鹿肉の貯蔵中の理化学的变化

渡辺 彰・瀬川 恵*・佐藤 博**・松本光人

農林水産省東北農業試験場, 盛岡市 020-01

* 岩手県畜産試験場, 岩手県滝沢村 020-01

** 現所属: 農林水産省畜産試験場, 茨城県筑波農林研究団地 305

(1993. 1. 27 受付)

Key words: venison, deer muscle, aging, storage

野生シカの農林産物に与える被害は深刻であり, 中山間地域では大きな問題となっている。そこで野生鹿を牧柵等で囲い込み, 被害を抑えるとともに肉や角等を生産する養鹿事業が各地で進められている。これらの試みは, 鹿のもつ観光的資源とあいまって, 中山間地域の活性化に役立つものと期待されている。しかしながら, 鹿肉に関する研究報告は少なく, 枝肉の構成や脂肪の性状に関する報告²⁾はあるものの, 肉として重要な貯蔵中の変化に関する報告はない。そこで本研究では, 鹿肉の特性を明らかにするために, すでに多くの報告がなされている牛肉を対照として, 鹿肉の貯蔵中における変化を調べた。

材料および方法

1. 供試試料

岩手県三陸町で冬季(2月)に捕獲された雄のニホンシカ3頭を供試した。供試鹿の年齢は, 成書⁶⁾に従って, 前歯に出来る年輪の数を調べ, 44, 32および20カ月齢と推定された。また, 対照として当試験場で生産された24カ月齢の日本短角種去勢肥育牛3頭を供試した。これらの動物はすべて屠殺解体後3℃で24時間貯蔵され, 筋肉サンプルとして枝肉より胸最長筋および大腿二頭筋を採取した。採取した一部は屠殺後1日目の試料とし, 残りは約100gずつに分けて, 各々ポリエチレン袋に

入れて, 3℃で3, 5, 7, 9および13日間貯蔵し, 貯蔵中の変化を調べた。

2. 分析方法

① 硬 さ

筋肉約100gをポリエチレン袋に入れ, 小堤ら⁸⁾の報告に準じて, 70℃で1時間加熱後, 0.5インチのコルクボーラで出来るかぎり筋肉の線維の方向に沿ってくり抜き, Warner-Bratzlerの剪断力値測定装置によって測定した。

② 筋原線維小片化率

約2gの筋肉を, OLSONら⁷⁾の方法に準じ, ワーリングブレンダーを用いて, 氷冷下で1分間のホモゲナイズ(15,000 rpm)をし, 位相差顕微鏡で筋原線維を写真撮影した。TAKAHASHIら¹⁰⁾の方法に準じ, 写真中の全筋原線維数に対する1~4個のサルコメアからなる筋原線維数の割合を求めた。

③ 3万ダルトン成分タンパク質

LAEMMLI⁴⁾法によるSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動法により分析した。

ポリアクリルアミド濃度4.5%(濃縮ゲル), 12.5%(分離ゲル)としたゲル(縦100mm×横140mm×厚さ1mm)を用いてタンパク質30μgに相当する試料を泳動した。なお, 泳動は最初の1時間は10mA, その後40mAで行なった。

Physical and Chemical Changes in Venison during Post-mortem Storage: Akira WATANABE, Megumi SEGAWA*, Hiroshi SATO** and Mitsuto MATSUMOTO (Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka-shi 020-01, *Iwate-ken Animal Industrial Experiment Station Takizawa-mura, Iwate-ken 020-01, **National Institute of Animal Industry, Tsukuba Norin kenkyu danchi, Ibaraki-ken 305)

泳動後, Coomassie Brilliant Blue-R 250 で染色し, 続いて酢酸:メタノール:水 (1:3:6) で脱色した。次に, デンシトメータを用いて貯蔵中にほとんど変化しないと報告⁷⁾ されているアクチンバンドに対する3万ダルトン成分 (30 kD) のバンド染色濃度比 (30 kD/Actin, %) を計算した。

結果および考察

① 硬 さ

図1 (a) に胸最長筋 (*M. longissimus dorsi*) および大腿二頭筋 (*M. biceps femoris*) の貯蔵中における硬さ (kg/cm^2) の変化を牛肉を対照として示した。鹿の胸最長筋は屠殺後1日目で $3.5 \pm 0.4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ であ

Fig. 1. Changes in (a); shear force value (SFV), (b); myofibrillar fragmentation index (MFI) and (c); the proportion of 30 kD protein concentration for actin of venison (●) and beef (○) during storage at 3°C. Data are shown as a mean of three animals. Each value from an animal at (a) and (b) was obtained by averaging the measured value of 10 and 4 specimens, respectively.

り、その後貯蔵に伴い漸次減少し、7日目で $2.6 \pm 0.2 \text{ kg/cm}^2$ となった。それ以後は顕著な減少は認められなかった。牛肉では、7日目の値が高くなり、貯蔵に伴う減少曲線を正しく示すことができなかったが、9日目以降は顕著な減少は認められなかった。鹿の大腿二頭筋では、屠殺後1日目のデータが欠値となったが、貯蔵中の硬さは経時的に減少し、7日目以後大きな変化は認められなかった。牛では3日目が最も高い値となり、以後は経時的に減少し、9日目以後13日目まで大きな変化はなかった。

筋肉は死後硬直のあと貯蔵によって徐々に柔らかくなっていく。貯蔵期間を長くする程、柔らかさは増すが、風味は必ずしも向上しない場合がある。牛肉では、屠殺後1℃の貯蔵で、11日目が最も好ましいとする報告⁹⁾や、最大硬直時の硬さの80%が消失するのに要する日数を熟成日数とした場合、1℃で貯蔵すると、牛肉で10日を熟成日数とする報告¹⁾がある。成牛を用いた根岸ら⁵⁾の報告では、1℃に貯蔵した場合、死後硬直後、牛肉は漸次柔らかくなるが、屠殺14日目以降31日目までは顕著な変化が認められていない。3℃で貯蔵した本研究において、両筋肉とも、牛肉においては9日目以後、鹿肉では7日目以後、顕著な軟化は認められなかった。このように、死後硬直のあと、筋肉の軟化は貯蔵初期において急速に進むが、ある時点でその速度は鈍化するものと思われる。本研究ではDRANSFIELDら¹⁾のように最大硬直時の80%が消失する時点を測定できないが、軟化速度の鈍化という点から肉の軟化の状態を考察することも可能と思われる。このような観点から肉の硬さの変化を見ると、屠殺後3℃で貯蔵した場合、鹿肉の軟化は牛肉より短い7日間程度でほぼ完了するものと推察される。また、胸最長筋は大腿二頭筋ほど明確な軟化傾向を示さなかった。これは、胸最長筋の筋原線維の走る方向が大腿二頭筋ほど一様でないため、剪断力価測定時に、線維の方向に対して直角に力が加わらず、測定値にばらつきがでたためと考えられる。特にこの傾向は牛肉のほうに強く認められた。さらに、本研究では鹿肉は牛肉よりも柔らかであった。また、胸最長筋と大腿二頭筋を比較すると、貯蔵最終日の13日目において、胸最長筋が大腿二頭筋よりもやや硬い傾向があった。これは、KOOHMARAIEら³⁾の報告に類似した結果であったが、筋肉間の差異については、さらに検討する必要があると考えられる。

② 筋原線維小片化率

鹿の胸最長筋および大腿二頭筋の貯蔵中における筋原線維小片化率の変化を牛肉を対照にして図1(b)に示

した。両筋肉とも鹿のほうが牛よりも小片化の進行が速かった。特に屠殺後7および9日目ごろから牛肉と鹿肉の差が表われ、胸最長筋では牛における13日目の値は鹿の7日目に相当し、大腿二頭筋では、牛の13日目が鹿の5~7日目に相当していた。顕微鏡による筋線維小片化率の測定(個数法)は、熟成の指標として有効であることが示されている^{5,10)}。小片化率の変化からも熟成速度が牛肉よりも鹿肉のほうが速いことが示され、貯蔵中における硬さの変化から推察された牛肉と貯蔵の熟成速度の差異を反映したものとなった。

③ 30 kD 成分タンパク質

図1(c)に示すように30 kD 濃度比の上昇速度は両筋肉とも牛より鹿のほうが明らかに速かった。根岸ら⁵⁾は貯蔵中に安定なアクチンに対する30 kDの濃度変化を調べ、牛肉を2℃で30日間貯蔵した場合、30 kD成分はほぼ直線的に増加することを示している。本研究における牛肉でも、13日間の貯蔵期間において30 kDは漸次増加したが、鹿肉においては筋最長筋で5日目、大腿二頭筋で7日目までは漸次増加するが、その後の顕著な増加は認められなかった。OLSONら⁷⁾は、分子量30 kDのタンパク質は、貯蔵中のトロポニンTの減少に伴って増加してくることから、トロポニンTの分解物と報告し、さらに、胸最長筋をCAF(Ca^{2+} -activated factor)と共にインキュベートした場合、最初30 kD成分が出現するが、10分以後の濃度は薄くなり、40分後に消失することから、トロポニンTから生成した30 kDは最終産物ではなく、さらに小さな分子量のタンパク質に分解することを示している。従って、7日目以降において鹿肉の30 kD成分が増えなかったのは30 kDの蓄積と共に分解が起っていることも考えられるが、この点についてはさらに研究する必要があると思われる。

本研究で示された値は、すべて、鹿肉の熟成速度が牛肉より速く、鹿肉が牛肉より柔らかいことを示すものであった。これらの結果から鹿肉を3℃で貯蔵した場合、牛肉より短い7日間程度で鹿肉の軟化はほぼ完了するものと思われる。しかし、われわれの予備的調査では、この時点には、すでに鹿肉が独特の臭いを持つようであり、この点に関して、さらに研究を進める必要がある。

なお、本研究は農林水産省大型別枠研究「新需要創出」においてなされたものである。また、鹿の年齢推定にご協力下さった農林水産省森林総合研究所東北支場鳥獣研究室の皆様へ感謝いたします。

文 献

- 1) DRANSFIELD, E., R.C.D. JONES and H.J.T. MACFIE, Tenderising in longissimus dorsi of beef, veal, rabbit, lamb and pork. *Meat Sci.*, **5**: 139-147. 1980.
- 2) 石田光晴・大野はるみ・武田武雄・池田昭七・斉藤孝夫, ニホンジカ肉の一般成分と蓄積脂肪の性状. *日畜会報*, **62**: 904-908. 1991.
- 3) KOOHMARAIE, M., S.C. SEIDEMAN, J.E. SCHOLLMMEYER, T.R. DUTSON, and A.S. BABIKER, Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *J. Food Sci.*, **53**: 407-410. 1988.
- 4) LAEMMLI, U.K., Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T 4. *Nature*, **227**: 680-685. 1970.
- 5) 根岸晴夫・夏野めぐみ・吉川純夫, 牛肉の熟度指標としての物理化学的性質. *日畜会報*, **62**: 1095-1103. 1991.
- 6) 緒方知三郎, 病理組織顕微鏡標本の作り方の手ほどき, 116-117. 137-146. 南山堂. 東京. 1962.
- 7) OLSON, D.G., F.C. PARRISH JR., W.R. DAYTON and D.E. GOLL., Effect of postmortem storage and calcium activated factor on the myofibrillar proteins of bovine skeletal muscle. *J. Food Sci.*, **41**: 117-124. 1977.
- 8) 小堤恭平・小沢 忍・千国幸一・小石川常吉・加藤貞雄・中井博康・池田敏雄・安藤四郎・吉武允, 牛筋肉のテンシプレッサーによる硬さの測定. *日畜会報*, **59**: 590-595. 1988.
- 9) SMITH, G.C., G.R. CULP and Z.L. CARPENTER, Postmortem aging of beef carcasses. *J. Food Sci.*, **43**: 823-826. 1978.
- 10) TAKAHASHI, K., T. FUKAZAWA and T. YASUI, Formation of myofibrillar fragments and reversible constraction of sarcomeres in chicken pectoral muscle. *J. Food Sci.*, **32**: 409-413. 1967.