

PIOTR DOMARADZKI, ZYGMUNT LITWIŃCZUK, ANNA LITWIŃCZUK,
MARIUSZ FLOREK

ZMIANY TEKSTURY I WŁAŚCIWOŚCI SENSORYCZNYCH WYBRANYCH MIĘŚNI SZKIELETOWYCH RÓŻNYCH KATEGORII BYDŁA RZEŻNEGO W OKRESIE 12-DNIOWEGO DOJRZEWANIA PRÓŻNIOWEGO

Streszczenie

Celem pracy było określenie zmian parametrów tekstury i cech sensorycznych mięśni szkieletowych: *m. longissimus lumborum* (ML) i *m. semitendinosus* (ST), pozyskanych z tusz czterech kategorii bydła, tj. cieląt mlecznych (n = 20), cieląt ciężkich (n = 20), młodego bydła (n = 71) i krów (n = 10) w okresie 12-dniowego dojrzewania. W 2., 7. i 12. dniu *post mortem* wykonano pomiary siły i energii cięcia, indeksu fragmentacji miofibryli (MFI) mięśni oraz przeprowadzono ich ocenę sensoryczną w skali 5-punktowej. W 2. dniu od uboju w mięśniach oznaczono podstawowy skład chemiczny i zawartość barwników hemowych. Mięśnie zwierząt młodych, tj. cieląt mlecznych i cieląt ciężkich, w porównaniu z mięśniami zwierząt dojrzałych, tj. młodego bydła rzeźnego oraz krów, zawierały: mniej tłuszczu (średnio o 1,25 % w ML i 0,98 % w ST) i barwników hemowych (o 97 ppm w ML i 67 ppm w ST), a więcej związków mineralnych w postaci popiołu (o 0,20 % w ML i 0,23 % w ST) i wody (o 0,94 % w ML i 0,28 % w ST). W kolejnych dniach dojrzewania najmniejsze wartości siły i energii cięcia oraz najwyższe wartości MFI wykazano w mięśniach cieląt mlecznych (odpowiednio: 70,59 N, 0,31 J, 105,84 w ML oraz 44,27 N, 0,19 J, 113,70 w ST). Odmienne wartości dotyczyły mięśni krów (odpowiednio: 109,37 N, 0,46 J, 91,19 w ML oraz 93,73 N, 0,39 J, 99,61 w ST). W okresie 12-dniowego chłodniczego przechowywania stwierdzono istotną poprawę tekstury, cech sensorycznych oraz wzrost MFI w mięśniach wszystkich czterech kategorii bydła. Zmniejszenie siły cięcia w największym stopniu dotyczyło obu mięśni cieląt ciężkich (55,99 % w ML i 40,62 % w ST), a w najmniejszym – krów (odpowiednio 39,62 % i 27,04 %). W przypadku zmian MFI najwyższy względny wzrost wartości indeksu uzyskano w mięśniu ML krów (60,99 %) i ST młodego bydła rzeźnego (50,46 %), a najniższy – w obu mięśniach cieląt mlecznych (odpowiednio: 38,85 i 27,11 %). Cechy sensoryczne: kruchość, soczystość i smakowość w 12. dniu *post mortem* oceniono najwyżej w próbkach mięśni cieląt mlecznych (średnio 4,68 ÷ 4,83 pkt), następnie cieląt ciężkich (4,25 ÷

Dr inż. P. Domaradzki, prof. dr hab. A. Litwińczuk, dr hab. inż. M. Florek, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, prof. dr hab. Z. Litwińczuk, Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła, Wydz. Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin. Kontakt: piotr.domaradzki@up.lublin.pl

4,51 pkt) i młodego bydła rzeźnego (4,18 ÷ 4,40 pkt), a najniżej – w próbkach mięśni krów (3,90 ÷ 3,98 pkt).

Słowa kluczowe: wołowina, dojrzewanie, skład chemiczny, siła cięcia, indeks fragmentacji miofibryli

Wprowadzenie

Krajowa konsumpcja mięsa wołowego (pomimo jego wielu właściwości prozdrowotnych i walorów sensorycznych) wynosi niecałe 1,5 kg na jednego mieszkańca. Wartość ta jest dziewięciokrotnie niższa od przeciętnego spożycia wołowiny przez pozostałych mieszkańców Unii Europejskiej [21]. Zwiększenie spożycia wołowiny przy dużej dostępności mięsa innych gatunków zwierząt, niejednokrotnie cenowo atrakcyjniejszych, będzie w dużej mierze zależało od poprawy jej jakości sensorycznej, a zwłaszcza tekstury [17, 19].

Przy pozyskiwaniu wołowiny kulinarnej istotnym elementem jest odpowiednio długi okres dojrzewania mięsa. Wpływa on znacząco na poprawę cech jakościowych, zwłaszcza kruchości i smakowitości, a zarazem jest jednym z najmniej skomplikowanych zabiegów prowadzących do wzrostu przydatności konsumpcyjnej i technologicznej mięsa wołowego.

Cechy tekstury żywności oceniane są metodami instrumentalnymi, których dużą zaletą jest niski koszt pomiaru/analizy (nie wymagają organizowania zespołu oceniającego), łatwość wykonania i obiektywizm pomiarów (nie zależą one od stanu psychofizjologicznego oceniających). Metody te jednak nie gwarantują pełnej charakterystyki tekstury żywności. Ocena sensoryczna dokonywana za pomocą zmysłów człowieka jest procesem złożonym, uwarunkowanym szeregiem różnych czynników. Dotychczas żadne urządzenie wykorzystywane do oceny instrumentalnej żywności nie potrafiło odwzorować rzeczywistych zmian tekstury występujących podczas jedzenia. W związku z powyższym metody instrumentalne stanowią zazwyczaj uzupełnienie oceny sensorycznej żywności i przyczyniają się do jej pełniejszej charakterystyki [1, 2, 29].

Ważnym zjawiskiem występującym w tkance mięśniowej podczas dojrzewania jest łatwość fragmentacji (w kontrolowanych warunkach homogenizacji) miofibryli na krótkie segmenty, która nie występuje w mięsie tuż po uboju. Stopień zaawansowania procesu rozpadu miofibryli wykorzystuje się do określania tzw. Indeksu Fragmentacji Miofibryli (MFI). Wskaźnik ten, będący miarą średniej długości miofibryli, jest silnie skorelowany z kruchością mięsa. Im wyższa wartość MFI, tym krótsze są miofibryle, a tym samym większa jest kruchość [18, 24, 34].

Celem pracy było określenie zmian parametrów tekstury i właściwości sensorycznych dwóch mięśni szkieletowych pozyskanych z tusz czterech kategorii bydła w okresie 12-dniowego dojrzewania.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły próbki z dwóch mięśni szkieletowych, tj. najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego – ML (*m. longissimus lumborum*) i półścięgniętego – ST (*m. semitendinosus*), pobrane ze 121 tusz bydła z produkcji towarowej, w tym:

- 20 cieląt mlecznych (w wieku 8 - 12 tygodni, żywionych mlekiem lub preparatami mlekozastępczymi, o średniej masie przed ubojem – $92,3 \pm 10,6$ kg),
- 20 cieląt ciężkich (odchowiwanych przy matkach na pastwisku do wieku 7 - 8 miesięcy, o średniej masie przed ubojem – $285,6 \pm 41,2$ kg),
- 71 sztuk młodego bydła rzeźnego (w wieku 18 - 24 miesięcy, opasanych w systemie półintensywnym, o średniej masie przed ubojem – $537,6 \pm 56,2$ kg),
- 10 krów (powyżej 5 lat, o średniej masie przed ubojem – $503,6 \pm 21,4$ kg).

Ubój i obróbkę poubojową bydła przeprowadzono w ubojni zgodnie z przepisami obowiązującymi w przemyśle mięsny i pod nadzorem inspekcji weterynaryjnej. Po 24-godzinnym wychłodzeniu, podczas rozbioru technologicznego prawych półtuszy pobierano próbki mięśni ML i ST (każda o masie ok. 500 g), które ważono (z dokładnością do 1 g) i pakowano w woreczki z folii PA/PE o wysokiej barierowości dla gazów i przy zastosowaniu 98-procentowego poziomu próżni. Do momentu wykonywania analiz próbki przechowywano w warunkach chłodniczych (4 ± 1 °C) przez 2, 7 i 12 dni.

W 2. dniu *post mortem* w próbkach mięśni oznaczano zawartość wody metodą suszenia (103 °C) według PN-ISO 1442:2000 [35], związków mineralnych (w postaci popiołu) metodą spalania według PN-ISO 936:2000 [38], białka ogółem metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 [36], tłuszczu wolnego metodą Soxhleta przy użyciu aparatu Büchi B-811 według PN-ISO 1444:2000 [39] oraz ogólną zawartość barwników hemowych metodą Hornseya [9] przy użyciu spektrofotometru Varian Cary BIO (Agilent Technologies, Palo Alto, USA). Pomiar wykonywano przy $\lambda = 640$ nm.

Cechy sensoryczne i parametry tekstury mięśni szkieletowych oznaczano w 2., 7. i 12. dniu *post mortem*. Próbki mięśni (o masie 100 - 120 g) poddawano obróbce termicznej w łaźni wodnej w szczelnie zamkniętych woreczkach foliowych w temp. 70 °C przez 60 min. Ocenę sensoryczną przeprowadzał 5-osobowy zespół. Kruchość, soczystość i smakowość mięsa oceniano w skali 5-punktowej (5 – bardzo kruche, bardzo soczyste, smakowość bardzo pożądana; 1 – bardzo twarde, bardzo suche, smakowość niepożądana) z możliwością przyznawania ocen połówkowych. Przy użyciu maszyny Zwick/Roell Proline B0.5 (Zwick GmbH & Co. KG, Ulm, Niemcy) określano maksymalną siłę cięcia (F_{\max} w N) i energię cięcia (W/F_{\max} w J), wykorzystując nóż szerometryczny (V-blade) Warner-Bratzler (Zwick GmbH & Co. KG) przy prędkości przesuwu głowicy 150 mm/min. Cięciu poddawano słupki mięśni o powierzchni prze-

kroju 100 mm² i długości 50 mm (minimum 5 z każdej próby), wycinane równolegle do kierunku włókien mięśniowych. Wyniki pomiarów opracowano z wykorzystaniem programu TestXpert II (Zwick GmbH & Co. KG). Temperatura próbek w czasie wykonywania oznaczeń tekstury i cech sensorycznych wynosiła 20 ± 1 °C. Indeks fragmentacji miofibryli (MFI) oznaczano według metody opisanej przez Hopkinsa i wsp. [8] przy wykorzystaniu: homogenizatora nożowego firmy Büchler HO-4A (Niemcy) o prędkości homogenizacji 15000 rpm, wirówki Universal 320R Hettich Zentrifugen (Niemcy) o prędkości wirowania 1000 g w ciągu 15 min i w temp. 2 °C oraz spektrofotometru Varian Cary 300 BIO (Agilent Technologies, USA). Pomiar spektrofotometryczny wykonywano przy $\lambda = 540$ nm. Do obliczenia MFI stosowano współczynnik przeliczeniowy 150. Oznaczenie zawartości białka w mieszaninie przeprowadzono metodą biuretową.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu SAS Enterprise Guide 6.1 software (SAS, 2013). Obliczono wartości średnie poszczególnych cech oraz odchylenia standardowe. Do określenia wpływu kategorii bydła (wieku) na skład chemiczny mięśni ML i ST zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między wartościami średnimi określono za pomocą testu Tukeya ($p \leq 0,05$ i $p \leq 0,01$). Właściwości sensoryczne, siłę i energię cięcia oraz MFI (oddzielnie mięśni ML i ST) rozpatrywano w układzie dwuczynnikowej analizy wariancji z interakcją, uwzględniając wpływ kategorii i czasu dojrzewania.

Wyniki i dyskusja

Na podstawie wyników składu chemicznego (tab. 1) stwierdzono dużą zawartość białka w obu mięśniach szkieletowych wszystkich czterech analizowanych kategorii bydła, tzn. od 21,58 % – w mięśni ST krów do 22,90 % – w mięśni ST cieląt ciężkich, a wykazane różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). Mięśnie zwierząt młodych, tj. cieląt ciężkich i cieląt mlecznych, zawierały istotnie (ML – $p \leq 0,05$ i ST – $p \leq 0,01$) mniej tłuszczu w porównaniu z mięśniami zwierząt dojrzałych – młodego bydła rzeźnego i krów. W przypadku związków mineralnych (w postaci popiołu) i wody wykazano odwrotną tendencję, tzn. więcej tych składników zawierały mięśnie zwierząt najmłodszych. Podobne tendencje w zakresie kształtowania się składu chemicznego mięśni różnych kategorii wiekowych bydła wykazali Iwanowska i wsp. [11].

Lin-qiang i wsp. [20] przeanalizowali jakość mięsa wołowego pozyskanego z bydła w wieku od 3 do 15 miesięcy i stwierdzili, że wraz z dojrzałością fizjologiczną zwierząt ich mięso zawierało mniej wody, zwiększała się natomiast zawartość tłuszczu śródmięśniowego i białka. W mięśni *longissimus thoracis* cieląt żywionych mlekiem i ubijanych przy masie ciała 215 ÷ 230 kg Vieira i wsp. [35] wykazali zawartość wody w zakresie 75,7 ÷ 76,6 %, białka – 21,27 ÷ 22,02 %, tłuszczu – 1,31 ÷ 1,38 % oraz popiołu – 1,08 ÷ 1,12 %.

Tabela 1. Zawartość podstawowych składników chemicznych [%] i barwników hemowych [ppm] w mięśniach bydlęcych

Table 1. Content of basic chemical components [%] and haem pigments [ppm] in cattle muscles

Składniki Components	Kategoria bydła (K) / Category of cattle			
	Cielęta mleczne Dairy calves	Cielęta ciężkie Heavy calves	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	Krowy Cows
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
<i>m. longissimus lumborum</i> (ML)				
Woda / Water	75,01 ^b ± 0,93	75,00 ^b ± 0,71	74,29 ^{ab} ± 1,29	73,84 ^a ± 1,29
Białko / Protein	22,53 ± 0,77	22,65 ± 0,84	22,52 ± 1,06	22,30 ± 0,81
Tłuszcz / Fat	1,23 ^a ± 0,36	0,87 ^a ± 0,39	1,92 ^b ± 1,16	2,60 ^b ± 1,2
Popiół / Ash	1,16 ^{AB} ± 0,30	1,22 ^B ± 0,07	1,03 ^A ± 0,25	0,95 ^A ± 0,08
Barwniki hemowe Haem pigments	105 ^A ± 17,6	149 ^B ± 24,4	186 ^C ± 29,4	261 ^D ± 27,6
<i>m. semitendinosus</i> (ST)				
Woda / Water	75,61 ± 0,69	75,01 ± 0,95	75,14 ± 1,07	74,92 ± 0,77
Białko / Protein	21,91 ^{ab} ± 0,40	22,90 ^c ± 0,86	22,41 ^b ± 0,89	21,58 ^a ± 0,75
Tłuszcz / Fat	1,02 ^A ± 0,50	0,59 ^A ± 0,37	1,35 ^B ± 0,39	2,23 ^C ± 1,15
Popiół / Ash	1,22 ^b ± 0,13	1,23 ^b ± 0,05	1,05 ^a ± 0,28	0,94 ^a ± 0,10
Barwniki hemowe Haem pigments	104 ^A ± 18,1	149 ^B ± 31,0	164 ^B ± 34,7	223 ^C ± 21,3

Objaśnienia / Explanatory notes:

\bar{x} – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation. Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: a, b, c – $p \leq 0,05$; A, B, C – $p \leq 0,01$ / Mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly: a, b, c – $p \leq 0,05$; A, B, C – $p \leq 0,01$.

Istotnie ($p \leq 0,01$) największą zawartość barwników hemowych stwierdzono w mięśniach krów (261 ppm w ML i 223 ppm w ST), a najmniejszą – w mięśniach cieląt mlecznych (105 i 104 ppm). Podobną zależność, tj. wzrost zawartości barwników mięśniowych wraz z wiekiem zwierząt wykazał Moon i wsp. [23]. Zdaniem Grodzickiego [5] zawartość podstawowych składników chemicznych w mięśniach determinowana jest przede wszystkim kategorią bydła, natomiast rodzaj mięśnia jest czynnikiem mniej różnicującym.

Wykazano istotny ($p \leq 0,01$) wpływ kategorii i czasu dojrzewania na siłę i energię cięcia oraz indeks fragmentacji miofibryli (MFI) analizowanych mięśni (tab. 2). W trakcie dojrzewania w mięśniach wszystkich ocenianych kategorii bydła obserwowano obniżenie wartości siły i energii cięcia oraz wzrost wartości MFI (tzn. polepszenie kruchości). Podobne zależności obserwowano wcześniej w wielu innych badaniach, w których wskazywano na istotny wpływ procesu dojrzewania na wzrost kruchości mięsa [10, 14, 15, 24, 25, 33]. Najmniejsze wartości testu szerometrycznego

stwierdzono w mięśniach cieląt mlecznych. Średnie wartości siły i energii cięcia mięśnia ML wynosiły odpowiednio: 70,59 N i 0,31J, a ST – 44,27 N i 0,19 J. Wyższe wartości tych parametrów (w porównaniu z cielętami mlecznymi) stwierdzono w mięśniach cieląt ciężkich, a następnie młodego bydła rzeźnego. Istotnie ($p \leq 0,01$) najtwardsze były mięśnie krów. Wartości siły cięcia tych mięśni wyniosły odpowiednio: ML – 109,37 N, ST – 93,73 N. Na podobne zależności związane ze wzrostem siły cięcia mięsa (obniżeniem kruchości) wraz z postępującą dojrzałością fizjologiczną bydła wskazują Kołczak i wsp. [15, 16] oraz Moon i wsp. [23]. Lin-qiang i wsp. [20] wykazali w 12. dniu chłodniczego dojrzewania mięśnia ML 3-miesięcznych cieląt siłę cięcia na poziomie 28,9 N, 9-miesięcznych buhajków – 34,7 N, natomiast bydła w wieku 15 miesięcy – 52,4 N. Jelńikova i wsp. [12] podają natomiast, że mięsień ML krów charakteryzował się niższą wartością (oceniającą po 48 h) siły cięcia niż taki mięsień buhajków. Wyniki odmienne, od uzyskiwanych w innych badaniach, autorzy wiążą z wyższą podatnością buhajków na stres w trackie obrotu przedubojowego.

Spośród dwóch rodzajów ocenianych mięśni niższe wartości siły i energii cięcia oraz wyższe wartości MFI (tzn. lepszą kruchość) stwierdzono niezależnie od kategorii bydła w przypadku mięśnia ST. Podobne zależności stwierdzono wcześniej w mięsie cieląt [3] i młodego bydła rzeźnego [4, 30]. Kołczak i wsp. [16] podają, że mięsień ST cieląt w 6. dniu chłodniczego przechowywania charakteryzował się kruchością ($F_{max.}$) zbliżoną do mięśnia lędźwiowego większego (*psaos major*), który uważany jest za najdelikatniejszy mięsień szkieletowy ssaków.

Jak podają Kim i Lee [14], na podstawie wartości wskaźnika MFI określanego w mięsie surowym można z dużą dokładnością przewidywać kruchość mięsa po jego obróbce termicznej. Wartość wskaźnika MFI zwiększa się wraz z wydłużaniem okresu dojrzewania mięsa, a wyższe wartości MFI odnotowywane są z reguły w mięsie zwierząt młodszych niż starszych. Znalazło to potwierdzenie w badaniach własnych, gdyż zarówno w przypadku mięśnia ML, jak i ST najwyższe średnie wartości MFI dotyczyły cieląt mlecznych (odpowiednio: 105,84 i 113,70), następnie cieląt ciężkich (odpowiednio: 102,87 i 108,33) i młodego bydła rzeźnego (odpowiednio: 101,30 i 102,53), a najniższe – krów (odpowiednio: 91,19 i 99,61).

Największe obniżenie wartości siły cięcia w okresie 12-dniowego dojrzewania zaobserwowano w obu mięśniach cieląt ciężkich – 55,99 % w ML i 40,62 % w ST, najmniejsze natomiast w mięśniach krów, tj. 39,62 % i 27,04 % (rys. 1). Kołczak i wsp. [16] stwierdzili między 1. a 12. dniem dojrzewania mięśni *psaos major* i *semitendinosus* 25- i 39-procentowe obniżenie wartości siły cięcia w grupie cieląt, 15- i 25-procentowe – w mięśniach jałówek oraz 9- i 22-procentowe w mięśniach krów. Z kolei Niedźwiedz i wsp. [24] w okresie 14-dniowego dojrzewania próżniowego mięśnia ML młodego bydła rzeźnego wykazali obniżenie wartości siły cięcia o 53 %.

Tabela 2. Wartości siły i energii cięcia oraz MFİ mięśni bydlęcych w okresie 12-dniowego dojrzewania
 Table 2. Values of shear force and shear energy and MFİ of cattle muscles during 12 days of aging

Wyszczególnienie Specification	Kategoria bydła (K) Category of cattle	Czas dojrzewania (C) [dni] / Aging time [days]		$\bar{x} \pm s / SD$	Wpływ/ Influence			
		2.	7.		12.	K	C	Interakcja Interaction K × C
		<i>m. longissimus lumborum</i> (ML)						
Siła cięcia (F_{max}) Shear force [N]	Cielęta mleczne / Dairy calves	93,91 ± 31,10	66,31 ± 25,89	49,66 ± 22,31	70,59 ± 31,84			
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	118,86 ± 37,86	74,87 ± 29,50	52,31 ± 17,86	81,45 ± 40,05			
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	114,52 ± 38,61	77,69 ± 32,57	61,40 ± 24,81	85,37 ± 39,46	**	ns	
	Krowy / Cows	140,04 ± 36,46	103,51 ± 64,01	84,56 ± 36,37	109,37 ± 50,81			
	Średnio / Average	114,91 ± 38,34	77,63 ± 34,42	59,88 ± 25,17	-			
Energia cięcia Shear energy [J]	Cielęta mleczne / Dairy calves	0,39 ± 0,11	0,30 ± 0,14	0,24 ± 0,10	0,31 ± 0,13			
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	0,42 ± 0,15	0,33 ± 0,14	0,28 ± 0,12	0,34 ± 0,15			
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	0,43 ± 0,16	0,32 ± 0,13	0,29 ± 0,12	0,35 ± 0,15	**	ns	
	Krowy / Cows	0,49 ± 0,18	0,50 ± 0,35	0,39 ± 0,13	0,46 ± 0,23			
	Średnio / Average	0,43 ± 0,15	0,33 ± 0,16	0,29 ± 0,12	-			
Indeks fragmentacji miofibrili (MFİ) Myofibrillar frag- mentation index	Cielęta mleczne / Dairy calves	85,74 ± 25,07	112,73 ± 11,32	119,05 ± 11,01	105,84 ± 21,89			
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	78,95 ± 4,00	111,24 ± 5,01	118,41 ± 4,64	102,87 ± 17,95			
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	78,69 ± 18,05	106,23 ± 11,99	118,97 ± 8,54	101,30 ± 21,51	**	ns	
	Krowy / Cows	67,34 ± 4,75	97,81 ± 9,63	108,41 ± 20,55	91,19 ± 21,89			
	Średnio / Average	78,35 ± 16,43	107,04 ± 11,17	117,91 ± 9,99	-			

c.d. Tab. 2.

		<i>m. semitendinosus</i> (ST)									
Siła cięcia (F_{max}) Shear force [N]	Cielęta mleczne / Dairy calves	58,72 ± 20,24	37,90 ± 6,32	37,51 ± 9,06	44,27 ± 16,01	**	**	ns			
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	85,81 ± 26,45	63,13 ± 18,57	50,95 ± 15,18	66,34 ± 24,84						
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	96,06 ± 24,16	69,58 ± 16,43	58,41 ± 12,02	74,72 ± 23,97						
	Krowy / Cows	111,21 ± 20,60	88,03 ± 19,35	81,14 ± 19,52	93,73 ± 23,11						
	Średnio / Average	91,37 ± 26,77	66,06 ± 19,60	56,17 ± 15,79	-						
Energia cięcia Shear energy [J]	Cielęta mleczne / Dairy calves	0,24 ± 0,09	0,19 ± 0,08	0,16 ± 0,03	0,19 ± 0,08	**	**	ns			
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	0,31 ± 0,09	0,29 ± 0,12	0,23 ± 0,07	0,27 ± 0,10						
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	0,35 ± 0,11	0,30 ± 0,08	0,28 ± 0,08	0,31 ± 0,10						
	Krowy / Cows	0,41 ± 0,10	0,39 ± 0,05	0,36 ± 0,13	0,39 ± 0,09						
	Średnio / Average	0,34 ± 0,11	0,29 ± 0,10	0,26 ± 0,09	-						
Indeks fragmentacji miofibrili (MFI) Myofibrillar fragmentation index	Cielęta mleczne / Dairy calves	97,92 ± 21,94	118,71 ± 14,19	124,47 ± 11,66	113,70 ± 19,45	**	**	ns			
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	88,41 ± 3,60	114,92 ± 2,98	121,66 ± 3,23	108,33 ± 14,89						
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	79,87 ± 19,11	107,54 ± 14,21	120,17 ± 6,26	102,53 ± 22,01						
	Krowy / Cows	84,24 ± 7,87	102,42 ± 5,45	112,18 ± 13,71	99,61 ± 14,97						
	Średnio / Average	83,59 ± 17,36	109,54 ± 12,82	120,13 ± 7,68	-						

* - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; ns - nie stwierdzono / not fund. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1 / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Tabela 3. Wyniki oceny sensorycznej mięśni bydlęcych w okresie 12 -dniowego dojrzewania
 Table 3. Results of sensory evaluation of cattle muscles during 12 days of aging

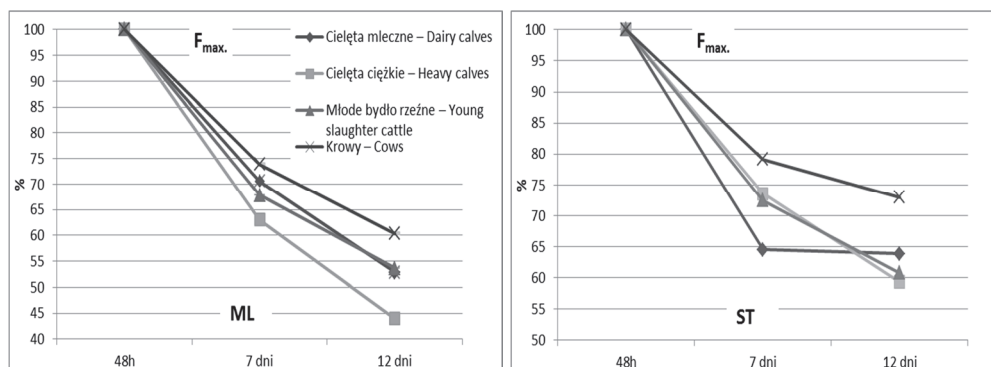
Cechy Properties	Kategoria bydła (K) Category of cattle	Czas dojrzewania (C) [dni] / Aging time [days]				$\bar{x} \pm s / SD$	Wpływ / Influence		
		2.	7.	12.	K		C	Interakcja Interaction K × C	
<i>m. longissimus lumborum</i> (ML)									
Kruchość Tenderness [pkt / points]	Cielęta mleczne / Dairy calves	3,81 ± 0,43	4,70 ± 0,34	4,71 ± 0,25	4,42 ± 0,41				
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	3,35 ± 0,64	4,20 ± 0,56	4,50 ± 0,34	4,04 ± 0,57				
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	2,98 ± 0,51	3,68 ± 0,45	4,30 ± 0,41	3,66 ± 0,64	**	**	ns	
	Krowy / Cows	2,60 ± 0,73	3,01 ± 0,43	3,91 ± 0,56	3,18 ± 0,65				
	Średnio / Average	3,12 ± 0,55	3,88 ± 0,48	4,37 ± 0,38	-				
Soczystość Juiciness [pkt / points]	Cielęta mleczne / Dairy calves	3,48 ± 0,46	4,78 ± 0,40	4,72 ± 0,33	4,34 ± 0,61				
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	3,18 ± 0,34	4,30 ± 0,42	4,35 ± 0,22	3,95 ± 0,49				
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	3,01 ± 0,57	3,71 ± 0,39	4,28 ± 0,45	3,68 ± 0,53	**	**	ns	
	Krowy / Cows	2,78 ± 0,65	3,27 ± 0,42	3,98 ± 0,49	3,35 ± 0,56				
	Średnio / Average	3,01 ± 0,51	3,95 ± 0,45	4,39 ± 0,46	-				
Smakowitość Palatability [pkt / points]	Cielęta mleczne / Dairy calves	3,75 ± 0,33	4,63 ± 0,39	4,71 ± 0,25	4,37 ± 0,39				
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	4,02 ± 0,47	4,35 ± 0,42	4,45 ± 0,16	4,27 ± 0,32				
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	2,74 ± 0,44	3,45 ± 0,40	4,37 ± 0,19	3,52 ± 0,67	**	**	ns	
	Krowy / Cows	2,40 ± 0,56	3,02 ± 0,45	3,96 ± 0,33	3,11 ± 0,56				
	Średnio / Average	3,12 ± 0,49	3,79 ± 0,42	4,41 ± 0,18	-				

c.d. Tab. 3.

		<i>m. semitendinosus</i> (ST)									
Kruchość Tenderness [pkt / points]	Cielęta mleczne / Dairy calves	4,01 ± 0,44	4,80 ± 0,41	4,83 ± 0,43	4,56 ± 0,47						
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	3,75 ± 0,56	4,40 ± 0,32	4,51 ± 0,26	4,23 ± 0,42						
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	3,08 ± 0,34	3,98 ± 0,30	4,40 ± 0,36	3,81 ± 0,44	**	**				ns
	Krowy / Cows	2,70 ± 0,45	3,11 ± 0,27	3,97 ± 0,45	3,25 ± 0,51						
	Średnio / Average	3,33 ± 0,41	4,10 ± 0,29	4,47 ± 0,37	-						
Soczystość Juiciness [pkt / points]	Cielęta mleczne / Dairy calves	3,37 ± 0,46	4,68 ± 0,44	4,68 ± 0,30	4,24 ± 0,43						
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	3,03 ± 0,57	4,15 ± 0,53	4,25 ± 0,28	3,80 ± 0,59						
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	2,79 ± 0,58	3,71 ± 0,45	4,18 ± 0,19	3,56 ± 0,51	**	**				ns
	Krowy / Cows	2,78 ± 0,65	3,27 ± 0,43	3,90 ± 0,39	3,31 ± 0,56						
	Średnio / Average	2,94 ± 0,59	3,92 ± 0,50	4,23 ± 0,36	-						
Smakowitość Palatability [pkt / points]	Cielęta mleczne / Dairy calves	3,66 ± 0,64	4,66 ± 0,45	4,68 ± 0,15	4,30 ± 0,49						
	Cielęta ciężkie / Heavy calves	3,57 ± 0,56	4,25 ± 0,50	4,39 ± 0,36	4,07 ± 0,52						
	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle	2,64 ± 0,79	3,55 ± 0,45	4,28 ± 0,59	3,48 ± 0,71	**	**				ns
	Krowy / Cows	2,20 ± 0,67	2,90 ± 0,58	3,91 ± 0,43	3,01 ± 0,66						
	Średnio / Average	2,90 ± 0,67	3,81 ± 0,46	4,30 ± 0,61	-						

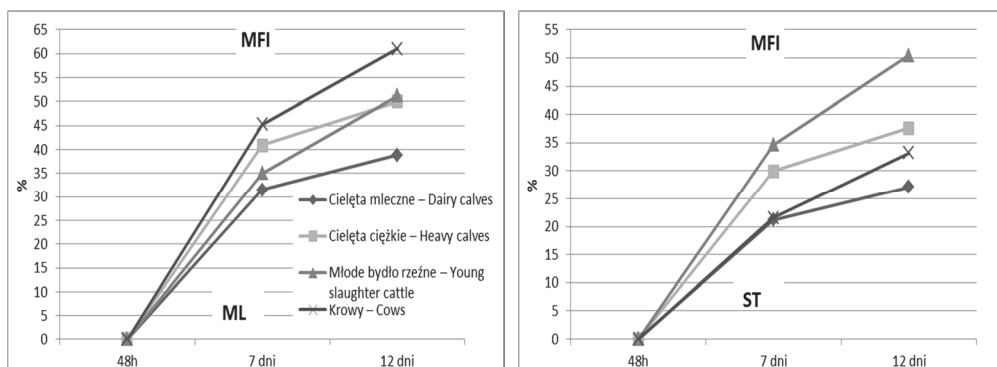
* - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; ns - nie stwierdzono / not found. Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1 / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Po przeanalizowaniu względnych zmian MFI najwyższy wzrost tego indeksu stwierdzono w mięśniu ML krów (60,99 %) i ST młodego bydła rzeźnego (50,46 %), najniższy natomiast w obu mięśniach cieląt mlecznych (odpowiednio: 38,85 i 27,11%) – rys. 2.



Rys. 1. Zmiany siły cięcia (F_{max}) [%] mięśni bydlęcych w okresie 12-dniowego dojrzewania próżniowego

Fig. 1. Changes in shear force (F_{max}) [%] of cattle muscles during 12 days of vacuum aging



Rys. 2. Zmiany MFI [%] mięśni bydlęcych w okresie 12 -dniowego dojrzewania próżniowego

Fig. 2. Changes in MFI [%] of cattle muscles during 12 days of vacuum aging

Kruchość mięsa jest bezpośrednio uzależniona od struktury dwóch podstawowych składników białkowych tkanki mięśniowej, tj. miofibrili i śródmięśniowej tkanki łącznej (*intramuscular connective tissue* – IMCT). Znaczenie IMCT jest istotne zwłaszcza w przypadku mięśni z dużą zawartością kolagenu i pozyskanych ze zwierząt dojrzających (np. krów), u których wraz z wiekiem obserwuje się wzrost mechanicznej i termicznej stabilności włókien kolagenowych [28]. Pomiary kruchości określone na podstawie siły cięcia charakteryzują oba komponenty mięśnia [6], natomiast wartość indeksu MFI wskazuje poziom degradacji białek miofibrilarnych – przy jego oznacza-

niu usuwana jest tkanka łączna [8, 24, 34]. Przeprowadzone badania w pewnym zakresie potwierdzają takie zależności, np. w mięśniu ML krów w trakcie całego okresu dojrzewania obserwowano najwyższy procentowy wzrost MFI. Jednakże już w przypadku względnego wzrostu siły cięcia, jak i absolutnych wartości F_{max} , stwierdzono najniższe wyniki spośród ocenianych kategorii bydła (rys. 1 i 2, tab. 2).

Wzrost kruchości mięsa, zwłaszcza w pierwszej fazie dojrzewania (tzw. szybkiej – do 10 dni), zależy od stopnia degradacji białek miofibrylarnych. W przypadku śródmięśniowej tkanki łącznej nie jest to już tak jednoznaczne, bowiem większość autorów uważa, że IMCT w trakcie poubojowego dojrzewania ulega tylko nieznacznym zmianom, które nie mają większego wpływu na kruchość mięsa po obróbce termicznej [27, 31]. Niektórzy sugerują jednak, że o ile znaczenie IMCT w pierwszej fazie kruszenia mięsa jest niewielkie, to w kolejnej (tzw. powolnej – po 10 dniach) jej udział może być już znaczący. Zmianie ulegają bowiem struktura i właściwości mechaniczne IMCT, co spowodowane jest m.in. rozdzieleniem się fibryli i włókien kolagenowych, degradacją proteoglikanów oraz wzrostem ilości kolagenu rozpuszczalnego [26, 27].

Wykazano istotny wpływ kategorii bydła i czasu dojrzewania na wszystkie oceniane cechy sensoryczne, zarówno mięśnia ML, jak i ST. Nie stwierdzono natomiast interakcji między tymi czynnikami (tab. 3). Pod względem kruchości, soczystości i smakowitości najwyżej oceniono mięśnie cieląt mlecznych, najniżej natomiast – mięśnie krów. Z badań innych autorów wynika, że polscy konsumenci spośród wielu cech sensorycznych wołowiny za najważniejsze uznają smak i zapach, następnie wygląd ogólny, a w dalszej kolejności kruchość oraz soczystość. Z kolei w opinii Australijczyków za najważniejszą cechę jakościową wołowiny uznawana jest kruchość, stanowiąca 40 % jakości mięsa, następnie smakowitość, a na końcu soczystość oraz wygląd ogólny [7].

Podczas chłodniczego przechowywania mięsa zaobserwowano istotną poprawę wszystkich cech sensorycznych (tab. 3). Podobnie Niedźwiedź i wsp. [25] wskazują na istotny wpływ czasu dojrzewania na cechy mięśnia ML młodego bydła rzeźnego ocenianego sensorycznie (w skali 9-punktowej). W badaniach tych autorów w 14. dniu dojrzewania kruchość, smak i zapach mięśnia oceniono na poziomie 8,7 pkt, a soczystość – na 8,5 pkt i w porównaniu z notami przyznanymi 2. dnia dojrzewania były one wyższe odpowiednio o: 3,8, 2,1, 1,9 i 2,6 pkt.

Jak twierdzą Monsón i wsp. [22] oraz Sañudo i wsp. [32], dojrzewanie istotnie przyczynia się do eliminowania różnic w teksturze mięsa, zarówno pomiędzy rasami bydła, jak i poszczególnymi osobnikami w obrębie tej samej rasy. Proces ten pozwala na uzyskanie bardziej jednorodnego surowca odpowiadającego wysokim wymaganiom konsumenta, co sprawia, że mięso nabiera nowej, wyższej wartości rynkowej.

Największą poprawę cech sensorycznych wykazano między 2. a 7. dniem dojrzewania (tab. 3). Generalnie mięso cieląt mlecznych już w 7. dniu chłodniczego doj-

rzewania wykazywało bardzo korzystne cechy, przede wszystkim w zakresie kruchości i soczystości. Przeprowadzona ocena sensoryczna wskazuje, że mięśnie ST wszystkich ocenianych kategorii bydła były bardziej kruche (średnio od 4,56 do 3,25 pkt) niż ML (średnio od 4,42 do 3,18 pkt), które jednak wraz z wydłużaniem czasu chłodniczego przechowywania stawały się bardziej soczyste i smakowite.

Kandeepan i wsp. [13, po uwzględnieniu takich cech jakości tkanki mięśniowej, jak: rodzaj włókien mięśniowych, właściwości tkanki łącznej oraz cechy sensoryczne pozostające w ścisłym związku ze składem chemicznym i kruchością twierdzą, że mięso pozyskiwane z młodego bydła rzeźnego (w szczególności z chowu intensywnego) jest predestynowane do wykorzystania jako mięso kulinarne. Surowiec otrzymany ze starszych zwierząt jest natomiast bardziej przydatny dla przetwórstwa, głównie do produkcji wędlin lub przetworów z mięsa mielonego.

Wnioski

1. Kategoria bydła w istotny sposób determinowała podstawowy skład chemiczny mięśni, z wyjątkiem zawartości białka w *m. longissimus lumborum* (ML) i wody – w *m. semitendinosus* (ST).
2. Wykazano istotny ($p \leq 0,01$) wpływ kategorii bydła na siłę i energię cięcia, wartość MFI oraz wyróżniki sensoryczne analizowanych mięśni.
3. Wraz z wiekiem (dojrzałością) zwierząt ich mięśnie były mniej kruche, co wpłynęło na wyższą siłę i energię cięcia oraz niższą wartość MFI, jak również na niższe noty oceny sensorycznej.
4. W okresie 12-dniowego dojrzewania poubojowego w mięśniu ML i ST wszystkich analizowanych kategorii bydła obserwowano istotne ($p \leq 0,01$) obniżenie siły i energii cięcia oraz wzrost wartości wskaźnika MFI.
5. Czas dojrzewania wpłynął istotnie ($p \leq 0,01$) na poprawę cech sensorycznych ocenianych mięśni.
6. Mięśnie ST wszystkich ocenianych kategorii bydła odznaczały się niższą siłą i energią cięcia oraz wyższymi wartościami MFI w porównaniu z ML. Ich większa kruchość potwierdzona została również w ocenie sensorycznej. Wyżej oceniono natomiast mięśnie ML za soczystość i smakowitość.

Literatura

- [1] Bourne M.C.: Food texture and viscosity: Concept and measurement. 2nd ed. Food Sci. Technol., Inter. Series, Acad. Press, New York 2002.
- [2] 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.
- [3] Domaradzki P., Skałeczki P., Florek M., Litwińczuk Z.: Związek kolagenu z wybranymi parametrami technologicznymi mięsa cielęcego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **71** (4), 50-62.

- [4] Florek M., Litwińczuk M., Skąlecki 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** (57), 281-288.
- [5] Grodzicki T.: Skład chemiczny i właściwości fizykochemiczne mięśni szkieletowych czterech kategorii bydła rzeźnego. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2009, **4** (5), 167-180.
- [6] Harris P.V., Shorthose W.R.: Meat texture. In.: *Developments in Meat Science*. Ed. R. Lawrie. Elsevier UK, London 1988, pp. 245-296.
- [7] Hocquette J.F., van Wezemael L., Chriki S., Legrand I., Verbeke W., Farmer L., Scollan N.D., Polkinghorne R., Rødbotten R., Allen P., Pethick D.W.: Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Sci.*, 2014, **97**, 316-322.
- [8] Hopkins D.L., Littlefield P.J., Thompson J.M.: A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Sci.*, 2000, **56**, 19-22.
- [9] Hornsey H.C.: The colour of cooked pork I. estimation of the nitroxide haem pigments. *J. Sci. Food Agric.*, 1956, **7**, 534-540.
- [10] Hou X., Liang R., Mao Y., Zhang Y., Niu L., Wang R., Liu C., Liu Y., Luo X.: Effect of suspension method and aging time on meat quality of Chinese fattened cattle *M. Longissimus dorsi*. *Meat Sci.*, 2014, **96**, 640-645.
- [11] Iwanowska A., Pospiech E., Lyczynski A., Rosochacki S., Grześ B., Mikołajczak B., Iwańska E., Rzosińska 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** (2), 133-149.
- [12] Jeleníková J., Pipek P., Staruch L.: The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 870-874.
- [13] Kandeepan G., Anjaneyulu A.S.R., Kondaiiah N., Mendiratta S.K., Lakshmanan V.: Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Sci.*, 2009, **83**, 10-14.
- [14] Kim C.J., Lee E.S.: Effects of quality grade on the chemical, physical and sensory characteristics of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Sci.*, 2003, **63**, 397-405.
- [15] Kołczak T., Palka K., Łącki J.: Water retention, shear force and texture parameters of cattle psoas and semitendinosus muscles unfrozen and frozen during post-mortem ageing. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2005, **1** (55), 17-26.
- [16] Kołczak T., Pospiech E., Palka K., Łącki J.: Changes of myofibrillar and centrifugal drip proteins and shear force of psoas major and minor and semitendinosus muscles from calves, heifers and cows during post-mortem ageing. *Meat Sci.*, 2003, **64**, 69-75.
- [17] Konarska M., Guzek D., Głowska D., Wierzbicka A.: Systemy klasyfikacji mięsa wołowego a jego realna jakość. *Zesz. Nauk. SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego*, 2012, **27** (1), 94-104.
- [18] Koohmaraie M.: Muscle proteinases and meat aging. *Meat Sci.*, 1994, **36**, 93-10.
- [19] Kosicka-Gębska M., Przeździecka N., Gębski J.: Tendencje zmian w spożyciu mięsa wołowego w Polsce w latach 2000 - 2009. *Zesz. Nauk. SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego*, 2010, **10** (25), 49-59.
- [20] Lin-qiang L., Wan-qiang T., Lin-sen Z.: Effects of age on quality of beef from Qinchuan cattle carcass. *Agric. Sci. China*, 2011, **10** (11), 1765-1771.
- [21] Małkowski J.: Rynek mięsa – stan i perspektywy. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2013.
- [22] Monsón F., Sañudo C., Sierra I.: Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.*, 2004, **68**, 595-602.
- [23] Moon S.S., Yang H.S., Park G.B., Joo S.T.: The relationship of physiological maturity and marbling judged according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females. *Meat Sci.*, 2006, **74**, 516-521.
- [24] Niedźwiedz J., Ostoja H., Cierach M.: Instrumentalny pomiar parametrów tekstury i ocena organoleptyczna kruchości wołowego mięsa kulinarnego. *Inż. Ap. Chem.* 2013, **52** (2), 62-64.
- [25] Niedźwiedz J., Ostoja H., Cierach M.: Tekstura mięśnia *longissimus thoracis et lumborum*, mieszańców bydła ras mięsnych, poddawanego dojrzewaniu metodą moką. *Acta Agrophisica*, 2012, **19** (3), 631-640.

- [26] Nishimura T., Hattori A., Takahashi K.: Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. *Meat Sci.*, 1995, **39**, 127-133.
- [27] Nishimura T.: Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and *postmortem* aging of meat. *Meat Sci.*, 2015, **109**, 48-55.
- [28] Nishimura T.: The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Anim. Sci. J.*, 2010, **81**, 21-27.
- [29] Palka K.: Zmiany w mikrostrukturze i teksturze mięśni bydłęcych podczas dojrzewania poubojowego i ogrzewania. *Zesz. Nauk. AR, Kraków*, 2000, nr **270**.
- [30] Pogorzelska J., Miciński J., Ostoja H., Kowalski I.M., Szarek J., Strzyżewska E.: Quality traits of meat from young Limousin, Charolais and Hereford bulls. *Pak. Vet. J.*, 2013, **33 (1)**, 65-68.
- [31] Purslow, P.P.: New developments on the role of intramuscular connective tissue in meat toughness. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 2014, **5**, 133-153.
- [32] Sañudo C., Macie E.S., Olleta J.L., Villarroel M., Panea B., Albertí P.: The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.*, 2004, **66**, 925-932.
- [33] Sobczak M., Lachowicz K., Kamieniecki H., Wójcik J., Gajowiecki L., Żochowska J., Żych A., Kotowicz M., Sablik P., Rzewucka E.: The effect of cattle genotype on texture of selected muscles during post-mortem ageing. *Electr. J. Pol. Agric. Univ.*, 2005, **3 (8)**, 1-9.
- [34] Taylor R.G., Geesing G.H., Thompson V.F., Koohmaraie M., Goll D.E.: Is Z-disk degradation responsible for *post mortem* tenderization? *J. Anim. Sci.*, 1995, **73**, 1351-1367.
- [35] 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.
- [36] Piśula A., Pospiech E. (Red.): *Mięso – podstawy nauki i technologii*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2011.
- [37] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- [38] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- [39] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.

CHANGES IN TEXTURE AND SENSORY PROPERTIES OF SELECTED MUSCLES OF SLAUGHTER CATTLE OF DIFFERENT CATEGORIES DURING 12 DAYS OF VACUUM AGING

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the changes in the texture parameters and sensory properties of the skeleton *longissimus lumborum* (ML) and *semitendinosus* (ST) muscles obtained from the carcasses of four cattle categories, i.e. dairy calves (n = 20), heavy calves (n = 20), young cattle (n = 71), and cows (n = 10) during a 12-day aging period. In the post-mortem meat samples collected on the 2nd, 7th, and 12th day after slaughter, the shear force, shear energy, and myofibrillar fragmentation index (MFI) were measured as well as an organoleptic evaluation on a 5-point scale was performed. In addition, on the 2nd day after slaughter the basic chemical composition and the content of haem pigments were determined.

The muscles of young animals, i.e. heavy calves and dairy calves, contained less fat (on average, 1.25 % less in ML and 0.98 % less in ST) and less haem pigments (97 ppm less in ML and 67 ppm less in ST). Also, those muscles contained more mineral compounds in the form of ash (0.20 % in ML and 0.23 % in ST) and more water (0.94 % in ML and 0.28 % in ST) in comparison to the mature animals, i.e. young slaughter cattle and cows. On the subsequent days of aging, the lowest values of shear force and shear energy, and the highest values of MFI were reported in the muscles of dairy calves (on average,

70.59 N, 0.31 J, 105.84 in ML and 44.27 N, 0.19 J, 113.70 in ST). Different values were reported as regards the muscles of cows, respectively: (109.37 N, 0.46 J, 91.19 in ML and 93.73 N, 0.39 J, 99.61 in ST). During the 12-day cold storage period, a significant improvement was found in the texture and sensory properties of the meat of all four categories of cattle, as was an increase in MFI thereof. The highest decrease in the shear force was reported in the two types of muscles of heavy calves (55.99 % in ML and 40.62 % in ST), and the lowest in those of the cows (39.62 % and 27.04 %, respectively). In the case of changes in MFI, the highest relative increase was found in the ML muscle of the cows (60.99 %) and in ST of the young slaughter cattle (50.46 %), whereas the lowest in the two muscles of the dairy calves (38.85 % and 27.11 %, respectively). The highest ratings were given to the sensory properties: tenderness, juiciness, and palatability of the meat samples from the dairy calves on the 12th day after slaughter (on average, 4.68 - 4.83 pts.) followed by heavy calves (4.25 - 4.51 pts.) and young slaughter cattle (4.18 - 4.40 pts.). Those properties of the muscle samples from cows were rated the lowest (3.90 - 3.98 pts.).

Key words: beef, aging, chemical composition, shear force, myofibrillar fragmentation index ☒