

Porównanie struktury włókien mięśniowych buhajków i jałówek młodego bydła i cieląt rzeźnych rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i mieszańców towarowych*

Małgorzata Ryszkowska-Siwko

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Celem pracy było porównanie struktury włókien mięśniowych buhajków i jałówek (cielęta, młode bydło rzeźne) rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i mieszańców towarowych. Próby do badań pobrano z mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (MLL). Określono liczbę, udział procentowy, średnicę, pole powierzchni włókien czerwonych, pośrednich i białych. Wiek bydła istotnie determinował parametry histologiczne ocenianych włókien mięśniowych, tzn. ich liczbę, średnicę i pole powierzchni. Stwierdzono istotny ($P \leq 0,01$) wpływ płci na liczbę wszystkich rodzajów włókien oraz interakcję kategoria x rasa ($P \leq 0,01$) na udział procentowy włókien białych. Wykazano istotne ($P \leq 0,001$) dodatnie korelacje pomiędzy niektórymi wskaźnikami wartości rzeźnej, tzn. masą ciała przed ubojem oraz masą tuszy przed i po wychłodzeniu, a średnicą ($r=0,7068-0,7648$) i polem powierzchni ($r=0,5794-0,7804$) wszystkich rodzajów włókien oraz ujemne korelacje z procentowym udziałem włókien pośrednich ($r=-0,5831$ do $-0,6023$). Wykazano także istotne ($P \leq 0,001$) dodatnie korelacje zawartości tłuszczu ze średnicą ($r=0,5049-0,5763$) i polem powierzchni ($r=0,4498-0,5654$) wszystkich rodzajów włókien oraz nieco niższą korelację ($r=0,3623$ przy $P \leq 0,01$) wskazującą na większą zawartość tłuszczu we włóknach czerwonych.

SŁOWA KLUCZOWE: struktura włókien mięśniowych / pleć / kategoria bydła / rasa

Mięso stanowi jeden z podstawowych artykułów żywnościowych, którego wartość wyznaczają zawarte w nim składniki [24]. Jest ono istotnym źródłem wartościowych, niezbędnych dla ludzi makroskładników (m.in. aminokwasów, kwasów tłuszczowych) i mikroskładników pokarmowych (witamin i pierwiastków) [2, 9, 15]. To one określają jego wartość odżywczą, wygląd, decydują o smaku i zapachu. Współczesny konsument oczekuje mięsa kruchego, o określonych walorach smakowych i zdrowotnych. Cechy te zależą głównie od struktury mięśni szkieletowych, a w szczególności od liczby i grubości

*Skrót pracy doktorskiej

różnych typów włókien mięśniowych, od zawartości tłuszczu śródmięśniowego, a także tkanki łącznej [8].

Jakość mięsa stanowi sumę wszystkich cech sensorycznych, fizjologicznych, żywieniowych i technologiczno-przerobowych [22]. Zakres przemian pośmiertnych, jakim podlega tkanka mięśniowa po uboju zwierząt wskazuje, że jakość mięsa stanowi złożony, wielokierunkowy system, uzależniony często od powiązanych ze sobą czynników [3].

Podstawowymi wyróżnikami kształtującymi jakość mięsa wołowego podczas jego spożycia są: kruchość, soczystość, smakowitość, wygląd zewnętrzny i zapach.

Tym samym, konsumpcyjno-kulinarne, biologiczno-odżywcze i przetwórcze wyróżniki jakościowe mięsa, m.in. smakowitość, zapach, kruchość, soczystość, barwa, strawność i przyswajalność, odczyn, zdolność chłonięcia i wiązania wody, oporność na rozkład gnilny i wiele innych, są pochodnymi endo- i egzogennych procesów enzymatycznych zachodzących po uboju w tkance mięśniowej [7]. Cechy te są determinowane zmianami we frakcji białek miofibrili (aktyny i miozyny) i cytoszkieletowych, które tworzą strukturę włókna mięśniowego (titiny, nebuliny, desminy, filaminy, syneminy), a także zmianami białek łącznotkankowych, a więc zależą od budowy biologicznej i cech włókien mięśniowych, które kształtują potencjał metaboliczny tkanki i przyczyniają się do efektywności przemian glikogenolitycznych [5, 6, 30], co ma istotny wpływ na jakość surowca, a później na jakość wytworzonego produktu.

Celem pracy była charakterystyka i porównanie mikrostruktury włókien mięśniowych różnych kategorii i ras bydła.

Material i metody

Badaniami objęto 123 sztuki bydła trzech kategorii: młode bydło rzeźne, cielęta „ciężkie” i cielęta mleczne, dwóch genotypów: rasa polska holsztyńsko-fryzyjska odmiana czarno-biała i mieszańce towarowe od krów czarno-białych i po buhajach ras mięsnych.

Oceniono wskaźniki wartości rzeźnej, skład chemiczny i strukturę włókien mięśniowych. Badania dotyczące oceny struktury włókien mięśniowych przeprowadzono na próbach mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum* – MLL), wyróżniając trzy kategorie wiekowe:

- młode bydło rzeźne (w wieku 15-22 miesięcy),
- cielęta „ciężkie” (w wieku 5-9 miesięcy),
- cielęta mleczne (w wieku 1-3 miesiące).

W trakcie rozbioru technologicznego, po 24-godzinnym wychłodzeniu w temp. 0-2°C, do oznaczeń pobrano mięsień najdłuższy z odcinka lędźwiowego. Analizy wykonano w laboratorium Katedry Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Ocenę struktury włókien mięśniowych wykonano na podstawie fotogramów z mikroskopu świetlnego OLYMPUS CX41RF, przy użyciu programu Multi Scan Base ver. 14. Ocenę mikrostruktury mięśnia przeprowadzono na podstawie histochemicznej reakcji barwnej, według metody opisanej przez Nachlasa i wsp. [21] opartej na aktywności en-

zymatycznej dehydrogenazy bursztynianowej (SDH) poszczególnych typów włókien. W zależności od intensywności wybarwienia wyróżniono 3 typy włókien:

- czerwone (tlenowe) – STO (Slow-Twitch Oxidative),
- pośrednie (tlenowo-glikolityczne) – FTO (Fast Twitch Oxidative),
- białe (glikolityczne) – FTG (Fast Twitch Glycolytic).

Analizę cech mikrostruktury ocenianego mięśnia przeprowadzono na podstawie pomiarów wykonanych w 3 losowo wybranych wiązках mięśniowych. Ocena ta obejmowała pomiary:

- liczby poszczególnych włókien mięśniowych (szt.),
- udziału poszczególnych typów włókien (%),
- średnicy poszczególnych typów włókien mięśniowych (μm),
- pola powierzchni poszczególnych typów włókien mięśniowych (μm^2).

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu STATISTICA 6 StatSoft, Inc. [28]. Do oceny charakterystyki włókien mięśniowych wykorzystano dwuczynnikową analizę wariancji z interakcją, oceniając wpływ kategorii i rasy (genotypu) bydła oraz kategorii i płci.

Dla wskaźników wartości rzeźnej, składu chemicznego mięsa i parametrów charakteryzujących włókna mięśniowe obliczono współczynniki korelacji prostej Pearsona. Istotność współczynników korelacji obliczono przy $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ i $P \leq 0,001$.

Wyniki i dyskusja

Wiek jest czynnikiem w istotny sposób determinującym cechy mikrostruktury mięśni, które w dużym stopniu kształtują jakość mięsa. Zmiany mikrostruktury mięśni kształtowane są przez czynniki wynikające z genotypu, płci oraz wieku i masy ubojowej zwierząt [13, 17, 19, 23].

W tabeli 1. i 2. przedstawiono zmiany zachodzące w mięśniach podczas ich wzrostu i rozwoju.

W tabeli 1. zaprezentowano zmiany w rozmieszczeniu typów włókien w mięśniach bydła, jako wynik przemian włókien pośrednich (FTO) we włókna białe (FTG). Transformację włókien pośrednich w białe potwierdza zwiększanie się udziału włókien FTG u osobników ciężkich. W badaniach własnych, dla buhajków wzrost ten wynosił 15,52 punktów procentowych (p.p.), tj. z 42,01% w grupie cieląt mlecznych do 57,53% u młodego bydła rzeźnego, a dla jałówek 26,92 p.p., tj. z 29,27% w grupie cieląt mlecznych do 56,19% u młodego bydła rzeźnego.

Przeprowadzone przez Jurie i wsp. [11] badania na mięśniach buhajków limousine w 4 grupach wiekowych (1, 6, 12 i 16 miesięcy) wykazały, że wraz z wiekiem następował wzrost włókien szybko kurczących się glikolitycznych (FTG), z 56% u zwierząt w wieku jednego miesiąca do 70% u 16-miesięcznych.

Analizując parametry ocenianych włókien mięśniowych z uwzględnieniem wpływu kategorii i płci (tab. 1), wykazano istotny ($P \leq 0,01$) wpływ płci tylko na kształtowanie mikrostruktury mięśni, tj. liczbę włókien czerwonych, pośrednich i białych oraz istotny ($P \leq 0,05$) wpływ na udział włókien białych. Nie stwierdzono natomiast takiego wpływu na

Tabela 1 – Table 1
 Charakterystyka włókien mięśniowych buhajków i jałówek ocenianych kategorii bydła
 Characteristics of muscle fibres of young bulls and heifers from the evaluated categories of cattle

Wyszczególnienie Specification	Młode bydło rzeźne Young slaughter cattle (n=33)				Cielęta ciężkie Heavy calves (n=27)				Cielęta mleczne Dairy calves (n=63)				Wpływ Influence		
	buhajki bulls (n=20)		jałowki heifers (n=13)		buhajki bulls (n=18)		jałowki heifers (n=9)		buhajki bulls (n=30)		jałowki heifers (n=33)		płci (P) sex	kategorii (K) category	interakcji interakcji (P×K) interaction
	x	S	x	S	x	S	x	S	x	S	x	S			
Liczba włókien czerwonych (szt.)	33,17	24,49	45,50	10,75	230,25	164,17	32,74	28,16	230,25	164,17	**	**	**	**	
Number of red fibres (no.)	12,76	7,12	17,89	2,22	32,74	28,16	29,25	17,25	214,50	138,33	**	**	**	**	
Liczba włókien pośrednich (szt.)	28,17	24,43	29,25	17,25	55,78	44,08	9,16	7,93	55,78	44,08	**	**	**	**	
Number of intermediate fibres (no.)	50,11	54,20	52,00	25,25	269,90	184,50	50,11	54,20	269,90	184,50	**	**	**	**	
Liczba włókien białych (szt.)	9,76	7,80	22,99	10,40	58,11	46,12	17,53	19,70	58,11	46,12	ns	*	*	*	
Number of white fibres (no.)	5,90	5,11	10,86	3,21	25,77	21,23	15,75	18,50	25,77	21,23	**	**	**	*	
Udział włókien czerwonych (%)	7,13	4,37	11,72	8,76	1,23	1,09	57,53	56,19	42,01	29,27	*	*	*	*	
Percentage of red fibres (%)	5,80	7,61	3,81	7,69	6,95	6,08	54,22	50,03	19,13	17,23	ns	ns	ns	ns	
Udział włókien pośrednich (%)	8,65	12,46	5,12	4,04	1,11	1,00	66,60	57,13	23,07	21,26	**	**	**	ns	
Percentage of intermediate fibres (%)	4,63	12,98	3,81	7,48	1,15	1,02	84,51	75,52	32,26	28,46	ns	ns	ns	ns	
Udział włókien białych (%)	6,81	14,30	14,00	3,76	2,36	1,64	38,67,04	29,50,72	446,84	397,51	ns	ns	ns	ns	
Percentage of white fibres (%)	718,04	1512,32	900,87	1820,83	34,08	26,50	5512,09	4364,33	883,35	714,61	**	**	**	ns	
Średnica włókien czerwonych (µm)	625,31	2034,37	3339,52	2666,22	140,83	110,09	8265,24	7010,92	1584,43	1105,19	**	**	**	ns	
Średnica włókien pośrednich (µm)	641,80	2228,19	974,50	451,96	340,83	305,35	Pole powierzchni włókien czerwonych (µm ²)								
Średnica włókien białych (µm)							Pole powierzchni włókien pośrednich (µm ²)								
Diameter of red fibres (µm)							Pole powierzchni włókien białych (µm ²)								
Diameter of intermediate fibres (µm)															
Diameter of white fibres (µm)															

*Istotne przy P≤0,05 – Significant at P≤0,05

**Istotne przy P≤0,01 – Significant at P≤0,01

ns – nie stwierdzono – not significant

pozostałe cechy. Wykazano istotny ($P \leq 0,01$) wpływ kategorii na wszystkie analizowane cechy włókien mięśniowych, z wyjątkiem udziału włókien czerwonych, gdzie wpływ był istotny przy $P \leq 0,05$. Istotną ($P \leq 0,01$) interakcję płeć x kategoria stwierdzono dla liczby włókien czerwonych, pośrednich i białych oraz udziału włókien czerwonych, pośrednich, białych ($P \leq 0,05$). W przypadku pozostałych cech, tj. średnicy i pola powierzchni włókien, interakcji nie stwierdzono.

Węglarz [31] nie wykazał istotnego wpływu płci w zakresie zawartości włókien czerwonych i białych, natomiast nieznacznie wyższą zawartością ($P \leq 0,05$) włókien pośrednich charakteryzowało się mięso jałówek. W mięśniach buhajków stwierdził istotnie większą ($P \leq 0,01$) średnicę wszystkich rodzajów włókien.

Młynek [16] w badaniach przeprowadzonych na *m. semimembranosus* jałówek w różnym wieku uzyskał dla grupy w wieku 200-300 dni (odpowiadającej grupie cieląt ciężkich) udział włókien czerwonych na poziomie 23,6%, pośrednich – 23,5%, białych – 52,8%. W badaniach własnych wartości te wynosiły odpowiednio: 11,61%, 32,82%, 50,20%. Dla grupy młodego bydła rzeźnego uzyskał natomiast udział włókien czerwonych wynoszący 19,7%, pośrednich – 18,8%, białych – 61,4%, a w badaniach własnych odpowiednio: 19,7%, 18,5%, 56,19%.

Morita i wsp. [20], w badaniach przeprowadzonych na jałówkach mishima (japońska rasa rodzima) ubijanych w wieku 12 miesięcy, stwierdzili w *m. longissimus* następujący udział oraz średnicę typów włókien: czerwone – 37,3% (55,8 μm), pośrednie – 16,7% (49 μm), białe – 46,1% (65,2 μm). Wyniki te wskazują na odmienny zakres wartości, szczególnie dla udziału włókien czerwonych i ich średnicy, w porównaniu z badaniami własnymi.

W badaniach Vestergaarda i wsp. [30], przeprowadzonych na mięśni LD buhajków rasy holendersko-fryzyjskiej o masie ubojowej 300-582 kg, wykazano udział włókien czerwonych na poziomie 27,6%, pośrednich – 23,4%, białych – 47,1%, natomiast pole powierzchni włókien czerwonych wynosiło 1691 μm^2 , pośrednich – 2033 μm^2 , białych – 2770 μm^2 .

W analizie uwzględniającej kategorię i rasę zwierząt (phf cb i mieszańce towarowe) nie wykazano wpływu grupy genetycznej (rasy) na parametry oceny włókien mięśniowych (tab. 2). Wykazano natomiast istotny ($P \leq 0,01$) wpływ kategorii na wszystkie oceniane cechy, z wyjątkiem udziału włókien czerwonych i pośrednich, gdzie wpływ był istotny przy $P \leq 0,05$, i interakcję ($P \leq 0,01$) kategoria x rasa na udział włókien białych. Dla pozostałych cech interakcji nie stwierdzono.

W badaniach przeprowadzonych przez Jarmuza [10] na wycinkach mięśnia najdłuższego grzbietu pobranych od 40 buhajków rasy ncb, w wieku: 2 tygodni oraz 6, 12 i 18 miesięcy, zaobserwowano, że wraz z wiekiem i wzrostem masy ciała zwierząt zmniejszeniu ulegała ilość włókien czerwonych o wysokiej aktywności oksydacyjnej, zwiększała się natomiast ilość włókien pośrednich i białych o wysokiej aktywności glikolitycznej. Intensywny wzrost średnicy i udziału procentowego poszczególnych typów włókien mięśniowych trwał do 12. miesiąca życia buhajków. Po tym czasie zmiany nie były już tak intensywne, co mogło być efektem stabilizacji tempa wzrostu zwierząt po osiągnięciu 12. miesiąca życia.

Tabela 2 – Table 2

Charakterystyka włókien mięśniowych ocenianego bydła z uwzględnieniem kategorii i rasy

Characteristics of muscle fibres of evaluated cattle with regard to category and breed

Wyszczególnienie Specification	Młode bydło tuczne Young slaughter cattle (n=33)			Cielęta ciężkie Heavy calves (n=27)			Cielęta mleczne Dairy calves (n=63)			Wpływ Influence		
	mieszaniec (n=20)			mieszaniec (n=11)			mieszaniec (n=21)			kategorii (K) category	rasy (R) breed	interakcji (KxR) interaction
	phf cb PHF HO (n=13)	phf cb PHF HO (n=16)	phf cb PHF HO (n=42)	phf cb PHF HO (n=16)	phf cb PHF HO (n=11)	phf cb PHF HO (n=21)	phf cb PHF HO (n=42)	phf cb PHF HO (n=21)	phf cb PHF HO (n=63)			
Liczba włókien czerwonych (szt.)	x 30,10	x 32,71	x 197,87	x 32,71	x 35,60	x 197,87	x 32,71	x 35,60	x 186,67	**	ns	ns
Number of red fibres (no.)	S 6,93	S 17,82	S 27,29	S 17,82	S 14,20	S 27,29	S 17,82	S 14,20	S 33,24	**	ns	ns
Liczba włókien pośrednich (szt.)	x 21,30	x 22,86	x 174,86	x 22,86	x 28,60	x 174,86	x 22,86	x 28,60	x 176,00	**	ns	ns
Number of intermediate fibres (no.)	S 6,12	S 9,48	S 46,41	S 9,48	S 13,10	S 46,41	S 9,48	S 13,10	S 51,32	**	ns	ns
Liczba włókien białych (szt.)	x 55,10	x 37,43	x 226,50	x 37,43	x 51,00	x 226,50	x 37,43	x 51,00	x 225,00	**	ns	ns
Number of white fibres (no.)	S 10,89	S 20,63	S 48,16	S 20,63	S 21,83	S 48,16	S 20,63	S 21,83	S 55,40	**	ns	ns
Udział włókien czerwonych (%)	x 17,11	x 21,74	x 24,21	x 21,74	x 14,08	x 24,21	x 21,74	x 14,08	x 22,16	*	ns	ns
Percentage of red fibres (%)	S 4,28	S 11,21	S 2,76	S 11,21	S 7,43	S 2,76	S 11,21	S 7,43	S 2,93	*	ns	ns
Udział włókien pośrednich (%)	x 14,85	x 24,87	x 20,91	x 24,87	x 23,85	x 20,91	x 24,87	x 23,85	x 19,63	*	ns	ns
Percentage of intermediate fibres (%)	S 3,87	S 13,14	S 0,99	S 13,14	S 8,25	S 0,99	S 13,14	S 8,25	S 1,29	*	ns	ns
Udział włókien białych (%)	x 59,76	x 46,34	x 35,99	x 46,34	x 54,84	x 35,99	x 46,34	x 54,84	x 34,75	**	ns	**
Percentage of white fibres (%)	S 6,43	S 4,72	S 5,94	S 4,72	S 5,46	S 5,94	S 4,72	S 5,46	S 6,89	**	ns	**
Średnica włókien czerwonych (µm)	x 53,99	x 41,69	x 17,54	x 41,69	x 39,22	x 17,54	x 41,69	x 39,22	x 18,84	**	ns	ns
Diameter of red fibres (µm)	S 8,51	S 4,02	S 0,93	S 4,02	S 6,02	S 0,93	S 4,02	S 6,02	S 1,07	**	ns	ns
Średnica włókien pośrednich (µm)	x 66,68	x 51,57	x 22,11	x 51,57	x 49,23	x 22,11	x 51,57	x 49,23	x 21,73	**	ns	ns
Diameter of intermediate fibres (µm)	S 8,33	S 4,00	S 0,97	S 4,00	S 6,39	S 0,97	S 4,00	S 6,39	S 1,19	**	ns	ns
Średnica włókien białych (µm)	x 80,33	x 64,53	x 30,13	x 64,53	x 58,95	x 30,13	x 64,53	x 58,95	x 31,27	**	ns	ns
Diameter of white fibres (µm)	S 6,86	S 11,63	S 1,80	S 11,63	S 3,91	S 1,80	S 11,63	S 3,91	S 2,13	**	ns	ns
Pole powierzchni włókien czerwonych (µm ²)	x 3705,42	x 2236,29	x 429,20	x 2236,29	x 1896,07	x 429,20	x 2236,29	x 1896,07	x 417,41	**	ns	ns
Area of red fibres (µm ²)	S 1120,02	S 797,41	S 33,72	S 797,41	S 447,51	S 33,72	S 797,41	S 447,51	S 28,74	**	ns	ns
Pole powierzchni włókien pośrednich (µm ²)	x 5240,30	x 3248,21	x 801,62	x 3248,21	x 2848,71	x 801,62	x 3248,21	x 2848,71	x 784,09	**	ns	ns
Area of intermediate fibres (µm ²)	S 1813,23	S 401,96	S 130,40	S 401,96	S 592,22	S 130,40	S 401,96	S 592,22	S 103,86	**	ns	ns
Pole powierzchni włókien białych (µm ²)	x 8157,45	x 4496,02	x 1299,89	x 4496,02	x 4399,06	x 1299,89	x 4496,02	x 4399,06	x 1400,91	**	ns	ns
Area of white fibres (µm ²)	S 1781,55	S 936,71	S 293,31	S 936,71	S 703,55	S 293,31	S 936,71	S 703,55	S 338,92	**	ns	ns

*Istotne przy P≤0,05 – Significant at P≤0,05

**Istotne przy P≤0,01 – Significant at P≤0,01

ns – nie stwierdzono – not significant

Młynek [17], w badaniach przeprowadzonych na mięśni *longissimus lumborum*, niezależnie od zastosowanej do krzyżowania rasy mięsnej, stwierdził w stosunku do grupy bydła czarno-białego niższy udział włókien o metabolizmie tlenowym – STO. W grupie mieszańców był on u buhajów i jałówek na zbliżonym poziomie, średnio 21,3%, natomiast dla rasy cb udział ten był wyższy i wynosił 24,0% u buhajków i 22,0% u jałówek. Udział włókien o metabolizmie glikolitycznym – FTG u mieszańców wynosił średnio 57,7% u buhajów i 58,0% u jałówek. Krzyżowanie towarowe powodowało wzrost udziału tych włókien o 1,5% u buhajów i 2,0% u jałówek. Największy udział włókien FTG zaobserwowano w mięśniach buhajów mieszańców cb x limousine i cb x piemontese, średnio 58,3%. W przypadku jałówek największym udziałem tych włókien charakteryzowały się mięśnie mieszańców po buhajach charolaise i piemontese, średnio 58,8%.

Costa i wsp. [4], oceniając jedną z najważniejszych ras lokalnych w Portugalii – merto-lenga, wykazali w mięśni LD 31,39% włókien czerwonych, 35,01% włókien pośrednich i 33,61% włókien białych oraz ich pole powierzchni odpowiednio: 3069, 4545 i 6258 μm^2 .

W badaniach Młynka i wsp. [18] oceniano wpływ wieku przy uboju (465, 568, 711 dni) na wyniki mikrostruktury mięśnia *longissimus lumborum* (LL) buhajków mieszańców cb x limousine oraz cb x charolaise. W mięśniach mieszańców z grupy najmłodszej udział włókien czerwonych sięgał 23,5%, a suma pośrednich i białych wynosiła 76,5%. W grupie zwierząt najstarszych proporcje te wynosiły odpowiednio 30,9% i 69,1%. Większe różnice w grupie młodszych zwierząt (ubijanych w wieku 180-480 dni) obserwowali również Bellmann i wsp. [1], a zbliżone do prezentowanych wyników własnych – Kłosowski i Kłosowska [12].

Podobne wyniki dotyczące powierzchni i udziału włókien mięśniowych buhajków w tuszach o masie od 157 do 322 kg i wieku od 221 do 485 dni uzyskali Vestergaard i wsp. [29].

Wartość rzeźna i jakość tusz uzależnione są, obok wielu różnych czynników, także od budowy biologicznej mięśni, tj. struktury włókien mięśniowych. Przedstawione w tabeli 3. dane wskazują, że masa ciała zwierząt przed ubojem oraz masa ich tuszy przed i po wychłodzeniu były wysoko istotnie ($P \leq 0,001$) dodatnio skorelowane ze średnicą ($r = 0,7068 - 0,7648$) i polem powierzchni ($r = 0,5794 - 0,7804$) wszystkich rodzajów włókien (tj. czerwonych, pośrednich, białych), a ujemnie z procentowym udziałem włókien pośrednich ($r = -0,5831$ do $-0,6023$).

Renand i wsp. [25] wykazali dodatnie korelacje $r = 0,37$ (przy $P \leq 0,05$) pomiędzy powierzchnią włókien mięśniowych a wiekiem młodych buhajków, ubijanych pomiędzy 64. i 82. tygodniem opasu. Podobne zależności ($r = 0,34$) pomiędzy cechami mikrostruktury a wiekiem zwierząt (ubijanych w 10. i 16. miesiącu życia) uzyskali Seideman i Crouse [26], Jurie i wsp. [11] oraz Bellmann i wsp. [1].

Dane przedstawione w tabeli 4. wskazują na wysoko istotne ($P \leq 0,001$) dodatnie korelacje zawartości tłuszczu ze średnicą ($r = 0,5049 - 0,5763$) i polem powierzchni ($r = 0,4498 - 0,5654$) wszystkich rodzajów włókien oraz nieco mniejszą współzależność ($r = 0,3623$ przy $P \leq 0,01$) świadczącą o większej zawartości tłuszczu we włóknach czerwonych, o czym donoszą Skrabka-Błotnicka [27] oraz Litwińczuk i wsp. [14]. Ponadto stwierdzono istotną korelację ($P \leq 0,01$) zawartości wody ze średnicą ($r = 0,3895 - 0,4901$) i polem powierzchni ($r = 0,3829 - 0,4720$) wszystkich typów włókien.

Tabela 3 – Table 3

Współzależności pomiędzy wskaźnikami wartości rzeźnej a cechami włókien mięśniowych

Pearson correlation coefficients between indicators of carcass value and characteristics of muscle fibres

Specification	Cechy włókien mięśniowych – Traits of muscle fibre											
	liczba włókien czerw. (szt.) number of red fibres (no.)	udział włókien czerw. (%) percentage of red fibres (%)	średnica włókien czerw. (µm) diameter of red fibres (µm)	pole pow. włókien czerw. (µm ²) area of red fibres (µm ²)	liczba włókien pośred. (szt.) number of intermediate fibres (no.)	udział włókien pośred. (%) percentage of intermediate fibres (%)	średnica włókien pośred. (µm) diameter of intermediate fibres (µm)	pole pow. włókien pośred. (µm ²) area of intermediate fibres (µm ²)	liczba włókien białych (szt.) number of white fibres (no.)	udział włókien białych (%) percentage of white fibres (%)	średnica włókien białych (µm) diameter of white fibres (µm)	pole pow. włókien białych (µm ²) area of white fibres (µm ²)
Masa ciała przed ubojem (kg) Slaughter weight (kg)	0,1432	0,3452	0,7596***	0,7251***	-0,1067	-0,6023*	0,7334***	0,5794*	0,3051	0,3116	0,7068**	0,7779***
Masa tuszy przed wychłodzeniem (kg) Hot carcass weight (kg)	0,1601	0,3641	0,7621***	0,7384***	-0,0897	-0,5831*	0,7364***	0,5861*	0,2804	0,2690	0,7165***	0,7794***
Masa tuszy po wychłodzeniu (kg) Cold carcass weight (kg)	0,1629	0,3653	0,7648***	0,7398***	-0,0871	-0,5843*	0,7380***	0,5888*	0,2834	0,2683	0,7148***	0,7804***
Wydajność rzeźna ciepła (%) Hot dressing percentage (%)	0,1586	0,1780	0,0755	0,2081	0,1237	0,2167	0,0250	0,0644	-0,2578	-0,4047	0,1847	0,0508
Wydajność rzeźna zimna (%) Cold dressing percentage (%)	0,2161	0,2305	0,1649	0,2998	0,1549	0,1281	0,1259	0,1522	-0,1783	-0,3688	0,2548	0,1474

*Istotne przy $P \leq 0,05$ – Significant at $P \leq 0,05$ **Istotne przy $P \leq 0,01$ – Significant at $P \leq 0,01$ ***Istotne przy $P \leq 0,001$ – Significant at $P \leq 0,001$

Tabela 4 – Table 4

Współzależności pomiędzy składem chemicznym mięsa a cechami włókien mięśniowych

Pearson correlation coefficients between chemical composition of meat and characteristics of muscle fibres

Wyszczególnienie Specification	Cechy włókien mięśniowych – Traits of muscle fibre											
	liczba włókien czerw. (szt.) number of red fibres (no.)	udział włókien czerw. percentage of red fibres (%)	średnica włókien czerw. diameter of red fibres (μm)	pole pow. włókien czerw. area of red fibres (μm^2)	liczba włókien pośred. (szt.) number of intermediate fibres (no.)	udział włókien pośred. percentage of intermediate fibres (%)	średnica włókien pośred. diameter of intermediate fibres (μm)	pole pow. włókien pośred. area of intermediate fibres (μm^2)	liczba włókien białych (szt.) number of white fibres (no.)	udział włókien białych percentage of white fibres (%)	średnica włókien białych diameter of white fibres (μm)	pole pow. włókien białych area of white fibres (μm^2)
Białko (%) Protein (%)	0,0003	-0,1699	-0,1451	-0,0338	0,0528	0,2767*	-0,0516	0,0401	0,0334	-0,0730	0,0162	0,0762
Tłuszcz (%) Fat (%)	0,3623**	0,1803	0,5339***	0,5654***	-0,3321*	0,1238	0,5763***	0,5349***	-0,3608**	0,1878	0,5049***	0,4498***
Popiół [%] Ash (%)	-0,1715	-0,2095	-0,0284	0,0162	-0,1784	-0,0153	0,0567	0,0841	-0,1781	0,1261	0,0927	0,1115
Woda (%) Water (%)	-0,1581	0,1875	0,4901**	0,4720**	-0,1466	-0,2485	0,4149**	0,3829**	-0,1265	0,2564	0,3895**	0,4033**
Kolagen (%) Collagen (%)	0,1384	0,0239	-0,0842	0,0367	0,1689	0,0189	-0,0359	0,0392	0,1509	0,0305	-0,0152	0,0625
Zawartość kolagenu w białku (%) Percentage of collagen in protein (%)	0,1772	0,0617	-0,0884	0,0141	0,1915	-0,0256	-0,0623	-0,0054	0,1811	0,0207	-0,0516	0,0135

*Istotne przy $P \leq 0,05$ – Significant at $P \leq 0,05$

**Istotne przy $P \leq 0,01$ – Significant at $P \leq 0,01$

***Istotne przy $P \leq 0,001$ – Significant at $P \leq 0,001$

Podsumowując, wykazano istotny ($P \leq 0,01$) wpływ płci na liczbę wszystkich rodzajów włókien oraz interakcję kategoria x rasa ($P \leq 0,01$) na udział procentowy włókien białych. Wykazano wysoko istotne ($P \leq 0,001$) dodatnie korelacje pomiędzy niektórymi wskaźnikami wartości rzeźnej, tzn. masą ciała przed ubojem oraz masą tuszy przed i po wychłodzeniu, a średnicą i polem powierzchni wszystkich rodzajów włókien oraz ujemne korelacje z procentowym udziałem włókien pośrednich. Ponadto wykazano wysoko istotne ($P \leq 0,001$) dodatnie korelacje zawartości tłuszczu ze średnicą i polem powierzchni wszystkich rodzajów włókien oraz nieco niższe korelacje świadczące o większej zawartości tłuszczu we włóknach czerwonych.

PIŚMIENNICTWO

1. BELLMANN O., WAGNER J., TEUSCHER F., SCHNEIDER F., ENDER K., 2004 – Muscle characteristics and corresponding hormone concentrations in different types of cattle. *Live-stock Production Science* 85, 45-57.
2. BIESALSKI H.K., 2005 – Meat as a component of a healthy diet – Are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science* 70, 509-524.
3. BINKE R., 2004 – Vom Muskel zum Fleisch. *Fleischwirtschaft* 5, 224-227.
4. COSTA P., ROSEIRO L.C., BESSA R.J.B., PADILHA M., PARTIDARIO A., MARQUES DE ALMEIDA J., CALKINS C.R., SANTOS C., 2008 – Muscle fiber and fatty acid profiles of Mertolenga – PDO meat. *Meat Science* 78, 502-512.
5. CROUSE J.D., KOOHMARAIE M., SEIDEMANN S.D., 1991 – The relationship of muscle fibre size to tenderness of beef. *Meat Science* 30, 295-302.
6. DAVIES A.S., 2004 – Muscle structure and contraction. Encyclopedia of Meat Sciences. Elsevier Science & Technology, 882-901.
7. DEVINE C.E., 2004 – Conversion of muscle to meat. Encyclopedia of Meat Sciences. Elsevier Science & Technology 330-338.
8. HENCKEL P., OKSBJERG N., ERLANDSEN E., BARTON-GADE P., BEJERHOLM C., 1997 – Histo- and biochemical characteristics of the Longissimus dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. *Meat Science* 47, 311-321.
9. HONIKEL K.O., 2008 – Meat-an essential part of a balanced diet. *Fleischwirtschaft* 4, 21-27.
10. JARMUŻ W., 1991 – Ocena histologiczna włókien mięśniowych mięśnia najdłuższego grzbie-tu u buhajków rasy nizinnej czarno-białej. *Roczniki Nauk Rolniczych*, seria B, t. 107, zes. 4, 201-207.
11. JURIE C., ROBELIN J., PICARD B., GEAY Y., 1995 – Post-natal changes in the biological characteristics of semitendinosus muscle in male Limousin cattle. *Meat Science* 41 (2), 125-135.
12. KŁOSOWSKI B., KŁOSOWSKA D., 1998 – Veränderungen der Eigenschaften der Muskelfasern in M. Longissimus dorsi in Abhängigkeit des alters der jungbullen der Schwarzbunten rasse. Histologie und Embrologie “Wachstum und Postnatale Entwicklung”, 109-113.
13. KŁOSOWSKA D., KŁOSOWSKI B., KOTIK T., 1992 – Effect of sex on fibre characteristics and meat quality traits of musculus longissimus lumborum in young cattle slaughtered under industrial conditions. *Animal Science Papers and Reports* 9, 69-79.
14. LITWIŃCZUK Z. (red.), 2012 – Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych z podstawami przetwórstwa. PWRiL, Warszawa.

15. MIGDAŁ W., 2006 – Mięso jako żywność funkcjonalna. *Przegląd Hodowlany* 12, 21-25.
16. MŁYNEK K., 2006 – Wartość rzeźna oraz wybrane cechy mikrostruktury i jakość m. semimembranosus jałówek cb x limousin ubijanych w różnym wieku. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego*, T. XLIV/1, 29-38.
17. MŁYNEK K., 2009 – Struktura i metabolizm włókien mięśniowych u krajowego bydła czarno-białego i mieszańców po buhajach ras mięsnych oraz ich związek z cechami wartości rzeźnej i jakością mięsa. Rozprawa Habilitacyjna 99. Wyd. AP w Siedlcach.
18. MŁYNEK K., ELMINOWSKA-WENDA G., GULIŃSKI P., 2006 – The relationship between microstructure of Longissimus lumborum muscle and carcass quality of bulls slaughtered at three ages. *Animal Science Papers and Reports* 24, 1, 57-63.
19. MONIN G., QUALI A., 1992 – Muscle differentiation and meat quality. In developments in meat. *Meat Science* 5, 89-157.
20. MORITA S., IWAMOTO H., FUKUMITSU Y., GOTOH T., NISHIMURA S., ONO Y., 2000 – Heterogeneous composition of histochemical fibre types in the different parts of M. longissimus thoracis from Mishima (Japanese native) steers. *Meat Science* 54, 59-63.
21. NACHLAS M.M., TSOU K.G., DE SOUSA E., CHENG C.S., SELIGMAN A.M., 1957 – Cytochemical demonstration of succinate dehydrogenase by the use of a new p-nitrophenyl substituted ditetrazole. *Journal of Histochemistry Cytochemistry* 5, 420.
22. OPRZĄDEK J., OPRZĄDEK A., 2000 – Czynniki wpływające na jakość mięsa wołowego. *Przegląd Hodowlany* 8, 42-45.
23. OPRZĄDEK J., REKLEWSKI Z., OPRZĄDEK A., 2000 – Jakość mięsa wołowego. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego* 52, 67-79.
24. POSPIECH E., BORZUTA K., 1999 – Rola surowca w kształtowaniu właściwości i jakości przetworów mięsnych. Surowce, technologia i dodatki a jakość żywności. WAR, Poznań.
25. RENAND G., PICARD B., TOURAILLE C., BERGE P., LEPETIT J., 2001 – Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolaise bulls. *Meat Science* 59, 49-60.
26. SEIDEMAN S.C., CROUSE J.D., CROSS H.R., 1986 – The effect of sex condition and growth implants on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science* 17, 79-89.
27. SKRABKA-BŁOTNICKA T., 2007 – Technologia żywności pochodzenia zwierzęcego. WAE, Wrocław.
28. STATSOFT INC., 2003 – STATISTICA. Data analysis software system, version 6. www.statsoft.com.
29. VESTERGAARD M., OKSBJERG N., HENKEL P., 2000 – Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat color of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscle of young bulls. *Meat Science* 54, 177-186.
30. VESTERGAARD M., THERKILDSEN M., HENCKEL P., JENSEN L.R., ANDERSEN H.R., SEJRSEN K., 2000 – Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science* 54, 187-196.
31. WĘGLARZ A., 2010 – Quality of beef from semi-intensively fattened heifers and bulls. *Animal Science Papers and Reports* 28 (3), 207-218.

Comparison of muscle fibre structure in male and female young cattle and slaughter calves of the Polish Holstein-Friesian breed and commercial crossbreeds

Summary

The aim of the study was to compare the muscle fibre structure of young bulls and heifers (calves and young slaughter cattle) of the Polish Holstein-Friesian breed and commercial crossbreeds. Samples were taken from the *longissimus lumborum* (MLL) muscle. The number, percentage, diameter and surface area of red, intermediate and white fibres were analysed. The age of the cattle significantly determined the histological parameters of the muscle fibres, i.e. their number, diameter and surface area. A significant effect of sex on the number of all types of fibres was noted ($P \leq 0.01$), as well as an interaction of category x breed on the percentage of white fibres ($P \leq 0.01$). Certain indicators of slaughter value, i.e. slaughter weight and hot and cold carcass weight, were found to be significantly ($P \leq 0.001$) positively correlated with the diameter ($r=0.7068-0.7648$) and surface area ($r=0.5794-0.7804$) of all types of fibres, and negatively correlated with the percentage of intermediate fibres ($r=-0.5831$ at -0.6023). Moreover, significant ($P \leq 0.001$) positive correlations were found between fat content and the diameter ($r=0.5049-0.5763$) and surface area ($r=0.4498-0.5654$) of all types of fibres. A slightly lower correlation ($r=0.3623$ at $P \leq 0.01$) indicating higher fat content in red fibres was observed.

KEY WORDS: structure muscle fibre / sex / category of cattle / breed