

Nutritional value and physicochemical properties of red deer and wild boar meat after frozen storage under vacuum

Wartość odżywcza i właściwości fizykochemiczne mięsa jeleni i dzików przechowywanego zamrażalniczo w warunkach próżniowych

Mariusz FLOREK*, Piotr SKAŁECKI, Piotr DOMARADZKI, Łukasz WOLAN and Małgorzata RYSZKOWSKA-SIWKO

University of Life Sciences in Lublin, Department of Commodity Science and Processing of Animal Raw Materials, Akademicka 13, 20-950 Lublin, Poland; *correspondence: mariusz.florek@up.lublin.pl

Abstract

The objective of the present research was the comparison of physicochemical properties of red deer and wild boar meat frozen under vacuum for 60 days and then cold stored during 7 days. The research material included vacuum-packed, frozen and stored for 60 days skeletal muscles from shoulder (deboned retail cut) of red deer (n=9) and wild boar (n=9). Following thawing, muscles were removed from the packaging and then cold stored 7 days. Measurements of physicochemical properties as follow: pH and electrical conductivity (1, 2, 3 and 7 d), CIE L*a*b* colour characteristics, parameters of water holding capacity and shear force test (1 and 7 d) were determined. The proximate composition of meat (contents of moisture, ash, protein and fat), as well water:protein ratio, energy value and nutritional quality index (NQI) for protein and fat were calculated. Red deer meat showed significantly ($P \leq 0.05$) lower content of fat and higher NQI for protein compared to wild boar. Muscles of both species stored for 3 d following thawing displayed pH below 6.0, and similar colour characteristics. However, cold storage significantly ($P \leq 0.05$) influenced the increase of lightness (L^*) and decrease of redness (a^*). Venison stored up to 7 d following thawing indicated significantly ($P \leq 0.05$) lower water holding capacity (higher cooking loss and free water amount). Meat of wild boar was significantly ($P \leq 0.05$) tougher (higher shear force and shear energy) than red deer. Although, the improvement of tenderness for meat of both species during cold storage was not observed up to 7 d following thawing, the red deer meat should be considered “tender”, and wild boar “intermediate”. The assessment of the nutritional value and physicochemical properties of retail elements from frozen venison indicate their high quality, fulfilling criteria for fresh meat in culinary and processing purposes.

Keywords: colour, proximate composition, shear force, venison, water holding capacity

Abstrakt

Celem podjętych badań było porównanie właściwości fizykochemicznych mięsa jeleni i dzików zapakowanego próżniowo i zamrożonego przez 60 dni, a następnie przechowywanego chłodniczo przez 7 dni. Materiał do badań stanowiły mięśnie szkieletowe z łopatki (element handlowy bez kości) jeleni szlachetnych (n=9) i dzików (n=9). Po rozmrożeniu elementów, mięśnie rozpakowywano i przechowywano w warunkach chłodniczych przez 7 dni, w trakcie których dokonywano pomiarów właściwości fizykochemicznych: pH i przewodności elektrycznej właściwej (w 1, 2, 3 i 7 dniu), wyróżników barwy wg CIE L*a*b*, parametrów wodochłonności i testu szerometrycznego (w 1 i 7 dniu). Oznaczono podstawowy skład chemiczny (zawartość wody, popiołu, białka i tłuszczu) oraz obliczono proporcję woda:białko, wartość kaloryczną i wskaźniki jakości odżywczej (NQI) dla białka i tłuszczu. Mięso jeleni zawierało istotnie ($P \leq 0,05$) mniej tłuszczu i charakteryzowało się wyższą wartością NQI dla białka w porównaniu do dzików. Mięśnie obu gatunków przechowywane do 3 dnia po rozmrożeniu wykazywało pH poniżej 6,0 oraz zbliżoną barwę. Jakkolwiek przechowywanie chłodnicze wpłynęło istotnie na zwiększenie jasności (L^*) i obniżenie udziału barwy żółtej (a^*). Dziczyzna przechowywana dłużej po rozmrożeniu wykazywała istotnie mniejszą wodochłonność ($P \leq 0,05$) (większy ubytek po gotowaniu i ilość wody wolnej). Mięso dzików było istotnie ($P \leq 0,05$) twardsze (większa siła i energia cięcia) od jeleni. Jakkolwiek nie obserwowano istotnej poprawy kruchości mięsa obu gatunków w czasie przechowywania chłodniczego do 7 dnia po rozmrożeniu, to mięso jeleni można zaklasyfikować jako „krucho”, a dzików jako „pośrednie”. Przeprowadzona ocena wartości odżywczej i właściwości fizykochemicznych mrożonych detalicznych elementów handlowych z dziczyzny upoważnia do stwierdzenia, że jest to dobry surowiec spełniający zarówno kryteria dla mięsa kulinarnego, jak i wymagania dla mięsa do przetwórstwa.

Słowa kluczowe: barwa, dziczyzna, siła cięcia, skład chemiczny, wodochłonność

Detailed abstract

In Poland hunting and venison consumption have long and proud tradition. The exceptional features of game meat result first of all from living environment of animals and their natural feed. Previously studies revealed that long time keeping of game carcasses at 4-6 °C does not significantly improve technological properties of meat, what should be taken into consideration during its storage and utilization. However, taking into account the internationalisation of trade for game meat of farmed venison (a long period of distribution) in accordance with practice in force chilling or freezing are used to cover the maximum shelf life of high value meat cuts. The objective of the present research was the comparison of physicochemical properties of red deer and wild boar meat frozen under vacuum for 60 days and then cold stored during 7 days. The research material included vacuum-packed, frozen and stored for 60 days (at -18 °C) skeletal muscles from shoulder of red deer (*Cervus elaphus*, n=9) and wild boar (*Sus scrofa*, n=9). Following thawing (at 4 °C, 36-48 h), muscles were removed from the packaging and then cold stored (at 4 °C) 7 days, during which the measurements of physicochemical properties were determined.

The PQM I-KOMBI (INTEK GmbH, Aichach, Germany) measurer was employed to determine the pH and electrical conductivity (EC, mS cm^{-1}) directly in muscle tissue 1, 2, 3 and 7 days following thawing. Other physicochemical properties were determined on days 1 and 7 following thawing. The meat colour was measured using a Minolta CR-310 (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan) portable chroma meter after the muscle sample had been removed from the vacuum bag, cut off to create a fresh surface and then bloomed for 30 min at 4 °C. The values were given in the CIE colour space (L^* , lightness; a^* , redness; b^* , yellowness). The filter paper press method (Grau and Hamm, 1952) was used to measure the amount of free water (mg) and M/T ratio (%). Cooking loss was expressed as a percentage of the initial weight of the meat sample (about 75 g) to samples after thermal treatment in the water bath at 70 °C for 60 min. Shear force (N) and shear energy (J) measurements on samples after cooking loss determination were carried out using a Zwick/Roell universal testing machine Proline BDO125 FB0.5TS (Zwick GmbH & Co., Ulm, Germany), a Warner-Bratzler device (V-blade) and TestXpert® II software. The moisture content was determined according to PN-ISO 1442:2000 by the drying method using a hot air oven (103 °C); total ash by incineration in a muffle furnace (550 °C) as described in PN-ISO 936:2000; a crude protein content (N \cdot 6.25) with the Kjeldahl method by a Büchi B-324 (Flawil, Switzerland) apparatus according to PN-A-04018:1975/Az3:2002; and total fat content by Soxhlet lipid extraction method using Büchi-B-811 (Flawil, Switzerland) equipment and n-hexane as a solvent presented by PN-ISO 1444:2000. The energy value of the meat was calculated on the grounds of the content of crude protein and fat, and expressed as $\text{kJ per } 100\cdot\text{g}^{-1}$ of fresh tissue. The nutritional quality index (NQI) for the protein and fat was calculated using an equation specified by Hansen et al. (1979), adopting the reference intakes for energy and selected nutrient (EU, 2011). The statistical analyses were performed using the SAS Enterprise Guide 6.1 software (SAS, 2013), using the pair-wise t-student test and Tukey's test. Red deer meat showed significantly ($P\leq 0.05$) lower content of fat and higher value of NQI for protein ($0.11 \text{ g } 100\cdot\text{g}^{-1}$ and 7.0) compared to wild boar ($0.83 \text{ g } 100\cdot\text{g}^{-1}$ and 6.6). Muscles of both species stored for 3 d following thawing displayed pH below 6.0, and similar colour characteristics. However, cold storage (1 vs. 7 d) significantly ($P\leq 0.05$) influenced the increase of lightness (33.38 vs. 36.16 for red deer, 33.25 vs. 34.86 for wild boar) and decrease of redness (24.64 vs. 21.62 for red deer, 25.13 vs. 23.05 for wild boar). The species did not influence the L^* and a^* values in following days of storage. Venison stored for longer (1 vs. 7 d) following thawing indicated significantly ($P\leq 0.05$) lower water holding capacity. The cooking loss increased significantly ($P\leq 0.05$) from 25.1% to 32.3% for red deer meat, and from 21.6% to 25.3% for wild boar. Similarly increase was observed in case of free water i.e. from 60.1 mg to 87.4 mg for red deer, and from 5.6 mg to 68.0 for wild boar. Meat of wild boar showed significantly ($P\leq 0.05$) higher shear force and shear energy than red deer (approximately 22 N and 0.14 J on 1 d, and 15.6 N and 0.10 J on 7 d). Although, the improvement of tenderness for meat of both species during cold storage was not observed up to 7 d following thawing, the red deer meat should be considered "tender", and wild boar "intermediate". Summing up, the assessment of the nutritional value and physicochemical properties of retail elements from frozen venison indicate their high quality, fulfilling criterions for fresh meat in culinary and processing purposes.

Wstęp

W Polsce myślistwo i wykorzystanie kulinarne dziczyzny mają długie i bogate tradycje. Na jakość mięsa zwierząt łownych wpływają gatunek, wiek i ich zdrowie oraz postępowanie z tuszami w pierwszych godzinach po odstrzale. W Polsce około 97% całej dziczyzny pozyskuje się z tusz dzików, saren i jeleni (GUS, 2015).

Wyjątkowe walory mięsa zwierząt łownych wynikają przede wszystkim z warunków ich życia i naturalnego pokarmu. Dziczyzna odznacza się ciemniejszą barwą w porównaniu z mięsem pozyskiwanym od zwierząt hodowlanych, co związane jest przede wszystkim z większą aktywnością ruchową, wyższą zawartością barwników mięśniowych oraz niepełnym wykrwawieniem tusz (Triumpf i in., 2012).

Mięso zwierząt dzikich wykazuje znaczną kruchość, wynikającą przede wszystkim z jego drobnowłóknistej struktury, a tym samym charakterystyki tkanki łącznej oraz wzmożonej aktywności enzymów proteolitycznych w trakcie wolniejszego wychładzania tusz (Wiklund i in., 2010; Żochowska-Kujawska i in., 2005). Dziczyzna charakteryzuje się ponadto znaczną soczystością, będącą skutkiem dużej liczby komórek tłuszczowych o bardzo małej średnicy, rozmieszczonych pomiędzy włóknami mięśniowymi i mięśniami (Żochowska-Kujawska i in., 2010). Jedną z najważniejszych zalet dziczyzny jest mała kaloryczność wynikająca z mniejszej, w porównaniu do zwierząt gospodarskich, zawartości tkanki tłuszczowej, jak również jej korzystniejszy profil lipidowy (Drozd i in., 1996, Florek i Drozd, 2013).

Mimo iż tradycyjnie dziczyzna uważana jest za mięso kulinarne, coraz częściej wykorzystywana jest w przetwórstwie, najczęściej do produkcji wędlin (szynek, polędwic, kiełbas i wędlin podrobowych) oraz konserw (Żochowska-Kujawska i in., 2012). Ze względu na długi okres dojrzewania dziczyzna nadaje się także do produkcji wędlin surowych dojrzewających (Żochowska-Kujawska i in., 2010). Jakkolwiek Żmijewski i Korzeniowski (2001) podają, że długie przechowywanie tusz dzików w temp. 4-6°C nie poprawia istotnie właściwości technologicznych mięsa, i ten aspekt należy brać pod rozwagę w trakcie jego magazynowania i wykorzystania. Szeroko stosowaną praktyką dla mięsa zwierząt łownych i fermowych jest natomiast schładzanie lub mrożenie z uwagi na charakter międzynarodowej wymiany handlowej (długi czas dystrybucji) (Wiklund i in., 2010).

Celem podjętych badań była ocena właściwości fizykochemicznych mięsa jeleni szlachetnych i dzików przechowywanych chłodniczo po wstępnym mrożeniu w warunkach próżniowych przez 60 dni.

Materiał i metody

Badaniami objęto mięso pozyskane z tusz dzików i jeleni dostarczonych do renomowanej firmy specjalizującej się w skupie i przerobie zwierzyny łownej w południowo-zachodniej Polsce. Udział firmy w rynku krajowym wynosi ok. 25%, a 95% sprzedaży kierowana jest za granicę m.in. do Niemiec, Francji, Włoch, Holandii, Austrii oraz Danii. Materiał do badań stanowiły zapakowane próżniowo w worki z folii PA/PE i zamrożone (-18 °C) mięśnie szkieletowe z łopatek jeleni (*Cervus elaphus*, n=9) i dzików (*Sus scrofa*, n=9) przechowywane zamrażalniczo przez 60 dni, pozyskane z elementów handlowych (łopatki bez kości) (Tabela 1). Elementy rozmrażano (4 °C, 36-48 godz.), a następnie mięśnie szkieletowe przechowywano w

warunkach chłodniczych (4 °C) do chwili wykonania oznaczeń w kolejnych dniach po rozmrożeniu.

Table 1. Specification of retail elements from shoulder of red deer and wild boar (mean ± standard deviation)

Tabela 1. Charakterystyka detalicznych elementów handlowych z łopatki jeleni i dzików (średnia ± odchylenie standardowe)

Specification Wyszczególnienie	Red deer Jeleń	Wild boar Dzik
Gross weight Masa brutto (g)	1615.0 ± 106.1	1662.5 ± 47.9
Net weight Masa netto (g)	1599.5 ± 118.1	1622.0 ± 51.8
Thawing loss (%) Wyciek po rozmrożeniu (%)	0.99 ^x ± 0.81	2.46 ^y ± 1.08

x, y – means in rows marked with different letters differ significantly $P \leq 0.05$

x, y – średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie $P \leq 0,05$

Zawartość wody w mięśniach oznaczono metodą suszenia (103 °C) według PN-ISO 1442:2000; popiołu metodą spopielenia w piecu muflowym (550 °C) według PN-ISO 936:2000; białka ogólnego (N-6,25) metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 według PN-A-04018:1975/Az3:2002; tłuszczu wolnego metodą Soxhleta (stosując n-heksan jako rozpuszczalnik) przy użyciu aparatu Büchi B-811 według PN-ISO 1444:2000. W oparciu o oznaczoną zawartość wody i białka obliczono liczbę Federa (W:B, proporcja zawartości wody – W do białka – B) charakteryzującą stopień uwodnienia białek mięśniowych. Wartość energetyczną 100 g mięsa obliczono w oparciu o zawartość białka ogólnego i tłuszczu wykorzystując fizyczne równoważniki energetyczne (23,6 kJ i 39,6 kJ) (Jeszka, 2010). Dla ww. składników odżywczych określono także wskaźnik jakości żywieniowej NQI (nutritional quality index) za pomocą wzoru podanego przez Hansena i in. (1979), przyjmując do obliczeń referencyjne wartości spożycia energii i składników odżywczych zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 (Dz.U. L 304 z 22.11.2011, str. 18).

Za pomocą aparatu PQM I-KOMBI firmy INTEK GmbH, bezpośrednio w tkance mięśniowej mierzono pH i przewodność elektryczną właściwą – EC (mS cm^{-1}) w 1, 2, 3 i 7 dniu przechowywania chłodniczego po rozmrożeniu.

Pomiary pozostałych właściwości fizykochemicznych wykonano w 1 i 7 dniu przechowywania chłodniczego. Pomiarów barwy dokonywano po 30-minutowej ekspozycji na tlen atmosferyczny w 4 °C świeżego przekroju powierzchni mięśni (w poprzek włókien mięśniowych) za pomocą miernika nasycenia barwy Minolta CR-310. Rejestrowano jasność metryczną (L^*), udział barwy czerwonej (a^*) i barwy żółtej (b^*) (CIE, 2004). Ilość wody wolnej (w mg) oznaczono wg Graua i Hamma (1957), wykorzystując bibułę filtracyjną Whatman No 1, naważkę 300 mg i stałą masę 2 kg przez 5 min. Pomiar (w cm^2) powierzchni naważki mięsa (M) i całkowitego

wycieku (T) wykonano za pomocą programu komputerowej analizy obrazu MultiScan Base ver. 14 i wyrażono procentowo jako $M/T \times 100$. Wyciek termiczny (na podstawie różnicy masy próby mięśnia przed i po obróbce termicznej) przeprowadzono w łaźni wodnej. Próby mięśni o masie ok. 75 g zamknięte w woreczkach foliowych ogrzewano w 70 °C przez 60 min, a następnie chłodzono pod bieżącą wodą przez 30 minut i przechowywano w 4 °C. Test szerometryczny wykonano za pomocą jednokolumnowej maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline B0.5 na próbach mięśni po ocenie wycieku termicznego. Siłę (N) i energię (J) cięcia mierzono za pomocą noża szerometrycznego Warner-Bratzlera (V-blade). Cięciu poddawano słupki mięśnia o dł. 4-5 cm i przekroju powierzchni cięcia 1 cm². Średnią wartość dla próbki obliczono na podstawie 5 powtórzeń. Wyniki pomiarów opracowano za pomocą programu TestXpert® II.

Analizę statystyczną wykonano wykorzystując program SAS Enterprise Guide 6.1 (2013) podając w tabelach wartość średnią i odchylenie standardowe. Różnice pomiędzy grupami (jelenie vs. dziki) dla składu chemicznego, pH i przewodności elektrycznej właściwej zweryfikowano przy pomocy testu t-Studenta. Istotność różnic dla właściwości fizykochemicznych uwzględniając gatunek (jelenie i dziki) oraz czas przechowywania chłodniczego (1 i 7 dzień) zweryfikowano testem Tukeya.

Wyniki i dyskusja

Wykazano, że mięso jelenia i dzika różniło się istotnie jedynie zawartością tłuszczu, która u dzików była niemal ośmiokrotnie wyższa w porównaniu do jeleni, przy czym jego udział nie przekraczał 1% (Tabela 2). W 100 g tkanki mięśniowej zawartość wody wahała się od 73,74 do 74,82 g, białka od 19,24 do 20,33 g, a popiołu od 1,01 do 1,07 g. Uwodnienie białek mięśniowych (proporcja W/B) u dzików było wyższe jedynie o 4,9% w porównaniu do jeleni (tab. 2). Wartość energetyczna 100 g mięsa obu gatunków była zbliżona ($P > 0,05$), aczkolwiek wskaźniki jakości żywieniowej NQI białka i tłuszczu u jeleni i dzików (7,0 vs. 6,6 i 0,03 vs. 0,20) różniły się istotnie ($P \leq 0,05$). Zbliżoną do prezentowanych wyników zawartość białka i popiołu w mięsie jelenia podają Drozd i in. (1996), odpowiednio 19,9-21,7% i 1,0-1,1%. Z kolei Daszkiewicz i in. (2013) w łopatce jeleni pozyskanych w Polsce i na Węgrzech podają wyższą zawartość białka (21,77 i 21,37%). Uzyskana w badaniach własnych proporcja wody do białka w mięsie jelenia (3,68) była wyższa w porównaniu do wartości podawanych przez Daszkiewicza i in. (2009) zarówno dla samic (3,42), jak i samców (3,32). Wyższy stopień uwodnienia białek mięśniowych z łopatki jeleni z Polski i Węgier (3,50 i 3,61) podają w innych badaniach Daszkiewicz i in. (2013). Uzyskana w prezentowanych badaniach zawartość tłuszczu w mięsie jeleni była niska w porównaniu z danymi literaturowymi. Mięso jeleni fermowych zawiera przeciętnie 0,6% tłuszczu, a dzikich 0,9% (Drozd i in., 1996). W zależności od płci jeleni Daszkiewicz i in. (2009) uzyskali przeciętny udział tłuszczu u samic 0,56%, a u samców 0,96%, a uwzględniając ich pochodzenie od 0,68% (jelenie z Węgier) do 1,07% (jelenie z Polski). W przypadku mięsa dzików Marsico i in. (2007) podają wyższą, w porównaniu do uzyskanych wyników, zawartość tłuszczu, białka i popiołu (1,55%, 25,87% i 1,23%) niższą natomiast wody (70,5%). Z kolei Żmijewski i Korzeniowski (2001) w szynce dzików z Polski oznaczyli zbliżoną do

prezentowanych wyników zawartość wody i popiołu (73,89% i 1,02%), wyższą natomiast białka i tłuszczu (21,39% i 2,76%).

Table 2. Chemical composition and nutritional value of shoulder of red deer and wild boar (mean \pm standard deviation)

Tabela 2. Skład chemiczny i wartość odżywcza łopatki jeleni i dzików (średnia \pm odchylenie standardowe)

Constituents and indexes Składniki i indeksy	Red deer Jeleń	Wild boar Dzik
Moisture (g 100·g ⁻¹) Woda (g 100·g ⁻¹)	74.82 \pm 0.98	73.74 \pm 0.93
Protein (g 100·g ⁻¹) Białko (g 100·g ⁻¹)	20.33 \pm 0.50	19.24 \pm 1.96
Fat (g 100·g ⁻¹) Tłuszcz (g 100·g ⁻¹)	0.11 ^x \pm 0.02	0.83 ^y \pm 0.04
Ash (g 100·g ⁻¹) Popiół (g 100·g ⁻¹)	1.07 \pm 0.03	1.01 \pm 0.10
Moisture:protein Woda:białko	3.68 \pm 0.12	3.86 \pm 0.41
Calorific value (kJ 100·g ⁻¹) Energia (kJ 100·g ⁻¹)	484.9 \pm 10.9	487.8 \pm 47.2
NQI*		
protein białko	7.0 ^y \pm 0.01	6.6 ^x \pm 0.01
fat tłuszcz	0.03 ^x \pm 0.002	0.20 ^y \pm 0.004

x, y – means in rows marked with different letters differ significantly $P \leq 0.05$

*NQI – nutritional quality index

x, y – średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie $P \leq 0,05$

*NQI – wskaźnik jakości żywieniowej

W czasie pierwszych dni przechowywania dziczyzny obserwowano zmianę pH mięsa, przy czym istotną ($P \leq 0,05$) różnicę pomiędzy mięsem ocenianych gatunków stwierdzono jedynie w 1 dniu pomiarów (Tabela 3). W przypadku mięsa jelenia zaobserwowano stały istotny ($P \leq 0,05$) wzrost, tzn. od 5,75 w 1 dniu, poprzez 5,94 w 2 i 5,97 w 3, aż do 6,07 w 7 dniu przechowywania. W przypadku dzika od 1 do 3 dnia pH nieznacznie zmniejszyło się z 5,93 do 5,86, a następnie istotnie ($P \leq 0,05$) wzrosło do 6,00. Zaobserwowano także zmiany przewodności elektrycznej właściwej mięsa. Zarówno w przypadku mięsa dzików, jak i jeleni od 1 do 2 dnia nastąpił spadek przewodności elektrycznej właściwej (EC), następnie zaś do 7 dnia wzrost powyżej wartości oznaczonej w 1 dniu.

Table 3. Changes of pH and electrical conductivity of red deer and wild boar muscle tissue during cold storage (mean \pm standard deviation)

Tabela 3. Zmiana pH i przewodności elektrycznej właściwej tkanki mięśniowej jeleni i dzików w czasie przechowywania chłodniczego (średnia \pm odchylenie standardowe)

Specification Wyszczególnienie	Red deer Jeleń	Wild boar Dzik
pH		
Day Dzień		
1	5.75 ^{a, x} \pm 0.05	5.93 ^{ab, y} \pm 0.11
2	5.94 ^b \pm 0.07	5.92 ^{ab} \pm 0.09
3	5.97 ^b \pm 0.06	5.86 ^a \pm 0.09
7	6.07 ^b \pm 0.08	6.00 ^b \pm 0.17
Electrical conductivity (mS cm ⁻¹) Przewodność elektryczna (mS cm ⁻¹)		
Day Dzień		
1	16.3 ^{ab} \pm 0.6	14.8 ^{ab} \pm 0.7
2	12.8 ^a \pm 1.2	11.7 ^a \pm 1.5
3	13.1 ^a \pm 0.7	13.5 ^a \pm 0.9
7	20.2 ^b \pm 0.9	18.5 ^b \pm 0.8

x, y – means in rows marked with different letters differ significantly $P \leq 0.05$

a, b – means in columns marked with different letters differ significantly $P \leq 0.05$

x, y – średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie $P \leq 0,05$

a, b – średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie $P \leq 0,05$

Nie stwierdzono istotnego wpływu gatunku na EC w kolejnych dniach pomiarów. Istotnie najwyższą wartość EC w mięsie obu gatunków oznaczono 7 dnia obserwacji i wartości te różniły się istotnie ($P \leq 0,05$) z pomiarami wykonanymi 2 i 3 dnia. Uzyskane w badaniach własnych pH mięsa z łopatki było zbliżone do wartości podawanych przez Daszkiewicza i in. (2013) dla jeleni z Węgier i Polski (5,88 i 5,90). W przypadku mięsa dzika Marchiori i Felicio (2007) obserwowali spadek pH w czasie pierwszych 48 godzin po uboju z 6,2 aż do 5,6. Żmijewski i Korzeniowski (2001) uzyskali natomiast wzrost pH mięśni z szynki dzików z 5,47 w 24 godz. *post-mortem* do 5,74 w 288 godz. w trakcie poubojowego dojrzewania tusz dzików w temperaturze 4–6 °C. Należy jednak zaznaczyć, że w prezentowanych badaniach pH oznaczano w mięsie świeżym po okresie wstępnego przechowywania zamrażalniczego przez 60 dni.

Ocena wyróżników barwy mięśni jeleni wykazała istotny wzrost jasności (L^*) z 33,38 w 1. dniu do 36,16 w 7. dniu przechowywania oraz istotny spadek udziału barwy czerwonej (a^*) z 24,64 do 21,62 (Tabela 4). W przypadku mięsa dzika stwierdzono

podobny trend, odpowiednio dla L^* - 33,25 i 34,86 i a^* - 25,13 i 23,05. Udział barwy żółtej (b^*) był zbliżony ($P>0,05$) w mięsie porównywanych gatunków. Nie stwierdzono również istotnego zróżnicowania L^* i a^* pomiędzy gatunkami w kolejnych dniach przechowywania chłodniczego. Jasność mięśni z łopatki uzyskana w badaniach własnych w 1 dniu ($L^*=33,38$) była zbliżona do wartości 33,49 podawanej przez Daszkiewicza i in. (2013) dla jeleni z Polski i Węgier. W przypadku udziału barwy czerwonej wykazano natomiast znaczną rozbieżność pomiędzy wynikami własnymi ($a^*=24,64$), a wartościami uzyskanymi przez Daszkiewicza i in. (2009) dla samic i samców jelenia (18,78 i 18,63) oraz jeleniami z Polski i Węgier (15,06 i 15,27) (Daszkiewicza i in., 2013). Jeszcze większe różnice stwierdzono w przypadku parametru b^* (barwy żółtej), bowiem w badaniach własnych uzyskano wartości w zakresie 1,6-1,7, natomiast Daszkiewicz i in. (2009, 2013) podają wartości od 12,08 do 13,10.

Table 4. Changes of colour (CIE $L^*a^*b^*$), water holding capacity and W-B shear force test parameters of red deer and wild boar muscle tissue during cold storage (mean \pm standard deviation)

Tabela 4. Zmiana parametrów barwy (CIE $L^*a^*b^*$), wodochłonności i testu szperometrycznego W-B tkanki mięśniowej jeleni i dzików w czasie przechowywania chłodniczego (średnia \pm odchylenie standardowe)

Specification Wyszczególnienie	Red deer Jeleń		Wild boar Dzik	
	Day Dzień			
	1	7	1	7
Lightness – L^* Jasność – L^*	33.38 ^a \pm 1.03	36.16 ^b \pm 1.39	33.25 ^a \pm 1.09	34.86 ^{ab} \pm 0.90
Redness – a^* Barwa czerwona – a^*	24.64 ^b \pm 0.49	21.62 ^a \pm 0.04	25.13 ^b \pm 0.69	23.05 ^{ab} \pm 1.46
Yellowness – b^* Barwa żółta – b^*	1.59 \pm 0.61	1.75 \pm 0.20	1.97 \pm 0.21	1.58 \pm 1.96
M/T* ratio (%) M/T* (%)	39.2 ^c \pm 5.3	25.2 ^a \pm 2.3	44.3 ^c \pm 4.5	29.2 ^b \pm 0.5
Free water G-H (mg) Woda wolna G-H (mg)	60.1 ^b \pm 3.6	87.4 ^c \pm 0.8	51.6 ^a \pm 7.2	68.0 ^b \pm 1.4
Cooking loss (%) Wyciek termiczny (%)	25.1 ^b \pm 0.2	32.3 ^c \pm 0.6	21.6 ^a \pm 1.8	25.3 ^b \pm 1.4
W-B shear force (N) Siła cięcia W-B (N)	39.7 ^a \pm 6.2	39.6 ^a \pm 0.1	61.7 ^b \pm 10.1	55.4 ^b \pm 6.7
W-B shear energy (J) Energia cięcia W-B (J)	0.13 ^a \pm 0.03	0.12 ^a \pm 0.02	0.27 ^b \pm 0.05	0.22 ^b \pm 0.02

a, b, c – means in rows marked with different letters differ significantly $P\leq 0.05$

* M/T ratio = meat area/total area \times 100

a, b, c – średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się istotnie $P\leq 0,05$

* M/T proporcja = powierzchnia mięsa/powierzchnia całkowita \times 100

Uzyskane różnice dla chromatycznych parametrów barwy, mogły być związane z faktem ich oznaczenia przez cytowanych autorów w próbach zmielonego mięsa, a nie na zachowanej (jak w badaniach własnych) anatomicznie tkance mięśniowej. Marsico i in. (2007) dla mięsa dzika podają znacznie wyższą, w porównaniu do wyników własnych, jasność ($L^*=43,62$), blisko dziesięciokrotnie wyższy udział barwy żółtej ($b^*=11,97$) oraz dwukrotnie niższy udział barwy czerwonej ($a^*=12,39$). Marchiori i Felicio (2003) oceniając zmianę wyróżników barwy mięśni po 24 i 48 godz. *post mortem*, w przypadku *longissimus dorsi* – LD odnotowali spadek wartości L^* i b^* odpowiednio z 51,39 do 48,92 i 13,24 do 12,99, natomiast dla *semimembranosus* - SM nieznaczny wzrost z 50,38 do 51,42 i 10,92 do 13,10, Obserwowali także zwiększenie wartości parametru a^* zarówno dla LD, jak i SM (z 7,94 do 9,50 i z 8,30 do 9,06).

Proporcja M/T w 1. dniu wynosiła przeciętnie 39,2% dla jelenia i 44,3% dla dzika ($P \leq 0,05$). W 7. dniu obserwowano istotne ($P \leq 0,05$) obniżenie wartości tej proporcji u obu gatunków tj. do 25,2% u jeleni i 29,2% u dzików. Istotnie ($P \leq 0,05$) wyższą ilością wody wolnej odznaczało się mięso jeleni odpowiednio 60,1 mg w 1 dniu i 87,4 mg w 7 dniu. W mięsie obu gatunków obserwowano ponadto istotny wzrost zawartości wody wolnej oraz wycieku termicznego w okresie 7 dniowego przechowywania chłodniczego. Istotnie najniższą stratę po obróbce termicznej stwierdzono w mięsie dzików w 1 dniu, najwyższą natomiast w mięsie jeleni po 7 dniach przechowywania. Wyniki własne dotyczące wycieku termicznego z mięsa jeleni (25,1% i 32,3%) są generalnie niższe od tych podawanych przez Daszkiewicza i in. (2009) dla samców i samic (36,5% i 32,42%) oraz w innych badaniach Daszkiewicza i in. (2013) dla mięsa z łopatek jeleni z Polski (37,73%) i Węgier (40,68%). Należy jednak zaznaczyć, że cytowani autorzy obróbkę cieplną przeprowadzali w temperaturze 80 °C, tj. o 10 °C wyższej niż w badaniach własnych. Wiklund i in. (2010) obserwowali bardzo zmienny zakres wycieku termicznego z mięsa jeleni w trakcie jego przechowywania w temp. -1,5 °C, tzn. po 9 tyg. od 21% do 31%, zaś po 14 tyg. od 24% do 30%. Wyższy od uzyskanego w prezentowanych badaniach wyciek termiczny z mięsa dzików (31,22%) podają Marsico i in. (2007). Żmijewski i Korzeniowski (2001) w trakcie dojrzewania mięśni z szynki dzików przez 144 i 288 godz. stwierdzili wyciek na poziomie odpowiednio 34,7 i 33,5%.

Stwierdzono istotny wpływ gatunku na parametry testu szerometrycznego (Tabela 4). Niezależnie od okresu przechowywania chłodniczego, istotnie niższą siłą i energią cięcia oznaczono w mięsie z łopatki jelenia. Zarówno w 1. jak i 7. dniu siła i energia cięcia dla tego gatunku były praktycznie takie same. W przypadku mięsa dzika pomimo stwierdzonego spadku siły i energii cięcia z odpowiednio 61,7 N do 55,4 N i z 0,27 J do 0,22 J, nie odnotowano statystycznie istotnych różnic. Wiklund i in. (2010) oceniając wpływ przechowywania mięsa jeleni w temperaturze -1,5 °C wykazali po 3 tyg. jedynie niewielką poprawę kruchości, a końcowa siła cięcia po 14 tyg. wahała się od 32,4 N do 42,2 N, tj. w zakresie zbliżonym do uzyskanego w prezentowanych badaniach. Żmijewski i Korzeniowski (2001) uzyskali natomiast istotne zmniejszenie siły cięcia dla mięśni z szynki dzików w czasie ich dojrzewania przez 144 i 288 godz. (41,9 i 37,8 N) w porównaniu do siły początkowej oznaczonej po 24 godz. (48,7 N). Destefanis i in. (2008) porównując kruchość mięsa wołowego ocenionego sensorycznie przez konsumentów z instrumentalnie zmierzoną siłą cięcia Warner-Bratzlera określili wartość graniczną dla mięsa „kruchoego” na poziomie

42,9 N. Podobnie we wcześniejszych badaniach Shackelford i in. (1991) przyjęli dla wołowiny detalicznej jako wartość progową siłę cięcia W-B = 45,1 N. Porównując uzyskane w badaniach własnych wyniki mięso jeleni zakwalifikować można jako „kruche”, a mięso dzików jako „pośrednie”.

Podsumowanie

Mięśnie jelenia i dzika przechowywane do 3 dnia po rozmrożeniu wykazywała pH nie wyższe niż 6,0. Zawartość podstawowych składników chemicznych w mięsie ocenianych gatunków zwierząt była zbliżona z wyjątkiem tłuszczu, którego istotnie wyższy udział oznaczono w mięsie dzików. Mięso ocenianych gatunków było niskokaloryczne oraz charakteryzowało się korzystnym wskaźnikiem jakości odżywczej dla białka. Tkanka mięśniowa jeleni i dzików nie różniła się istotnie w zakresie wyróżników barwy. W czasie przechowywania chłodniczego mięsa obu gatunków odnotowano istotny wzrost jasności (L^*) i spadek udziału barwy czerwonej (a^*). Dzikich dłużej przechowywana po rozmrożeniu wykazywała istotnie mniejszą wodochłonność (większa ilość wody wolnej i większy wyciek termiczny). Mięso dzika było istotnie twardsze (wyższa siła i energia cięcia) w porównaniu do mięsa jelenia. Nie stwierdzono istotnego wpływu przechowywania chłodniczego na poprawę kruchości mięsa obu ocenianych gatunków dziczyzny. Przeprowadzona ocena wartości odżywczej i właściwości fizykochemicznych mrożonych elementów handlowych z dziczyzny upoważnia do stwierdzenia, że jest to dobry surowiec spełniający zarówno kryteria dla mięsa kulinarnego, jak i wymagania dla mięsa do przetwórstwa.

Piśmiennictwo

CIE (2004) Colorimetry. 3rd edition. Vienna: Commission International de l'Eclairage.

Daszkiewicz, T., Janiszewski, P., Wajda, S. (2009) Quality characteristics of meat from wild red deer (*Cervus elaphus* L.) hinds and stags. *Journal of Muscle Foods*, 20, 428-448. DOI: [10.1111/j.1745-4573.2009.00159.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00159.x)

Daszkiewicz, T., Wilga, K., Janiszewski, P., Śmiecińska, K., Kubiak, D. (2013) Porównanie jakości mięsa jeleni szlachetnych (*Cervus elaphus* L.) pozyskanych na terenie Polski i Węgier. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (89), 77-89. [Online] Available at: [http://www.ptz.org/zyw/wyd/czas/2013,%204\(89\)/06_Daszkiewicz.pdf](http://www.ptz.org/zyw/wyd/czas/2013,%204(89)/06_Daszkiewicz.pdf) [Accessed 10 May 2016].

Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M.T., Dal Molin E. (2008) Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science*, 78, 153-156. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.05.031](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.031)

Drozd, L., Gruszecki, T., Florek, M. (1996) Kvalitatívna analýza svaloviny čelade jeleňovitých z voľnej prírody a farmového chovu. In: Hell, P., Slamečka, J., Zborník referátov z celoštátnej konferencie s medzinárodnou účasťou Chov zveri v meniacich sa spoločenských a ekologických podmienkach. Nitra, Slovensko, 12-13 marca 1996, Nitra, Slovensko: Výskumný ústav živočíšnej výroby.

- Florek, M., Drozd, L. (2013) Związki bioaktywne w mięsie jeleniowatych. *Medycyna Weterynaryjna*, 69 (9), 535-539. [Online] Available at: <http://medycynawet.edu.pl/images/stories/pdf/pdf2013/092013/201309535539.pdf> [Accessed 10 May 2016].
- Hansen, R.G., Wyse, B.W., Sorenson, A.W. (1979) *Nutrition quality index of food*. Westport: AVI Publishing Co.
- Grau, R., Hamm, R. (1953) Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaft*, 40, 29-30. DOI: [10.1007/BF00595734](https://doi.org/10.1007/BF00595734)
- GUS (2015) *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. [Online] Warszawa: Zakład Wydawnictw Statystycznych. Available at: http://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/6/9/1/rocznik_statystyczny_rolnictwa_2015.pdf [Accessed 10 May 2016].
- Jeszka, J. (2010) Energia In: J. Gawęcki, ed. (2010) *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 146-150.
- Marchiori, A. F., De Felicio, P. E. (2003) Quality of wild boar meat and commercial pork. *Scientia Agricola*, 1 (60), 1-5. DOI: [10.1590/S0103-90162003000100001](https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000100001)
- Marsico, G., Rasulo, A., Dimatteo, S., Tarricone, S., Pinto, F., Ragni, M. (2007) Pig, F₁ (wild boar×pig) and wild boar meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 6 (Suppl. 1), 701-703. DOI: [10.4081/ijas.2007.1s.701](https://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.701)
- SAS (2013) *Enterprise Guide 6.1*. Cary: SAS Institute Inc.
- Shackelford, S.D., Morgan, J.B., Cross, H.R., Savell, J.W. (1991) Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal of Muscle Foods*, 2, 289-296. DOI: [10.1111/j.1745-4573.1991.tb00461.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1991.tb00461.x)
- Triumpf, E.C., Purchas, R.W., Mielnik, M., Maehre, H.K., Elvevoll, E., Slinde, E., Egelandsdal, B. (2012) Composition and some quality characteristics of the longissimus muscle of reindeer in Norway compared to farmed New Zealand red deer. *Meat Science*, 90, 122-129. DOI: [10.1016/j.meatsci.2011.06.011](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.011)
- Wiklund, E., Dobbie, P., Stuart, A., Littlejohn, R.P. (2010) Seasonal variation in red deer (*Cervus elaphus*) venison (*M. longissimus dorsi*) drip loss, calpain activity, colour and tenderness. *Meat Science*, 86, 720-727. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.06.012](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.06.012)
- Żmijewski, T., Korzeniowski, W. (2001) Technological properties of wild boars meat. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 4, #2. [Online] Available at: <http://www.ejpau.media.pl/volume4/issue2/food/art-02.html> [Accessed 10 May 2016].
- Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., Gajowiecki L., Sobczak, M., Kotowicz, M., Żych, A. (2005) Effects of carcass weight and muscle on texture, structure and myofibre characteristics of wild boar meat. *Meat Science*, 71, 244-248. DOI: [10.1016/j.meatsci.2005.03.019](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.019)

Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., Sobczak, M., Bienkiewicz, G. (2010) Utility for production of massaged products of selected wild boar muscles originating from wetlands and an arable area. *Meat Science*, 85, 461-466. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.02.016](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.016)

Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., Sobczak, M. (2012) Effects of fibre type and kefir, wine lemon, and pineapple marinades on texture and sensory properties of wild boar and deer longissimus muscle. *Meat Science*, 92, 675-680. DOI: [10.1016/j.meatsci.2012.06.020](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.06.020)