Wpływ okresu dojrzewania na właściwości fizykochemiczne mięśnia longissimus lumborum buhajków pięciu ras

PIOTR DOMARADZKI, ZYGMUNT LITWIŃCZUK*, MARIUSZ FLOREK, PAWEŁ ŻÓŁKIEWSKI*

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, *Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Otrzymano 27.07.2017

Zaakceptowano 27.10.2017

Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Żółkiewski P.

Effect of ageing on the physicochemical properties of musculus longissimus lumborum of young bulls of five breeds

Summary

Recent years have seen increasing interest in the conservation and use of native breeds of livestock raised in traditional farming systems. The experience of many European countries shows that promotion of raw materials and products derived from these breeds through a labelling system has a beneficial effect on the sustainable development of rural areas, contributes to preservation of the cultural heritage of the countryside, and increases the population of the breeds. As yet no beef produced in Poland has been included on the European list of traditional and regional products. For this reason we conducted a study to evaluate selected physicochemical properties of the meat of young bulls of three native breeds, Polish Red, White-Backed and Polish Black-and-White, compared with the meat of young Simmental and Polish Holstein-Friesian bulls, during a 14-day ageing of vacuum-packed meat. The following parameters were measured in m. longissimus lumborum (MLL) taken from half carcasses of 50 young bulls (10 from each breed): pH, electrical conductivity (45 min., 24 h, 2, 7 and 14 days post mortem), colour (according to CIE L*a*b*), shear force and energy. The water-holding capacity of the meat (drip loss, cooking loss and free water by the Grau-Hamm method), TBARS value (on days 2, 7 and 14) and content of haem pigments were determined as well.

The physicochemical parameters of the MLL muscle obtained from the native Polish breeds of bulls (Polish Red, White-Backed and Polish Black-and-White) had intermediate values between those of Polish Holstein-Friesian (dairy type) and Simmental (dual-purpose) cattle. No qualitative deviations, such as those associated with DFD syndrome (pH 48 h in the range of 5.51-5.72), were found in any of the samples, which indicates that the raw material is well suited to the production of beef for culinary purposes.

The breed of cattle was found to significantly influence the water-holding capacity parameters. The highest ($P < 0.001$) drip loss was reported on the 14th day post mortem for the MLL of young bulls of the Simmental (6.89%) and Polish Red breeds (6.47%). The highest cooking loss was found on the 7th day post mortem in the MLL of young bulls of the Polish Holstein-Friesian (30.66%) and Simmental breeds (30.92%). Significantly ($P < 0.01$) the least favourable water-holding capacity (the largest amount of free water) was shown by the muscle of young bulls of the Simmental breed on the 2nd day post mortem (75.31 mg) and the Polish Red breed on the 7th and 14th days post mortem (67.42 mg and 60.36 mg, respectively). On the 2nd and 7th days post mortem, the most tender MLL muscle was found (according to WBSF shear force) in the Polish Holstein-Friesian (76.8 N and 69.3 N) and Polish Black-and-White breeds (89.5 N and 59.1 N). On the last, 14th day of ageing, the instrumental WBSF shear force for the breeds evaluated was definitely more homogeneous and did not differ significantly (shear force in the range of 56.3-65.7 N; $P > 0.05$). Compared to the muscle of native breeds, that of the Polish Holstein-Friesians showed significantly lower haem pigments (on average 35 ppm less; $P < 0.01$) and a lower proportion of redness (a^*) ($P < 0.01$) on the 2nd and 7th days post mortem. The MLL muscle of young bulls of the Polish Red breed had the lowest ($P < 0.01$) percentage content of yellowness (b^*) during the whole ageing period. Significantly ($P < 0.01$) lower oxidative stability (higher TBARS value) was found in the meat from young bulls of the Polish Holstein-Friesian breed (on the 2nd and 7th days post mortem) and the White-Backed breed (on the 14th day) compared to all other breeds analysed. In general, the ageing time had a positive influence on the muscle quality, as the determinants of the visual and sensory attractiveness of the meat, which are also important in the meat industry, remained stable (pH), improved (colour and water-holding capacity G-H) or became more similar among the breeds (tenderness assessed on the basis of shear force, cooking loss).

Keywords: beef, ageing, meat quality, native breeds

Na jakość mięsa wpływa szereg czynników, zarówno genetycznych (rasa, płeć), fizjologicznych (wiek), jak również środowiskowych: żywienie, warunki utrzymania i transportu zwierząt, sposób przeprowadzenia uboju i obróbki poubojowej czy wreszcie postępowanie z tuszami po uboju oraz sposób przechowywania samego surowca (33, 64).

Obecnie konsumenci coraz częściej poszukują żywności o szczególnych walorach dietetycznych i prozdrowotnych. Wołowina pod tym względem należy do najbardziej cenionych gatunków mięs (40, 54). Świadomi nabywcy coraz większą wagę przywiązują również do systemów produkcji żywności oraz jej pochodzenia (50, 63).

Lokalne rasy bydła są doskonale przystosowane do wykorzystania naturalnych pasz, często w bardzo trudnych warunkach środowiskowych (tereny górskie, podmokłe), w których wyspecjalizowane rasy transgraniczne wykorzystywane w intensywnej produkcji towarowej (np. holsztyńsko-fryzyjska) nie sprawdzają się (23, 32). Obecnie w bazie danych FAO DAD-IS (www.fao.org/dad-is) dla krajów europejskich umieszczono 618 ras bydła, w tym 547 sklasyfikowanych zostało jako lokalne (występujące tylko w jednym kraju), lub regionalne (występujące w więcej niż jednym kraju w danym regionie).

Rasy rodzime przetrwały głównie na obszarach, gdzie intensywne (wysokonakładowe) systemy produkcji nie zostały wdrożone ze względów ekonomicznych, kulturowych lub środowiskowych (20). W Polsce programem ochrony zasobów genetycznych objęte są 4 rodzime rasy bydła. Rasy polska czerwono-biała i polska czarno-biała są sklasyfikowane wg FAO DAD-IS jako niezagrożone, natomiast polska czerwona i białogrzbieta jako zagrożone.

Bydło polskie czerwone jest najstarszą polską rasą (uważane za bydło słowiańskie). Zaliczane jest do grupy bydła brachycerycznego, czyli pochodzącego od тура mniejszego (*Bos taurus brachyceros*). Obecnie utrzymywane jest głównie na terenie Polski południowej, w rejonach górskich i pogórskich (31, 39).

Bydło białogrzbieta występowało od wieków na terenach Polski, a szczególnie w dorzeczu Wisły, Bugu i Narwi. Do Polski sprowadzono je najprawdopodobniej z terenów basenu Morza Bałtyckiego, być może przez Szwedów. Cechą charakterystyczną jest biały pas na grzbiecie, wąski na kłębie, a rozszerzający się ku zadowi i obejmujący całą szerokość miednicy. Występuje w dwóch odmianach barwnych: czarnej i czerwonej (31).

Polskie bydło czarno-białe wywodzi się od czarno-białego bydła holenderskiego i niemieckiego sprowadzanego na ziemie polskie już w średniowieczu. W Polsce bardzo dobrze się zaaklimatyzowało, a powszechność jego występowania spowodowała, że uznano je za polską rasę nazywaną nizinna czarno-biała. Od lat 70. ubiegłego wieku bydło nizinne czarno-białe poddawano uszlachetnianiu rasą holsz-

tyńsko-fryzyjską w celu poprawy cech użytkowości mlecznej. W konsekwencji w 2005 r. przyjęto nową nazwę dla tej rasy, tj. polska holsztyńsko-fryzyjska odmiany czarno-białej reprezentującą wyraźnie mleczny typ użytkowy. Chcąc zachować w Polsce bydło czarno-białe w starym typie budowy i użytkowości mięsno-mlecznej, w 2007 r. podjęto decyzję o objęciu istniejącej jeszcze populacji tego bydła programem ochrony zasobów genetycznych (31).

Jednym z najsukuteczniejszych działań gwarantujących trwałość użytkowania ras rodzimych jest promowanie pochodzących od nich surowców i wytwarzanych na bazie tych surowców produktów regionalnych (20, 50). Doświadczenia wielu krajów zachodnioeuropejskich wskazują, że wyroby takie, aby być rozpoznawane na rynku, tzn. kojarzone z konkretną rasą lub/i regionem i uzyskiwać stosowną cenę, powinny zostać odpowiednio oznaczone np. chronioną nazwą pochodzenia, chronionym oznaczeniem geograficznym, świadectwem gwarantowanej tradycyjnej specjalności bądź wyróżnione innym znakiem jakościowym (20, 21, 60). Działania takie przyczyniają się do poprawy efektywności i dochodowości gospodarstw utrzymujących lokalne rasy bydła, co w konsekwencji znacząco wpływa na rozwój hodowli danej rasy (27). Wymaga to zaangażowania i ścisłej współpracy hodowców, przedsiębiorców, detalistów, ośrodków naukowych, mediów, władz, organizacji i stowarzyszeń, zwłaszcza tych lokalnych.

Kulinarne mięso wołowe spożywają przede wszystkim konsumenci świadomi, którzy decydują się na jego zakup mimo wyższej ceny. Oczekują jednak, że poniesione koszty zostaną zrekompensowane przez wysoką jakość mięsa (11, 36, 56). W opinii konsumentów jakość wołowiny determinowana jest licznymi właściwościami, ocenianymi początkowo w momencie zakupu, a następnie finalnej konsumpcji. Podczas zakupu konsument zwraca przede wszystkim uwagę na barwę, marmurkowatość, konsystencję i zapach mięsa. Po obróbce termicznej najważniejszymi wyróżnikami wołowiny są z kolei kruchość, smakowitość i soczystość (27, 56, 64). Należy mieć na uwadze, że ten cenny surowiec w celu uzyskania wysokiej wartości kulinarnej wymaga dodatkowych zabiegów. Wołowina obok wysokiej wartości odżywczej musi dostarczać bowiem określonych wrażeń sensorycznych. Jednym z najbardziej popularnych zabiegów przyczyniających się do poprawy jakości konsumpcyjnej wołowiny jest poubojowe dojrzewanie, prowadzone najczęściej w warunkach beztlenowych (tzw. dojrzewanie mokre). Pakowanie próżniowe jest ważnym elementem współczesnej dystrybucji mięsa świeżego, umożliwia bowiem jego długoterminowe przechowywanie w warunkach chłodniczych, co jest wynikiem ograniczenia rozwoju mikroflory tlenowej oraz niekorzystnych zmian związanych z utlenianiem składników mięsa m.in. barwników i lipidów mięsnych (13, 17, 51, 60).

W ostatnim okresie opublikowano kilka prac dotyczących polskich rodzimych ras bydła (12, 29, 31, 34, 35), w których wykazano ich dobrą przydatność do opasu półintensywnego w oparciu o pasze z trwałych użytków zielonych i relatywnie wysoką wartość rzeźną (35). Scharakteryzowano także jakość mięsa (29, 34), ze szczególnym uwzględnieniem składników mineralnych i profilu kwasów tłuszczowych (12, 32). W dostępnym piśmiennictwie brak jest jednak prac dotyczących przydatności mięsa pozyskiwanego od tych zwierząt do produkcji wołowiny kulinarnej. W unijnym rejestrze produktów tradycyjnych i regionalnych nie umieszczono dotychczas żadnej wołowiny pozyskiwanej od rodzimej polskiej rasy bydła.

W zawiązku z powyższym podjęto badania, których celem była ocena wybranych właściwości fizykochemicznych mięsa buhajków trzech rodzimych ras – polskiej czerwonej, białogrzbietej i polskiej czarno-białej w porównaniu do mięsa buhajków rasy simentalskiej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, w okresie jego 14-dniowego dojrzewania chłodniczego w warunkach próżniowych.

Materiał i metody

Badaniami objęto 50 buhajków pięciu ras bydła (po 10 osobników), tj. rasy polskiej czerwonej, białogrzbietej, polskiej czarno-białej, simentalskiej oraz polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej.

Buhajki po okresie odchowu (do wieku ok. 6 m-cy), kierowano na ok. 12-miesięczny opas w systemie półintensywnym, a następnie w wieku ok. 18 miesięcy poddawano ubojowi. Średnia masa ciała buhajków przed ubojem wynosiła odpowiednio dla ras: polskiej czerwonej 499 kg, białogrzbietej 542 kg, polskiej czarno-białej 558 kg, polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej 522 kg oraz simentalskiej 555 kg. Przeciętna punktacja za uformowanie i otluszczenie tusz wg systemu EUROP (uformowanie: klasa E⁺ – 15 pkt., P – 1 pkt.; otluszczenie: klasa 1⁻ – 1 pkt., 5⁺ – 15 pkt.) wynosiły odpowiednio dla ras: polskiej czerwonej 6,2 i 5,3; białogrzbietej 6,1 i 6,5; polskiej czarno-białej 6,1 i 6,6; polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej 6,4 i 6,1 oraz simentalskiej 8,2 i 5,5.

Zwierzęta utrzymywano w systemie uwięziowym i żywiono paszami gospodarskimi, tzn. w lecie zielonką z traw (50% s.m. dawki), sianokiszonką (18%) i kiszonką z kukurydzy (20%), a w zimie sianokiszonką (47%) i kiszonką z kukurydzy (42%). W ostatnim okresie opasu dawki pokarmowe uzupełniano dodatkiem własnej paszy treściwej (śruty zbożowej; 11-12%).

W dniu uboju buhajki przewożono do zakładów mięsnych pojazdami przystosowanymi do przewozu bydła z zachowaniem dobrostanu zwierząt, zgodnie z Rozporządzeniem Rady (WE) nr 1/2005 (OJ L 003, 5.1.2005). Całkowity czas czynności związanych z załadunkiem, transportem, wyładunkiem i ubojem zwierząt nie przekraczał 150 minut. W trakcie rozbioru technologicznego wychłodzonych (24 h, 2°C) prawych półtuszy wycinano odcinek lędźwiowy mięśnia najdłuższego grzbietu – MLL (*musculus longissimus lumborum*), dzielono na 3 odcinki o równej długości,

które ważono i pakowano próżniowo w worki z folii PA/PE. Próbkę przechowywano w temp. 2°C do momentu wykonania oznaczeń właściwości fizykochemicznych mięsa w 2., 7. i 14. dniu *post mortem*.

Za pomocą aparatu PQM I-KOMBI (INTEK GmbH, Aichach, Germany) bezpośrednio w tkance mięśniowej oznaczano pH i przewodność elektryczną właściwą – EC (mS/cm). Pomiarów barwy dokonano na świeżym przekroju próbek mięsa, przeciętych w poprzek włókien mięśniowych i poddanych 30-minutowej ekspozycji na tlen atmosferyczny w chłodziarce, w temp. 2°C. Pomiaru dokonano miernikiem nasycenia barwy Minolta CR-310 (iluminacja/projekcja D65/10°). Wyniki podano w przestrzeni barw CIE L*a*b* (9), gdzie: L* – jasność metryczna; a* – barwa czerwona; b* – barwa żółta.

Wyciek naturalny określono na podstawie różnicy masy próbki przed i po 24-godzinnym okresie przechowywania w temperaturze 2°C. Wyciek termiczny określono na podstawie różnicy masy próbki przed i po obróbce termicznej w łaźni wodnej. Próby mięśni o masie 100 ± 2 g zamknięte w woreczkach foliowych ogrzewano w 70°C przez 60 min., a następnie chłodzono pod bieżącą wodą przez 30 min. i przechowywano w 2°C (22). Wodochłonność mięsa oznaczano za pomocą bibułowej metody Graua i Hamma (19), wykorzystując do pomiaru powierzchni (cm²) wycieku i naważki mięsa (300 mg) program komputerowej analizy obrazu MultiScan Base ver. 14. Wynik (średnia z dwóch powtórzeń) podano w mg wody wolnej. Większa ilość wody wolnej wskazuje na mniejszą wodochłonność mięsa.

Maksymalną siłę cięcia (N) i energię cięcia (J) dla prób mięsa poddanego obróbce termicznej (warunki identyczne jak dla wycieku termicznego) zmierzono wykorzystując test szerometryczny i nóż Warner-Bratzlera (V-blade) za pomocą jednokolumnowej maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline B0.5. Po obróbce termicznej próbki chłodzono w bieżącej wodzie przez 1 h i przechowywano w temp. 2°C przez 24 h. Próbkę o wym. 10 × 10 × 50 mm poddawano cięciu poprzecznie do przebiegu włókien mięśniowych. Za wynik końcowy pomiaru siły cięcia i energii cięcia przyjmowano średnią wartość obliczoną z 8 powtórzeń.

Ogólną zawartość barwników hemowych (ppm) określono metodą Hornseya (24), wykorzystując spektrofotometr Varian Cary 300 Bio (Varian, Australia PTY Ltd.) i długość fali 640 nm. Stabilność oksydacyjną lipidów (wartość TBARS) określono metodą Witte i wsp. (65), wykorzystując spektrofotometr Varian Cary 300 Bio i długość fali 530 nm. Wyniki wyrażano w mg dialdehydu malonowego (MDA) w 1 kg mięsa.

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica ver. 13 (Dell Inc. 2016). Ocenę wpływu rasy i okresu dojrzewania na właściwości fizykochemiczne mięsa zweryfikowano w układzie dwuczynnikowym z uwzględnieniem ich interakcji. Dodatkowo właściwości fizykochemiczne analizowano w układzie jednoczynnikowym, oceniając wpływ okresu dojrzewania (jako efekt główny) oraz porównując średnie dla ras w obrębie kolejnych terminów oznaczeń. Istotność różnic w grupach oznaczono testem Tukeya (P < 0,05 i P < 0,01).

Wyniki i omówienie

Zdaniem wielu autorów, rasa może być istotnym czynnikiem determinującym jakość mięsa wołowego (8, 27, 44). Związane jest to ze zmiennością genetyczną oraz typem użytkowym bydła (produkcja mleka lub/i mięsa) (27).

Jednym z najważniejszych wyróżników przy ocenie jakości mięsa jest pH, które wpływa na wiele cech technologicznych oraz jakościowych wołowiny, m.in. kruchość, wodochłonność, barwę, smak czy trwałość. Nieprawidłowości w poubojowej glikogenolizie tkanki mięśniowej bydła, objawiające się najczęściej w postaci syndromu DFD (dark, firm and dry meat; pH > 6,0 po 24 lub 48 h), powodują znaczne straty ekonomiczne w przemyśle mięsny. Wiąże się to ze skróceniem trwałości mięsa spowodowanego rozwojem mikroflory. Tym samym surowiec taki nie nadaje się do dojrzewania, porcjowania i pakowania próżniowego (10, 37, 45). Zawarte w tabeli 1 wyniki pomiarów pH wskazują na prawidłowy (typowy dla mięsa normalnego) przebieg przemian poubojowych MLL wszystkich pięciu ocenianych ras. Przyjmuje się, że pH wołowiny przeznaczonej do produkcji mięsa kulinarnego określane w fazie pełnego rozwoju *rigor mortis* (zwykle po 24 h lub 48 h od uboju, tzw. pH końcowe) nie powinno być wyższe niż 5,8 (10, 37). U wszystkich ocenianych ras pH wahało się od 5,51 do 5,72 ($P > 0,01$). Najwyższe pH w trakcie całego 14-dniowego okresu dojrzewania poubojowego stwierdzono w MLL buhajków rasy polskiej czerwonej (tab. 1).

Podobnie jak w wielu innych pracach (16, 29, 66), tak i w badaniach własnych obserwowano spadek pH w ciągu pierwszych 48 h po uboju, a następnie (w większości przypadków) w kolejnych dniach kondycjonowania jego nieznaczny wzrost.

Analizując zmiany przewodności elektrycznej właściwej (EC) mięśnia MLL w okresie jego chłodniczego przechowywania wykazano jej wzrost, średnio z 3,81 mS/cm po 45 min. do 12,70 mS/cm w 14. dniu dojrzewania ($P < 0,01$; tab. 1). Podobne tendencje i zakres EC tkanki mięśniowej młodego bydła rzeźnego w trakcie poubojowego dojrzewania wykazali również Byrne i wsp. (6) oraz Florek i wsp. (16). Zdaniem Byrne i wsp. (6) oraz O'Dowd i wsp. (46) wzrost EC w mięsie może być stosowany jako wskaźnik integralności błony komórkowej oraz pośrednio jako miara wycieku naturalnego. Tkanka mięśniowa o nienaruszonych błonach komórkowych charakteryzuje się bowiem niską przewodnością elektryczną. Podczas poubojowej glikolizy następuje osłabienie błon strukturalnych oraz spadek zdolności utrzymywania wody przez miofilamenty, co umożliwia przemieszczanie się płynów w przestrzeniach śród- i międzykomórkowych, a uwalnianie substancji mineralnych i ich przechodzenie w formę rozpuszczalną (zdysocjowaną) wpływa na zmianę właściwości elektrycznych, w tym m.in. wzrost przewodności elektrycznej (6, 46).

Wykazano istotny ($P < 0,0001$) wpływ rasy na EC mięśnia MLL. Mięso buhajków rasy simentaliskiej, w porównaniu do pozostałych ras, charakteryzowało się istotnie ($P < 0,01$) najwyższą przewodnością elektryczną mierzoną 45 min. *post mortem*, natomiast buhajków rasy polskiej czarno-białej najwyższą EC mierzoną po 24 h ($P < 0,01$) i 48 h (w odniesieniu do rasy polskiej czerwonej i białogrzbietej, $P < 0,01$) oraz po 7 dniach (w odniesieniu do rasy białogrzbietej, $P < 0,01$). W 14. dniu dojrzewania poubojowego najwyższą przewodność elektryczną stwierdzono w MLL buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. W od-

Tab. 1. Wartości średnie pH i przewodności elektrycznej właściwej mięśnia *longissimus lumborum* buhajków w zależności od rasy i czasu dojrzewania

Oznaczone parametry	Rasa					<i>P</i>	Średnio	SEM	Wpływ (<i>P</i>)		
	PC	BG	PCB	PHF	SIM				rasa (R)	dojrzewanie (D)	interakcja R × D
pH											
45 min.	6,81 ^C	6,50 ^{AB}	6,33 ^A	6,61 ^{BC}	6,49 ^{AB}	0,0004	6,55 ^B	0,03	< 0,0001	< 0,0001	0,4089
24 h	5,78 ^b	5,67 ^{ab}	5,56 ^a	5,70 ^{ab}	5,70 ^{ab}	0,2204	5,68 ^A	0,03			
48 h	5,72	5,51	5,54	5,61	5,55	0,3002	5,58 ^A	0,03			
7 d	5,76 ^b	5,60 ^{ab}	5,63 ^{ab}	5,58 ^a	5,57 ^a	0,2662	5,63 ^A	0,03			
14 d	5,74 ^B	5,58 ^{AB}	5,61 ^{AB}	5,66 ^{AB}	5,55 ^A	0,0436	5,63 ^A	0,03			
EC, mS/cm											
45 min.	3,90 ^A	3,65 ^A	3,44 ^A	3,34 ^A	4,75 ^B	0,0001	3,81 ^A	0,29	< 0,0001	< 0,0001	< 0,001
24 h	3,25 ^A	3,46 ^A	8,26 ^B	3,93 ^A	5,23 ^A	0,0001	4,82 ^A	0,31			
48 h	5,86 ^A	5,60 ^A	9,79 ^B	6,88 ^{AB}	6,54 ^{AB}	0,0038	6,93 ^B	0,31			
7 d	11,23 ^{AB}	8,34 ^A	13,03 ^B	11,09 ^{AB}	9,50 ^{AB}	0,0014	10,64 ^C	0,31			
14 d	11,14 ^a	12,59 ^{ab}	12,40 ^{ab}	14,43 ^b	12,95 ^{ab}	0,2512	12,70 ^D	0,37			

Objaśnienia: średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się istotnie: a, b – $P < 0,05$; A, B, C – $P < 0,01$; P – prawdopodobieństwo (*P*-value); SEM – błąd standardowy średniej; PC – buhajki rasy polskiej czerwonej; BG – buhajki rasy białogrzbietej; PCB – buhajki rasy czarno-białej; PHF – buhajki rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej; SIM – buhajki rasy simentaliskiej

niesieniu do rasy polskiej czerwonej wykazane różnice okazały się statystycznie istotne ($P < 0,01$; tab. 1).

Woda jako jeden z podstawowych składników mięsa odgrywa istotną rolę w procesie obróbki kulinarnej. Zdolność jej zatrzymywania przez tkankę mięśniową jest ważnym wskaźnikiem przydatności technologicznej (25). Zawarte w tabeli 2 wyniki wskazują na istotny ($P < 0,001$) wpływ rasy na wszystkie oceniane parametry wodochłonności, w przypadku wycieku naturalnego oraz ilości wody wolnej (G-H) również na istotny wpływ czasu dojrzewania ($P < 0,0001$). Wystąpiła także istotna interakcja tych dwóch czynników (odpowiednio: $P < 0,05$ i $P < 0,001$).

Nie wykazano istotnych różnic w wycieku naturalnym pomiędzy ocenianymi rasami bydła w 2. i 7. dniu dojrzewania. Natomiast w ostatnim, 14. dniu mięsień MLL buhajków rasy simentalskiej oraz polskiej czerwonej charakteryzował się istotnie ($P = 0,0071$) większym ubytkiem naturalnym w porównaniu do ras: białogrzbiętej, polskiej czarno-białej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (tab. 2). Zasadniczo wyciek naturalny spowodowany jest translokacją płynów z przestrzeni wewnątrz- i międzykomórkowej tkanki mięśniowej, co związane jest z osłabieniem błon komórkowych oraz zmniejszeniem objętości miofibrili w fazie *rigor* (25). Generalnie wraz z wydłużaniem okresu dojrzewania wołowiny wyciek naturalny zwiększał się. W 14. dniu *post mortem* w porównaniu

do 2. dnia, był on średnio ponad 3-krotnie większy (tab. 2). Podobne tendencje do zwiększenia wycieku naturalnego z mięsa wraz z wydłużaniem jego chłodniczego składowania obserwowali Sekar i wsp. (55) oraz Florek i wsp. (16). Według Sekar i wsp. (55) wyciek naturalny z mięsa pakowanego próżniowo w kolejnych dniach dojrzewania (3., 7., 14. i 21. dzień) był większy niż przechowywanego w woreczkach czy w modyfikowanej atmosferze (średnio o 0,19% i 0,32%). Wynikać to mogło, zdaniem autorów, z silniejszego nacisku na tkankę mięśniową przez opakowanie w warunkach obniżonego ciśnienia.

Czas dojrzewania nie wpływał istotnie na wielkość wycieku termicznego z mięsa, który zawierał się w przedziale 27-28% (tab. 2). Uzyskane rezultaty są zgodne z wynikami innych autorów (2, 43, 62), którzy również nie wykazali związku czasu dojrzewania mięsa z ubytkiem masy po obróbce termicznej. Z kolei Toohey i wsp. (61) w *m. semimembranosus* dojrzewającym przez 14 dni wykazali większy wyciek termiczny (o 1,9%; $P < 0,05$) w porównaniu do mięśnia niepoddanego temu zabiegowi. Podobnie Marino i wsp. (38) w miarę wydłużania okresu dojrzewania MLL obserwowali wzrost wycieku termicznego, z 25,0% w 11. dniu do 32,8% w 18. dniu *post mortem*. Anderson i wsp. (2) spośród siedmiu ocenianych mięśni szkieletowych (*longissimus dorsi*, *gracilis*, *adductor*, *semimembranosus*, *sartorius*, *vastus lateralis*, *vastus intermedius*)

Tab. 2. Wartości średnie wyróżników wodochłonności i parametry testu szerometrycznego dla mięśnia *longissimus lumborum* buhajków w zależności od rasy i czasu dojrzewania

Oznaczone parametry	Rasa					P	Średnio	SEM	Wpływ (P)		
	PC	BG	PCB	PHF	SIM				rasa (R)	dojrzewanie (D)	interakcja R × D
Wyciek naturalny, %											
48 h	1,78	1,59	1,73	1,36	1,84	0,6436	1,62 ^A	0,09	0,0007	< 0,0001	0,0453
7 d	3,40	2,97	3,60	3,05	3,73	0,6386	3,28 ^B	0,18			
14 d	6,47 ^B	4,14 ^A	4,61 ^A	4,52 ^A	6,89 ^B	0,0071	5,19 ^C	0,31			
Wyciek termiczny, %											
48 h	28,82 ^b	25,16 ^a	26,50 ^{ab}	27,41 ^{ab}	29,79 ^b	0,0338	27,04	0,50	0,0035	0,2479	0,2336
7 d	28,76 ^{ab}	26,89 ^a	26,03 ^a	30,66 ^b	30,92 ^b	0,0127	28,35	0,57			
14 d	29,20	27,79	28,27	28,28	27,81	0,4946	28,27	0,27			
Woda wolna G-H, mg											
48 h	62,54 ^c	52,57 ^{AB}	47,73 ^A	58,71 ^{BC}	75,31 ^D	< 0,0001	57,18 ^c	1,49	< 0,0001	< 0,0001	0,0044
7 d	67,42 ^C	44,01 ^A	41,11 ^A	53,76 ^B	55,03 ^B	< 0,0001	50,39 ^B	1,73			
14 d	60,36 ^C	36,54 ^A	37,71 ^A	30,01 ^A	48,47 ^B	< 0,0001	43,77 ^A	2,18			
Siła cięcia WBSF, N											
48 h	117,9 ^{BC}	125,6 ^C	89,5 ^{AB}	76,8 ^A	123,7 ^C	0,0015	106,7 ^B	5,1	0,0036	< 0,0001	0,1146
7 d	91,5 ^b	87,36 ^b	59,1 ^a	69,3 ^{ab}	86,3 ^b	0,0321	78,7 ^A	3,9			
14 d	61,7	56,3	59,0	65,3	65,7	0,9427	61,7 ^A	4,1			
Energia cięcia, J											
48 h	0,46 ^B	0,45 ^B	0,34 ^{AB}	0,29 ^A	0,47 ^B	0,0060	0,39 ^B	0,02	0,0564	0,0006	0,0795
7 d	0,38 ^b	0,37 ^b	0,25 ^a	0,31 ^{ab}	0,33 ^{ab}	0,0362	0,32 ^A	0,03			
14 d	0,27	0,28	0,30	0,33	0,29	0,8959	0,29 ^A	0,02			

Objaśnienia: jak w tab. 1.

najniższy wyciek termiczny ($P < 0,05$) w trakcie całego 14-dniowego okresu dojrzewania oznaczyli w mięśniach *longissimus dorsi* (28-29%) i *gracilis* (26-30%), najwyższy natomiast w *m. adductor* (33-35%). Shanks i wsp. (59) wykazali, że mięso wołowe przechowywane dłużej niż 6 dni *post mortem* odznaczało się większym wyciekami termicznymi niż mięso krótko dojrzewające lub niepoddane temu zabiegowi. W opinii Hughes i wsp. (25) na starty związane z obróbką termiczną większy wpływ wydaje się mieć temperatura mięśni w fazie *pre-rigor* i długość sarkomerów niż sam czas poubojowego dojrzewania. Największy wyciek termiczny (ok. 31%) w trakcie całego okresu dojrzewania, wykazano w 7. dniu *post mortem* w MLL buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i simentalskiej. Generalnie istotne ($P < 0,05$) różnice międzyrasowe dla wycieku termicznego stwierdzono w 2. i 7. dniu *post mortem*, natomiast w 14. dniu obserwowano już bardziej jednorodne wyniki (27,79-29,20%; $P > 0,05$ – tab. 2). Serra i wsp. (57) nie stwierdzili istotnych różnic w wycieku termicznym (22,91-24,62%) pomiędzy trzema hiszpańskimi lokalnymi rasami bydła (Bruna dels Pirineus, Avileña-Negra Ibérica, Morucha) w 14. dniu *post mortem*. Podobnie Muchenje i wsp. (45) oraz Vieira i wsp. (63) nie wykazali istotnych międzyrasowych różnic dla tego parametru w żadnym z analizowanych okresów dojrzewania.

Obserwowano istotną poprawę wodochłonności (G-H) w trakcie dojrzewania mięsa, tzn. zmniejszenie ilości wody wolnej, (w porównaniu do 2. dnia *post mortem*) przeciętnie o 6,79 mg w 7. dniu i 13,41 mg w 14. dniu (tab. 2). Podobne obserwacje dla tego wyróżnika w okresie 9-tygodniowego dojrzewania *m. semimembranosus* uzyskali Farouk i wsp. (15). Zwiększenie wodochłonności mięsa w trakcie chłodniczego przechowywania autorzy wiążą ze zmianami strukturalnymi, tzn. postępującą dezintegracją białek mięśniowych. Skutkuje to pojawieniem się białek o niższych masach cząsteczkowych, ich większą ekstraktywnością oraz dezintegracją przestrzeni („kanałów”), przez które pierwotnie woda (stanowiąca źródło wycieku) mogła być usuwana na zewnątrz włókien mięśniowych. Podobnie Horcada-Ibáñez i wsp. (23) w *m. longissimus dorsi* rodzimej hiszpańskiej rasy bydła Pajuna w okresie 21-dniowego dojrzewania obserwowali zwiększenie jego wodochłonności. Modzelewska-Kapituła i wsp. (43) również w początkowym okresie dojrzewania (do 10. dnia) *m. infraspinatus* stwierdzili wzrost wodochłonności (G-H), a następnie w 15. i 20. dniu jej spadek. W prezentowanych badaniach istotnie ($P < 0,01$) największą ilość wody wolnej w 2. dniu chłodniczego przechowywania stwierdzono w MLL buhajków rasy simentalskiej, natomiast w 7. i 14. dniu u buhajków rasy polskiej czerwonej ($P < 0,01$) – tab. 2. Istotny wpływ rasy na wodochłonność mięsa potwierdzili wcześniej Serra i wsp. (57).

Spośród głównych wyróżników tekstury mięsa kruchość uznawana jest w opinii konsumentów za

najważniejszy element oceny jakości konsumpcyjnej, decydujący o satysfakcji ze spożycia. Najczęściej stosowaną obiektywną metodą oceny kruchości wołowiny, dającą przy tym najwyższą korelację z doustną oceną konsumentką jest instrumentalny pomiar siły cięcia w teście szerometrycznym z wykorzystaniem noża (V-blade) Warnera-Bratzler (WBSF) (5, 11).

Wykazano istotne ($P < 0,05$) zróżnicowanie siły i energii cięcia MLL buhajków ocenianych ras w 2. i 7. dniu *post mortem*, a najniższe wartości dla tych parametrów oznaczono w MLL rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i polskiej czarno-białej. W ostatnim, 14. dniu dojrzewania wyniki były już bardziej jednorodne i statystycznie nieistotne ($P > 0,05$) – tab. 2. Generalnie wraz z wydłużeniem okresu dojrzewania obserwowano spadek instrumentalnej siły i energii cięcia. Podobne zależności obserwowano w wielu innych badaniach, wskazując na istotny wpływ procesu dojrzewania na wzrost kruchości mięsa (spadek WBSF) (5, 38, 44, 48, 60, 63).

Podawany w literaturze zakres graniczny WBSF (40,1-45,1 N) (42, 52, 58), poniżej którego mięso klasyfikowane jest jako kruche, w badaniach własnych nie został osiągnięty (tab. 2). Sugeruje to zatem, że okres dojrzewania ocenianej wołowiny powinien zostać wydłużony. Warto jednak zaznaczyć, że przeciętny spadek WBSF w trakcie 14-dniowego przechowywania chłodniczego MLL wyniósł 42%. W opinii Marino i wsp. (38) niska kruchość mięsa pozyskiwanego od lokalnych ras bydła jest jednym z głównych czynników obniżających jego jakość. Wynika to m.in. z niskiej marmurkowatości mięsa oraz zwiększonej aktywności ruchowej zwierząt utrzymywanych na pastwisku. Mięso bydła ras rodzimych wymaga często dłuższego okresu dojrzewania niż pozyskiwane od bydła użytkowanego w kierunku mięsnym (38, 63). Odpowiednio długi okres dojrzewania przyczynia się do wyeliminowania różnic w jakości mięsa między rasami oraz poszczególnymi osobnikami w obrębie tej samej rasy, pozwalając uzyskać produkt bardziej jednorodny, akceptowalny przez konsumentów (7, 44).

Barwa mięsa surowego jest pierwszym wrażeniem odbieranym przez konsumentów w momencie podejmowania decyzji zakupowej. Należy do najważniejszych wyróżników, na podstawie którego konsumenci wnioskuje o jego jakości i świeżości. Jest ona jednak słabo powiązana z przyjemnością odczuwaną w trakcie finalnej konsumpcji mięsa (45, 51).

Wykazano istotny wpływ rasy buhajków na zawartość barwników hemowych i parametry barwy mięśnia MLL (tab. 3). Istotnie ($P < 0,01$) niższą (przeciętnie o 35 ppm) w porównaniu do ras rodzimych (polskiej czerwonej, białogrzbiętej, polskiej czarno-białej) koncentrację barwników hemowych oznaczono w mięśniach buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. Mniejsza koncentracja barwników mięśniowych najprawdopodobniej wpłynęła również na istotnie ($P < 0,01$) niższy udział barwy czerwonej (a^*) 2. i 7.

dnia *post mortem* w mięśni buhajków tej rasy. Mięso buhajków stanowiących grupę odniesienia (polska holsztyńsko-fryzyjska i simental ska) odznaczało się wyższą jasnością (L^*), a wykazane różnice w 2. i 7. dniu dojrzewania w odniesieniu do MLL buhajków rasy białogrzbieta i polskiej czarno-białej były statystycznie istotne ($P < 0,01$). W 14. dniu *post mortem* wykazano większą jasność (L^*) MLL buhajków rasy simental skiej ($P < 0,01$), w porównaniu do białogrzbieta, polskiej czarno-białej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (tab. 3). Wpływ rasy na zróżnicowanie barwy mięsa obserwowany był wcześniej także przez innych autorów (28, 45, 60). Zdaniem Insausti i wsp. (28) oraz Sierra i wsp. (60) mięso bydła ras rustykalnych w porównaniu do ras uszlachetnionych charakteryzuje się większą koncentracją barwników hemowych oraz ciemniejszą barwą (niższe L^* i wyższe a^*).

W trakcie chłodniczego dojrzewania mięsa obserwowano tendencję wzrostową wartości L^* ($P > 0,5$) oraz istotnie wyższe wartości ($P < 0,01$) parametrów a^* i b^* (tab. 3). Dla pakowanego próżniowo mięsa wołowego tendencje te są dość dobrze udokumentowane w literaturze. Oliete i wsp. (48, 49) wykazali, że mięsień *longissimus thoracis* w trakcie poubojowego dojrzewania stawał się bardziej czerwony i żółty (wzrost parametrów a^* i b^*), jego odcień był bardziej różowy (wyższe h°), a nasycenie barwy intensywniejsze (wyższe C^*). Podobnie Insausti i wsp. (28) w pakowanym próżniowo mięsie pięciu rodzimych hiszpańskich ras bydła (Morucha, Asturiana de los Valles, Parda Alpina,

Pirenaica and Rubia Gallega) obserwowali w pierwszych 5 dniach *post mortem* wyraźny wzrost wartości parametrów L^* , a^* , b^* , C^* i h° , a następnie ich stabilizację i utrzymywanie się na tym samym poziomie do 15. dnia. Horcada-Ibáñez i wsp. (23) w trakcie 21 dni dojrzewania wykazali również wzrost parametrów barwy mięsa rodzimej hiszpańskiej rasy bydła Pajuna, a najbardziej intensywne zmiany obserwowali do 14. dnia *post mortem*. Wzrost parametru L^* w trakcie dojrzewania mięsa może być konsekwencją degradacji białek (bezpośrednio uzależniony od końcowego pH), co powoduje większą dyspersję światła, a tym samym zwiększoną jasność mięsa (1, 3). W przypadku parametrów a^* i b^* ich wzrost wraz z wydłużeniem dojrzewania związany jest ze zmniejszoną aktywnością oddechową mitochondriów, co wpływa na wyższy poziom tlenu na powierzchni mięsa oraz lepszą jego dyfuzję. Dostępny dla mioglobiny w większej ilości tlen powoduje jej utlenowanie, co objawia się „kwitnieniem mięsa” (blooming), tzn. tkanka mięśniowa staje się bardziej jasna i różowa (3, 47). Potwierdzeniem tej opinii są badania Li i wsp. (30), którzy w trakcie dojrzewania mięśnia MLL młodego bydła rzeźnego rasy szwedzkiej czerwonej wykazali istotny wzrost oksymoglobiny, stabilny poziom metmioglobiny oraz spadek udziału deoksymoglobiny. Autorzy podkreślają, że poubojowy proces dojrzewania w warunkach próżniowych korzystnie wpływał na barwę mięsa przez cały 7-dniowy okres przechowywania chłodniczego. Podobnie Ripoll i wsp. (51) wykazali stosunkowo

Tab. 3. Wartości średnie wyróżników barwy, TBARS i zawartość barwników hemowych w mięśni *longissimus lumborum* buhajków w zależności od rasy i czasu dojrzewania

Oznaczone parametry	Rasa					P	Średnio	SEM	Wpływ (P)		
	PC	BG	PCB	PHF	SIM				rasa (R)	dojrzewanie (D)	interakcja R × D
Barwniki hemowe, ppm	185,2 ^B	178,2 ^B	194,5 ^B	150,7 ^A	171,7 ^{AB}	0,0012	174,1	3,9	–	–	–
CIE L^*											
48 h	37,76 ^{AB}	36,27 ^A	35,46 ^A	38,87 ^{BC}	40,22 ^C	0,0004	37,72	0,39			
7 d	38,67 ^{BC}	36,38 ^A	36,60 ^{AB}	40,39 ^C	39,21 ^C	< 0,0001	38,25	0,38	< 0,0001	0,5023	0,1009
14 d	38,75 ^{BC}	37,02 ^A	37,55 ^{AB}	37,17 ^{AB}	39,64 ^C	< 0,0001	38,03	0,28			
a^*											
48 h	23,78 ^B	22,89 ^B	22,94 ^B	21,28 ^A	23,80 ^B	0,0027	22,94 ^A	0,23			
7 d	26,48 ^C	24,37 ^B	25,30 ^{BC}	21,52 ^A	25,21 ^{AB}	< 0,0001	24,58 ^B	0,30	< 0,0001	0,0005	0,0081
14 d	26,96 ^B	24,86 ^A	25,00 ^A	25,02 ^A	27,46 ^B	< 0,0001	25,86 ^C	0,24			
b^*											
48 h	–0,07 ^A	3,72 ^B	3,60 ^B	2,88 ^B	3,49 ^B	< 0,0001	2,72 ^a	0,24			
7 d	1,62 ^A	4,64 ^{BC}	5,38 ^C	4,11 ^B	3,95 ^B	< 0,0001	3,94 ^b	0,22	< 0,0001	< 0,0001	0,7036
14 d	2,60 ^A	5,29 ^B	5,49 ^B	5,3 ^B	4,73 ^B	0,0021	4,70 ^c	0,24			
TBARS, mg MDA/kg											
48 h	0,242 ^A	0,356 ^A	0,371 ^A	0,545 ^B	0,254 ^A	0,0005	0,354	0,025			
7 d	0,254 ^A	0,463 ^A	0,395 ^A	0,751 ^B	0,250 ^A	< 0,0001	0,423	0,040	< 0,0001	0,1287	0,2629
14 d	0,258 ^a	0,430 ^b	0,337 ^a	0,431 ^b	0,301 ^a	0,0022	0,351	0,019			

Objaśnienia: jak w tab. 1.

niski poziom metmioglobiny i wysoki a^* w trakcie 13-dniowego dojrzewania w warunkach próżniowych mięsa cielecego. System pakowania niejednokrotnie ma większy wpływ na barwę mięsa niż rasa bydła (28) czy system żywienia (51).

Istotnie ($P < 0,01$) niższą, w porównaniu do pozostałych ocenianych ras, stabilność oksydacyjną (wyrażoną wyższą wartością wskaźnika TBARS) wykazano w MLL buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej w 2. i 7. dniu *post mortem*, a w 14. dniu wraz z MLL buhajków rasy białogrzbieter – w odniesieniu do polskiej czarno-białej, polskiej czerwonej i simentalskiej – $P < 0,05$ (tab. 3). Wskaźnik TBARS pomimo małej specyficzności jest jednym z najpowszechniej stosowanych w celu określenia stopnia utlenienia lipidów mięśniowych (18). TBARS jest miarą wtórnych produktów utleniania lipidów, głównie aldehydów (jak np. aldehyd malonowy – MDA) (26, 53), ale również karbonyłów czy węglowodorów, które przyczyniają się do powstawania niepożądanego zapachu i smaku mięsa (26). Wszystkie oznaczone wartości TBARS w badaniach własnych (tab. 3) były niższe od poziomu progowego (wynoszącego 1 mg MDA/kg) (41) wskazującego na występowanie odchylen zapachowych związanych z jęłczeniem oksydacyjnym (41). Czas dojrzewania nie wpływał istotnie ($P > 0,1$; tab. 3) na wartość TBARS, co świadczy o właściwych warunkach dojrzewania chłodniczego oraz ochronnej roli pakowania próżniowego. Opinia ta jest zgodna z wcześniejszymi doniesieniami Franco i wsp. (17), Domaradzkiego i wsp. (14) oraz Vieira i wsp. (62). W kilku pracach wykazano istotny wpływ czasu dojrzewania na wzrost TBARS, jednak wartości tego wskaźnika były na niskim poziomie i w zależności od genotypu bydła wahały się od 0,03 (w 2. dniu) do 0,11 mg MDA/kg (w 7. dniu) (4) oraz od 0,15 (w 3. dniu) do 0,39 mg MDA/kg w ostatnim, 21. dniu dojrzewania (60).

Podsumowując, należy stwierdzić, że oceniane wskaźniki fizykochemiczne (pH, barwa, wodochłonność, WBSF, TBARS) mięśnia *longissimus lumborum* polskich rodzimych ras buhajków (polskiej czerwonej, białogrzbieter i polskiej czarno-białej) przyjmowały wartości pośrednie pomiędzy bydlęm holsztyńsko-fryzyjskim (typ mleczny) i rasą simentalską (typ ogólnoużytkowy). W żadnej z analizowanych prób nie stwierdzono odchylen jakościowych związanych np. z syndromem DFD, co świadczy o dobrej przydatności tego mięsa do produkcji wołowiny kulinarnej. Wzorem innych krajów europejskich, wołowina pozyskiwana od polskich rodzimych ras bydła powinna zostać opatrzona znakiem jakości potwierdzającym jej unikatowość.

Rasa bydła i czas dojrzewania wpływały istotnie na właściwości fizykochemiczne mięśnia *longissimus lumborum*. W miarę wydłużania okresu dojrzewania wyróżniki determinujące atrakcyjność wizualną i sensoryczną mięsa, a zarazem istotne z punktu widzenia

przemysłu mięsnego, utrzymywały się na stabilnym poziomie (pH) i wykazywały korzystną tendencję wzrostową (barwa, zdolność utrzymywania wody własnej) oraz niezależnie od rasy buhajków stawały się bardziej jednorodne (WBSF, wyciek termiczny). Wymagane są jednak dalsze badania, poszerzone o ocenę konsumencką, w celu ustalenia optymalnego czasu i warunków dojrzewania.

Piśmiennictwo

1. Abril M., Campo M. M., Sañudo C., Alberti P., Negueruela A. I.: Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Sci.* 2001, 58, 69-78.
2. Anderson M. J., Lonergan S. M., Fedler C. A., Prusa K. J., Binning J. M., Huff-Lonergan E.: Profile of biochemical traits influencing tenderness of muscles from the beef round. *Meat Sci.* 2012, 91, 247-254.
3. Beriain M. J., Goñi M. V., Indurain G., Sarriés M. V., Insausti K.: Predicting Longissimus dorsi myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as a colour stability index. *Meat Sci.* 2009, 81, 439-445.
4. Braghieri A., Cifuni G. F., Girolami A., Riviezi A. M., Marsico I., Napolitano F.: Chemical, physical and sensory properties of meat from pure and crossbred Podolian bulls at different ageing times. *Meat Sci.* 2005, 69, 681-689.
5. Brewer S., Novakowski J.: Consumer sensory evaluations of aging effects on beef quality. *J. Food Sci.* 2008, 73, 78-82.
6. Byrne C. E., Troy D. J., Buckley D. J.: Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine M. longissimus dorsi and their relationship to meat quality attributes and pH fall. *Meat Sci.* 2000, 54, 23-34.
7. Campo M. M., Sañudo C., Panea B., Alberti P., Santolaria P.: Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Sci.* 1999, 51, 383-390.
8. Christensen M., Erbjerg P., Failla S., Sañudo C., Richardson R. I., Nute G. R., Olleta J. L., Panea B., Alberti P., Juárez M., Hocquette J. F., Williams J. L.: Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Sci.* 2011, 87, 61-65.
9. CIE: Colorimetry. (3rd ed.). Commission International de l'Eclairage. Vienna, Austria 2004, s. 16-20.
10. Daszkiewicz T., Wajda S., Kubiak D., Krasowska J.: Quality of meat from young bulls in relation to its ultimate pH value. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2009, 27, 293-302.
11. Destefanis G., Brugiapaglia A., Barge M. T., Dal Molin E.: Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Sci.* 2008, 78, 153-156.
12. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z.: Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle. *Biol. Trace Elem. Res.* 2016, 169, 328-332.
13. Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Litwińczuk A.: Zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa wołowego w zależności od warunków jego dojrzewania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2016, 3, 35-53.
14. Domaradzki P., Skalecki P., Florek M., Litwińczuk A.: Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2011, 4, 117-126.
15. Farouk M. M., Mustafa N. M., Wu G., Krsinic G.: The "sponge effect" hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. *Meat Sci.* 2012, 90, 670-677.
16. Florek M., Litwińczuk M., Skalecki P., Ryszkowska-Siwko M.: Changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2007, 3, 281-288.
17. Franco D., Bispo E., González L., Vázquez J. A., Moreno T.: Effect of finishing and aging time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Friesian cull cows. *Meat Sci.* 2009, 83, 484-491.
18. Gordon M. H.: Measuring antioxidant activity, [w:] Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M.: Antioxidants in food. Practical applications. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall 2000, s. 78.
19. Grau R., Hamm R.: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaft* 1953, 40, 29.
20. Hiemstra S. J., de Haas Y., Mäki-Tanila A., Gandini G.: Local Cattle Breeds in Europe. Development of Policies and Strategies for Self-Sustaining Breeds. Wageningen Academic Publishers, Wageningen 2010.
21. Hocquette J.-F., Jacquet A., Giraud G., Legrand I., Sans P., Mainsant P., Verbeke W.: Quality of Food Products and Consumer Attitudes in France, [w:] Klopčič M., Kuipers A., Hocquette J.-F.: Consumer attitudes to food

- quality products. Emphasis on Southern Europe. EAAP publication No. 133. Wageningen Academic Publishers 2013, s. 67-82.
22. Honikel K. O.: Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. *Meat Sci.* 1998, 49, 447-457.
 23. Horcada-Ibáñez A., Polvillo-Polo O., Lafuente-García A., González-Redondo P., Molina-Alcalá A., Luque-Moya A.: Beef quality of native Pajuna breed calves in two production systems. *Agrociencia* 2016, 50, 167-182.
 24. Hornsey H. C.: The colour of cooked cured pork I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Food Agric.* 1956, 7, 534-540.
 25. Hughes J. M., Oiseth S. K., Purslow P. P., Warner R. D.: A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Sci.* 2014, 98, 520-532.
 26. Igene J. O., Yamauchi K., Pearson A. M., Gray J. I., Aust S. D.: Evaluation of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in relation to warmed-over flavor (WOF) development in cooked chicken. *J. Agric. Food Chem.* 1985, 33, 364-367.
 27. Insausti K., Beriain M. J., Purroy A., Alberti P., Gorraiz C., Alzueta M. J.: Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Sci.* 2001, 57, 273-281.
 28. Insausti K., Beriain M. J., Purroy A., Alberti P., Lizaso L., Hernandez B.: Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Sci.* 1999, 53, 241-249.
 29. Iwanowska A., Pospiech E., Lyczynski A., Rosochacki S., Grześ B., Mikolajczak B., Iwańska E., Rzosnińska E., Czyżak-Runowska G.: Evaluation of variations in principal indices of the culinary meat quality obtained from young bulls of various breeds. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 2010, 9, 133-149.
 30. Li Ch., Li J., Li X., Hviid M., Lundström K.: Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle. *Meat Sci.* 2011, 88, 559-565.
 31. Litwińczuk Z.: Ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich i dziko żyjących. PWRiL, Warszawa 2011.
 32. Litwińczuk Z., Domaradzki P., Florek M., Żółkiewski P.: Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme, fattened in a low-input system. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2016, 34, 387-397.
 33. Litwińczuk Z., Domaradzki P., Grodzicki T., Litwińczuk A., Florek M.: The relationship of fatty acid composition and cholesterol content with intramuscular fat content and marbling in the meat of Polish Holstein-Friesian cattle from semi-intensive farming. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2015, 33, 119-128.
 34. Litwińczuk Z., Florek M., Domaradzki P., Żółkiewski P.: Właściwości fizykochemiczne mięsa buhajków trzech rodzimych ras – polskiej czerwonej, białogrzbiekiej i polskiej czarno-białej oraz simentalskiej i polskiej holsztyńsko-fryzyskiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2014, 5, 53-62.
 35. Litwińczuk Z., Żółkiewski P., Florek M., Chabuz W., Domaradzki P.: Semi-intensive fattening suitability and slaughter value of young bulls of 3 Polish native breeds in comparison with Polish Holstein-Friesian and Simmental. *Ann. Anim. Sci.* 2014, 2, 453-460.
 36. Lyford C., Thompson J., Polkinghorne R., Miller M., Nishimura T., Neath K., Allen P., Belasco E.: Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? *Australas. Agribus. Rev.* 2010, 18, 1-17.
 37. Mach N., Bach A., Vélarde A., Devant M.: Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.* 2008, 78, 232-238.
 38. Marino R., Albenzio M., Caroprese M., Napolitano F., Santillo A., Braghieri A.: Effect of grazing and dietary protein on eating quality of Podolian beef. *J. Anim. Sci.* 2011, 89, 3752-3758.
 39. Martyniuk E.: Ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich. MRiRW, Warszawa 2010.
 40. McAfee A. J., McSorley E. M., Cuskelly G. J., Moss B. W., Wallace J. M. W., Bonham M. P., Fearon A. M.: Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Sci.* 2010, 84, 1-13.
 41. McKenna D. R., Mies P. D., Baird B. E., Pfeiffer K. D., Ellebracht J. W., Savell J. W.: Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Sci.* 2005, 70, 665-682.
 42. Miller M. F., Carr M. A., Ramsey C. B., Crockett K. L., Hoover L. C.: Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 2001, 79, 3062-3068.
 43. Modzelewska-Kapitula M., Kwiatkowska A., Jankowska B., Dąbrowska E.: Water holding capacity and collagen profile of bovine m. infraspinatus during postmortem ageing. *Meat Sci.* 2015, 100, 209-216.
 44. Monsó E., Sañudo C., Sierra I.: Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* 2004, 68, 595-602.
 45. Muchenje V., Dzama K., Chimonyo M., Strydom P. E., Raats J. G.: Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Sci.* 2009, 81, 653-657.
 46. O'Dowd L. P., Arimi J. M., Noci F., Cronin D. A., Lyng J. G.: An assessment of the effect of pulsed electrical fields on tenderness and selected quality attributes of post rigour beef muscle. *Meat Sci.* 2013, 93, 303-309.
 47. ÓKeefe M., Hood D. E.: Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. *Meat Sci.* 1982, 7, 209-228.
 48. Oliete B., Carballo J. A., Varela A., Moreno T., Monserrat L., Sanchez L.: Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the Rubia Gallega breed. *Meat Sci.* 2006, 73, 102-108.
 49. Oliete B., Moreno T., Carballo J. A., Varela A., Monserrat L., Sánchez L.: Influence of ageing time on the quality of yearling calf meat under vacuum. *Eur. Food Res. Technol.* 2005, 220, 489-493.
 50. Revilla I., Vivar-Quintana A. M.: Effect of breed and ageing time on meat quality and sensory attributes of veal calves of the "Terneira de Aliste" Quality Label. *Meat Sci.* 2006, 73, 189-196.
 51. Ripoll G., Alberti P., Casasús I., Blanco M.: Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Sci.* 2013, 93, 336-343.
 52. Rodas-González A., Huerta-Leidenz N., Jerez-Timaure N., Miller M. F.: Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Sci.* 2009, 83, 218-223.
 53. Roldan M., Antequera T., Armenteros M., Ruiz J.: Effect of different temperature – time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chem.* 2014, 149, 129-136.
 54. Scollan N. D., Dannenberger D., Nuernberg K., Richardson I., MacKintosh S., Hocquette J.-F., Moloney A. P.: Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 2014, 97, 384-394.
 55. Sekar A., Dushyanthan K., Radhakrishnan K. T., Narendra Babu R.: Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat. *Meat Sci.* 2006, 72, 211-215.
 56. Sepúlveda W., Maza M. T., Mantecón A. R.: Factors that affect and motivate the purchase of quality-labelled beef in Spain. *Meat Sci.* 2008, 80, 1282-1289.
 57. Serra X., Guerrero L., Guàrdia M. D., Gil M., Sañudo C., Panea B., Campo M. M., Olleta J. L., García-Cachán M. D., Piedrafitá J., Oliver M. A.: Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Sci.* 2008, 79, 98-104.
 58. Shackelford S. D., Morgan J. B., Cross H. R., Savell J. W.: Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *J. Muscle Foods* 1991, 2, 289-294.
 59. Shanks B. C., Wulf D. M., Maddock R. J.: Technical note: The effect of freezing on Warner-Bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several postmortem aging periods. *J. Anim. Sci.* 2002, 80, 2122-2125.
 60. Sierra V., Guerrero L., Fernández-Suárez V., Martínez A., Castro P., Osoro K., Rodríguez-Colunga M. J., Coto-Montes A., Oliván M.: Eating quality of beef from biotypes included in the PGI "Terneira Asturiana" showing distinct physicochemical characteristics and tenderization pattern. *Meat Sci.* 2010, 86, 343-351.
 61. Toohy E. S., van de Ven R., Thompson J. M., Geesink G. H., Hopkins D. L.: SmartStretch™ Technology V. The impact of SmartStretch™ technology on beef topsides (m. semimembranosus) meat quality traits under commercial processing conditions. *Meat Sci.* 2012, 92, 24-29.
 62. Vieira C., Diaz M. T., Martínez B., García-Cachán M. D.: Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Sci.* 2009, 83, 398-404.
 63. Vieira C., García-Cachán M. D., Recio M. D., Domínguez M., Sañudo C.: Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic × Charolais crossbred cattle slaughtered at the same finishing grade. *Span. J. Agric. Res.* 2006, 4, 225-234.
 64. Warner R. D., Greenwood P. L., Pethick D. W., Ferguson D. M.: Genetic and environmental effects on meat quality. Review. *Meat Sci.* 2010, 86, 171-183.
 65. Witte V. C., Krause G. F., Bailey M. E.: A New extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* 1970, 35, 582-585.
 66. Wyrwiz J., Moczowska M., Kurek M., Stelmasiak A., Półtorak A., Wierzbicka A.: Influence of 21 days of vacuum-aging on color, bloom development, and WBSF of beef semimembranosus. *Meat Sci.* 2016, 122, 48-54.

Adres autora: dr inż. Piotr Domaradzki, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: piotr.domaradzki@up.lublin.pl