

日本短角種牛肉における香気および呈味に及ぼす放牧飼養の影響

横山 壱成¹・小笠原英毅²・岩城祐奈¹・小宮佑介¹・長竿 淳¹・有原圭三^{1*}

¹ 北里大学獣医学部, 青森県十和田市東二十三番町 35-1 〒034-8628

² 北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター, 青森県十和田市東二十三番町 35-1 〒034-8628

2020 年 2 月 21 日受付, 2020 年 3 月 26 日受理

要 約

肉牛の放牧飼養は, 牛の健康増進や枝肉の重量増加に影響することが報告されている。しかし, 牛肉の香気や呈味に放牧飼養が及ぼす影響については報告が乏しい。そこで本研究では, 北里大学に附属する八雲牧場で放牧されている日本短角種の牛肉を用いて, 放牧飼養による牛肉の香気や呈味に及ぼす影響を検討した。供試牛肉として, 舎飼期または放牧期に出荷された日本短角種の去勢雄各3頭を用い, ウチモモまたはリブローズを実験に用いた。固相マイクロ抽出 (SPME) 法による加熱香気成分分析の結果, 放牧された牛肉のウチモモで甘いまたは香ばしい香りを呈する香気成分が多く検出された。一方, 味覚センサによる呈味分析の結果, 放牧飼養で苦味雑味および甘味が高くなることが判明した。さらにパネリストを用いた食味試験では, 食べた際のコクが放牧牛肉で強く感じられるという結果が得られた。また, 放牧牛肉のウチモモでは, メイラード反応の基質である遊離アミノ酸およびグルコース含量が舎飼のものよりも高く, これらの変化が香気や呈味に影響する要因であることが考えられた。本研究の結果は, 香りや呈味の観点から放牧飼養の優位性を示すものであり, 今後の赤身牛肉生産の推進に大きく貢献することが期待される。

キーワード: 日本短角種, 放牧, 香り, 呈味, メイラード反応

東北畜産学会報 70 (1) : 19~27 2020

諸 言

これまでの日本における肉牛生産では, 海外から輸入された穀物飼料を利用した霜降り牛肉の生産が主流であった。しかし近年, 消費者の健康志向から赤身牛肉の需要が高まりつつある。また, 安心・安全な食品を食べたいという消費者のニーズにより, 有機JAS認証を受けたオーガニック食品への注目も集められている。赤身牛肉の生産には, 飼養条件や飼料が影響することが知られている。そのひとつである放牧は牛本来の生活を反映しており, 動物福祉の観点からも注目を集めている。ま

た, 放牧飼養のメリットとして筋線維横断面積の肥大化による枝肉歩留まりの向上 (飯屋, 2004), ストレス耐性の向上 (谷本ら, 2003; 原ら, 2018) といった報告がされている。

北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター八雲牧場では, 日本短角種を主要品種として, 「夏山冬里」方式の飼養管理を行っており, 春から秋にかけて放牧を, 冬は牧場内で生産されたロールラップおよびグラスサイレージ (自給粗飼料) のみで舎飼飼養し, 牧場で排出された堆肥は全て牧場内の草地に還元する資源循環型畜産を実践している (萬田, 2004)。八雲牧場で飼育される日本短角種は, 出荷月齢が約30カ月で生体重は約660kgに達し, 得られる牛肉の肉質は脂肪交雑の少ない赤身肉という特徴を有する (小笠原ら, 2014)。また, 2009年には有機JAS認証も取得しており, 「北里八雲牛」というブランド名 (登録商標) で販売されている。

* 連絡者: 有原 圭三 (ありはら けいぞう)

(北里大学獣医学部)

〒034-8628 青森県十和田市東二十三番町 35-1

Tel: 0176-24-9341 Fax: 0176-23-4505

E-mail: arihara@vmas.kitasato-u.ac.jp

さらに、この牛肉中には保健的機能性を有する共役リノール酸含量が高いことも明らかになっており（萬田，2004），これまでの生産形態および牛肉よりも優位な点が多いことがうかがえる。

我々が牛肉を食した際の“おいしさ”には複数の要因が関わり（沖谷，2002），代表的なものでは香りや呈味が挙げられる。香りでは牛肉の加熱時に起こるメイラード反応が重要な役割を担っており，嗜好性を大きく向上させる（Ariharaら，2019）。また，呈味に関しては，熟成期間中に増加するアミノ酸や核酸関連物質などが牛肉の旨味などに影響することが知られている（沖谷ら，1992）。これまで放牧により生産された牛肉の香りや呈味に関する報告は乏しく，基礎的な知見の収集が必要である。また，日本短角種でこれらの検討はされていない。そこで本研究では，北里大学において飼養される日本短角種において，放牧飼養が加熱香氣や呈味に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

1. 供試牛および飼養管理

供試牛は北里大学附属八雲牧場にて飼養される日本短角種去勢雄とし，冬季舎飼時に出荷した群（舎飼区）または夏期放牧終了時の11月に出荷した群（放牧区）それぞれ3頭ずつとした。供試牛は出生後，6ヵ月間の自然哺乳を経て，離乳後，夏期は放牧，冬期は舎飼いでロールラップまたはグラスサイレージを飽食給与した。供試牛の出荷月齢は舎飼区および放牧区でそれぞれ， 28 ± 1 および 28 ± 2 ヶ月齢，出荷時体重は舎飼区および放牧区でそれぞれ， 687 ± 16 および 653 ± 33 kgであった。各区における出荷前の飼料は，舎飼区がグラスサイレージ，放牧区は放牧草をそれぞれ自由採食させた。これらの牛から得られたウチモモまたはリブローズを0℃でウェットエイジング処理を15日間行ったものを実験に用いた。なお，実験に用いる牛肉サンプルは細分化し，可能な限り脂肪組織を取り除き，使用時まで-30℃で保存した。

2. 加熱香氣成分の分析

試験前日に4℃で24時間かけて自然解凍したものを使用した。解凍した各試験区の牛肉（ウチモモまたはリブローズ）をミンチ状にし，約5 gとり，形を整えた後，ホットプレートにて加熱した。加熱条件は230℃にて片面1分加熱し，余熱下でさらに4分間加熱した。加熱中に生成される香氣成分は，大気中に飛散しないようにステンレス製の容器にて密閉し，固相マイクロ抽出

法（SPME; spelco社，USA）により回収した。回収した香氣成分は直ちにGC/MS分析を行った。GC/MS分析は，DB-WAX（60 m×0.25 mmφ，膜厚 0.25 μm；Agilent technologies，Santa Clara，CA，USA）を装着したGCMS-QP2010（島津製作所，京都）により行い，分析条件は，キャリアガス He；気化室温度 200℃；カラム温度40～210℃で行った。カラムは40℃で5分間保持し，3℃/minで昇温し，210℃で35分間保持した。成分の同定はGC/MSにより得られたピークのマススペクトルから行った。同定された香氣成分は，全体のピーク面積に対する各成分の面積比を算出し，比較した。

牛肉中の2,5-ジメチル-4-ヒドロキシ-3（2H）-フラノン（DMHF）の測定には，小林ら（2018）の方法を参考にした。230℃のホットプレート上にて1分30秒で両面加熱した牛肉試料から，溶媒抽出法にて香氣成分を回収した。回収した香氣成分はGC/MS分析に供し，内部標準との面積比でDMHF生成量を算出した。

3. 味覚センサ分析

牛肉中の呈味性を評価するために，舎飼と放牧のウチモモおよびリブローズ約40 gを5倍量の蒸留水とともにフードプロセッサーにて攪拌した。次に4℃・3000 rpmで20分遠心し，得られた上清を氷上でろ過したものを測定試料とした。測定には味覚認識装置SA402B（以下味覚センサ；インテリジェントセンサーテクノロジー，神奈川）を用いた。味覚センサでは，基本五味（酸味，塩味，甘味，苦味，旨味）に加えて渋味，渋味刺激，苦味雑味，旨味コクの計9項目について測定を行った。

また，市販される牛肉との比較のため，黒毛和牛肉および豪州産牛肉のモモを上記と同様の方法にて解析した。

4. 食味試験

実際に牛肉を食した際の評価を行うために，二点嗜好法を用いた。これはパネリストに2つの試料を提示し，どちらを好ましく感じるかを評価してもらうものである（古川，1997）。二点嗜好法には，舎飼または放牧飼養された牛肉（リブローズ）を用いた。既報の方法（折目ら，2012）を参考にし，牛肉は試験前日に4℃で24時間自然解凍した。解凍した牛肉は，調理20分前に常温に置き，縦2cm×横4cm×厚さ0.5cmにカット後，230℃で1分30秒ずつ両面加熱した。パネリストは，訓練されていない当研究室の学生および教職員（男性11人，女性9人）に加熱後のそれぞれの牛肉を提供し，評価を行った。評価項目は，「塩味」，「旨味」，「甘味」，「苦味」，「コク」，「食感」，「香り」，「総合評価」，「好み」の

項目において、どちらの試料で強く感じたかを評価させた。

結果および考察

5. メイラード反応基質の測定

メイラード反応は肉中の遊離アミノ酸や還元糖が加熱されることにより起こる。そのため、本研究では牛肉中の遊離アミノ酸含量をチロシン等量で求め、還元糖としてグルコース含量の測定を行った。

遊離アミノ酸含量は、Hull (1947) の方法に従い、試料牛肉 30 g に対し 60 ml の蒸留水を加え、ハンドミキサーで攪拌した。その後、ろ過を行って得られた濾液を $4^{\circ}\text{C} \cdot 10000 \text{ rpm} \cdot 10 \text{ 分}$ の条件下で遠心を行い、上清を回収した。上清に蒸留水およびトリクロロ酢酸溶液を加え、再度遠心した後にフェノール試薬と炭酸ソーダ溶液を加えて 5 分間室温で反応させた。反応後、吸光度 650 nm で測定し、牛肉中の遊離アミノ酸含量をチロシン等量として算出した。

グルコース含量の測定には、glycogen assay kit (コスモバイオ社、東京) を用いた。試料牛肉 2 g に対し、98 ml の PBS を加え、チロシン含量同様の条件下で遠心を行った。得られた溶液をさらに 2 倍希釈し、グルコースの測定を行った。

6. 統計解析

エクセル統計 (BellCurve, Ver.7.0, 東京) を用いた。SPME 法による香気成分の比較には t 検定、食味試験の結果は二項検定により、舎飼と放牧の牛肉で差があるかを判定した。また、牛肉中のメイラード反応基質の測定に関しては、飼養条件および部位を要因とした分散分析を行い、Tukey-Kramer 法により有意差判定を行った。

加熱香気成分の分析

SPME 法による加熱香気成分分析の結果、およそ 200 種類ほどのピークが確認された。このうち、加熱時のメイラード反応により生成する香気成分に着目した。リブローズでは飼養条件の違いによる大きな違いは認められなかったが、ウチモモでは違いがみられた。放牧されたウチモモにおいて違いが見られた香気成分の平均面積比を図 1 に示した。舎飼のものより多く検出されていた成分として、ピラジン類 (2,3-ジメチルピラジン, 2,5-ジメチルピラジン, 2,6-ジメチルピラジン), アセトアルデヒド, メチオナール, DMHF, 2,3-ジヒドロ-3,5-ジヒドロキシ-6-メチル-ピラン-4-オン (DDMP) が挙げられた。統計処理の結果、ナッツ様の香りを呈するピラジン類は放牧で有意に ($p < 0.05$) 多いことが判明した。ピラジン類はメイラード反応中に起こるストレッカー分解により生成されることが報告されている (早瀬ら, 2016)。これは加熱中に α -ジカルボニル化合物と遊離アミノ酸が反応し、ピラジン類およびアルデヒド類を生成する反応である。ピラジン類は加熱された食品の香ばしさに大きく寄与し、メイラード反応により生成する香気成分の代表例である。また、放牧で多い傾向 ($p < 0.1$) であった、肉様の香りを呈するメチオナールはメチオニンのストレッカー分解で生じ、加熱された食肉の香りの主要成分である。一方で、放牧で多い傾向にあった ($p < 0.1$) カaramel 様の香りを呈する DMHF, 甘いバター様の香りの DDMP は糖類に由来して生成することが考えられている。以前我々は、

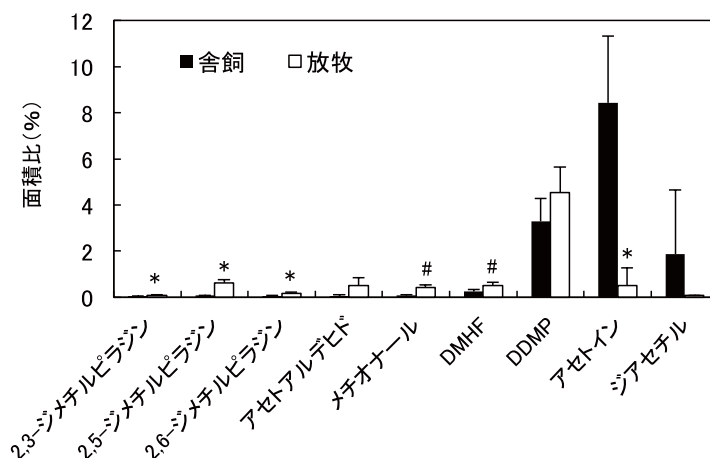


図 1. SPME 法による香気成分の比較 (ウチモモ)

SPME 法により得られた全てのピークにおいて、各香気成分が占める割合の結果を示した。3 個体の平均値と標準偏差で示した。DMHF, 2,5-ジメチル-4-ヒドロキシ-3(2H)-フラン-2-オン; DDMP, 2,3-ジヒドロ-3,5-ジヒドロキシ-6-メチル-ピラン-4-オン。t 検定による有意差判定を行った。* $p < 0.05$, # $p < 0.1$

DMHFの香りが自律神経系を介して血圧降下 (Zhouら, 2018) および食欲増進 (Yokoyamaら, 2020) を誘発することを見出した。さらに、牛肉の加熱香気中においてもDMHFは検出され (Watanabeら, 2015)、加熱時の香りに寄与しているものと考えられている。そこで、より正確なDMHF生成量の差を溶媒抽出法により測定した結果を図2に示した。SPME法の結果同様、放牧されたウチモモにおいてDMHF含量が有意に ($p < 0.05$) 高いことが明らかとなった。これらの香気成分の変化から、放牧された牛肉 (ウチモモ) では舎飼よりも甘く香ばしい香りが強く感じられることが示唆された。

乳牛の結果であるが、放牧により草のような香り (パストラルフレーバー) が検出され、それは放牧時間に伴って増加することが報告されている (Uedaら, 2016)。また、Watanabeら (2008) は粗飼料で肥育された豪州産牛肉の皮下脂肪から生成する加熱香気中において、テルペノイド類が多く検出されることを報告している。しかし、本実験では牧草に由来するとされている低級アルコール類などの含量に大きな差はなく、またテ

ルペノイド類に関しては検出されなかった。その理由として、今回用いた牛肉試料は出来る限り脂肪組織を取り除いたため、牧草に由来するような成分が検出されなかったことが考えられる。そのため、脂肪組織を含む香気に関しては脂肪組織のみで分析を行う必要がある。

一方、放牧されたウチモモではアセトインおよびジアセチルに関しても違いがみられ、アセトインでは有意な ($p < 0.05$) 差が認められた。これらの成分は霜降り和牛肉の加熱香気中に多く存在し、いわゆる“和牛香”に寄与することが報告されている (松石ら, 2004)。放牧された牛肉は一般的に赤身肉で脂肪交雑が少ないことが特徴である。今回用いた牛肉に関しても、飼養条件問わず脂肪交雑の度合い (BMS) は2前後で大きな違いはみられなかった。したがって、これら成分の違いは、脂肪交雑に由来するものではなく、飼料成分などが関与していることが考えられる。以上のことより、放牧された牛肉 (ウチモモ) では脂っぽい香りが抑制され、肉質香や甘く香ばしい香りが強く感じられること、そしてメイラード反応が大きく影響することが示唆された。

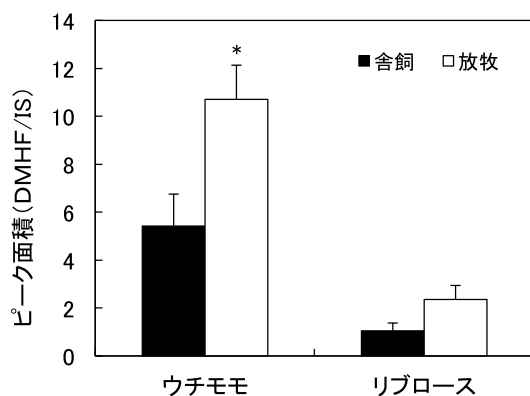


図2. 溶媒抽出法によるDMHF生成量の比較

溶媒抽出法によるDMHFのピーク面積を内部標準で補正し、3個体の平均値および標準偏差で示した。Tukey-Kramer法による多重比較検定を行った。* $p < 0.05$

味覚センサ分析

ウチモモおよびリブローズの味覚センサ分析の結果を図3に示した。図は測定した9項目のうち「酸味」、「苦味雑味」、「旨味」、「塩味」、「旨味コク」、「甘味」の6項目を示した。今回用いた味覚センサでは値の差が1あると、濃度差約20%に相当し、ヒトの味覚でもその差を感じることでできるとされている。飼養条件で約1程度の差があったものは苦味雑味と甘味であり、部位に関わらず放牧で高い値を示すことが明らかとなった。苦味雑味はイソ α 酸や野草などに含まれる苦味物質に応答し、低濃度で食品のコクや隠し味に相当することが知られている。舎飼と放牧における苦味雑味の値を比較すると、4~5という非常に大きな差があることが分かった。苦味雑味のセンサに反応する物質から考えると、この違い

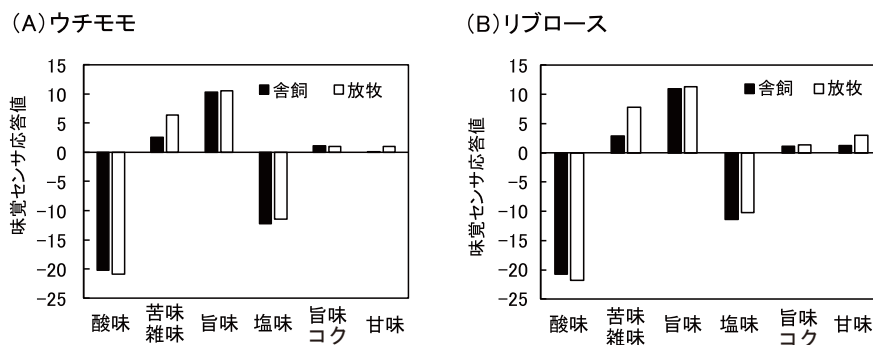


図3. 飼養条件の違いによる呈味の比較

飼養条件の異なる3個体の牛肉を用い、味覚センサにより得られた平均値で示した。(A):ウチモモ, (B):リブローズ

は放牧期に食す放牧草による影響が大きいことが考えられた。中村ら（2011）はイタリアンライグラスが豊富な草地で肥育された褐毛和種の牛肉において、乾草および配合飼料を与えられたものより苦味雑味が高くなることを報告している。同様に本実験に関しても、放牧草が牛肉の呈味に影響したことが考えられる。一方、味覚センサにおける甘味は単糖、二糖および糖アルコールなどに反応する。肉中の糖質はごくわずかなため、飼養条件の違いにより甘味に関して差がみられたことは非常に興味深い知見である。以上の味覚センサの結果より、放牧牛肉は食べた際のコクや甘味が強く感じられることが示唆された。また、黒毛和種および豪州産牛肉との比較を図4に示す。黒毛和牛肉および豪州産と比較しても放牧牛肉は苦味雑味および甘味が強く感じられることが判明した。この結果より、呈味だけに関して言えば、北里八雲牛は和牛肉や豪州産赤身肉よりも呈味が優れていることが示された。

食味試験

食味試験の結果を図5に示した。リブローズでの食味試験の結果、放牧牛肉でよりコクを強く感じたパネリストが有意に（ $p < 0.05$ ）多いことが明らかになった。食品のコクを付与あるいは増強させる要因として、呈味関連物質（苦味物質など）や香気成分（ピラジン類）が存在することが報告されている（西村ら，2016）。本実験では、味覚センサにおける苦味雑味の値が放牧牛肉で高かったことから、牛肉中に含まれる苦味物質などがコクの強さに影響したことが考えられる。また、甘味は有意な差は認められなかったが、放牧牛肉でより強く感じたパネリストが多い傾向（ $p < 0.1$ ）にあった。実際に食した際の呈味には香りも大きく影響する。先の香気成分の結果より、ウチモモでは甘い香りを呈するDMHFやDDMPが舎飼のものよりも多いことが判明しているため、食味試験に用いたリブローズよりも甘味の評価が明確になることが期待される。また、興味深いことに、香りの項目においては、舎飼の牛肉を好むパネリストが多

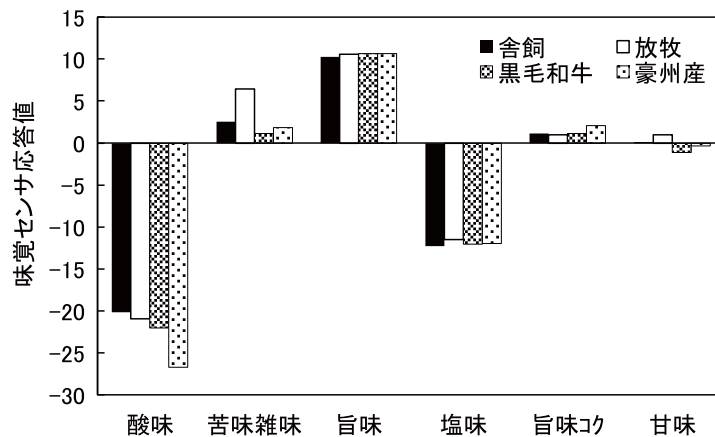


図4. 市販牛肉との呈味の比較

市販される黒毛和牛肉および豪州産牛肉（モモ）との比較を示した。

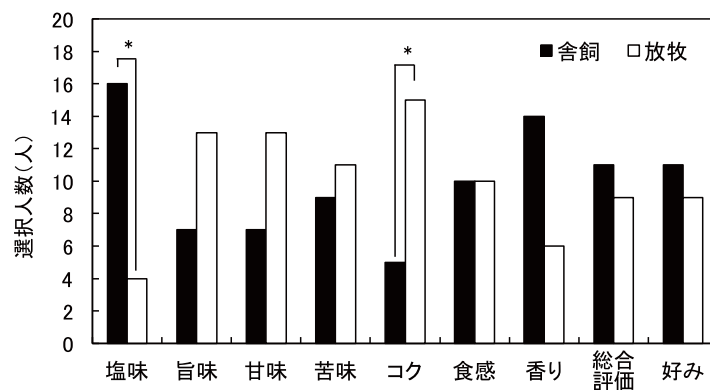


図5. リブローズにおける食味試験の結果

北里大学食品機能安全学研究室に在籍する20人を対象とした食味試験の結果を示した。得られたデータは二項検定により、有意差判定を行った。* $p < 0.05$

い傾向 ($p < 0.1$) にあった。先のリブローズにおける香気成分分析では、飼養条件による大きな違いはみられなかったため、パネリストへ提供した牛肉の大きさや温度が香りの評価に影響したことが考えられる。小笠原ら (2013) は、味の識別が可能なパネリストを用いた食味試験を行い、舎飼された牛肉の方が風味の好ましさが高くなることを報告している。香りが食味に及ぼす影響については、ウチモモで食味試験を行うことや好ましくない香りを呈する成分にも注目して検討を行うことが必要であると考えられる。さらに、塩味の項目では舎飼の牛肉で有意に ($p < 0.05$) 高い評価であった。しかし、味覚センサの結果では飼養条件による違いはみられていない。味の感じ方には先味と後味が存在し、塩味は先味に分類され、コクなどは後味に分類される。つまり、舎飼の牛肉は先味が強く比較的あっさりとした味わいであるが、放牧ではコクのある濃厚な味わいに感じられることが考えられた。また、パネリストからは放牧牛肉は先味があまり感じられないが、咀嚼するにつれて味が強く感じられるというコメントが多く、先味や後味に関しては今後詳細な検証を行う必要がある。渡邊ら (2016) は豚肉において遅筋型筋線維の割合が増加するにつれて嗜好性が高まることを報告している。食肉における遅筋型筋線維の増加は、保水性の増加に関連し、咀嚼時の「ジューシーさ」に影響する。八雲牧場で飼育される日本短角種においても、特異的な遅筋型筋線維が発現することが報告されている (小笠原ら, 2017)。この筋線維タイプの違いが食味試験の先味および後味に影響した要因のひとつであることが考えられる。今回行った食味試験では訓練されていないパネリストを用いているため、今後、さらなる呈味の違いを明らかにするためには、訓練されたパネリストによる詳細な方法で検討を行っていくことが必要である。

メイラード反応基質の測定

牛肉中の遊離アミノ酸およびグルコース含量を図6に示した。遊離アミノ酸含量は放牧のウチモモにおいて舎飼より高い値であった (図6-A)。今回用いた牛肉は、熟成期間や熟成方法に違いはみられないため、この差は飼養条件もしくは飼料が影響したことが考えられた。これまで放牧飼養により牛肉中の総遊離アミノ酸が増加するという報告はいくつかあるが (常石ら, 2006; 中村ら, 2015)、そのメカニズムを詳細に考察したものはない。放牧飼養により遊離アミノ酸が増加すると仮定すると、生前あるいはと殺後で増加することが考えられる。生前の場合、放牧期の運動による影響が考えられる。Mashimaら (2019) は、黒毛和種において遅筋型筋線維の割合が高くなると総遊離アミノ酸含量も高くなることを報告している。つまり、放牧期の運動による筋線維の変化がアミノ酸含量に影響したことが推察される。一方、死後の場合、筋肉中の酵素が影響することが考えられる。しかし、放牧飼養された牛肉において内在性プロテアーゼの活性が異なるといった報告はされておらず、実際に測定を行って比較する必要がある。また、アミノ酸は呈味に大きく影響し、それぞれで呈味が異なる。そのため、今回測定したチロシン以外のアミノ酸に関しても測定し、呈味との関連を考察する必要がある。

一方でグルコース含量においても、放牧されたウチモモで舎飼よりも有意に ($p < 0.05$) 高いことが認められた (図6-B)。放牧で高い値を示した理由として、舎飼ではグラスサイレージを与え、放牧区は放牧草を採食していた。グラスサイレージに比べ、放牧草の方で非繊維炭水化物が豊富であるため、これが肉中のグルコース含量に影響することが考えられるが現段階で詳細は不明である。また、運動によるグルコース輸送体 (Glut4) の変化も考えられる。Glut4は細胞質へのグルコースの

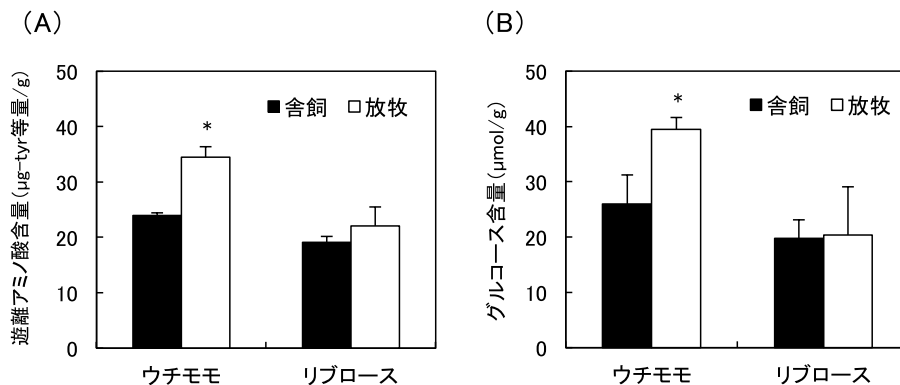


図6. 各牛肉中の遊離アミノ酸およびグルコース含量の結果

飼養条件の異なる3個体の牛肉から得られた平均値と標準偏差で示した。

(A)：遊離アミノ酸含量 (B)：グルコース含量 Tukey-Kramer法による多重比較検定を行った。* $p < 0.05$

取り込みを行っており、黒毛和種では放牧によりその mRNA 発現が上昇することが報告されている（木戸，2010）。

以上の結果より、放牧飼養は特にウチモモにおけるメイラード反応の基質（遊離アミノ酸，グルコース）の変化をもたらすことが明らかとなった。小松ら（2020）は、肉質等級ごとの官能特性と理化学特性について調査し、グリコーゲンや一部のアミノ酸が甘い香りや肉様の香りに寄与することを報告している。本研究で得られた結果と併せると、先のピラジン類やDMHFの結果とおおむね一致し、香りではメイラード反応の関与が大きいことが示唆された。しかし、呈味ではリブロースにおける、遊離アミノ酸およびグルコース含量の変化はみられないにもかかわらず、味覚センサでは苦味雑味および甘味の値は舍飼よりも高い値であった。つまり、リブロースにおいては遊離アミノ酸やグルコースが呈味に及ぼす影響は低いことが考えられた。呈味の違いに関しては、運動または飼料成分に注目し、より詳細な検討が必要であると考えられる。

本研究では日本短角種において、放牧飼養が香気や呈味に及ぼす影響について検討を行い、舍飼よりも香気および呈味が優れていることを明らかにした。また、これらが異なる一因には牛肉中の栄養成分が挙げられることも判明した。日本短角種を用いたこれらの検討は本研究が初めてであり、貴重な知見を得ることができた。今後、さらに増えていくことが予想される赤身肉の需要に応えるため、耕作放棄地などを利用した肉牛を放牧飼養する生産形式が広まりつつある。現在、今回紹介した八雲牧場の生産形式をより普及していくための研究や取り組みが行われている（小笠原，2020）。今回得られた知見を踏まえ、放牧飼養推進のために尽力していきたい。

引用文献

- Arihara K, Yokoyama I, Ohata M. DMHF (2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone), a volatile food component with attractive sensory properties, brings physiological functions through inhalation. *Adv. Food Nutr. Res.*, 89: 239-258. 2019.
- Ueda Y, Asakura S, Miyaji M, Akiyama F. Effect of time at pasture and herbage intake on profile of volatile organic compounds of dairy cow milk. *Anim. Sci. J.*, 87: 117-125. 2016.
- 小笠原英毅，岡山和代. 完全自給粗飼料給与における放牧と未放牧が日本短角種の肉質に与える影響. 平成25年度食肉に関する助成研究調査報告書 VOL. 32: 180-187. 2014.
- 小笠原英毅. 北里八雲牛～草資源で生産・販売・研究する牛肉～. *食肉の科学*, 58(2): 151-157. 2017.
- 小笠原英毅，畔柳正，寶示戸雅之. 北里大学における自給飼料100%による牛肉生産と加工・販売の取り組み～北里大学発・北里八雲牛ここにあり!!～. *日畜会報*, 85(3): 390-393. 2014.
- 小笠原英毅. 北里八雲牛は有機畜産の道しるべとなり得るか. *日本フードシステム学会ニュース・レター*, 67: 3. 2020.
- 沖谷明紘. 食肉のおいしさの決定要因. *栄養誌*, 60(3): 119-129. 2002.
- 沖谷明紘，松石昌典，西村敏英. 食肉のおいしさと熟成. *調理科学*, 25(4): 314-326. 1992.
- 飯屋喜弘. 放牧による牛の健康増進効果. *畜産会経営情報*, 173: 1-7. 2004.
- 木戸恭子. 黒毛和種牛の骨格筋線維動態に及ぼす放牧の影響. *栄養生理研究会報*, 54(1): 39-59. 2010.
- 小林正人，佐々木整輝，内山京子. 牛肉の焙焼に伴う香気物質の動態. *食肉の科学*, 59(1): 111-112. 2018.
- 小松智彦，佐久間弘典，齋藤薫，庄司則章. 黒毛和種牛肉の官能特性によるグルーピングとその理化学特性. *東畜会報*, 69(3): 41-48. 2020.
- 谷本保幸，千田雅之，大島一修，小山信明. 中国中山間地域における遊休農林地の放牧利用が肉用繁殖牛の栄養生理に及ぼす影響. *日草誌*, 49(5): 465-470. 2003.
- 常石英作，中西雄二，平野清，小路敦，松崎正敏，柴伸弥. 放牧牛の半棘筋における機能性成分と遊離アミノ酸の含有量. *西畜会報*, 49: 103-105. 2006.
- 中村好徳，守田智，金子真，加藤直樹，林義朗，常石英作，山田明央. 慣行肥育と草地肥育により生産された褐毛和種去勢雄牛の半膜様筋における肉質比較. *日暖畜報*, 54(1): 49-60. 2011.
- 中村好徳，金子真，福岡康文，小林良次. 周年放牧肥育牛肉の特徴ならびに熟成による肉質の変化. *日暖畜報*, 58(2): 209-215. 2015.
- 西村敏英，江草愛. 食べ物の「こく」を科学する. *化学と生物*, 54(2): 102-108. 2016.
- 原恵，山本伸治，壁谷昌彦，長谷川裕貴，矢ヶ部陽子，宗田吉広. 放牧が黒毛和種繁殖牛の酸化ストレス，免疫及び栄養指標に及ぼす影響. *日獣会誌*, 71(8): 437-442. 2018.
- 早瀬文孝，渡辺寛人. 第2章 メイラード反応の化学. *メイラード反応の機構・制御・利用*. 宮澤陽夫 編. pp. 6-15. シーエムシー出版，東京. 2016.
- 古川秀子. やさしい官能評価. *日本調理学会誌*, 30(2):

- 96-99. 1997.
- Hull, M.E. Studies on milk proteins. II. Colorimetric determination of the partial hydrolysis of the proteins in milk. *J. Dairy Sci.* 30: 881-884. 1947.
- Mashima D, Oka Y, Gotoh T, Tomonaga S, Sawano S, Nakamura M, Tatsumi R, Mizunoya W. Correlation between skeletal muscle fiber type and free amino acid levels in Japanese Black steers. *Anim. Sci. J.*, 90(4): 604-609. 2019.
- 松石昌典, 久米淳一, 伊藤友己, 高橋道長, 荒井正純, 永富宏, 渡邊佳奈, 早瀬文孝, 沖谷明紘. 和牛肉と輸入牛肉の香気成分. *日畜会報*, 75(3): 409-415. 2004.
- 萬田富治. 自然・食・人の健康を保全する地域資源循環型畜産の構築—北里大学八雲牧場における理論と実践. *日草誌*, 50(5): 453-460. 2004.
- Yokoyama I, Nakai Y, Suzuki Y, Ohata M, Komiya Y, Nagasao J, and Arihara K. DMHF (2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2*H*)-furanone), a volatile food component generated by the Maillard reaction, promotes appetite and changes gene expression in the rat brain through inhalation. *J. Food Sci.*, 2020. (in press)
- Watanabe A, Kamada G, Imanari M, Shiba N, Yonai M, Muramoto T. Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat Sci.*, 107: 12-19. 2015.
- Watanabe A, Higuchi M, Shiba S, Imanari M, Ueda Y. Analysis of volatile compounds in beef fat by dynamic-headspace solid-phase micro extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry. *J. Food Sci.*, 73: 1220-1225. 2008.
- 渡邊康一. 筋線維型と食肉のおいしさ—反芻動物特異的 I 型筋線維の産肉論的機能形態学解析—. *東畜会報*, 66(1): 1-6. 2016.
- Zhou L, Ohata M, Owashi C, Nagai K, Yokoyama I, and Arihara K. Odors generated from the Maillard reaction affect autonomic nervous activity and decrease blood pressure through the olfactory system. *J. Sci. Food Agric.*, 98(3): 923-927. 2018.

Effect of grazing on the odors and taste of Japanese Shorthorn beef

Issei YOKOYAMA¹, Hideki OGASAWARA², Yuna IWAKI¹, Yusuke KOMIYA¹,
Jun NAGASAO¹, Keizo ARIHARA¹

¹School of Veterinary Medicine, Kitasato University, Aomori 034-8628, Japan

²Field Science Center, School of Veterinary Medicine, Kitasato University, Aomori 034-8628, Japan

Corresponding: Keizo ARIHARA

(Tel: +81 (0) 176-24-9341, Fax: +81 (0) 176-23-4505,

E-mail: arihara@vmas.kitasato-u.ac.jp)

The grazing of beef cattle improves cattle health and increases carcass weights. Although odors and taste are also affected by grazing, there have been few studies such as changes. The aim of this study was to investigate the effect of grazing on the odors and taste of Japanese shorthorn beef. The round and rib parts from the grazed or non-grazed beef cattle in Yakumo Experimental Farm were used for experiments. In grazed beef, the odors from cooked round part included sweet and savory odor compounds. In addition, taste sensor analysis showed that the acidic bitterness and sweetness were increased in the grazed beef. Moreover, the richness in the grazed beef was perceived strongly in human, suggesting that the acidic bitterness affected the richness of grazed beef. Furthermore, we found that the changes in odors and taste were affected by the substances of the Maillard reaction (amino acids and glucose). These results suggest that the grazing of beef cattle changes to preferable odor compounds and taste.

Key words: Japanese Shorthorn, grazing, odor, taste, Maillard reaction