

鹿挽肉の pH とモデルソーセージの理化学特性およびテクスチャー特性との関係

村元隆行¹・井上朔実¹・中井瑞歩²・鈴木結子²・木下一成³・平田滋樹⁴

¹ 岩手大学農学部, 盛岡市 020-8550

² 岩手大学大学院総合科学研究科, 盛岡市 020-8550

³ 株式会社一成, 加古川市 675-1217

⁴ 農研機構中央農業研究センター, つくば市 305-8666

(2021. 3. 31 受付, 2021. 8. 31 受理)

要約 鹿挽肉の pH とモデルソーセージの理化学特性およびテクスチャー特性との関係について検討を行った。野生ニホンジカ (n = 11) の胸最長筋 (*M. longissimus thoracis*) から挽肉を調製して pH を測定した。挽肉に NaCl を混和し, 加熱してモデルソーセージを調製し, 保水性, 色調, およびテクスチャー特性を測定した。鹿挽肉の pH とモデルソーセージの L* 値および b* 値との間に有意な負の相関が認められ, a* 値との間に有意な正の相関が認められた。また, 鹿挽肉の pH とモデルソーセージのクッキングロスおよび付着性との間に有意な負の相関が認められ, 凝集性およびガム性荷重との間に有意な正の相関が認められた。本研究の結果から, 鹿挽肉の pH が高くなるのに伴って, モデルソーセージの色調および加熱中の保水性が高くなり, また喫食時にばらけにくいと評価される可能性が示された。

日本畜産学会報 92 (4), 471-475, 2021

キーワード: 鹿肉モデルソーセージ, 色調, ばらけにくさ, pH, 保水性

近年, 野生鳥獣による農業被害が深刻である。最も大きな被害を及ぼす動物はシカであり, 2019 年度における農作物の被害額は約 53 億円および森林の被害面積は約 3500 ha となっている (農林水産省農村振興局 2021)。環境省および農林水産省 (2013) は, 被害の対策として「抜本的な鳥獣捕獲強化対策」を取りまとめ, 捕獲事業の強化を推進している。しかし, 2019 年度に捕獲された野生鳥獣の食肉としての利用割合は捕獲数の約 1 割に留まっており, 捕獲されたシカの多くが埋設または焼却処分されている (農林水産省農村振興局 2021)。

捕獲されたシカの食肉としての利用割合が低くなっている要因の一つに, 捕獲時のストレスによる品質の不安定さがある。山田ら (2013) は, シカのストレスの指標である血液内の血清コルチゾール濃度は, 足くりわなで捕獲されたシカのものが 囲いわな, 巻き狩り, およびシャープシューティングで捕獲されたシカのものに比較して高いことを報告している。また渡邊ら (2020) は, 捕獲のために用いられたわなの種類が鹿肉の pH に影響を及ぼすことを報告している。鹿肉の pH と理化学特性との関係について村元ら (2021) は, 鹿肉は pH が高くなるのに伴って, 明度, 赤色度, 黄色度が低くなるものの, 加熱中の保水性が高くなり, 酸化が抑制され, また旨味成分である遊離アミノ酸の総含量が高くなることを報告している。一方, pH

が高い食肉は汚染微生物が繁殖しやすいために貯蔵性が低いことが報告されている (Shange ら 2018)。微生物の繁殖は食肉に食塩を添加することで抑制され, また加熱によって大部分の病原性細菌は死滅する (山本 2015)。したがって, pH が高い鹿肉は, 加塩および加熱を行った鹿肉加工品として利用するのが望ましい可能性が考えられる。

鹿肉加工品について中井ら (2020) は, NaCl 含量が異なる鹿挽肉を用いてモデルソーセージを製造し, 保水性が高く, 口内でばらけにくいモデルソーセージを製造するためには, 鹿挽肉に少なくとも 2.0% の NaCl を添加する必要があることを報告している。しかし, 鹿挽肉の pH とモデルソーセージの理化学特性およびテクスチャー特性との関係については明らかにされていない。

そこで本研究では, 鹿肉は pH が高くなるのに伴って加工品として利用するのが適するようになるのかを明らかにするため, 異なる pH の鹿挽肉を用いて製造したモデルソーセージにおける pH と L* 値, a* 値, b* 値, クッキングロス, 凝集性, 付着性, およびガム性荷重との関係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

三重県伊賀市, 京都府福知山市, 兵庫県丹波市, および

連絡者: 村元隆行 (fax : 019-621-6287, e-mail : muramoto@iwate-u.ac.jp)

長崎県長崎市において、2019年9月から2020年8月に足くくりわな、箱わな、囲いわな、または網で捕獲された11頭（オス4頭、メス7頭）の野生ニホンジカ（*Cervus nippon*）から採取された胸最長筋（*M. longissimus thoracis*）を供試した。すべての胸最長筋は屠殺後に採取および真空包装され、 $2 \pm 1^\circ\text{C}$ で7日間熟成された後、 -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. 挽肉の調製、モデルソーセージの製造、および理化学分析

中井ら（2020）の変法により挽肉の調製およびモデルソーセージの製造を行った。すなわち、各胸最長筋から筋膜などの結合組織を取り除き、ミートグラインダー（MK-GL20；National, 大阪）を用いて挽肉を作成した。なお、挽肉は穴径5mmの固定カッターを用いて二度、穴径3mmの固定カッターを用いて一度挽いて作成した。各挽肉は分析を行うまで -20°C で貯蔵し、解凍は 4°C で24時間かけて行った。解凍後、突き刺し電極型のpH計（pHspear；Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA）を用いてpHの測定を行った（3反復）。各挽肉の重量を測定し、重量の2.0%のNaCl（純度：99.5%；和光純薬工業, 大阪）と共に1分間の混和を行った。モデルソーセージの断面積を一定にするため、直径25mmおよび長さ45mmのポリプロピレン製のニューPPサンプル管（1-8506-05；マルエム, 大阪）をケーシングとし、湯浴後にモデルソーセージを取り出し易いように、このサンプル管の底部に直径1mmの穴を針で開けておき、サンプル番号を記入後にサンプル管の重量を測定した。サンプル管の底部から挽肉を40mmの高さまで注入し注された挽肉の重量（湯浴前重量）を求めた。これを2本作成し、すべてのサンプル管の底部の穴をビニールテープにより塞いだ。このサンプルを 80°C に設定したウォーターバス（THRMAL ROBO TR-2A；アズワン, 大阪）に浸漬し、中心温度が 75°C に達した後、1分間（厚生労働省 2020）

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、サンプル管から取り出したモデルソーセージの表面のドリップをペーパータオルで除去し、重量を測定し、湯浴前重量との差からクッキングロス（%）を求めた。次に、各モデルソーセージから直径25mmおよび厚さ10mmの円柱サンプルを作成し、卓上物性測定器（TPU-2C；山電, 東京）を用い、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、凝集性、付着性、およびガム性荷重を求めた。また、各モデルソーセージから直径25mmおよび厚さ10mmの円柱サンプルを作成し、分光測色計（CM-2500d；コニカミノルタ, 東京）を用いて直径25mmの面の L^* 値、 a^* 値、および b^* 値を測定した。

3. 統計処理

鹿挽肉のpHとモデルソーセージの L^* 値、 a^* 値、 b^* 値、クッキングロス、凝集性、付着性、およびガム性荷重との関係について単回帰分析を行い、回帰係数の有意性について検討を行った。

結果および考察

鹿挽肉のpHとモデルソーセージの色調との関係を図1に示す。鹿挽肉のpHとモデルソーセージの L^* 値（ $r = 0.62$ ； $P < 0.05$ ）および b^* 値（ $r = 0.77$ ； $P < 0.01$ ）との間に有意な負の相関が、また a^* 値との間に有意な正の相関（ $r = 0.62$ ； $P < 0.05$ ）が、それぞれ認められた。したがって、モデルソーセージの明度と黄色度は鹿挽肉のpHが高くなるのに伴って低くなり、一方でモデルソーセージの赤色度は鹿挽肉のpHが高くなるのに伴って高くなること示された。Trout（1989）は、鮮赤色を呈する色素タンパク質であるミオグロビンの熱変性は、pHが高い牛肉、豚肉、および七面鳥の筋肉では起こりにくいことを報告しており、本研究の結果と一致する。赤色度は消費者の評価と正の相関がある（Hulseggeら 2001）ことから、pHが高い鹿挽肉は低いものに比較して、モデルソー

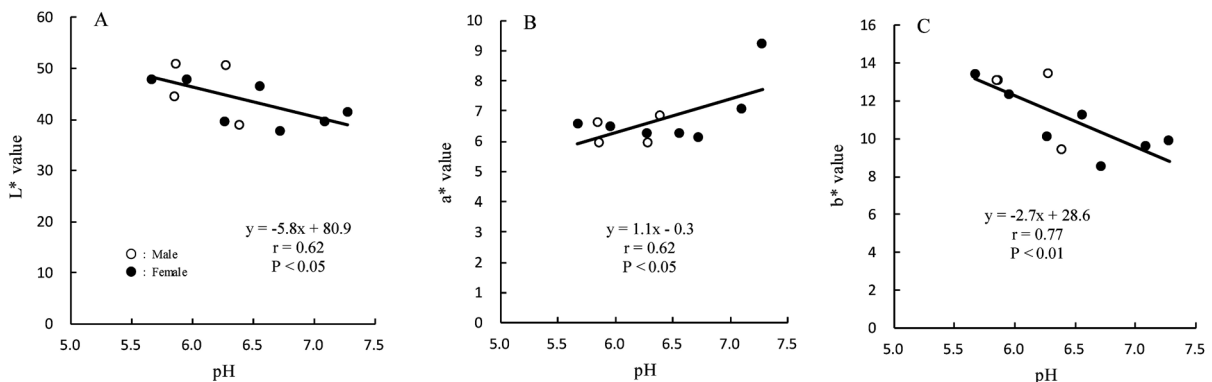


Figure 1 Relationships between mince pH and L^* value (A), a^* value (B), and b^* value (C) of venison model sausage from wild deer (n = 11). The pH was determined with the mince. The model sausages were produced by mixing NaCl (2.0% of mince weight) with the mince, and boiling at 80°C .

セージを製造した際の色調の評価が高くなる可能性が示された。

鹿挽肉の pH とモデルソーセージのクッキングロスとの関係を図 2 に、また鹿挽肉の pH とモデルソーセージの凝集性、付着性、およびガム性荷重との関係を図 3 に、それぞれ示す。鹿挽肉の pH とモデルソーセージのクッキングロスとの間に有意な負の相関が認められた ($r = 0.80$; $P < 0.01$)。また、鹿挽肉の pH とモデルソーセージの凝集性 ($r = 0.85$; $P < 0.01$) およびガム性荷重 ($r = 0.63$; $P < 0.05$) との間に有意な正の相関が、また付着性との間に有意な負の相関が認められた ($r = 0.65$; $P < 0.05$)。

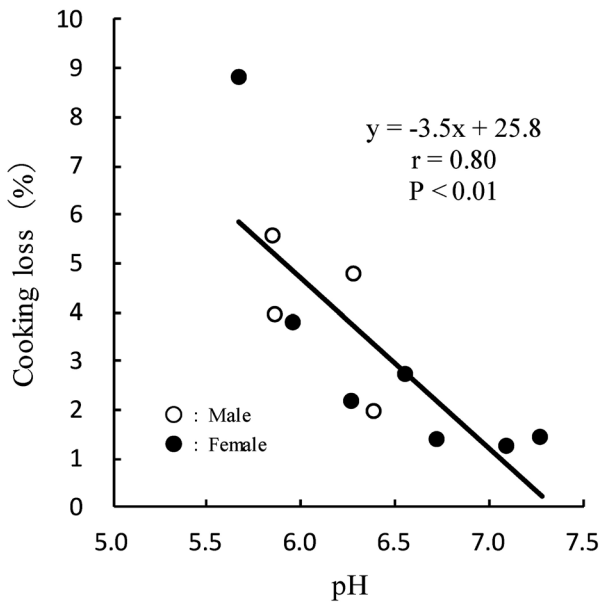


Figure 2 Relationship between mince pH and cooking loss of venison model sausage from wild deer ($n = 11$). The pH was determined with the mince. The model sausages were produced by mixing NaCl (2.0% of mince weight) with the mince, and boiling at 80°C.

したがって、モデルソーセージでは、鹿挽肉の pH が高くなるのに伴って加熱中の保水性、凝集性、およびガム性荷重が高くなり、一方で付着性は低くなることが示された。ミオシンは加熱によって三次元網目構造のゲルを形成し、ソーセージの保水性および結着性に大きな影響を及ぼす (石下 1996)。本研究において、鹿挽肉の pH が高くなるのに伴ってモデルソーセージの加熱中の保水性が高くなったのは、ミオシンの pH がミオシンの等電点である 5.5 (Foegeding と Lanier 1996) から高くなるのに伴って負の電荷が多くなり、ゲル内で電氣的反発が起こり、ゲル内に水分を保持するための容量が増えた (Liu ら 2008) ためであると考えられる。一般に、保水性が高い食肉は旨味成分の損失が少ないことが知られている (六車 2006)。したがって、pH が高い鹿挽肉は低いものに比較して、モデルソーセージを製造した際の食味性の評価が高くなる可能性が示された。また本研究において、鹿挽肉の pH が高くなるのに伴ってモデルソーセージの付着性が低くなったのは、ゲル内に多くの水分が保持されてべたつきが少なくなったためであると考えられる。Liu ら (2008) は、低い pH で形成されたミオシンの三次元網目構造は粗く、一方で高い pH で形成されたゲルは微細なものになることを報告している。したがって、鹿挽肉の pH が高くなるのに伴ってモデルソーセージの凝集性およびガム性荷重が高くなったのは、高い pH で形成されたゲルは微細であることから強固であるだけでなく弾力もあるためではないかと考えられる。

村元と丹野 (2017) は、牛肉ソーセージのテクスチャー特性と官能評価における口内でのばらけにくさとの関係から推定式を求め、凝集性が 0.34 以下、付着性が 2.59 kJ/m³ 以下、およびガム性荷重が 4.59 N 以下という、これらすべての値が適応された場合、食べた時にばらけやすく、あまり噛む必要のない食肉加工品であると評価されることを報告している。したがって本研究の結果から、pH が 6.97 以下の鹿挽肉から製造されたモデルソーセージはばらけに

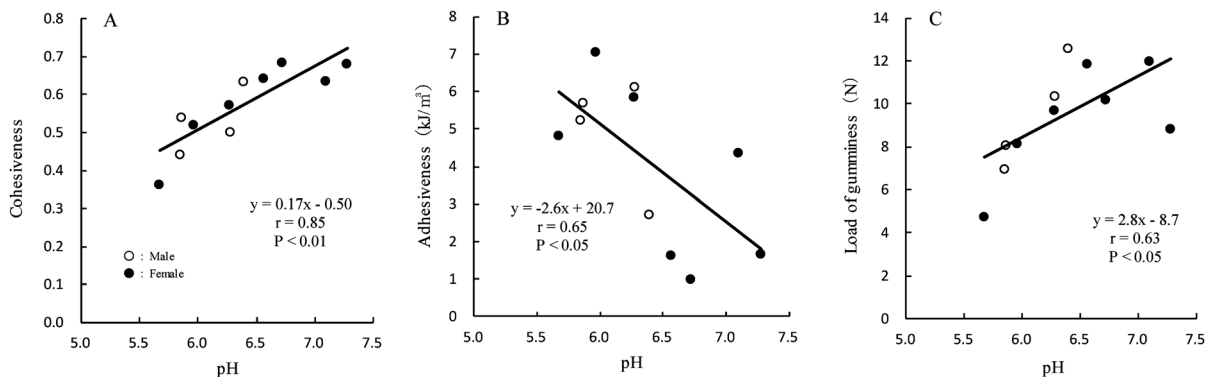


Figure 3 Relationships between mince pH and cohesiveness (A), adhesiveness (B), and load of gumminess (C) of venison model sausage from wild deer ($n = 11$). The pH was determined with the mince. The model sausages were produced by mixing NaCl (2.0% of mince weight) with the mince, and boiling at 80°C.

くいと評価される可能性が示された。また、村元と丹野(2017)は同じ報告の中で、牛挽肉にNaClを2%添加して製造した牛肉ソーセージの凝集性は0.44、付着性は6.4 kJ/m³、およびガム性荷重は6.7 Nであったとしている。一般に、ウシなど管理された家畜の筋肉のpHは約5.5であることが知られている。そこで、図3に示す各回帰式を用いてpHが5.5の場合の各値を求めると、凝集性は0.44、付着性は6.4 kJ/m³、およびガム性荷重は6.7 Nとなる。したがって、原材料となる挽肉のpHおよびNaClの添加割合が同じ場合、鹿肉のモデルソーセージと牛肉のモデルソーセージのテクスチャー特性には違いがない可能性が示された。今後は、一般的なソーセージを製造する際に使用されている亜硝酸塩などが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。また、pHが高い鹿挽肉で製造されたモデルソーセージを実際に喫食した際の評価を明らかにするため、官能評価による検討も行う必要があると考えられる。

謝 辞

鹿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

- Foegeding EA, Lanier TC, 1996. Characteristics of edible muscle tissues. *Food Chemistry* **3**, 169-178.
- Hulsegge B, Engel B, Buist W, Merkus GSM, Klont RE. 2001. Instrumental colour classification of veal carcasses. *Meat Science* **57**, 191-195.
- 石下真人. 1997. 食肉成分の加工特性. In: 沖谷明紘 (ed.), 肉の科学, 第二版. pp. 128-140. 朝倉書店, 東京.
- 環境省および農林水産省. 2013. 抜本的な鳥獣捕獲強化対策 [homepage in the Internet]. 農林水産省, 東京; [cited 20 January 2021]. Available from URL : <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/pdf/kyouka.pdf>
- 厚生労働省. 2020. 野生鳥獣肉の衛生管理に関する指針 (ガイドライン) [homepage in the Internet]. 厚生労働省, 東京; [cited 20 January 2021]. Available from URL : https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenshu/GLhonbun_1.pdf
- Liu R, Zhao S, Xiong S, Xie B, Qin L. 2008. Role of secondary structures in the gelation of porcine myosin at different pH values. *Meat Science* **80**, 632-639.
- 六車三治男. 2006. 食肉の加工特性. In: 齋藤忠夫 (ed.), 最新畜産利用学, 初版. pp. 131-141. 朝倉書店, 東京.
- 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.
- 村元隆行, 丹野さやか. 2017. 加熱挽肉のテクスチャー特性と官能評価におけるばらけにくさとの関係. *日本畜産学会報* **88**, 329-333.
- 中井瑞歩, 西山萌乃, 村元隆行. 2020. 鹿挽肉に添加したNaCl含量が鹿肉ソーセージの保水性およびテクスチャー特性に及ぼす影響. *日本畜産学会報* **91**, 127-130.
- 農林水産省農村振興局. 2021. 鳥獣被害の現状と対策 [homepage in the Internet]. 農林水産省, 東京; [cited 20 January 2021]. Available from URL : <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/attach/pdf/index-384.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.
- Shange N, Makasi TN, Gouws PA, Hoffman LC. 2018. The influence of normal and high ultimate muscle pH on the microbiology and colour stability of previously frozen black wildebeest (*Connochaetes gnou*) meat. *Meat Science* **135**, 14-19.
- Trout GR. 1989. Variation in Myoglobin Denaturation and Color of Cooked Beef, Pork, and Turkey Meat as Influenced by pH, Sodium Chloride, Sodium Tripolyphosphate, and Cooking Temperature. *Food Science* **54**, 536-540.
- 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—. *野生動物と社会* **1**, 1-5.
- 山本克博. 2015. 食肉の加工. In: 松石昌典 (ed.), 肉の機能と科学, 初版, pp. 134-160. 朝倉書店, 東京.

Relationships between mince pH and the physicochemical and textural properties of venison model sausage from wild deer

Takayuki MURAMOTO¹, Sakumi INOUE¹, Mizuho NAKAI², Yuiko SUZUKI²,
Kazunari KINOSHITA³ and Shigeki HIRATA⁴

¹ Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

² Graduate School of Arts and Sciences, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan

³ ISSEI Co. Ltd., Kakogawa 675-1217, Japan

⁴ 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)

This study examined the relationships between mince pH and the physicochemical and textural properties of venison model sausage made from wild deer. *M. longissimus thoracis* from wild deer (*Cervus Nippon*, n = 11) was ground and the pH of the mince were analyzed. NaCl (2.0% of mince weight) was added, mixed well, and the mince mixture was then boiled to produce the model sausage. Cooking losses, color, and textural profiles in the model sausages were analyzed. Significant negative correlations were found between mince pH and the L* and b* values of the model sausage. Significant positive correlation was found between mince pH and the a* value of the model sausage. Significant negative correlations were found between mince pH and cooking loss and adhesiveness of the model sausage. Significant positive correlations were found between mince pH and the cohesiveness and load of gumminess of the model sausage. These results suggest that as mince pH increased, meat color, water holding capacity during cooking, and deformation resistance of venison model sausage increased.

Nihon Chikusan Gakkaiho 92 (4), 471-475, 2021

Key words : color, deformation resistance, pH, venison model sausage, water holding capacity.