

「おきなわブランド」ドライエイジングビーフ生産技術の確立

(4) 経産牛、輸入牛の歩留り、アミノ酸含量、硬さの経時的変化

花ヶ崎敬資、安里直和*

ドライエイジングビーフ製造技術確立のため、経産牛、輸入牛のドライエイジングによる歩留り、アミノ酸含量、硬さなどの変化を調査したところ、熟成期間が長いほど歩留りは悪く、うま味、甘味、苦味・風味系アミノ酸であるタンパク質構成アミノ酸含量は高くなり、また、肉質は柔らかくなることが分かった。

1 緒言

近年、ドライエイジングビーフ（乾燥熟成肉）を提供する飲食店が全国的に急速に増えている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。この理由として消費者の健康志向も反映しており¹⁾³⁾、低脂肪、高タンパク質の赤身肉をおいしく食べられるといった点が挙げられる¹⁾。一般にドライエイジングとは、肉を真空パックせず、通気性のある状態で数日間熟成させる方法である⁵⁾⁶⁾。ドライエイジングにより赤身肉は柔らかくジューシーになり、うま味の増加と独特の熟成香が付与される¹⁾³⁾。欧米では高級肉として扱われ⁷⁾、ニューヨークではスーパーでの陳列販売も見られる³⁾。さらには、韓国、シンガポール、台湾、香港などアジア諸国の高級レストランでの扱いが既に始まっている⁸⁾。

一方、沖縄県では、平成25年から4年連続で国内・外国ともに入域観光客数について記録を更新しており、平成28年度におけるその全体は877万人である⁹⁾。特に外国観光客数は対前年度比で27.5%増⁹⁾など急速な勢いの増加が見られる。また、外国観光客のうち上述した韓国、台湾、香港が6割以上を占めており⁹⁾、外国観光客も視野に入れたドライエイジングビーフ等の新しい食のコンテンツ創出は、沖縄県として目指すアジア地域への産業戦略¹⁰⁾の一つと言える。

このような中、県の重要な産業の一つである畜産業においては、子牛生産の高いシェアを誇る一方で、繁殖雌牛が年間約5,000頭更新されている状況がある¹¹⁾。その更新牛は経産牛と呼ばれ、枝肉重量、脂肪交雑が比較的少なく、一般に格付等級は低いと言われている。しかし、逆に肥育方法や上述したドライエイジング技術による高付加価値化は高い可能性を秘めている。また、このドライエイジング技術を国外の安価な放牧牛などにおいても適用できれば、製品の安定供給による上述した新たな食のコンテンツ創出になり得ると考えられる。本研究では、沖縄21世紀ビジョン基本計画における「おきなわブランドの確立」¹⁰⁾創出を目指した、ドライエイジングビーフ生産技術を確立することを目的とする。

現在のところ、ドライエイジングビーフの製造方法については明確な定義はなく、牛種、温度、湿度、気流、期間、微生物接種など各社おのおの方法で行われている¹²⁾¹³⁾が、共通のポイントとしては真空パックされたウェットエイジングと違い、上述した通気性のある状態での熟成⁵⁾⁶⁾と考えられる。国産ホルスタイン種のドライエイジングによるアミノ酸含有量の増加や生産ロスの増加は、土屋らによって報告されている¹⁴⁾。今回、沖縄県内でも比較的安価でドライエイジングの効果が期待される県産経産黒毛和種ソトモモ、県内でも安定して入手可能な輸入牛についてドライエイジングによる歩留り、各アミノ酸含量、硬さなどの変化について検討した。

2 実験方法

2-1 試料、熟成庫

ドライエイジングに用いた肉は、冷凍県産経産黒毛和種ソトモモ部位（以下経産牛）、チルドオーストラリア産ランプ部位（以下オーストラリア牛）、冷凍アメリカ産サーロイン部位（以下アメリカ牛）である。冷凍肉については約15時間、設定温度8℃のCZ-1チルド加工室（昭和電工株式会社）で解凍し、ドライエイジングに供試した。各肉塊3つをそれぞれ5等分し熟成前、1、2、3、4週間後のドライエイジング試料とした。それぞれの試料はCZ-1チルド加工室に設置したドライボックス内で熟成させた。熟成中はCZ-1チルド加工室の制御システムを温度2℃に設定した。

2-2 湿度、温度の測定

湿度の測定はデータロガーDL171（アズワン株式会社）を用いて計測した。

2-3 アミノ酸類測定

アミノ酸類の測定については、トリミング後の試料をホモジナイズ後、アセトニトリルおよび過塩素酸で除

*沖縄県畜産研究センター

タンパク、ヘキサンで脱脂し、0.2 μ m のフィルターを通した検液を用いた。分析は LC/QTOF (Agilent, 6530/5975MSD)、カラムは Intrada Amino Acid (100 \times 3mm, Imtakt) を用いて、サンプル注入量 5 μ L、流速 0.6mL/min で分析した。

アミノ酸類はうま味、甘味、風味・苦味、機能性の 4 つに分けており、うま味はアスパラギン酸、グルタミン酸、グルタミン、アスパラギン、甘味はグリシン、アラニン、スレオニン、セリン、プロリン、風味・苦味はメチオニン、リジン、イソロイシン、ロイシン、フェニルアラニン、チロシン、バリン、ヒスチジン、アルギニン、シスチン、機能性はカルノシン、アンセリン、オルニチン、タウリン、ギャバのそれぞれを定量した。また、熟成後各サンプルにつき、熟成前に比べ水分含量が減少した場合のみ濃縮率で除した値に換算した。

2-4 ドリップロス、クッキングロスの測定

ドリップロスについては、まず、凍結保存した肉サンプルを直方体に切り出し常温で解凍した。その際、肉表面にしみ出た水分をペーパータオルで除去した後、重量を測定し解凍前後の差から算出した。クッキングロスについては、ドリップロスでを使用したサンプルをナイロンバックに入れ、ウォーターバスで 75 $^{\circ}$ C、60 分間浸漬し、冷水で放冷後、肉表面の水分を除去した後、重量を測定し前後の重量差から算出した⁵⁾。

2-5 物理的特性（破断応力、剪断力価、歪率）の測定

理化学的特性の測定は 200N ロードセルを装着した株式会社山電社製のクリープメーター (RE-3305S) を用いた。破断応力 (Pa) および歪率 (%) については、クッキングロスに用いたサンプルを幅 20mm \times 20mm、厚さ 10mm に整形し、破断用プランジャー (No.5) に対して筋繊維が垂直になるように置き突刺試験を実施した。各分析とも 5 回程度測定し、その平均を分析値として用いた。剪断力価 (N) については、クッキングロスに用いたサンプル⁵⁾を幅 10mm、厚さ 10mm に整形し、剪断用プランジャー (No.21) のカミソリ刃に対して、試料の筋繊維が垂直になるように置き剪断試験を実施した。各分析における測定速度は 1mm/sec とし、剪断力価、破断応力、歪率などの解析は機器内蔵の自動解析ソフトウェアを用いて行った。

3 実験結果

3-1 アミノ酸類含量の変化

3-1-1 うま味アミノ酸含量の変化

うま味アミノ酸の中で最も含量の低い、アスパラギン酸は 5mg/100g 以下でアメリカ牛では検出されたものの、その他ではほぼ定量限界値未満であった (図 1)。グルタミン酸は牛種で値が異なるものの全て安定した増加を示した (図 2)。アスパラギンは 60mg/100g 程度のアメリカ牛から 50mg/100g 程度のオーストラリア牛、40mg/100g 程度の経産牛の順で比較的高い値を示したが、増加は見られなかった (図 3)。グルタミンは熟成 1 週間から 3 週間で変化がなく、経産牛で 70mg/100g 程度、オーストラリア牛で 40mg/100g 程度、アメリカ牛で 30mg/100g 程度を示した (図 4)。また、熟成後 4 週間で経産牛、アメリカ牛は減少したがオーストラリア牛は増加し、牛種により異なる変化を示した。

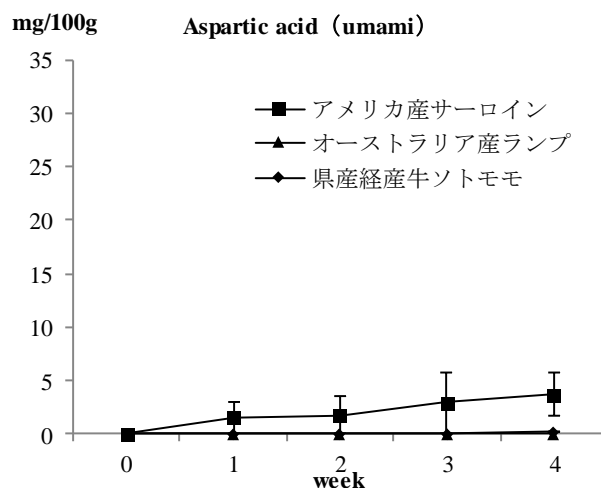


図 1 ドライエイジングビーフのアスパラギン酸 (うま味) 含量の変化 (mean \pm SE, n=3)

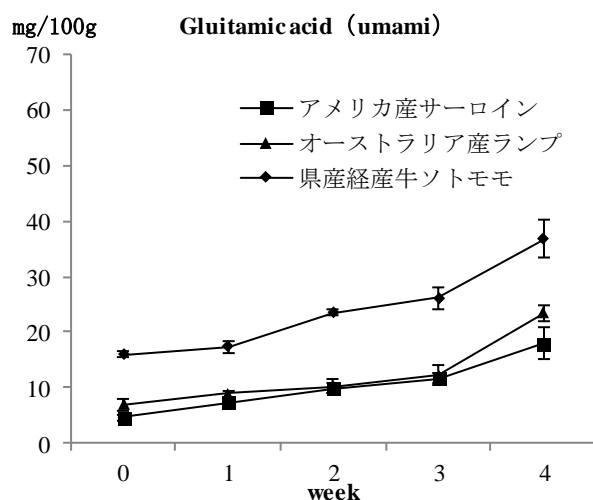


図 2 ドライエイジングビーフのグルタミン酸 (うま味) 含量の変化 (mean \pm SE, n=3)

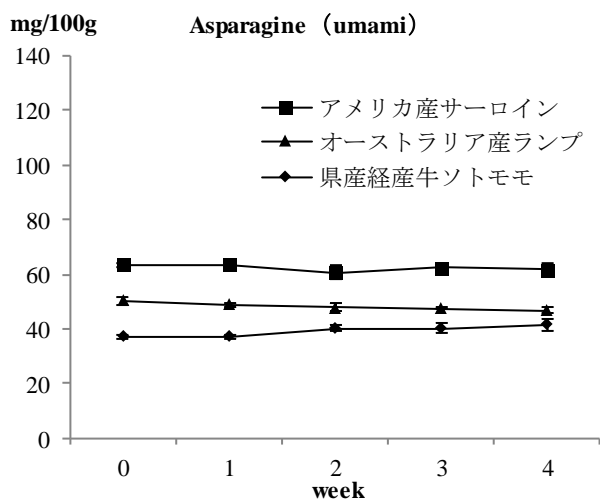


図3 ドライエイジングビーフのアスパラギン（うま味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

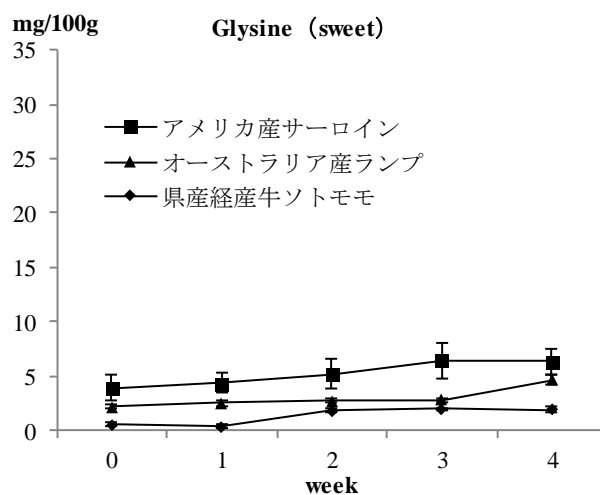


図5 ドライエイジングビーフのグリシン（甘味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

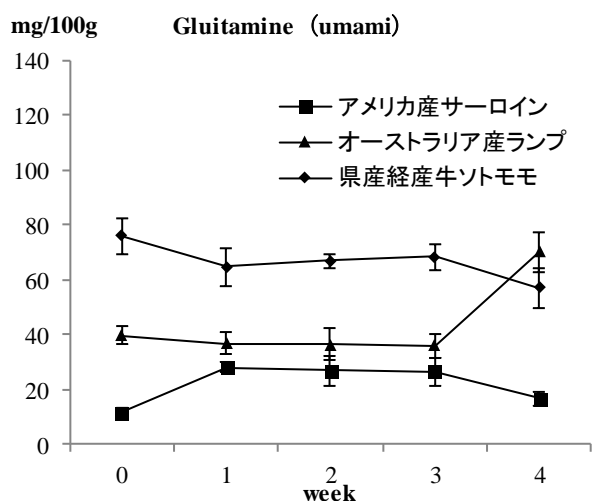


図4 ドライエイジングビーフのグルタミン（うま味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

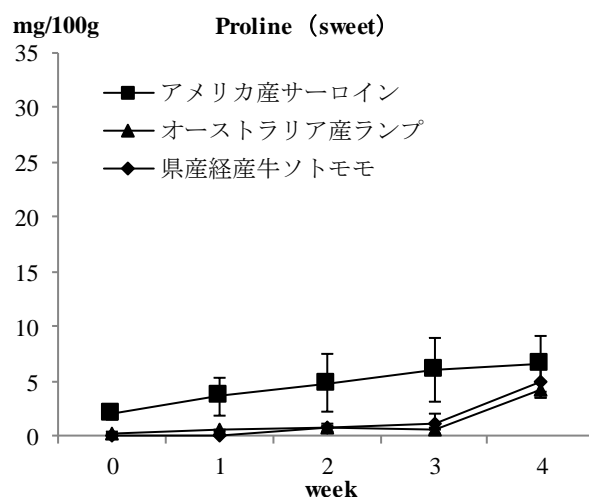


図6 ドライエイジングビーフのプロリン（甘味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

3-1-2 甘味アミノ酸含量の変化

グリシン、プロリンは 10mg/100g 以下で熟成経過に伴い少しの増加が見られた（図 5、6）。スレオニン、セリンも増加の傾向が得られ、熟成後 4 週間でスレオニンは 15mg/100g 程度、セリンは 20mg/100g 程度の値を示した（図 7、8）。甘味アミノ酸の中で最も量の多いアラニンは熟成前から 25mg/100g～40mg/100g の範囲にあり誤差はあるが増加の傾向を示した（図 9）。

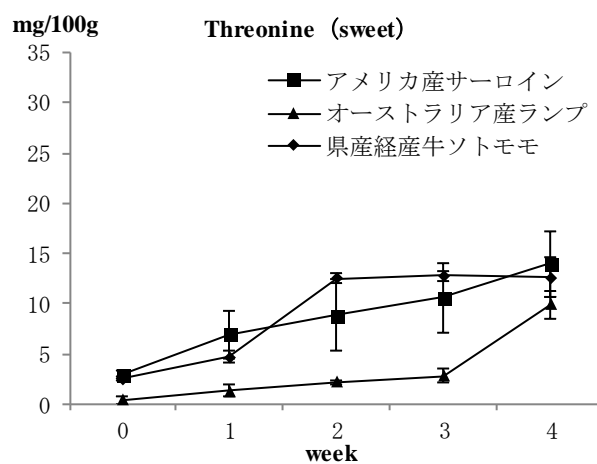


図7 ドライエイジングビーフのスレオニン（甘味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

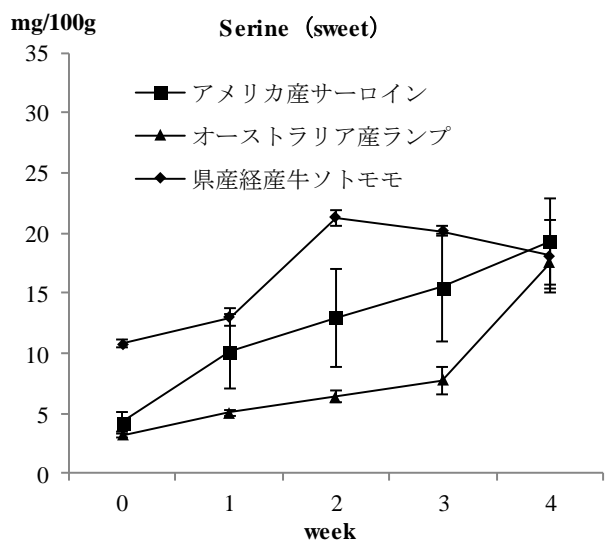


図8 ドライエイジングビーフのセリン（甘味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

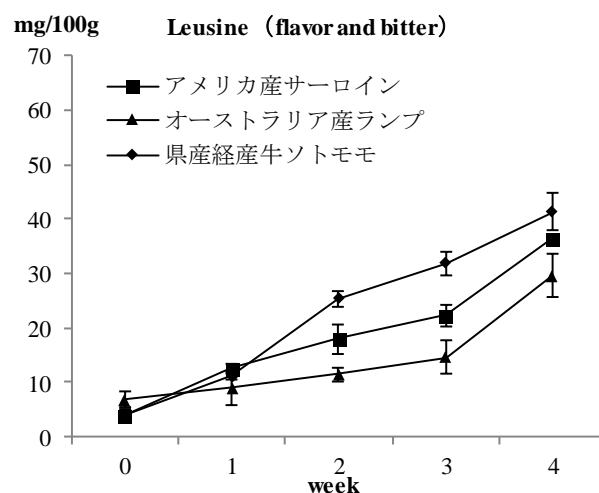


図10 ドライエイジングビーフのロイシン（風味・苦味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

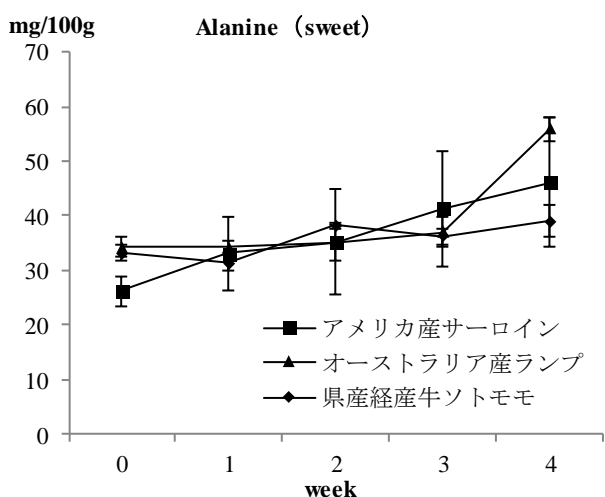


図9 ドライエイジングビーフのアラニン（甘味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

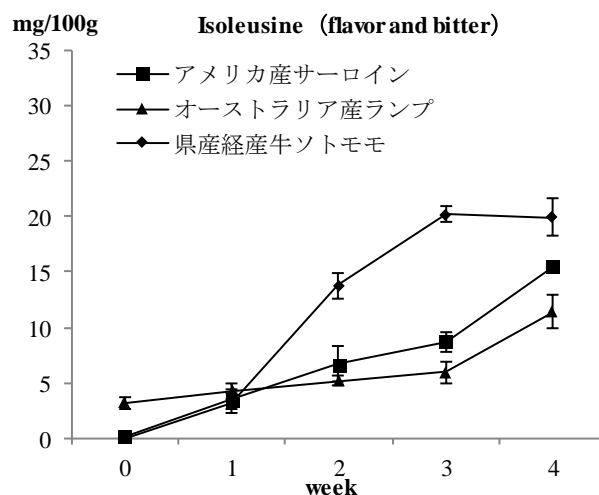


図11 ドライエイジングビーフのイソロイシン（風味・苦味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

3-1-3 風味・苦味アミノ酸含量の変化

ロイシン、イソロイシン、バリンの側鎖系アミノ酸は熟成前は 5mg/100g 程度と少ないものの、熟成の経過と共に安定した増加を示し、特にロイシンで絶対値も高く熟成後4週間で 30mg/100g~40mg/100g となった(図10、11、12)。フェニルアラニン、メチオニン、チロシンについてもおおよそ同じ傾向を示した(図なし)。リジンは絶対値が少なく、僅かの増加が見られ、ヒスチジンも絶対値が少なく、ほとんど増加が見られなかった(図なし)。シスチンについては熟成前後で検出されなかった(図なし)。全ての風味・苦味アミノ酸について熟成前後に関わらず経産牛の絶対値が比較的高かった。

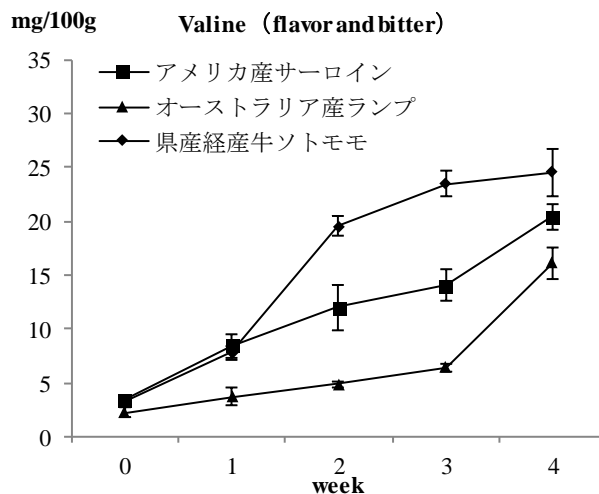


図12 ドライエイジングビーフのバリン（風味・苦味）含量の変化 (mean±SE, n=3)

3-1-4 機能性アミノ酸含量の変化

アンセリンは熟成前からアメリカ牛で 40mg/100g 程度、オーストラリア牛、経産牛で 20mg/100g 程度であり、アメリカ牛の約半分量であった (図 13)。熟成経過に伴う増加は見られなかった。今回定量したアミノ酸類の中で最も含有量の高いカルノシンについて熟成前は 120mg/100g～150mg/100g の範囲にあったが、減少する傾向を示した (図 14)。オルニチンは 10mg/100g 未満で、熟成による変化がなく、誤差もなく安定して存在していた。(図 16)。タウリンは熟成前から 60mg/100g で比較的高い値を示すオーストラリア牛 (ばらつきあり)、経産牛であるが、アメリカ牛で 20mg/100g 程度と牛種によって値が異なる (図 17)。また、経産牛で減少、アメリカ牛、オーストラリア牛で増加の傾向があり、変化の傾向が異なった。ギャバは全ての肉において熟成前後で検出はなかった (図なし)。

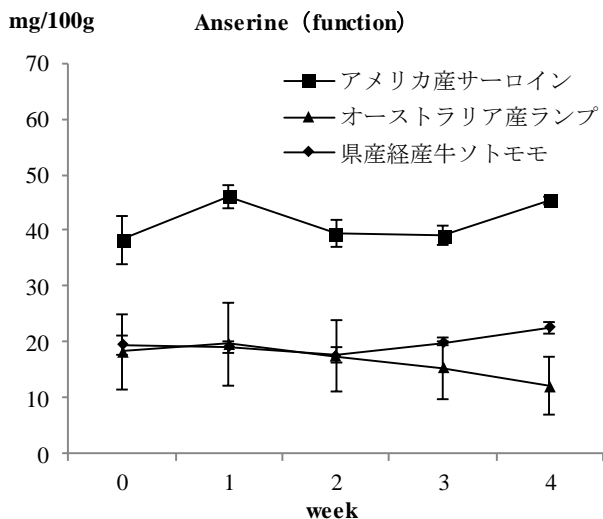


図 13 ドライエイジングビーフのアンセリン (機能性) 含量の変化 (mean±SE, n=3)

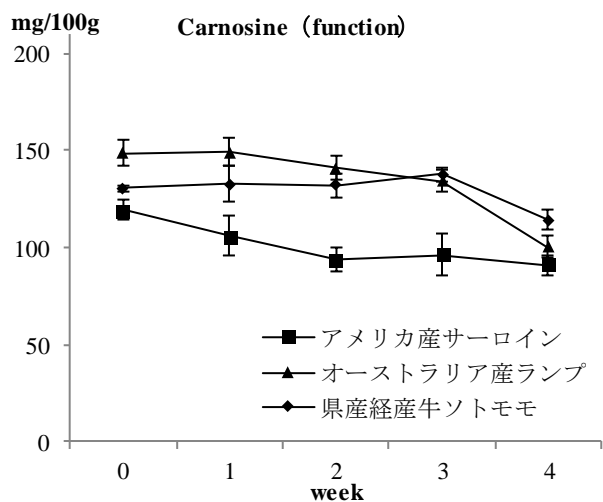


図 14 ドライエイジングビーフのカルノシン (機能性) 含量の変化 (mean±SE, n=3)

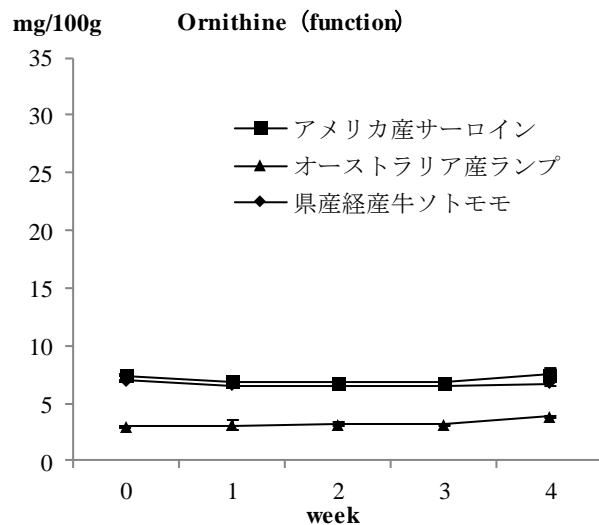


図 15 ドライエイジングビーフのオルニチン (機能性) 含量の変化 (mean±SE, n=3)

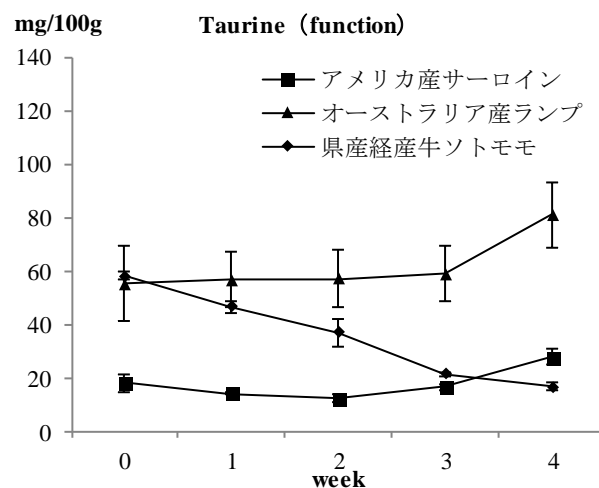


図 16 ドライエイジングビーフのタウリン (機能性) 含量の変化 (mean±SE, n=3)

3-1-5 アミノ酸類全量の変化

各肉のうま味アミノ酸全量、甘味アミノ酸全量、風味・苦味アミノ酸全量、機能性アミノ酸全量、さらにこれらの総量の変化を図 17 に示した。各肉全てで機能性アミノ酸類の増加がなく、少しの減少傾向を示した。その他のうま味、甘味、風味・苦味アミノ酸であるタンパク質構成アミノ酸については、熟成の経過と共に増加する傾向を示した。

3-2 収縮ロス、トリミングロスの変化

アメリカ牛、オーストラリア牛、経産牛の収縮、トリミングロス、それらの合計ロスの変化、さらにそれぞれの熟成中の平均湿度を図 18 に示す。各牛種とも収縮ロスはドライエイジングのスタートとともに発生したと考えられ、その後増加した。トリミング部位はスタートか

らおよそ 10 日程度で発生しており、その後増加した。

3-3 ドリップロス、クッキングロスの変化

各肉のドリップロス、クッキングロス、その合計の変化を図 19 に示す。各肉においてドリップロス、クッキングロスともに熟成の経過と共に減少する傾向が得られた。

3-4-1 破断応力、歪率の変化

各肉を用いて突刺試験を行った破断応力と歪率の変化を図 20 に示す。ばらつきは大きいものの熟成の経過と共に、破断応力、歪率ともに減少する傾向が得られた。オーストラリア牛、経産牛がアメリカ牛に比べ破断応力、歪率ともに高い傾向があった。

3-4-2 剪断力価、歪率の変化

各肉を用いて切断試験を行った剪断力価と歪率の変化を図 21 に示す。ばらつきは大きいものの熟成の経過と共に、剪断力価、歪率ともに減少する傾向が得られた。突刺試験の破断応力の結果と逆にアメリカ牛がオーストラリア牛、経産牛に比べ剪断力価、歪率ともに高い傾向があった。

4 考察

ドライエイジングにより赤身部分が大きく改変され、おいしくなると言われることから、ドライエイジングビーフは、脂肪交雑をメインにうたった和牛とはその特徴が大きく異なる。本試験で全ての牛種においてタンパク質性アミノ酸がおおよそ増加しており、特にうま味の決め手となるグルタミン酸が安定して増加した事は大変興味深い。杉岡らは褐毛和種の熟成においてグルタミン酸、ロイシンが安定的に増加する一方、アラニンは変動が大きく、タウリン、アンセリン、カルノシンの機能性アミノ酸は増加がない事を報告している¹⁵⁾。これらと本試験の結果は、全ての牛種ではほぼ一致していた。硬さに関しても破断応力、切断力価においても減少の傾向が見られたことから、硬さは改善されたと考えられる。実際、筆者らの官能によっても噛み切りが良く、柔らかく改善されたのが感じられた。

本試験では、実際に県内企業の現場で用いられている牛種やその部位でのドライエイジング試験により、経時的な解析を行った。歩留りを考慮するとなるべく短くするのが理想的であるが、アミノ酸増加や硬さ改善などの効果も加味すると 3 週間程度は熟成させるのが望ましいと筆者らは考える。本試験は気流を発生させない湿度約 80%の熟成環境で行っている。各熟成庫環境に応じ

て熟成期間を設定する必要がある。

本研究は平成 29 年度沖縄県産業振興重点研究推進事業の研究課題「沖縄産経産牛を用いたドライエイジング加工技術の開発 (2015 技 007)」として実施した。

参考文献

- 1) 読売新聞 2015 年 8 月 14 日
- 2) 近田康二, 2012. 熟成牛肉の普及定着に向けた活動を本格化. 畜産の研究. 8 : 807-808
- 3) 佐野佳治 NY メソッドドライエイジング加工技術, 食肉の科学 Vol.57 No1 (2016)
- 4) 日本経済新聞 2014 年 4 月 8 日
- 5) 折目愛, 小笠原英毅, 岡山和代, 2010. 放牧など粗飼料 100%で生産された赤身牛肉におけるドライエイジングの効果. 食肉に関する助成研究調査報告書. 29 : 68-74
- 6) 米国のドライエイジングビーフ関連ガイド集, 米国食肉輸出連合会 (USMEF)
- 7) Neil Perry. 2012. Dry aging beef. International journal of Gastronomy and Food science 1 : 78-80
- 8) Dashmaa Dashdorj, Vinay Kumar Tripathi, Soohyun Cho, Younghoon Kim, Inho Hwang, Dry aging of beef; Review, Journal of Animal Science and Technology (2016) 58 : 20
- 9) 平成 28 年度 沖縄県入域観光客統計概況 沖縄県文化観光スポーツ部観光政策課
- 10) 沖縄 24 世紀ビジョン基本計画 沖縄県
- 11) 公益財団法人沖縄県畜産振興公社 (2014) 平成 25 年度需要開拓プログラム推進事業報告書, 77-125
- 12) 日本農業新聞 2015 年 8 月 10 日
- 13) 平成 27 年度 JAS 規格化委託事業 事業報告書 2016 年 3 月 18 日, デロイトトーマツコンサルティング 合同会社
- 14) 土屋貴幸, 鶴飼典佳, 齋藤美英, ドライエイジングによる牛肉熟成課程における熟成品質と生産ロスの経時的解析, 静岡県畜産技術研究所研究報告, 第 6 号 12-14
- 15) 杉岡和貴, 田崎司, 堺久弥, 家入誠二, 荒木朋洋, 赤身牛肉の熟成による遊離アミノ酸量の変化に関する研究, 日本農芸化学会大会講演要旨, 2015, 2F26P18

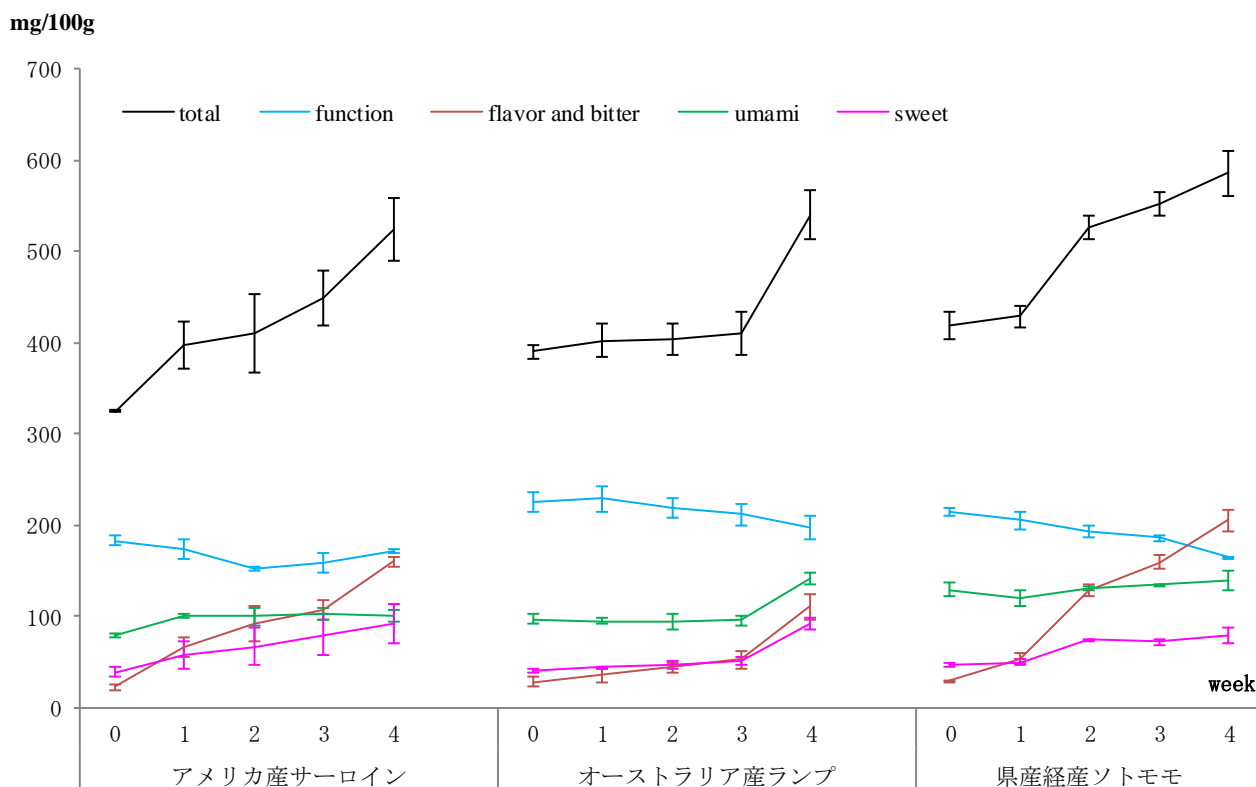


図17 ドライエイジングビーフのアミノ酸類全量の変化 (mean±SE, n=3)

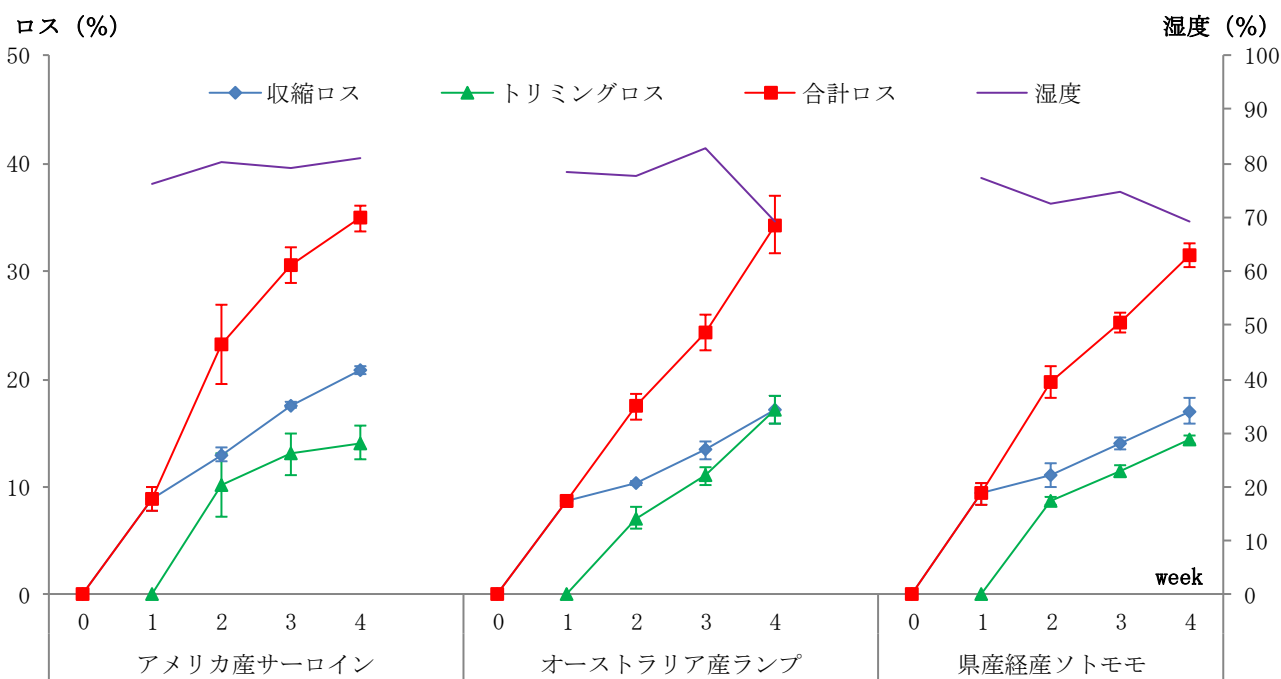


図18 各肉の収縮ロス、トリミングロス、合計ロス割合の変化 (mean±SE, n=3)

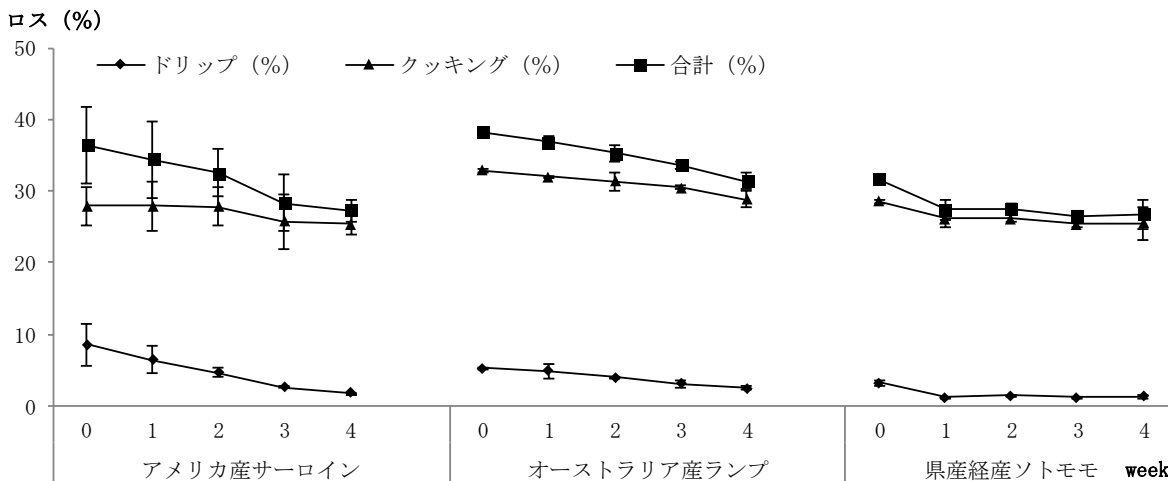


図19 ドライエイジングビーフのドリップロスとクッキングロスの変化 (mean±SE, n=3)

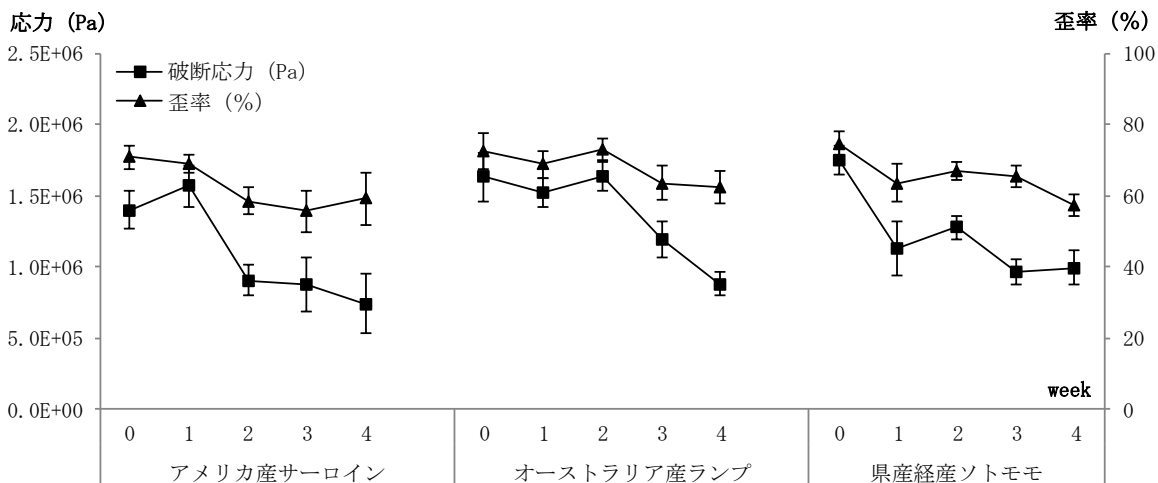


図20 ドライエイジングビーフの破断応力と歪率の変化 (mean±SE, n=3)

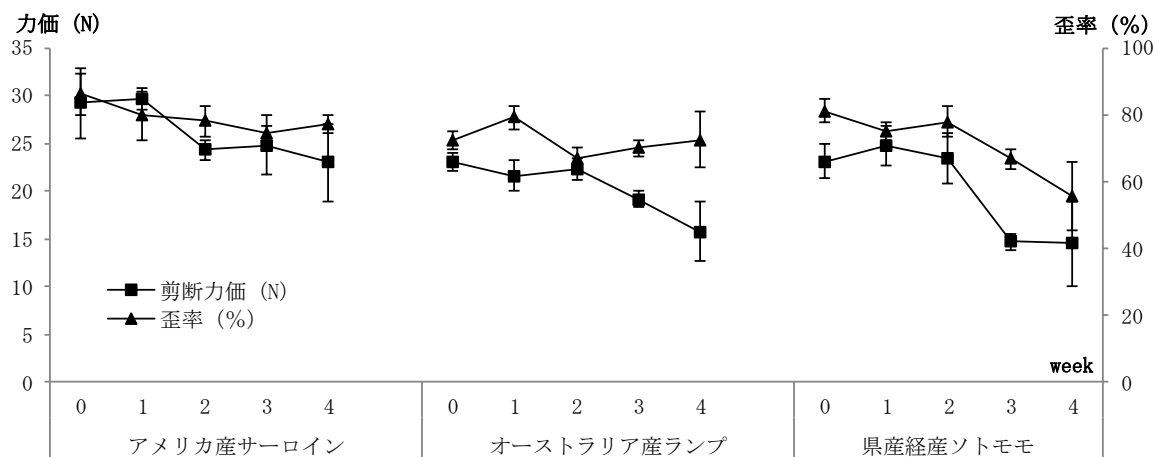


図21 ドライエイジングビーフの剪断力価と歪率の変化 (mean±SE, n=3)