

経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立

(1) ドライエイジングによる旨み成分等の経時的変化

安里直和 本田祥嵩 花ヶ崎敬資* 荷川取秀樹

I 要 約

黒毛和種経産牛を用いてドライエイジングが旨み成分や歩留まりに与える影響について検討したところ以下のとおりであった。

1. 熟成 28 日目において、ロースの総合熟成ロスが 52.2%，バラで 39.2%，モモで 38.3%となった。
2. 熟成 28 日目および 35 日目において、モモの破断応力がロース並みに低下した。
3. 各部位において熟成によって遊離アミノ酸が増加した。特に熟成 7 日目では旨味系アミノ酸であるグルタミン，28 日目ではアスパラギン酸が増加し，熟成 7 日目から 35 日目まで甘味系アミノ酸であるアラニンが高い値で推移した。

以上の結果より，経産牛を 1 カ月程度熟成させることによって，柔らかく，旨み成分に富んだ食肉を生産することができた。特にモモにおいて，熟成による物理特性への効果が十分期待できることが明らかとなった。

II 緒 言

牛肉の評価は主に，筋肉中の脂肪交雑（霜降り）の入り具合によって判断され，各県においては脂肪交雑の改良に焦点を当てた研究がなされてきた。しかしながら近年，健康ブームや食に対する多様性などを背景に，脂身の少ない赤身肉に対する需要が高まりつつある。黒毛和種の経産牛¹⁾，ホルスタイン種²⁾，褐毛和種³⁾などを活用した赤身主体で，かつ，付加価値の高い食肉生産技術の取り組みがなされている。いっぽう，経産牛については，脂肪が少なく肉本来の旨味があるなどの利点があるが，一般的な肥育牛と比較し，脂肪含量が低く，硬く，ジューシーさに欠けるなどの欠点がある。

と畜後の牛肉については 2 日程度で死後硬直が起これり，その後，軟化を経て熟成が始まる。通常，牛肉については，と畜後一週間程度の熟成期間が設けられその後，流通・販売される。ドライエイジングは，と畜後の肉を真空パックせずに，一定の温度および湿度のもと，長期間熟成する手法である。熟成の過程において，筋繊維のタンパク質や結合組織等が分解され，柔らかさやアミノ酸等の食味が向上し⁴⁾，また，熟成に伴い独特の香り等が付加されることが報告されている⁵⁾。しかし，熟成の過程において水分の蒸発に伴う肉表面の変性等が発生するため，可食部の歩留まりが低下するなどのマイナスの面も存在する。

本県においては，肉用牛繁殖雌牛が年間約 5000 頭程度更新され，その多くが県外出荷や自家消費に利用されるなど必ずしも有効利用されていない状況にある⁶⁾。このような状況を背景に，経産牛に付加価値を付け新たな畜産生産物として商品価値を高めることは意義があると思われる。県産経産牛の付加価値化に向けてドライエイジングは有効な手法と考えられるが，ドライエイジングによる旨み成分や柔らかさ等の食味に及ぼす効果，また，歩留まり等の生産性に係わる報告は少ない。そこで，本研究はドライエイジングが食味に与える効果及び歩留まり等の生産性に及ぼす影響について検討したので報告する。

Ⅲ 材料および方法

1. 供試試料

試験に用いた経産牛は、畜産研究センター飼養の黒毛和種成雌牛3頭を用いた。繁殖雌牛への供与を終了した、9歳、8歳3カ月齢および8歳7カ月齢の雌牛を用いた。飼養期間は、平成27年10月20日から平成28年9月5日までで、飼養期間中の給与量については、繁殖雌牛用の配合飼料を朝夕1.5kg、一日合計3.0kgとした。また、乾草については、所内産のトランスバーラを飽食給与とした。各試験牛の枝肉格付けについては全てB2であった。

2. 熟成および調査方法概要

と畜5日後の枝肉からサーロイン、バラ、モモの各部位について約1kg程度、計7個切り出し、熟成に供した。熟成は県内所在の食肉製造企業の熟成庫で実施した。熟成期間は35日間とし、1週間おきに各部位のサンプリングを実施した。熟成庫の環境は、温度 $0.10 \pm 0.02^\circ\text{C}$ 、湿度 $87.7 \pm 0.06\%$ で試験期間中一定に保った。また、熟成終了後の試料については、分析に供するまで -30°C で凍結保存し、遊離アミノ酸および理化学的特性については、熟成終了後、おおむね1週間以内に分析を行った。

3. 調査項目

1) 熟成ロス、トリミングロス、ドリップロス、クッキングロス、総合熟成ロスの測定

熟成終了後のサンプルは直ちに重量を量り、熟成ロスを算出した。また、表面の変性部位を除去し、トリミング前後の重量差よりトリミングロスを算出した。ドリップロスについては、熟成終了後、凍結保存した各サンプルから2~3個程度、立方体に切り出し、常温で解凍した際、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°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。熟成に伴う水分の蒸発およびトリミングによるロスを合算し、熟成前後の重量差より総合熟成ロスを算出した。

2) 理化学的特性（剪断力価、破断応力、歪率）の測定

物性の測定は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。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分析した。破断応力(N/m^2)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×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分析を実施した。各分析とも5回測定し、その平均を分析値として用いた。各分析における測定速度は1mm/secとし、剪断力価、破断応力、もろさおよび歪率の解析は、機器内蔵の自動解析ソフトウェアを用いて実施した。

3) 栄養成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪）、旨み成分（遊離アミノ酸、脂肪酸組成）および機能性成分の測定

凍結保存したサンプルについては、常温にて解凍後、ホモジナイズし、水分、粗タンパク質、粗脂肪、脂肪酸組成の分析に供した。分析方法については、家畜改良センターの方法に準じた⁷⁾。遊離アミノ酸および機能性成分については、ホモジナイズ後の試料をアセトニトリルおよび過塩素酸で除タンパク後、ヘキサンで脱脂し、 $0.2\mu\text{m}$ のフィルターを通した検液を用いた。分析はLC/QTOF(Agilent, 1260 Infinity, 6530 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS)、カラムはIntrada Amino Acid($100 \times 3\text{mm}$, Imtakt)を用いて、サンプル注入量 $5\mu\text{l}$ 、流速 $0.6\text{mL}/\text{min}$ で実施した。移動相A液はACN/25mMTHF/25mMギ酸アンモニウム/ギ酸(9/75/16/0.3, v/v/v/v)、移動相B液はACN/100mMギ酸アンモニウム(20/80, v/v)とし、グラジエント条件は、0%B(0-2.75min)、0-17%B(2.75-7.75min)、100%B(7.75-14.00min)、0%B(14.00-16.00min)とした。

遊離アミノ酸については一般的に旨み成分の指標となるグルタミン酸等19種類、機能性成分については、カルノシン、アンセリン、タウリンおよびオルニチンの4種類を分析した。また、カルノシン、アンセリンの合計値をイミダゾールジペプチドとした。脂肪酸組成については、Folch⁸⁾の方法により油分を抽出し、脂肪酸メチル化キット(ナカライテスク)により鹸化およびメチルエステル化した後、GC(Agilent, 7890B)で分析した。分析に用いたカラムはDB23(内径 0.25mm 、膜厚 $0.25\mu\text{m}$ 、長さ60m)で、サンプル注入量 $1\mu\text{l}$ 、スプリット比20対1で分析を行った。また、分析項目は、オレイン酸(C18:1)等8種類で、全脂肪酸に占めるそれぞれの脂肪酸の割合を百分率で算出した。

IV 結 果

1. 熟成状況および熟成ロス

熟成に伴う肉表面の変性状況（熟成0日、7日、14日、21日、28日、35日）を写真1に示す。各部位とも熟成7日目から肉表面が黒色を呈し始めた。特にモモで顕著な変化が認められた。14日目以降は、水分の蒸発に伴う表面の硬化が認められるようになった。部位別に比較するとロースの変性が他の部位に比べ顕著で、熟成が進むに伴い表面が窪み、収縮する現象が認められた。14日目以降の試料については、硬化した部分の除去が必要と判断し、変性部位のトリミングを実施した（写真2）。トリミング後の肉色については赤褐色を呈していたが、肉内部の硬化は認められず、可食できる状態であった。また、熟成に伴うカビ等の付着は認められなかった



写真1 熟成期間中の写真（上段：ロース、中段：バラ、下段：モモ）



写真2 各部位のトリミング状況（左：ロース、中：バラ、右：モモ 熟成28日目）

水分の蒸発による熟成ロスの割合を図1に示す。3部位とも熟成7日目から重量の減少が認められ、熟成7日目で10%から15%程度、熟成35日目では25%から30%程度の値となった。部位間についても違いが認められ、ロースの熟成ロスが最も大きかった。トリミングロスの結果を図2に示す。熟成7日目まではどの部位についてもトリミングロスは無かったが、14日目は10%前後に増加し、モモ以外の部位については35日まで右肩上がりで増加した。モモについては、熟成21日目でピークに達し、その後一定に推移した。熟成ロスと同様にロースについてロス割合が高く、35日目では40%近い値となった。

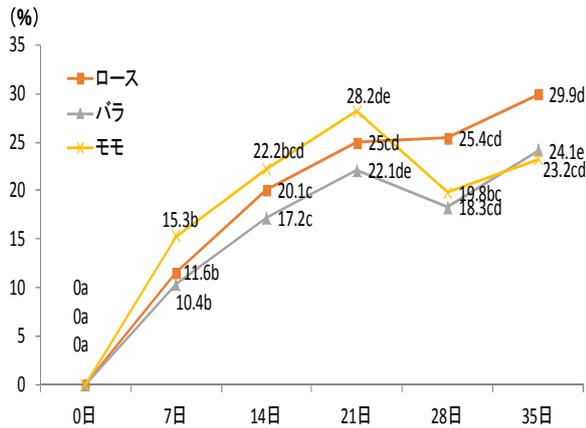


図1 水分の蒸発による熟成ロースの推移

注1) 分散分析: 部位 (p<0.01), 日数 (p<0.01)

注2) 同一日における異符号間に有意差有り (p<0.05 Tukey)

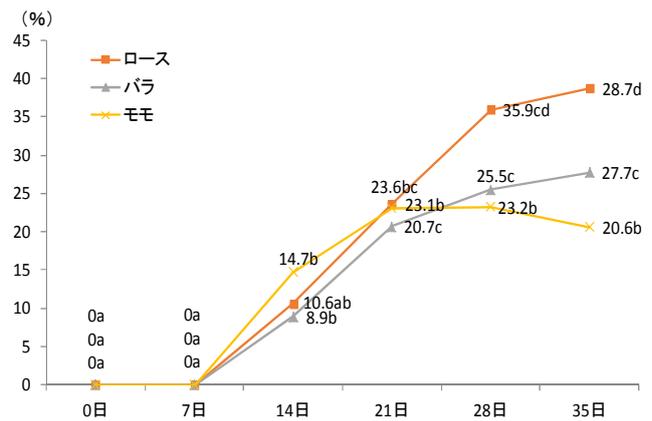


図2 トリミングロスの推移

注1) 分散分析: 部位 (p<0.01), 日数 (p<0.01)

注2) 同一日における異符号間に有意差有り (p<0.05 Tukey)

総合熟成ロースの経時的变化を図3に示す。部位別に有意差が認められ、ロースの値が最も大きかった (p<0.05)。また、各部位ともトリミングロスが発生する14日目以降の損失割合が大きく、特にロースについては、熟成28日目から損失割合が50%を超える結果であった。バラおよびモモについては、熟成35日目それぞれ45%、38%となった。

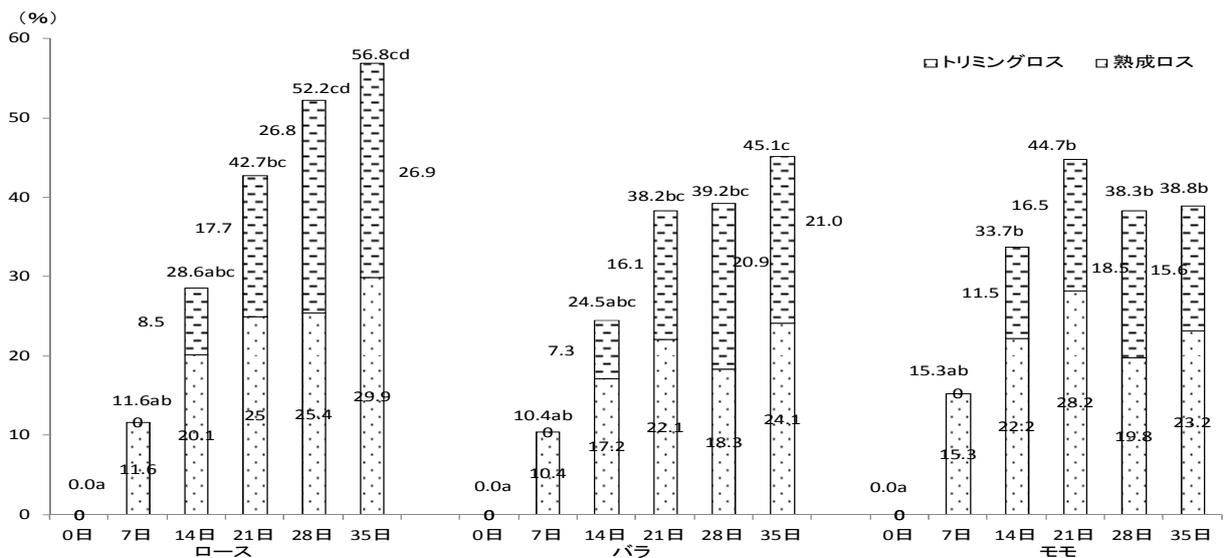


図3 総合熟成ロースの経時的变化

注1) 分散分析: 部位 (p<0.05), 日数 (p<0.01)

注2) 同一日における異符号間に有意差有り (p<0.05 Tukey)

2. ドリップロス、クッキングロスおよび理化学的特性

ドリップロスおよびクッキングロスの結果を表1に示す。ドリップロスについては部位別の有意差は認められなかったが、クッキングロスについては有意差が認められた。また、クッキングロスについては、熟成による効果が顕著に認められ、各部位において値の低下が認められた。特に、ロースについては、熟成14日目から顕著な低下が認められた。

表1 各部位における熟成中のドリップロスおよびクッキングロスの変化

部位	項目	熟成前	熟成7日	熟成14日	熟成21日	熟成28日	熟成35日	分散分析			
								ドリップロス		クッキングロス	
								部位	熟成日数	部位	熟成日数
ロース	ドリップロス	0.8 ± 0.4 ab	1.7 ± 0.5 a	0.8 ± 0.2 ab	1.6 ± 0.4 ab	0.9 ± 0.5 ab	0.6 ± 0.1 b	ns	**	**	**
	クッキングロス	27.9 ± 1.9 a	22.1 ± 2.4 b	6.7 ± 1.8 c	8.8 ± 2.0 cd	5.6 ± 1.6 cd	3.7 ± 0.2 d				
バラ	ドリップロス	0.0 ± 0.0 a	0.7 ± 0.3 ab	1.1 ± 0.1 b	2.3 ± 0.6 c	0.8 ± 0.4 ab	0.3 ± 0.2 ab				
	クッキングロス	32.0 ± 1.5 a	22.9 ± 4.9 ab	12.9 ± 1.2 b	14.7 ± 6.0 b	16.8 ± 2.2 b	11.2 ± 8.0 b				
モモ	ドリップロス	1.2 ± 0.2 ab	1.6 ± 0.1 a	0.9 ± 0.2 ab	2.2 ± 0.8 a	0.8 ± 0.9 ab	0.0 ± 0.0 b				
	クッキングロス	33.5 ± 0.4 a	20.5 ± 6.4 ab	11.4 ± 2.6 b	13.3 ± 2.1 b	23.0 ± 7.7 ab	16.5 ± 5.7 b				

注) **: (p<0.01)

剪断力価、破断応力および歪率の結果を図4および5に示す。剪断力価については、ロース及びモモにおいて熟成開始後から低下する傾向にあったが有意差は認められなかった。破断応力については、モモにおいて熟成直後から顕著な低下が認められ、熟成28日目にはロースと同程度の値となった。バラについては熟成に伴う変化は認められず、ロースについては有意差は認められなかったが、熟成に伴い低下する傾向にあった。歪率は試料に荷重をかけ、破断に至るまでの変形程度を示すもので、値が小さいほど柔らかいことを示す指標となるが、ロースおよびモモで低下することが認められ、特に、モモにおいて顕著に認められた。

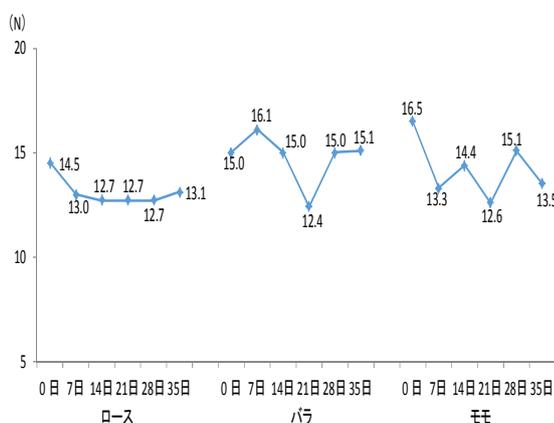


図4 剪断力価の経時的変化

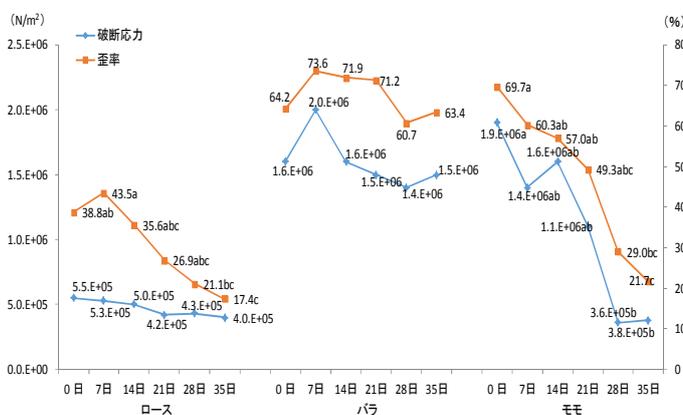


図5 破断応力および歪率の経時的変化

注1) 分散分析：破断応力（部位 p<0.01），歪率（部位 p<0.01，日数 p<0.01）
 注2) 同一項目における異符号間に有意差有り（p<0.05 Tukey）

3. 栄養成分、旨み成分および機能性成分

水分、粗タンパク質、粗脂肪の結果を図6に示す。水分については、各部位とも熟成に伴い減少し、ロースおよびバラについては熟成35日目まで減少した。特にロースについては、熟成35日目まで直線的に減少し、また、その割合についても急であった。いっぽう、モモについては、熟成7日目以降、ほぼ一定の値で推移した。粗タンパク質含量および粗脂肪含量については、熟成に伴い各部位とも増加した。特に、粗脂肪含量については熟成による影響が顕著に認められ、ロースおよびバラにおいて熟成7日目から増加する結果であった。

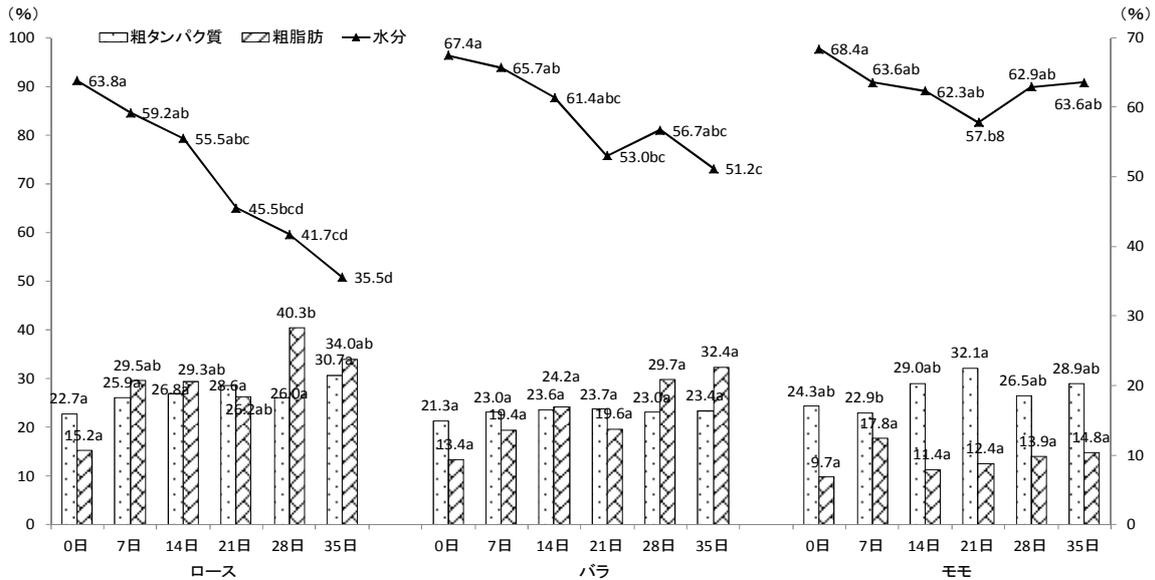


図6 水分，粗タンパク質および粗脂肪含量の経時的変化

注1) 分散分析：水分（部位 p<0.01，日数 p<0.01），粗タンパク質（部位 p<0.01，日数 p<0.05），粗脂肪（部位 p<0.01，日数 p<0.01）

注2) 同一項目における異符号間に有意差有り（p<0.05 Tukey）

脂肪酸組成，飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸の結果を図7に示す。ローズおよびバラにおいては，各脂肪酸組成，飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸の割合に変化は認められなかった。モモにおいては，熟成に伴いC16:0およびC18:0が増加し，いっぽう，C16:1の減少が認められた。また，飽和脂肪酸の増加，不飽和脂肪酸の減少も同時に認められた。

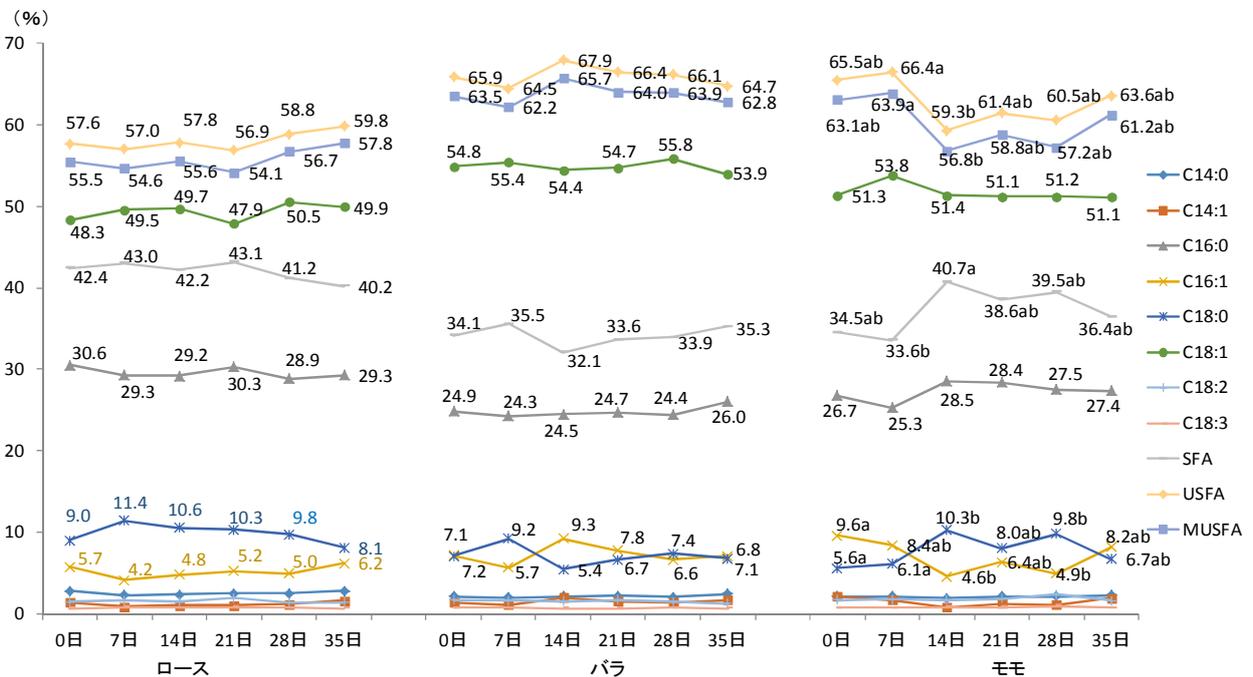


図7 各脂肪酸組成，飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸の経時的変化

注1) 分散分析：全脂肪酸，飽和脂肪酸，不飽和脂肪酸，一価不飽和脂肪酸（部位 p<0.01）

注2) 同一項目における異符号間に有意差有り（p<0.05 Tukey）

各遊離アミノ酸および総アミノ酸の結果を図8に示す。総アミノ酸については，各部位とも熟成7日に急増する結果となった。その後，ローズについては増加，バラについては増減，モモについては一

定で推移した。各部位において、熟成7日目に旨味系アミノ酸であるグルタミンの急増が認められ、ロースおよびモモにおいては、その後、減少に転じ一定の値で推移した。甘味系アミノ酸であるアラニンについては、各部位において熟成7日目から増加し、その後、高い値で推移した。また、熟成21日目以降からは、旨味系アミノ酸であるアスパラギン酸の増加が、各部位において顕著に認められた。苦味系アミノ酸でフェニルアラニン、チロシン、ロイシン、イソロイシン等が熟成7日目から増加し、その後、高い値で推移した。

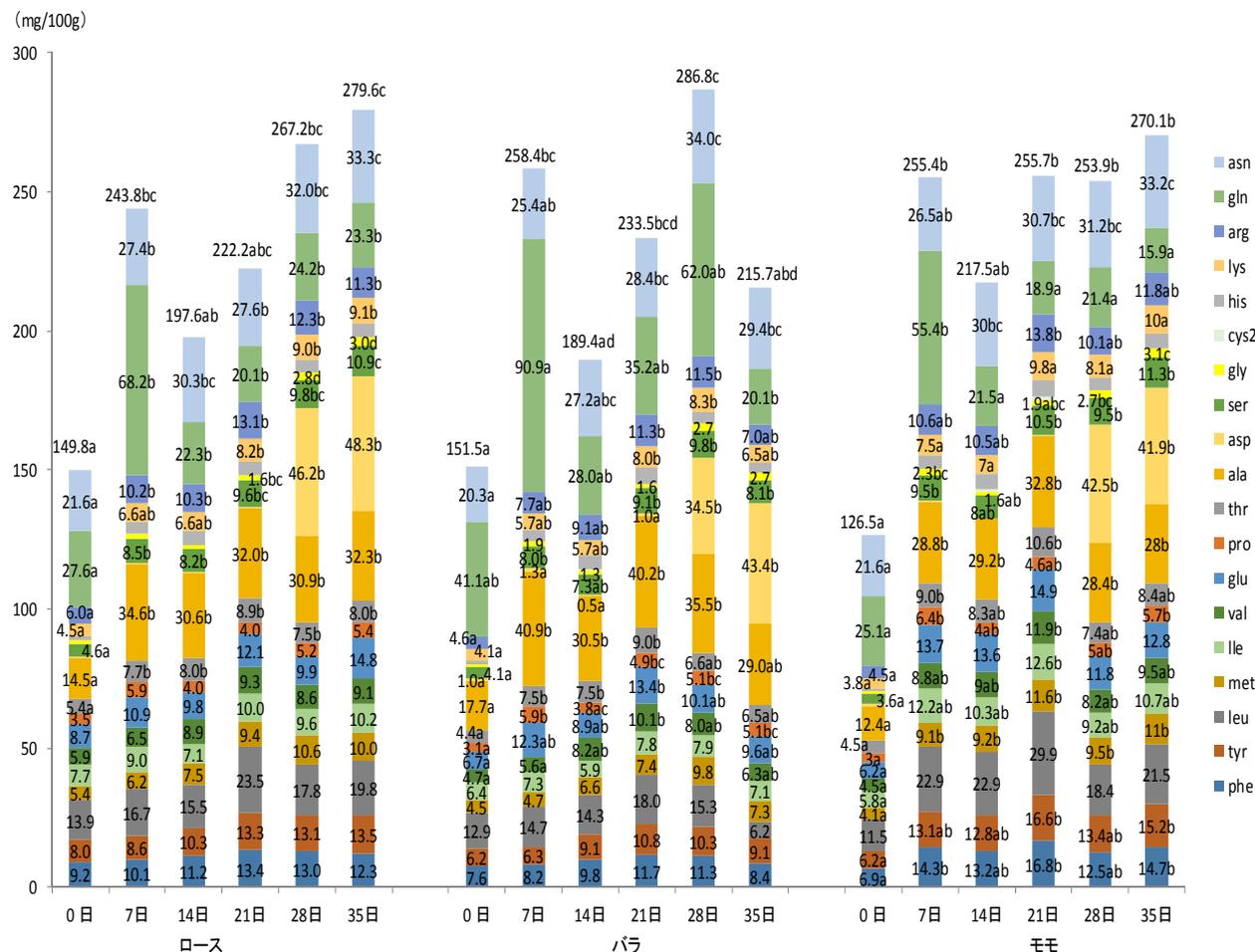


図8 各遊離アミノ酸および総アミノ酸の経時的変化

注1) 分散分析：総アミノ酸（日数 $p < 0.01$ ）

注2) 同一項目における異符号間に有意差有り（ $p < 0.05$ Tukey）

注3) phe：フェニルアラニン thy：チロシン leu：ロイシン met：メチオニン lle：イソロイシン val：バリン

glu：グルタミン酸 pro：プロリン thr：スレオニン ala：アラニン asp：アスパラギン酸 ser：セリン

gly：グリシン cys2：システイン his：ヒスチジン arg：アルギニン gln：グルタミン asn：アスパラギン

旨味系アミノ酸，甘味系アミノ酸，苦味系アミノ酸の合計値を図9に示す。甘味系アミノ酸については、各部位とも熟成7日目に倍増し、その後、高い値で推移した。部位間で濃度および推移について違いは無く、ほぼ同様な動態を示した。旨味系アミノ酸については、熟成7日目に急増し、その後、28日目から増加する結果となった。苦味系アミノ酸については、熟成7日目から徐々に増加し、高い値で推移する結果となった。特に、モモにおいて顕著な増加が認められ、他の部位に比べ高い値となった。

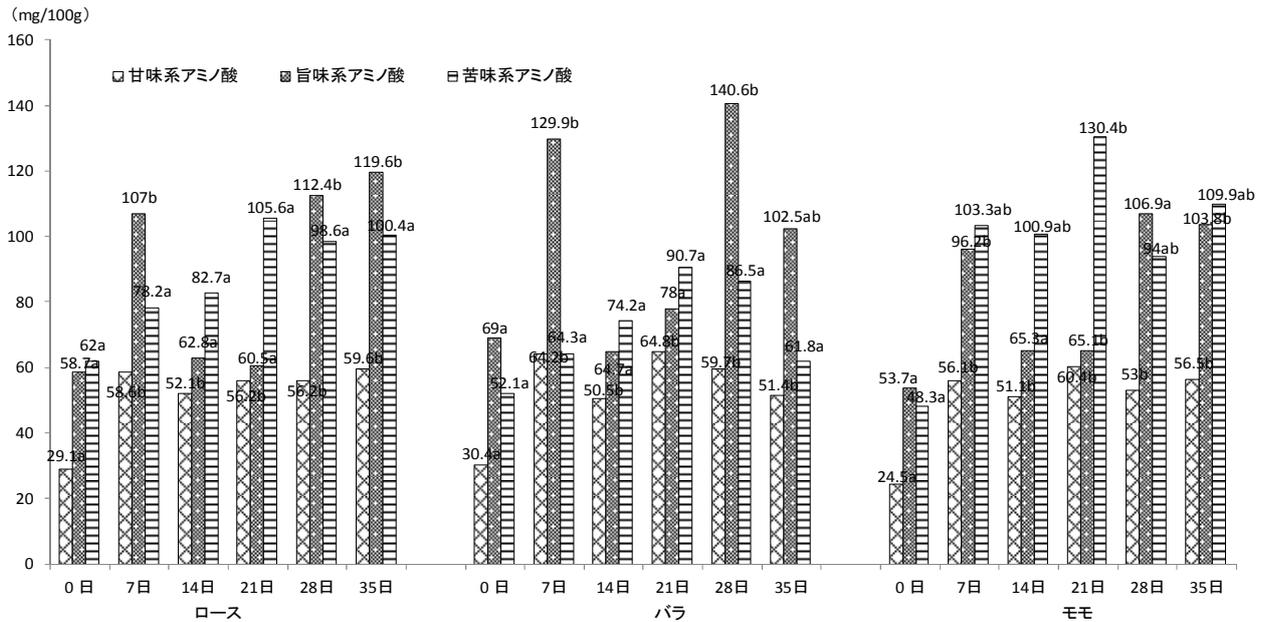


図9 甘味系アミノ酸, 旨味系アミノ酸および苦味系アミノ酸の経時的変化

注1) 分散分析: 甘味系アミノ酸 (日数 $p < 0.01$), 旨味系アミノ酸 (部位 $p < 0.01$, 日数 $p < 0.01$), 苦味系アミノ酸 (部位 $p < 0.01$, 日数 $p < 0.01$)

注2) 同一項目における異符号間に有意差有り ($p < 0.05$ Tukey)

機能性成分の経時的推移を図10に示す。オルニチンについては、部位および日数で有意差は認められず、熟成期間中一定で推移した。タウリンについては、部位および日数でも有意差が認められ、各部位とも熟成によって増加した。特にモモにおいて高い値を示した。ローズにおいては、直線的に増加したが、バラにおいては、21日目を以降減少に転じた。イミダゾールジペプチドのうち、アンセリンについては、モモで増加する結果となったが、ローズおよびバラにおいては、変化が認められなかった。カルノシンについては、各部位とも熟成14日目から増加する結果となった。ローズについては、熟成期間中高い値で推移したが、バラおよびモモにおいては、その後減少に転じた。

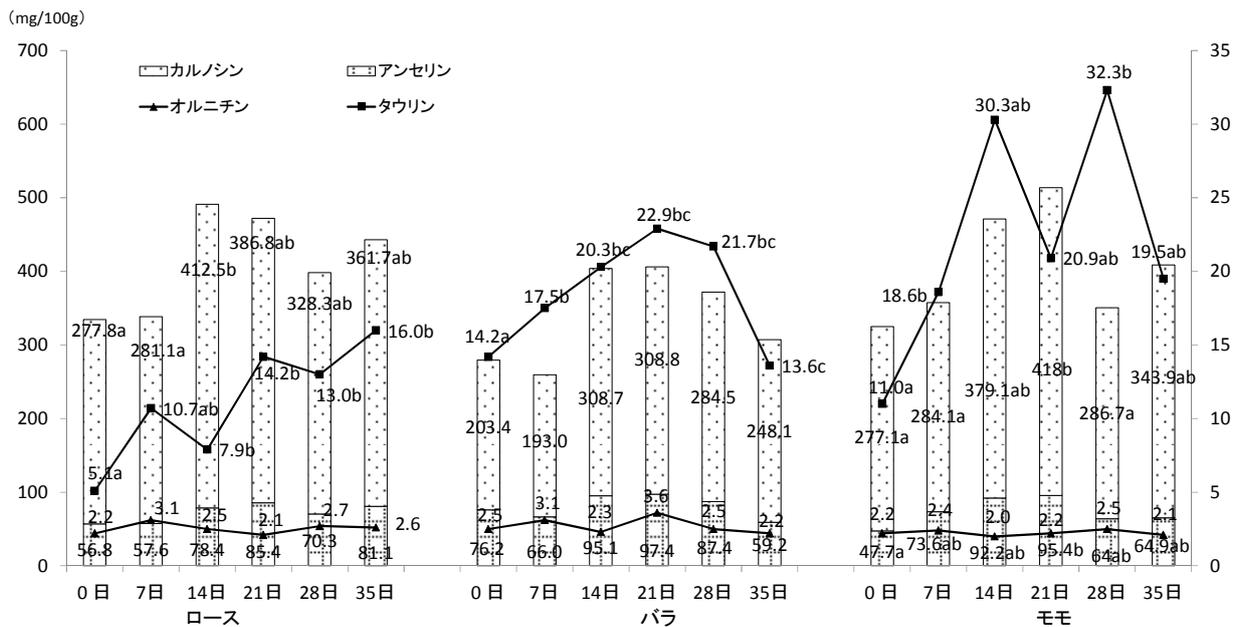


図10 機能性成分の経時的変化

注1) 分散分析: イミダゾールジペプチド (部位 $p < 0.01$, 日数 $p < 0.01$), タウリン (部位 $p < 0.01$, 日数 $p < 0.01$)

注2) 同一項目における異符号間に有意差有り ($p < 0.05$ Tukey)

V 考 察

ドライエイジングビーフについては、米国を中心として盛んに食されてきた素材であるが、近年、国内においても赤味肉や熟成肉への関心が高まり、ドライエイジングビーフを取り扱う店舗が増えてきている。ドライエイジングビーフについては熟成の過程で、水分の蒸発や酵素反応により、様々な化学的な反応が起こる。熟成の過程で発生する水分の蒸発に伴うロスおよびトリミングに伴うロスは、製造コストに直結するため、これらの値を部位別、かつ、経時的に熟成前と相対的に比較することは極めて重要である。本試験の結果、総合熟成ロスは各部位において14日目以降、急激に増加することが認められた。特にロースについては、水分によるロスおよびトリミングによるロスの両方とも高く、熟成28日目において損失割合は50%を超える値となった。ロースにおける水分のロスは、熟成35日目まで直線的に増加し、他の部位とは異なる動態を示した。熟成に伴うロスについては、ホルスタインのモモにおいて熟成28日目で50%程度、また、その損失割合は熟成42日目まで直線的に増加する報告があり⁹⁾、本試験におけるロースは同程度、モモおよびバラについては低い値となった。部位別による損失割合の違いについては、水分の蒸発のしやすさに起因すると考えられるが、その要因について明らかにすることはできなかった。

熟成の効果の一つに理化学的特性の変化があるが、モモにおいて破断応力の顕著な低下が認められた。破断応力は歯応えの指標、すなわち、柔らかさに関連する項目であるが、値が低いほど柔らかく、力を加えずに噛み砕くことができることを示す。モモにおいては、熟成28日目にはロース並みの値となり、熟成の効果が顕著に認められた。また、歪率についても破断応力と同様に熟成28日目にロース並みの30%程度となった。熟成に伴い筋繊維のタンパク質などの結合組織が分解され、柔らかさが向上することが知られており⁴⁾、本試験においても同様な機序による効果があったと考えられる。いっぽう、バラについては、熟成による効果はそれほど認められず、歪率が熟成7日目から21日目まで高くなる結果となった。また、熟成28日目以降、破断応力および歪率とも低下する傾向にあったが、その後、増加に転じるなど一定の傾向を示さなかった。バラについては、熟成に伴い赤身および脂身とも全体的にゴム状の弾力性を呈するようになり、熟成による効果は小さいと考えられた。

遊離アミノ酸については、各部位とも熟成による効果が認められた。各部位とも熟成7日目にグルタミン、また、28日目以降にはアスパラギン酸といった旨味系アミノ酸の増加が認められた。グルタミンについては、熟成7日目から14日目にかけて増加し、その後、減少するとの報告¹⁰⁾や、アスパラギン酸については、熟成28日目から急増するとの報告があり⁹⁾、本試験においても同様な結果となった。旨味系アミノ酸の動態については、熟成初期はグルタミン、熟成後期においてはアスパラギン酸による効果が大きく、いっぽう、グルタミン酸やアスパラギン酸については、熟成中に大きな変化が認められないことから、熟成肉の旨みに対する効果はグルタミンとアスパラギン酸の方が大きいと考えられる。甘味系アミノ酸については、各部位において熟成7日目からアラニンの増加が顕著に認められ、熟成21日目までは総遊離アミノ酸中で最も濃度の高い成分となった。28日目以降については、旨味系アミノ酸であるアスパラギン酸の増加に伴い、総アミノ酸中の相対的な割合は低下するが、甘味系アミノ酸の中では最も高く、また、熟成中高い値で推移していることより、熟成肉の甘みに対する効果はアラニンの増加による影響が大きいと推察された。苦味系アミノ酸については、フェニルアラニン、チロシン、ロイシン、イソロイシン等の成分が一樣に増加していることから、数成分の変動による複合的な効果と考えられた。

機能性成分については、タウリンおよびカルノシンの有意な増加が認められ、また、部位間にも差が認められた。タウリンについては大腿二頭筋の方が胸最長筋より多いとの報告があり¹¹⁾、本試験においても同様にモモの濃度が最も高い値となった。カルノシンやアンセリンなどのイミダゾールジペプチドについては、アラニンとヒスチジンが結合したジペプチド(β -アラニル-ヒスチジン、 β -アラニル-1-メチルヒスチジン)で、抗酸化作用や疲労軽減効果などの機能性があり筋肉中に多く存在する¹²⁾。本試験においては、バラよりロースおよびモモで若干高い値であった。熟成中の動態については、熟成14日目および21日目に高い値を示したが、熟成中各部位で増減があり一定に推移はしなかった。これらの成分について、熟成中に変化しないとの報告もあり¹⁰⁾、今後、追試を重ねて詳細を検討する予定ある。

以上の結果よりドライエイジングを活用した経産牛の高付加価値化については、物理特性の変化、各

種アミノ酸の変化、機能性成分の変化等、一定の成果が得られた。また、各部位において熟成の効果に違いが認められるなど、新しい知見も得られた。いっぽう、今回は11カ月程度繁殖雌牛用飼料で増し飼いした経産牛を供試したが、供試牛の飼養方法の違いによるドライエイジングビーフへの影響も検討する余地があると考えられ、今後、放牧や増し飼い無しでの試験を実施し、これら飼育条件の違いによるドライエイジングビーフへの影響について試験を実施する予定である。

VI 引用文献

- 1) 松本和典 (2013) 耕作放棄地で生産した「放牧仕上げ熟ビーフ」の特徴, 畜産技術, **697**, 7-11
- 2) 山本紫乃・伊藤信一・坪坂修二・脇坂巧・岡田繁・山口悠・前田さくら・口田圭吾 (2014) 十勝若牛[®]を用いた枝肉の客観的評価値と消費者食味特性との関連性, 日畜会報, **85** (3), 315-320
- 3) 中村好徳 (2015) 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), 261-266
- 4) 沖谷明紘 (1993) 牛肉の熟成条件とフレーバーの生成, 日食工学会誌, **40** (7), 535-541
- 5) 小林正人・佐々木整輝 (2015) 牛肉の匂いに及ぼす熟成と加熱調理の影響, 平成26年度食肉に関する助成研究調査成果報告書, 伊藤記念財団, **33**, 39-45
- 6) 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
- 7) 独立行政法人家畜改良センター (2010) 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル, 1-96
- 8) Folch, J., M. Lees and G.H. Sloane Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509
- 9) 土屋貴有幸・鶴飼典佳・齋藤美英 (2013) ドライエイジングビーフによる牛肉熟成過程における熟成品質と生産ロスの経時的解析, 静岡畜技研報, **6**, 12-14
- 10) 岡山高秀・鎌刈久絵・中川成男・山之上稔・西川勲・光石直起・小西喜八郎 (1991) 黒毛和種腿肉の熟成中における物理・化学的变化, 日畜会報, **62** (2), 178-185
- 11) 渡辺彰・滝本勇治・西村宏一・常石英作 (1989) 肥育牛の各種筋肉間における熟成後の遊離アミノ酸およびタウリン含量の差異, 日畜会報, **60** (3), 303-305
- 12) 常石英作 (2006) アンセリン, カルノシン, 日食工学会誌, **53**, 362-363