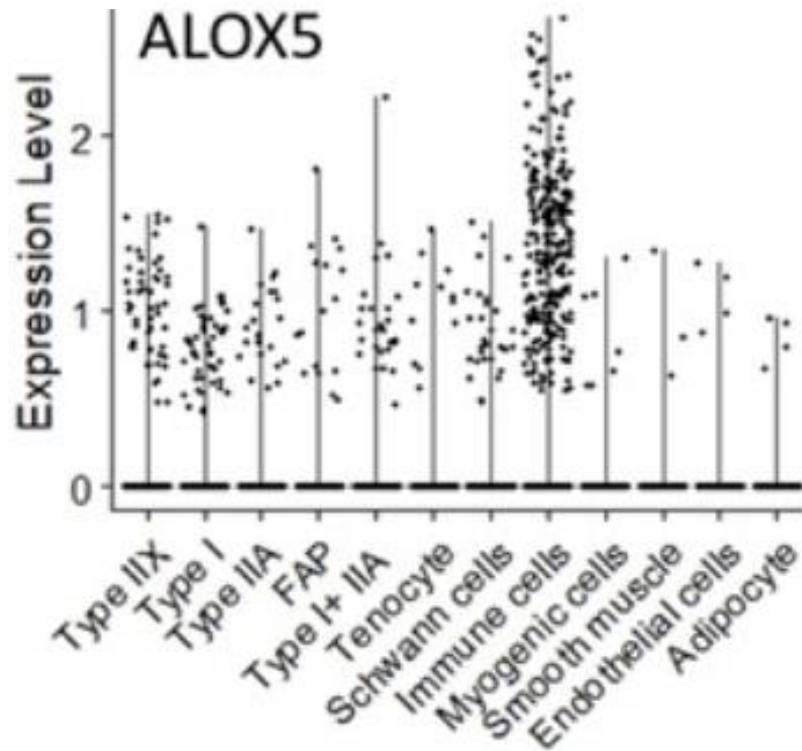
多くの脂質分解酵素が
黒毛和種牛肉で検出さ
れた

Ueda, S.; Kitamura, C.; Tateoka, Y.; Kanai, A.; Suzuki, Y.; Fukuda, I.; Shirai, Y. Single-Nucleus RNA Sequencing Reveals Muscle-Region-Specific Differences in Fibro-Adipogenic Progenitors Driving Intramuscular Fat Accumulation. *Metabolites* **2025**, *15*, doi:10.3390/metabo15040231.

6. 研究成果

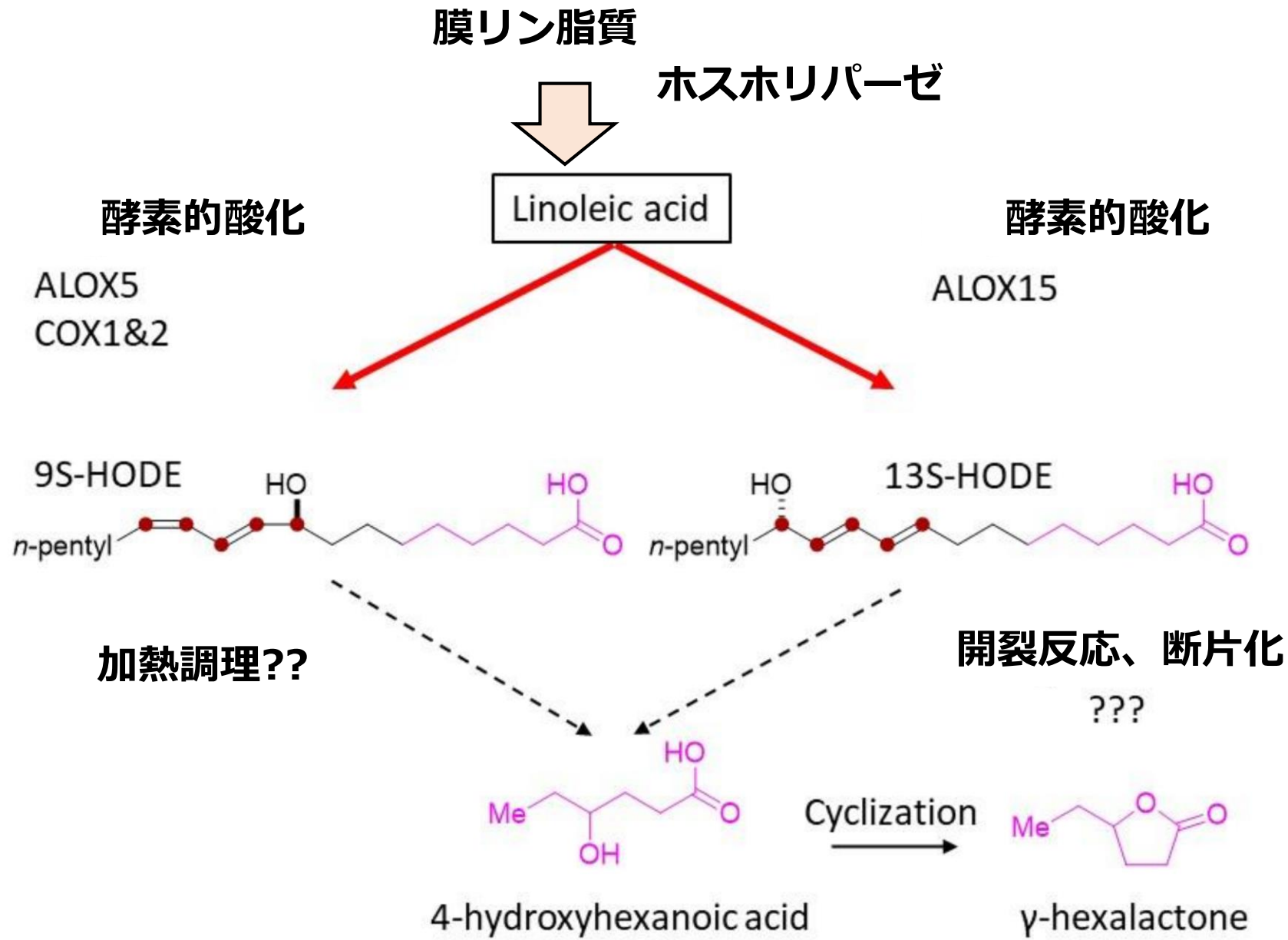


大学発アーバンイノベーション神戸
University's Urban Innovation Kobe



ラクトン生成に関
わることが推測さ
れる脂質酸化酵素
が黒毛和種牛肉で
検出された

Ueda, S.; Kitamura, C.; Tateoka, Y.; Kanai, A.; Suzuki, Y.; Fukuda, I.; Shirai, Y. Single-Nucleus RNA Sequencing Reveals Muscle-Region-Specific Differences in Fibro-Adipogenic Progenitors Driving Intramuscular Fat Accumulation. *Metabolites* **2025**, *15*, doi:10.3390/metabo15040231.



6. 研究成果



【英文雑誌論文】

Ueda, S., Namatame, Y., Kitamura, C., Tateoka, Y., Yamada, S., Fukuda, I., & Shirai, Y. (2025). Visualization of fine marbling in Japanese Black beef using X-ray computed tomography. *Food Science and Technology Research*, 31(3), 185–193.

Ueda, S., Yoshida, Y., Tateoka, Y., Kebede, B., Shinohara, M., Nakanishi, H., Fukuda, I., & Shirai, Y. (2025). Metabolites and free fatty acids in Japanese Black beef during wet aging. *Metabolites*, 15(2), 94.

Ueda, S., Kitamura, C., Tateoka, Y., Kanai, A., Suzuki, Y., Fukuda, I., & Shirai, Y. (2025). Single-nucleus RNA sequencing reveals muscle-region-specific differences in fibro-adipogenic progenitors driving intramuscular fat accumulation. *Metabolites*, 15(4), 231.

【学会発表】

上田修司・建岡優花・福田伊津子・白井康仁「単一核RNAシーケンスによる黒毛和種の部位特異的な線維脂肪前駆細胞の探索」第62回肉用牛研究会宮崎大会 2025年10月

建岡優花, 北村千晶, 福田伊津子, 白井康仁, 上田修司「黒毛和種の筋部位におけるリパーゼ発現の解析と脂質代謝に関する検討」日本畜産学会第133回大会 2025年9月



6. 研究成果

【雑誌】

上田修司

「黒毛和種牛肉を取り巻く環境。神戸ビーフをおいしくする魔法の成分!？」

雑誌名 畜産兵庫、発行元 兵庫県畜産協会 2025年2月

上田修司「和牛肉の甘い香りの生成機構」

雑誌名 食肉の栄養・機能と健康 2025、発行元 公益財団法人 日本食肉消費総合センター 2026年1月

【商標登録】

整理番号(GT250683) 商願2025-146443

出願登録出願人 国立大学法人神戸大学 美味しさ成分に基づく和牛ブランド名称

【新聞掲載】

2024年7月2日「黒毛和牛のおいしさを研究」日本食肉通信

2025年4月22日「黒毛和牛の価値を再評価」日本食肉通信