

猪肉の pH が理化学特性およびテクスチャー特性に及ぼす影響

鈴木結子¹・中井瑞歩¹・井上朔実²・石田光晴³・木下一成⁴・平田滋樹⁵・村元隆行²

¹岩手大学大学院総合科学研究科, 盛岡市 020-8550

²岩手大学農学部, 盛岡市 020-8550

³宮城大学食産業学群, 仙台市 982-0215

⁴株式会社一成, 加古川市 675-1217

⁵農研機構中央農業研究センター, つくば市 305-8666

(2021. 5. 11 受付, 2021. 8. 31 受理)

要約 筋肉の pH が 21 頭の野生イノシシ (*Sus scrofa leucomystax*) の胸最長筋 (*M. longissimus thoracis*) の保水性, 遊離アミノ酸総含量, 食感, 色調, 酸化, 脂肪酸組成, および抗酸化物質含量に及ぼす影響について検討を行った. 猪肉の pH は水分含量, 凝集性, 付着性, a* 値, メトミオグロビン割合, チオバルビツール酸価, 飽和脂肪酸割合, 一価不飽和脂肪酸割合, 多価不飽和脂肪酸割合, および α -トコフェロール含量に有意な影響を及ぼさなかった. 猪肉のドリップロス, クッキングロス, 最大荷重, ガム性荷重, L* 値, および b* 値は pH が高くなるのに伴って有意に低下した. 猪肉の遊離アミノ酸総含量は pH が高くなるのに伴って有意に増加した. 本研究の結果から, 猪肉は pH が高くなるのに伴って, 明度および黄色度は低くなるものの, 保水性および呈味成分の含量が高くなり, また軟らかくなることが示された.

日本畜産学会報 92 (4), 477-484, 2021

キーワード: 猪肉, 硬さ, pH, 保水性, 遊離アミノ酸総含量

近年, シカやイノシシを含む野生鳥獣の急激な個体数増加や分布拡大が起きており, 2019 年度の農業被害額は 158 億円に上っている (農林水産省農村振興局 2021). この被害対策として, 環境省および農林水産省 (2013) は, 「抜本的な鳥獣捕獲強化対策」を取りまとめ, 特に被害の大きいシカとイノシシの生息頭数を 2023 年までに半減することを目標に設定している. 現在, 捕獲した野生鳥獣を食肉に活用する取組みが全国的に増加傾向にあるが, 捕獲されたものの多くが埋設または焼却処分されており (農林水産省農村振興局 2021), 猪肉としての利用割合は約 5% に留まっている (環境省 2020; 農林水産省 2020). イノシシの食肉利用割合が低い要因の 1 つとして, 捕獲時のストレスによる品質の不安定さが挙げられる (渡邊ら 2020).

家畜において, ストレスを受けて筋肉グリコーゲン含量が著しく低い状態で屠畜された筋肉は乳酸の生成が少ないため, pH が低下せず高いままとなる (入江 2015; 沖谷 1996). また, pH の高い筋肉は保水性は高いものの, 微生物が繁殖しやすいことが知られている (沖谷 1996). 山田ら (2013) は, 捕獲に伴うシカへのストレスは足りなくわなが他の捕獲方法に比較して高いことを報告している. また, シカおよびイノシシの筋肉の pH は足りなくわ

なで捕獲したものは他の捕獲方法で捕獲したものに比較して高いことが報告されている (渡邊ら 2020). 近年, わな猟の免許所持者が増加しており (環境省 2021), またわな猟免許の取得年齢の引き下げも行われている (環境省 2015). したがって今後, わなでの狩猟がさらに増加することが見込まれる. それに伴い, 足りなくわなでの捕獲も増加することが考えられるため, pH の高い猪肉が増加することが考えられる. 牛肉および豚肉では, pH は硬さの指標である剪断力価 (Beltrán ら 1997), 保水性の指標であるドリップロス (Hu ら 2007), クッキングロス (Lonergan ら 2007), および色調の指標である L* 値および b* 値 (池田ら 1987; Hu ら 2007) に影響を及ぼすことが知られている. しかし, 猪肉の pH の違いが猪肉の品質に及ぼす影響については明らかにされていない.

そこで本研究では, pH の違いが猪肉の品質に及ぼす影響について明らかにするため, pH の異なる猪肉の理化学特性およびテクスチャー特性について検討を行った.

材料および方法

1. 供試動物および供試筋肉

長崎県諫早市において, 足りなくわな (n = 4) および箱わな (n = 17) により 2018 年 10 月から 2020 年 2 月

に捕獲された21頭(オス11頭およびメス10頭)のニホンイノシシ(*Sus scrofa leucomystax*)の胸最長筋(*M. longissimus thoracis*)を供試した。イノシシは捕獲された場所にて止め刺し処理を行い、処理施設に搬入後に解体処理されたものであった。胸最長筋は止め刺しより5日目まで $2 \pm 1^\circ\text{C}$ で熟成された後、 -20°C で貯蔵されたものであった。なお、分析は 4°C で24時間かけて解凍した後に行った。

2. pHの測定

pHの測定は、解凍後の各胸最長筋において、突き刺し電極型のpH計(pHspear; Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)を用いて行った(3反復)。

3. ドリップロスおよびクッキングロスの測定

各胸最長筋から $60.0 \pm 0.0\text{g}$ の直方体のステーキサンプルを切り出し、貯蔵前の重量を測定した。なお、ステーキサンプルを切り出す際は重量の統一を優先したため、直方体の寸法は統一できなかった。その後、一般的な食肉販売店の貯蔵条件を模して真空包装し、 4°C で5日間の貯蔵を行った。貯蔵後、ステーキサンプルの表面のドリップをペーパータオルで除去し、貯蔵後の重量を測定した。貯蔵前の重量と貯蔵後の重量との差からドリップロス(%)を求めた。次に、このサンプルをナイロンバックに入れ、 80°C に設定したウォーターバスに浸漬し、中心温度が 63°C に達した後、30分間(厚生労働省2003)の湯浴を行った。その後、クラッシュアイス中にて60分間の冷却を行い、以降の加熱を停止させた。冷却後、サンプル表面のドリップをペーパータオルで除去し、湯浴後の重量を測定した。湯浴前の重量と湯浴後の重量との差からクッキングロス(%)を求めた。なお、本研究では解凍中のドリップロスについての検討は行わなかった。

4. テクスチャープロファイル分析

クッキングロスを求めたサンプルから、筋線維の断面が $25 \times 25\text{mm}$ で筋線維と平行となる直方体($25 \times 25 \times 10\text{mm}$, 3反復)を調製した。卓上型物性測定器(TPU-2C; 山電, 東京)を用い、 $25 \times 25\text{mm}$ の面にプランジャーを当て、岡田と村元(2013)の方法によりテクスチャープロファイル分析を行い、最大荷重、凝集性、付着性、およびガム性荷重を求めた。なお、測定には測定可能な大きさのサンプル($n = 15$)を使用した。

5. 肉色、メトミオグロビン割合、および脂質過酸化度の測定

各胸最長筋から筋線維の断面が $25 \times 25\text{mm}$ で筋線維と平行となる直方体($25 \times 25 \times 15\text{mm}$)を調製し、切開60分後に、分光測色計(CM-2500d; コニカミノルタ, 東京)を用いて、 $25 \times 25\text{mm}$ の面の3ヵ所において L^* 値、 a^* 値、および b^* 値を測定した。このステーキサンプルを 4°C で5日間貯蔵し、同様の測定を行い、サンプル表面のメトミオグロビン割合をStewartら(1965)の方法により求めた。なお、前日よりメトミオグロビンの割

合が低下したものについては測定値から除外した。その後、真空包装し、 -20°C で貯蔵し、脂質過酸化度の指標であるチオバルビツール酸価(TBA価)を、日本食品分析センター(東京)に委託し、水蒸気蒸留法により測定した。

6. 水分含量の測定

各胸最長筋の水分含量の測定は常圧加熱乾燥法により行った。

7. 遊離アミノ酸総含量の測定

各胸最長筋10gを細切り、75%エタノール溶液50mLを加え、ホモジナイザーにより均質化した後、3000rpmで15分間の遠心分離を行った。次に、再び75%エタノール溶液30mLを加えて均質化し、3000rpmで15分間の遠心分離を行った。75%エタノール溶液を用いてすべての抽出液を集めて100mLに定容した。この溶液1mLを $0.45\mu\text{m}$ メンブランフィルターでろ過し、アミノ酸自動分析計(LC-10ATvp; 島津製作所, 東京)を用い、OPA発色法によりアミノ酸濃度を測定し、アミノ酸総濃度を求めた。

8. 脂肪酸組成の測定

脂肪酸の分析はFolchら(1957)の方法により、各胸最長筋10gを生理的食塩水30mLで均質化し、300mLのクロロホルム:メタノール(2:1, v/v)混液を加えて総脂質を抽出した。総脂質50mgに0.5mol/L水酸化ナトリウム-メタノール溶液1mLを加えてケン化した後、15%三フッ化ホウ素メタノール溶液1mLを加えてメチルエステル化し、FID検出器付きでガラスキャピラリーカラム($0.3\text{mm} \times 50\text{m}$)を装着したガスクロマトグラフ(G-3000型; 日立ハイテクノロジー, 東京)を用いて行った。なお、設定温度は注入口が 230°C 、検出器が 280°C 、およびカラムが150から 180°C の昇温とした。キャリアーガスはヘリウムとし、30mL/分の流速とした。測定した各脂肪酸の割合から飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、および多価不飽和脂肪酸の割合を求めた。

9. α -トコフェロール含量の測定

各胸最長筋の α -トコフェロール(高速液体クロマトグラフ法)の含量の測定は日本食品分析センターに委託して行った。

10. 鉄分の含量の測定

無作為に抽出した胸最長筋($n = 12$)の鉄(ICP発光分析法)の含量の測定は日本食品分析センターに委託して行った。

11. 統計解析

ドリップロス、水分含量、クッキングロス、アミノ酸総含量、最大荷重、ガム性荷重、凝集性、付着性、 L^* 値、 a^* 値、 b^* 値、メトミオグロビン割合、TBA価、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸、および α -トコフェロール含量の各測定項目について、性または捕獲方法を固定効果とし、またpHを変量効果として共分散分析を行った。また、性および捕獲方法間のpHの平均値の

差の検定をスチューデントの t 検定により行った。さらに pH を説明変数とし、また各測定項目の値を目的変数として回帰分析を行い、回帰係数に有意性が認められたものについて、pH から各測定項目の値を推定するための回帰式を求めた。なお、共分散分析は R (version 4. 0. 2) パッケージを、t 検定および回帰分析は 4steps エクセル統計第 3 版 (オーエムエス出版, 埼玉) を用いて行った。

結果および考察

pH について、性別間での有意な差は認められなかったが ($P > 0.05$)、捕獲方法については足くりわなが箱わなに比較して有意に高かった ($P < 0.05$) (データ示さず)。渡邊ら (2020) は、シカおよびイノシシの筋肉の pH は、足くりわなが箱わなおよび囲いわなに比較して高いことを報告しており、本研究の結果と一致する。またすべての測定項目において、pH と性および pH と捕獲方法との間に交互作用は認められなかった ($P > 0.05$, データ示さず)。したがって、すべての測定項目で性および捕獲方法は pH と互いに交絡因子ではないことが示された。

野生イノシシの胸最長筋の pH とドリップロスおよび水分含量との関係を図 1A および B に示す。pH と水分含量との間に有意な関係は認められなかったが ($P > 0.05$)、ドリップロスは pH が高くなるのに伴って有意に低下した

($P < 0.05$, $r = 0.48$)。ドリップの漏出は栄養成分および呈味成分の損失とされる (畑江 1996)。したがって、猪肉の pH は貯蔵前の水分含量には影響を及ぼさないものの、pH が高い猪肉は貯蔵中の保水性が高いことから、pH の高い猪肉では栄養成分および呈味成分の損失が少ない可能性が示された。アクチンとミオシンの結合により生成するアクトミオシンの pH が屠殺後に等電点である約 5.5 (Chen ら 2020) に到達すると、アクトミオシン間の電氣的反発が起こらなくなるため間隔が狭くなり、アクトミオシン間に保持されていた水分が筋原線維外に漏出する (松石と沖谷 2015)。一方、屠殺後も pH が高いままの筋肉では、アクトミオシン間の電氣的反発が起こったままとするため間隔も広いままとなり、水分が筋原線維内に保持される (若松 2011)。筋原線維外に存在する水分は毛管現象により存在しているだけであるため、筋肉の保水性に大きな影響を及ぼすのは筋原線維内の水分である (鈴木 1989)。本研究では pH の違いによる水分含量の差はみられなかったため、pH が高い猪肉で貯蔵中の保水性が高かったのは、貯蔵前の水分含量が高かったためではなく、間隔が広いままのアクトミオシン間に水分が保持されていたためであると考えられる。なお本研究では、解凍中のドリップロスについては検討しなかったため、今後は猪肉の pH の違いが解凍中のドリップロスに及ぼす影響について

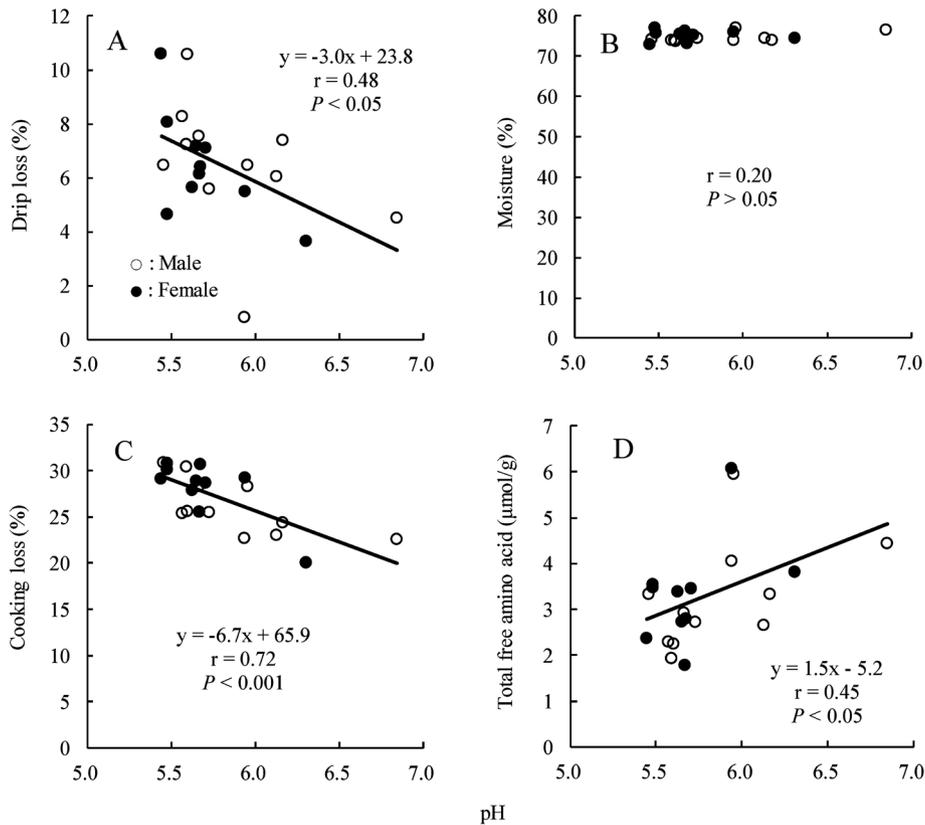


Figure 1 Relationships between pH and drip loss (A), moisture content (B), cooking loss (C), and total free amino acid content (D) of *M. longissimus thoracis* from wild boar.

も検討する必要があると考えられる。また今後は、猪肉の pH の違いが真空包装を行わないで貯蔵した場合のドリップロスに及ぼす影響についても検討する必要があると考えられる。

野生イノシシの胸最長筋の pH とクッキングロスとの関係を図 1C に示す。クッキングロスは pH が高くなるのに伴って有意に低下した ($P < 0.001$, $r = 0.72$)。ドリップロスと同様に加熱による肉汁の漏出は栄養成分および呈味成分の損失となることから (畑江 1996), pH が高い猪肉は加熱中の保水性が高く、栄養成分および呈味成分の損失が少ない可能性が示された。アクトミオシンは加熱を行うと水分子の結合部位が変性し、離水した構造となるが、加熱前のアクトミオシン間の間隔が狭い方が離水が多くなる (松石と沖谷 2015)。したがって、pH が高い猪肉で加熱時の保水性が高かったのは、貯蔵中の場合と同様にアクトミオシン間に水分が保持されていたためであると考えられる。

野生イノシシの胸最長筋の pH と遊離アミノ酸総含量との関係を図 1D に示す。遊離アミノ酸総含量は pH が高くなるのに伴って有意に増加した ($P < 0.05$, $r = 0.45$)。したがって、pH が高い猪肉は呈味成分の含量が高い可能性が示された。死後硬直後の筋肉は、pH が 6.3 より高い条件下において活性が高いカルパインおよび pH が 5.8 より

り低い条件下において活性が高いカテプシン (Silva ら 1999) の作用によりタンパク質が分解される。また、タンパク質の分解により生成したペプチドは中性付近で活性が高いアミノペプチターゼの作用によりアミノ酸に分解される (Moya ら 2001)。また、遊離アミノ酸はドリップに含まれているため (畑江 1996), ドリップロスの違いもアミノ酸総含量に影響すると考えられる。しかし、本研究でアミノ酸総含量を測定した時点では猪肉の pH と水分含量との間には関係はみられなかったため、pH の高い猪肉で遊離アミノ酸総含量が高かったのはドリップロスの違いによるものではなく、カルパインおよびアミノペプチターゼの活性が高まったことが主要因であると考えられる。

野生イノシシの胸最長筋の pH と最大荷重およびガム性荷重との関係を図 2A および B に示す。最大荷重 ($P < 0.05$, $r = 0.60$) およびガム性荷重 ($P < 0.05$, $r = 0.61$) は pH が高くなるのに伴って有意に低下した。したがって、pH が高い猪肉は軟らかい可能性が示された。Beltrán ら (1997) は、pH と官能評価での牛肉の軟らかさとの間には正の相関があり、pH が高い牛肉が軟らかいのは、m-カルパインによってタンパク質が分解されるためであると報告している。したがって、pH の高い猪肉で最大荷重およびガム性荷重が低かったのは、m-カルパインの活性が高くなり、タンパク質分解が促進されたためであると考え

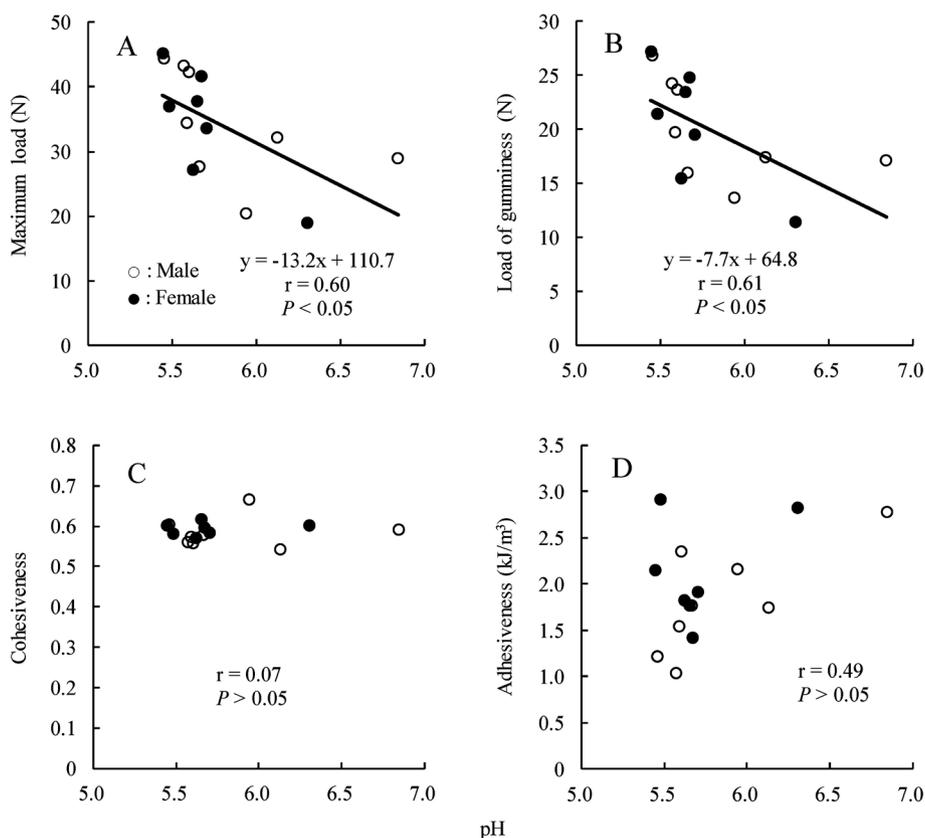


Figure 2 Relationships between pH and maximum load (A), load of gumminess (B), cohesiveness (C), and adhesiveness (D) of *M. longissimus thoracis* from wild boar.

られる。

野生イノシシの胸最長筋の pH と凝集性および付着性との関係を図 2C および D に示す。pH と凝集性および付着性との間に有意な関係は認められなかった ($P > 0.05$)。凝集性の低下は過軟化の要因の一つであり (手塚と村元 2014), また付着性の上昇は咀嚼回数の増加につながる (塩澤ら 2003)。したがって、pH が高い猪肉は軟らかい食感であるが、過軟化は起こらず、また飲み込みにくさを生じさせないと考えられる。

野生イノシシの胸最長筋の pH と L* 値, a* 値, および b* 値との関係を図 3A, B, および C に示す。pH と a* 値との間には有意な関係は認められなかったが ($P > 0.05$), L* 値 ($P < 0.001$, $r = 0.67$) および b* 値 ($P < 0.01$, $r = 0.66$) は pH が高くなるのに伴って有為に低下した。池田ら (1987) は、豚肉の pH と L* 値および b* 値との間には負の相関があるものの、a* 値との間には相関がないことを報告しており、本研究の結果と一致する。したがって、pH は猪肉の赤色度には影響を及ぼさないものの、明度および黄色度には影響を及ぼし、pH が高い猪肉は暗くなる可能性が示された。pH が高い筋肉の色が暗くなる理由について沖谷 (1996) は、保水性が高いため筋肉内部で酸素が拡散しにくく、またチトクローム c の残存活性が高いため酸素消費量が大きく、そのためオキシミオグロビンの生成が抑えられること、および筋肉内部に光が吸収されるため光の散乱が起こりにくいことを挙げている。

野生イノシシの胸最長筋の pH とメトミオグロビン割合および TBA 値との関係を図 4A および B に示す。pH とメトミオグロビン割合および TBA 値との間には有意な関係は認められなかった ($P > 0.05$)。したがって、pH は猪肉の肉色素および脂質の酸化には影響を及ぼさない可能性が示された。オキシミオグロビンがメトミオグロビンに酸化される過程は水素イオンにより触媒され、水素イオン濃度が高くなる (pH が低くなる) とミオグロビンの酸化が促進される (四釜ら 2001)。また、オキシミオグロビンが酸化されてメトミオグロビンになる際に生成される

スーパーオキシド (Sugawara と Shikama 1980) は脂質の酸化を促進する (Sharedeh ら 2015)。しかし、本研究において pH とメトミオグロビン割合および TBA 値との間には関係は認められなかった。一方、鹿肉においては pH とメトミオグロビン割合および TBA 値との間に負の相関があることが報告されている (村元ら 2021)。西山と村元 (2020) は、鹿肉の鉄含量が $4.2 \pm 0.2 \text{ mg}/100 \text{ g}$ であると報告しているが、本研究における猪肉の鉄含量は $1.5 \pm 0.1 \text{ mg}/100 \text{ g}$ であり、鹿肉の約 36% 程度であった (データ示さず)。鉄はミオグロビンを構成するヘム鉄の成分であることから、猪肉は鹿肉と比較してミオグロビン含量が少ないと考えられる。したがって、本研究で pH がメトミオグロビン割合に影響を及ぼさなかったのは、ミオグロビン含量が鹿肉に比較して低かったため、ミオグロビン間での酸化が進みにくかったためであると考えられる。また、pH が TBA 値に影響を及ぼさなかったのは、ミオグロビンの酸化により生成されるスーパーオキシドも鹿肉に比較して少なかったためであると考えられる。

野生イノシシの胸最長筋の pH と飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸、および α -トコフェロール含量との関係を図 4C, D, E, および F に示す。pH と飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸、および α -トコフェロール含量との間に有意な関係は認められなかった ($P > 0.05$)。一般に、脂質の酸化は不飽和脂肪酸、特に多価不飽和脂肪酸で起こることが知られている (石田ら 2001)。また豚肉において、抗酸化物質である α -トコフェロール含量と脂質の酸化安定性との間には正の相関があることが報告されている (Jensen ら 1997)。したがって、本研究において pH が TBA 値に影響を及ぼさなかった要因は、酸化されやすい脂肪酸の割合が高かったためや、少なくとも抗酸化物質の 1 つである α -トコフェロールの含量が高かったためではないと考えられる。

本研究の結果から、pH が高くなるのに伴って猪肉の保水性および呈味性が高まり、また軟らかくなることが示された。しかし、実際に喫食した際の評価については明らか

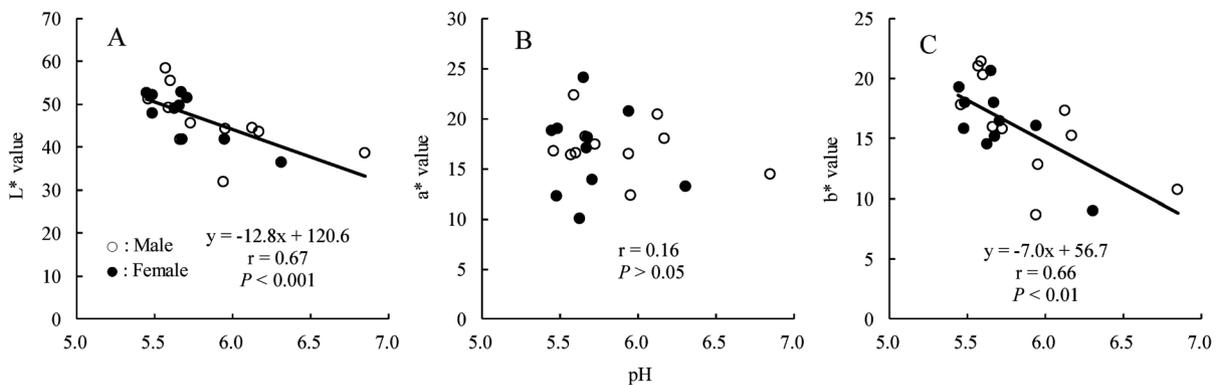


Figure 3 Relationships between pH and L* value (A), a* value (B), and b* value (C) of *M. longissimus thoracis* from wild boar.

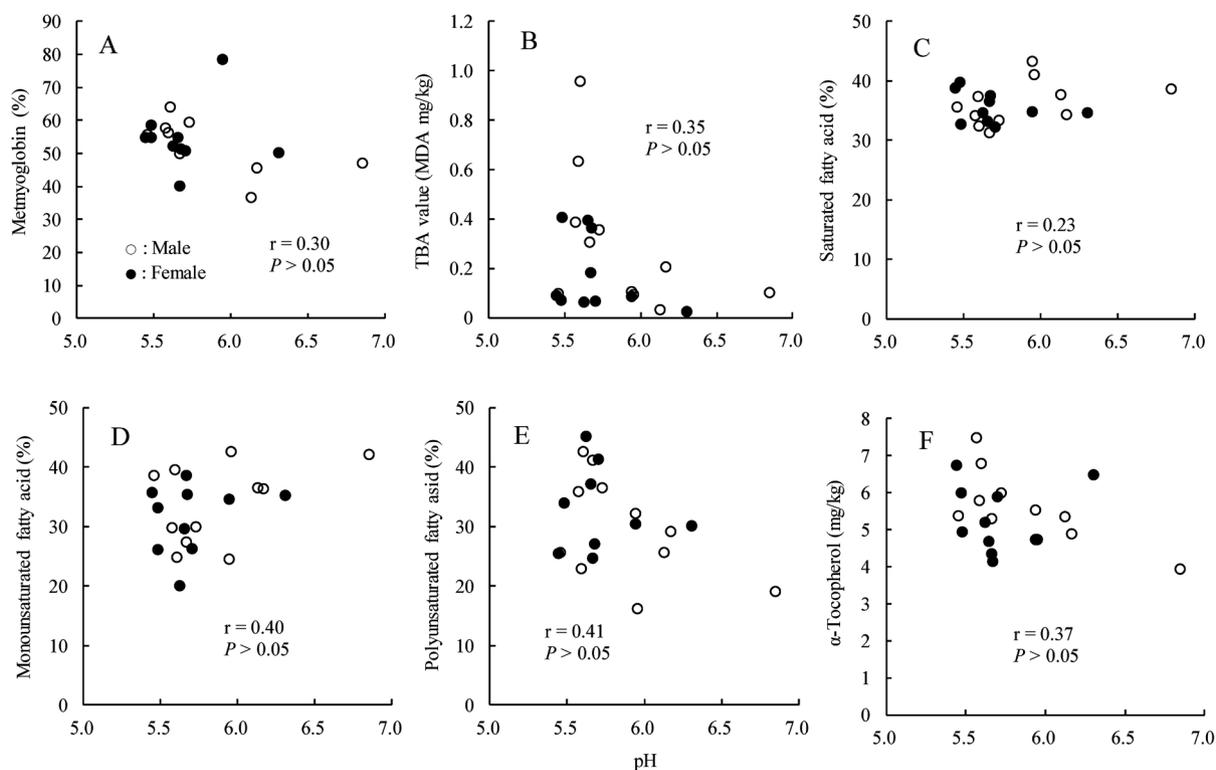


Figure 4 Relationships between pH and metmyoglobin (A, n = 19), thiobarbituric acid value (B, n = 21), saturated fatty acid percentage (C, n = 21), monounsaturated fatty acid percentage (D, n = 21), polyunsaturated fatty acid percentage (E, n = 21), and α -tocopherol content (F, n = 21) of *M. longissimus thoracis* from wild boar.

ではないため、今後は pH の高い猪肉を用いて官能評価を行い、pH と官能評価との関係についても検討する必要があると考えられる。なお、家畜の筋肉で pH が 6 を超えるものは DFD として扱っている場合があるが (沖谷 1996)、猪肉に家畜の筋肉と同様の基準を適用できるのかは明らかにされていないため、本研究では DFD という観点での考察は行わなかった。

謝 辞

猪肉の調達に御協力を頂いた株式会社一成企画調整室の迫田華絵氏および池田彩夏氏、並びに農研機構東北農業研究センターの渡邊彰氏に感謝の意を表す。なお、本研究は農研機構生研支援センター「生産性革命に向けた革新的技術開発事業」の支援を受けて実施した。

文 献

- Beltrán JA, Jaime I, Santolaria P, Sañudo C, Albertí P, Roncalés P. 1997. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science* **45**, 201-207.
- Chen X, Qiu Q, Chen K, Li D, Liang L. 2020. Water-soluble myofibrillar protein-pectin complex for enhanced physical stability near the isoelectric point: fabrication, rheology and thermal property. *International Journal of Biological Macromolecules* **142**, 615-623.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* **226**, 497-509.
- 畑江敬子. 1996. 6. 食肉の調理. In: 沖谷明紘 (ed.), 肉の科学, 初版. pp. 112-118. 朝倉書店, 東京.
- Hu Y, Suzuki T, Noguchi G, Li Y, Kitamura Y, Satake T. 2007. Study on evaluation of carcass traits and pork quality using principal component analysis. *The Society of Agricultural Structures, Japan* **37**, 173-182.
- 池田敏雄, 安藤四郎, 中井博康. 1987. 豚肉の理化学的性状の指標値. *日本養豚学会誌* **24**, 190-196.
- 入江正和. 2015. 肉牛の栄養と肉質一現状の課題と将来戦略一. *家畜感染症学会誌* **4**, 41-48.
- 石田光晴, 小田島恵美, 池田昭七, 武田武雄. 2001. 鹿肉と牛肉中のコレステロール含量および脂肪酸組成の比較. *日本食品科学工学会誌* **48**, 20-26.
- Jensen C, Guidera J, Skovgaard IM, Staun H, Skibsted LH, Jensen SK, Møller AJ, Buckley J, Bertelsen G. 1997. Effects of dietary α -tocopherol acetate supplementation on α -tocopherol deposition in porcine *m. psoas major* and *m. longissimus dorsi* and on drip loss, colour stability and oxidative stability of pork meat. *Meat Science* **45**, 491-500.
- 環境省. 2015. 鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律の一部を改正する法律の施行について [homepage on the internet]. 環境省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL: <https://www.env.go.jp/nature/choju/law/>

- law1-2/index.html
 環境省. 2020. ニホンジカ・イノシシ捕獲数速報値 (令和元年度) [homepage on the internet]. 環境省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL : <http://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs4/sokuhou.pdf>
- 環境省. 2021. 種別狩猟免許所持者数 [homepage on the internet]. 環境省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL : <https://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs4/syubetu.pdf>
- 環境省, 農林水産省. 2013. 抜本的な鳥獣捕獲強化対策 [homepage on the internet]. 農林水産省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL : <http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/pdf/kyouka.pdf>
- 厚生労働省. 2003. 食肉を介する E 型肝炎ウイルス感染事例について (E 型肝炎 Q&A) [homepage on the internet]. 厚生労働省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL : <https://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/08/h0819-2a.html>
- Lonergan SM, Stalder KJ, Huff-Lonergan E, Knight TJ, Goodwin RN, Prusa KJ, Beitz DC. 2007. Influence of lipid content on pork sensory quality within pH classification. *Journal of Animal Science* **85**, 1074-1079.
- 松石昌典, 沖谷明紘. 2015. 4. 食肉のおいしさと熟成. In: 松石昌典, 西邑隆徳, 山本克博 (eds.), 肉の機能と科学, 初版. pp. 77-78. 朝倉書店, 東京.
- Moya V-J, Flores M, Aristoy M-C, Toldrá F. 2001. Pork meat quality affects peptide and amino acid profiles during the ageing process. *Meat Science* **58**, 197-206.
- 村元隆行, 中井瑞歩, 鈴木結子, 井上朔実, 石田光晴, 木下一成, 平田滋樹. 2021. 筋肉の pH が野生ニホンジカ肉の理化学特性に及ぼす影響. *日本畜産学会報* **92**, 335-341.
- 西山萌乃, 村元隆行. 2020. 着弾から内臓摘出までの時間が冬季に捕殺された野生ホンシュウジカの鹿肉品質に及ぼす影響. *東北畜産学会報* **69**, 33-40.
- 農林水産省. 2020. 野生鳥獣資源利用実態調査 (令和元年度) I 調査結果の概要 [homepage on the internet]. 農林水産省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL : <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files/data?sinfid=000032036431&ext=pdf>
- 農林水産省農村振興局. 2021. 鳥獣被害の現状と対策 [homepage on the internet]. 農林水産省, 東京; [cited 3 August 2021]. Available from URL : <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/attach/pdf/index-133.pdf>
- 岡田祐季, 村元隆行. 2013. 野生エゾシカの 3 筋肉の理化学特性. *日本畜産学会報* **84**, 169-174.
- 沖谷明紘. 1996. 4. 食肉のおいしさと熟成. In: 沖谷明紘 (ed.), 肉の科学, 初版. pp. 84-85. 朝倉書店, 東京.
- Sharedeh D, Gatellier P, Astruc T, Daudin J-D. 2015. Effects of pH and NaCl levels in a beef marinade on physicochemical states of lipids and proteins and on tissue microstructure. *Meat Science* **110**, 24-31.
- 四釜慶治, 松岡有樹, 菅原芳明. 2001. ミオグロビン・ヘモグロビンの自動酸化反応—その分子機構と結合酸素の安定性—. *生物物理* **41**, 74-79.
- 塩澤光一, 城所寛子, 佐藤洋子, 神山かおる, 柳沢慧二. 2003. 米飯咀嚼時の食塊物性と嚥下閾値との関係. *日本咀嚼学会雑誌* **13**, 58-66.
- Silva JA, Patarata L, Martins C. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science* **52**, 453-459.
- Stewart MR, Zipser MW, Watts BM. 1965. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. *Journal of Food Science* **30**, 464-469.
- Sugawara Y, Shikama K. 1980. Autoxidation of native oxymyoglobin thermodynamic analysis of the pH profile. *European Journal of Biochemistry* **110**, 241-246.
- 鈴木敦士. 1989. 3. 食肉成分とその機能. In: 細野明義, 鈴木敦士 (eds.), 畜産加工, 初版. p. 65. 朝倉書店, 東京.
- 手塚 咲, 村元隆行. 2014. パイナップル果汁への浸漬時間が日本短角種牛肉の理化学特性に及ぼす影響. *日本畜産学会報* **85**, 145-152.
- 若松純一. 2011. 第 2 章 肉の科学 2. 筋肉の死後変化と食肉の品質特性 5. 保水力 (保水能). In: 齋藤忠夫 (ed.), 畜産物利用学, 第 1 版. p. 142. 文永堂出版, 東京.
- 渡邊 彰, 木下一成, 村元隆行, 中井瑞歩, 鈴木結子, 井上朔実, 平田滋樹. 2020. シカ (*Cervus nippon*) およびイノシシ (*Sus scrofa leucomystax*) の肉質に及ぼす要因調査. *日本畜産学会報* **91**, 395-401.
- 山田晋也, 大竹正剛, 大場孝裕, 山口 亮, 大橋正孝. 2013. 捕獲がニホンジカ (*Cervus nippon*) に与えるストレス—血清コルチゾールとクリアチンキナーゼの測定—. *野生生物と社会* **1**, 1-5.

Effect of muscle pH on the physicochemical and textural properties of meat from wild boar

Yuiko SUZUKI¹, Mizuho NAKAI¹, Sakumi INOUE², Mitsuharu ISHIDA³, Kazunari KINOSHITA⁴, Shigeki HIRATA⁵ and Takayuki MURAMOTO²

¹ Graduate School of Arts and Sciences, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

² Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

³ School of Food Industrial Sciences, Miyagi University, Sendai 982-0215, Japan

⁴ ISSEI Co. Ltd., Kakogawa 675-1217, Japan

⁵ Central Region Agricultural Research Center, NARO, Tsukuba 305-8666, Japan

Corresponding : Takayuki MURAMOTO (fax : +81 (0) 19-621-6287, e-mail : muramoto@iwate-u.ac.jp)

The effect of muscle (*M. longissimus thoracis*) pH on the water holding capacity, free amino acid content, texture, color, oxidation, fatty acid composition, and antioxidant content of meat from wild boar (*Sus scrofa leucomystax*, n = 21) was investigated. Muscle pH did not significantly affect the moisture content, cohesiveness, adhesiveness, a* value, metmyoglobin percentage, thiobarbituric acid value, saturated fatty acid, monounsaturated fatty acid, polyunsaturated fatty acid, and α -tocopherol contents in wild boar meat. The drip loss, cooking loss, maximum load, load of gumminess, L* value, and b* value significantly decreased with the pH increased of wild boar meat. The total free amino acid content significantly increased with the pH increased of wild boar meat. These results suggest that as the pH increased, the wild boar meat color darkened, but the meat became more tender and water holding capacity and taste component increased.

Nihon Chikusan Gakkaiho 92 (4), 477-484, 2021

Key words : free amino acid content, pH, tenderness, water holding capacity, wild boar meat.