

KRZYSZTOF MŁYNEK, ALICJA DZIDO, IZABELA JANIUK

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WOŁOWINY I MIKROSTRUKTURA MIĘŚNI W ZALEŻNOŚCI OD WYSTĘPOWANIA WŁÓKIEN OLBRZYMICH

Streszczenie

Materiał badawczy stanowiły 124 mieszańce uzyskane w wyniku krzyżowania krów rasy czarno-białej, u których udział genów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej nie przekraczał 25 %, z buhajami: rasy czarno-białej (25 buhajów) i ras mięsnych (99 osobników).

Celem badań było porównanie cech histologicznych i właściwości fizykochemicznych wołowiny w zależności od występowania włókien olbrzymich w mięśniach buhajów czarno-białych i mieszańców towarowych.

Wykazano, że włókna olbrzymie występowały częściej w mięśniach mieszańców z rasami mięsnymi. Wśród mieszańców towarowych wykazano je w 42 % populacji, a w grupie buhajów rasy czarno-białej w 20 % populacji. Obecność włókien olbrzymich związana była z większą aktywnością ATP-azy miofibrylarnej, a transformacja włókien FTO w tych mięśniach skutkowałą zwiększeniem udziału włókien FTG (54, 4 - 58,5 %) i wzrostem: względnej powierzchni przekroju włókien o metabolizmie beztlenowym oraz indeksu beztlenowego AnF% (4,18 - 5,47). Stwierdzono, że mięśnie zawierające włókna olbrzymie wykazywały częściej cechy odstępstw jakościowych: pH₄₈ większe niż 5,8, mniejszą jasność barwy oraz większą zdolność utrzymywania wody.

Słowa kluczowe: buhaje, jakość mięsa, mikrostruktura, włókna olbrzymie

Wprowadzenie

Opłacalność produkcji w warunkach wolnego rynku, wynikająca z oczekiwań konsumentów, wymaga ciągłego doskonalenia jakości mięsa wołowego. Jedną z metod poprawiających cechy rzeźne jest krzyżowanie towarowe. Jednak intensyfikacja produkcji żywca wołowego może wiązać się z występowaniem zmian w mikrostrukturze mięśni i pojawianiem się odstępstw jakościowych wołowiny. Na jakość mięsa w dużym stopniu mają wpływ: żywienie, potencjał wzrostu, rasa oraz płeć [1, 8, 10, 12, 13],

Dr hab. K. Młynek, mgr A. Dzido, Katedra Hodowli Bydła i Oceny Mleka, dr I. Janiuk, Zakład Morfologii Kręgowców, Wydz. Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

masa ciała i wiek ubijanego bydła [14, 16]. Wynikają one nie tylko z dojrzałości somatycznej, która kształtuje m.in. wielkość mięśni, ale również z mikrostruktury i ich metabolizmu [25]. Ze strukturą mięśni kształtowaną przyżyciowo związane są: kruchość, zdolność utrzymywania wody, barwa i kwasowość mięsa [16, 24, 26], które mają duże znaczenie zarówno dla konsumenta, jak i w przetwórstwie.

Doskonalenie cech rzeźnych może skutkować nie tylko zmianą struktury włókien i przemian metabolicznych, ale również występowaniem fibryli wykazujących cechy hipertrofii tzw. włókien olbrzymich. Charakteryzują się one wyraźnie większą wielkością w porównaniu z innymi występującymi w wiązce oraz owalnym kształtem [7, 16] i towarzyszą stosunkowo często odchyleniom jakościowym mięsa.

W mięśniach bydła włókna olbrzymie wykryto w latach 80. XX w. [22] i pomimo istniejących opracowań [5, 8, 15], wiedza o etiologii ich powstawania pozostaje nadal niewystarczająca. Za czynniki sprzyjające ich tworzeniu uważa się między innymi genotyp, stres, wiek oraz rodzaj mięśnia [5, 11]. Włókna te wykazują przewagę metabolizmu beztlenowego [2]. Ich powstawanie związane jest najczęściej z czynnikiem wrażliwości na stres, np. u świń, i z mięsem PSE [20]. Jednak w przypadku wołowiny ten rodzaj odchylenia jakościowego występuje stosunkowo rzadko, a włókna olbrzymie stwierdza się również w mięśniach osobników bez tej wady [7, 11].

Celem badań było porównanie cech histologicznych i właściwości fizykochemicznych wołowiny w zależności od występowania włókien olbrzymich w mięśniach buhajów czarno-białych i mieszańców towarowych.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły 124 mieszańce, uzyskane w wyniku krzyżowania krów rasy czarno-białej, u których udział genów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej nie przekraczał 25 %, z buhajami: rasy czarno-białej – CB (25 buhajów) i ras mięsnych MT (99 osobników): charolais (21 szt.), limousin (21 szt.), blond de`aquitaine (19 szt.), simental (20 szt.) i piemontes (19 szt.). Pasze w żywieniu zwierząt stanowiły w sezonie jesienno-zimowym: siano skarmiane *ad libitum* oraz niewielki dodatek kiszonki z kukurydzy (ok. 10 kg/dobę) i śruty z mieszanki zbożowej (ok. 1,0 kg/dobę). W sezonie letnim stosowano: zielonkę skarmianą *ad libitum* oraz śrutę zbożową i niewielki dodatek siana. Zwierzęta transportowano z ferm do zakładów mięsnych oddalonych średnio o 100 km, a czas przewozu nie przekraczał 3 h. Po 24-godzinnym wypoczynku zwierzęta ubijano i poddawano rozbiorowi. Ocenę mikrostruktury mięśni przeprowadzono w mięśniach: *longissimus lumborum*, *semimembranosus* i *biceps brachii*. Włókna mięśniowe różnicowano na: STO (Slow-twitch Oxidative), FTO (Fast-twitch Oxidative-Glycolytic) i FTG (Fast-twitch Glycolytic) wg metody opisanej przez Ziegana [28]. Barwienie histochemiczne wykonywano wg metody opracowanej przez Dubovitzę i wsp. [6], w której włókna STO oraz FTO identyfikowano na podstawie aktywność

dehydrogenazy tetrazolowej (NADH-TR): po inkubacji w buforze o pH 4,0, w obecności dehydrogenazy (NADH) i soli tetrazolowej (NBT). Włókna FTG identyfikowano na podstawie aktywności ATP-azy miofibrylarnej, po inkubacji w buforze o pH 9,6.

Morfometrię wykonywano w 10 losowo wybranych wiązках trzeciorzędowych z każdego mięśnia pobranego do analiz, oceniając: liczbę włókien w wiązce, powierzchnię włókien danego typu (CSA), średnią powierzchnię włókien (MFA) oraz liczbę i średnią powierzchnię włókien olbrzymich (CSA-GF). Identyfikacji włókien olbrzymich dokonywano na podstawie wielkości i kształtu. Uwzględniając powierzchnię i frekwencję włókien, wyliczano relatywną powierzchnię, a następnie obliczano indeks beztlenowy:

$$\text{AnF\%} = [(\text{FTG} + \text{FTO}) / \text{STO}] \text{ oraz tlenowy } \text{AF\%} = [(\text{FTO} + \text{STO}) / \text{FTG}].$$

Analizy fizykochemiczne mięsa (*M. Ll.*, *M. Sb.* i *M. Bb.*) wykonywano 48 h po uboju (próbki przechowywano w foliowych woreczkach, w temp. 4 °C). Zdolność utrzymywania wody wolnej (WHC) określano metodą bibułową wg Pohji i Niinivaary [18] i wyrażano jako udział procentowy wody wolnej w mięsie. Jasność barwy mięsa oznaczano na poprzecznym przekroju w aparacie Minolta Chroma Meter CR-310 w systemie CIE $L^*a^*b^*$ (L^* - jasność barwy, a^* , b^* – współrzędne trójchromatyczności). Kruchość szerometryczną mierzono kruchościomierzem piekarniczym, wykorzystując bloczki świeżego mięsa (1×1×5 cm), siłę cięcia wyrażano w N/cm². Odczyn mięsa mierzono pH-metrem HI 98150 z elektrodą szklaną HI1618 firmy HANNA Instruments z wbudowanym konektorem temperatury i wewnętrzną pamięcią kalibracji.

Dane opracowano statystycznie w programie Statistica 9.0. Analiza obejmowała wyliczenie średniej ważonej (\bar{x}) i odchylenia standardowego (SD) poszczególnych cech oraz wykonanie dwuczynnikowej analizy wariancji w układzie nieortogonalnym. W modelu uwzględniono wpływ grupy genetycznej i włókien olbrzymich. Istotność różnic szacowano przy użyciu wielokrotnego testu rozstępu Duncana.

Wyniki i dyskusja

Przedstawiona w tab. 1. charakterystyka wskaźników rzeźnych ubijanych buhajów, od których pozyskiwano mięso do badań, wykazała, że osobniki z mięśniami niezawierającymi włókien olbrzymich (NS) ważyły średnio 497,5 i 514,5 kg, a ich wiek wyniósł 574,2 i 595,5 doby. Masa ciała i wiek osobników, w mięśniach których stwierdzono włókna olbrzymie (GF) kształtowały się odpowiednio od 556,8 do 565,7 kg i od 612,2 do 618,4 doby. Pomędzy badanymi grupami mięśni wykazano natomiast statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,05$) pod względem wydajności rzeźnej. W porównaniu z osobnikami bez włókien olbrzymich (NS), wskaźnik ten był większy od 1,9 do 2,2 % w przypadku buhajów, których mięśnie zawierały włókna olbrzymie (wynosząc 58,8 i 59,6 %). Również udziału wyrebów wartościowych w tej grupie (GF) okazał się bardziej korzystny, bo większy od 4,9 do 7,4 % (wynosząc 67,2 i 71,1 %).

Należy również zauważyć, że w przeciwieństwie do wydajności rzeźnej i udziału wyrębów wartościowych, na uformowanie tusz wpływ miało krzyżowanie towarowe.

Tabela 1

Wskaźniki rzeźne buhajów.
Slaughter characteristics of bulls.

Grupy genetyczne Genetic groups [n = 124]		Wskaźniki wartości rzeźnej / Slaughter value parameters				
		Masa ubojowa Slaughter weight [kg]	Wiek / Age [doba / day]	Wydajność rzeźna Dressing percentage [%]	Wyręby wartościowe Valuable cuts [%]	EUROP Uformowanie tusz Carcass conformation [pkt/points]
Mieszance towarowe Commercial crossbreeds	NS [57]	497,5 ^a ± 21,9	574,2 ^a ± 62,5	57,4 ^a ± 2,1	63,7 ^a ± 8,3	3,5 ^a ± 0,8
	GF [42]	556,8 ^b ± 33,8	612,2 ^b ± 54,7	59,6 ^b ± 1,9	71,1 ^b ± 5,5	3,1 ^a ± 0,6
CB	NS [20]	514,5 ^a ± 29,4	595,5 ^a ± 48,3	56,9 ^a ± 2,2	62,3 ^a ± 5,7	2,4 ^b ± 0,5
	GF [5]	565,7 ^b ± 21,5	618,4 ^b ± 28,9	58,8 ^b ± 1,6	67,2 ^b ± 3,3	2,7 ^b ± 0,6

Objaśnienia: / Explanatory notes:

($\bar{x} \pm sd$); NS – mięśnie bez włókien olbrzymich / muscles with no giant fibres present; GF – mięśnie z włóknami olbrzymimi / muscles with giant fibres; a,b... – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different superscripts differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Na poprawę wydajności rzeźnej oraz bardziej korzystny skład morfotyczny tusz mieszańców towarowych wskazują wyniki wielu badań [1, 10, 13, 16]. Według tych badań mieszance charakteryzowały się większą masą tusz i wydajnością rzeźną, a tusze zawierały więcej mięsa i były mniej otłuszczone. Grodzki i wsp. [10], Pogorzelska i wsp. [17] oraz Meller i Wroński [14] wykazali wydajność rzeźną mieszańców towarowych wynoszącą przeciętnie 58,93 %. W porównaniu z buhajami rasy czarno-białej była ona większa o około 3,04 %. Pomimo większej o około 13,9 kg masy tusz buhajów Cb, tusze mieszańców zawierały o 1,1 % więcej wyrębów wartościowych i mięsa nawet o ok. 40 kg oraz plasowały się w korzystniejszych klasach uformowania tuszy i ich otłuszczenia.

Analiza mikrostruktury mięśni, w których nie stwierdzono włókien olbrzymich (tab. 2) dowiodła, że udział włókien STO i FTG charakteryzujących się aktywnością NADH-TR i wykazujących powinowactwo z przemianami tlenowymi, był podobny u wszystkich osobników. Łączny udział tych włókien kształtował się od 46,9 % w *m. biceps brachii* do średnio 48,5 % w mięśniach: *semimembranosus* i *longissimus lum-*

borum. Udział włókien o przewadze przemian glikolitycznych (FTG), wykazujących aktywność ATP-azy miofibrylarnej, kształtował się od 51,4 do 53,1 %, wynosząc średnio 52,2 %.

Poza strukturą włókien mięśniowych istotną cechą mikrostruktury mięśni, decydującą między innymi o kruchości mięsa, jest liczba włókien w wiązках mięśniowych. W mięśniach niezawierających włókien olbrzymich (GF) średnia liczba włókien w wiązках kształtowała się od 37,3 w *m. longissimus lumborum* buhajów czarno-białych (CB) do 44,6 w *m. semimembranosus* mieszańców towarowych (MT). Mięśnie mieszańców towarowych zawierały większą liczbę włókien w wiązках i jednocześnie istotnie mniejszą, w porównaniu z grupą CB, średnią powierzchnię przekroju włókien (MFA). Powierzchnia ta wyniosła od 1697 μm^2 w *m. longissimus lumborum* do 1867 μm^2 w *m. biceps brachii*. W grupie CB średnia powierzchnia przekroju włókien wahała się od 1935 μm^2 w *m. longissimus lumborum* do 2045 μm^2 w *m. biceps brachii*.

Analiza indeksów dotyczących względnej powierzchni włókien (tab. 2) wykazała, że mięśnie bez włókien olbrzymich charakteryzowały się przewagą metabolizmu beztlenowego. Wskazują na to wartości indeksu AnF%, które były największe w mieszańcach towarowych (3,82 - 3,92%), a w grupie CB wyniosły od 3,12 - 3,64 %.

W przypadku indeksu AF% nie stwierdzono różnic pomiędzy badanymi grupami buhajów, a średnie wartości tego wskaźnika wahały się od 0,68 % w *m. semimembranosus* do 0,78 % w *m. biceps brachii*.

Whipple i wsp. [27], w mięśniach *longissimus* mieszańców mięsnych, ważących średnio 469,3 kg (masa tuszy 292,6 kg) wykazali średni udział powierzchni włókien glikolitycznych na poziomie 45,1 % (udział tych włókien w wiązce wyniósł 51,7 %). Podobny udział tych włókien (47,1 %; powierzchnia 2770 μm^2) w mięśniach buhajów ważących średnio 412 kg (masa tuszy 214 kg), uzyskali Vestergaard i wsp. [24]. Znacznie większą, przeciętną powierzchnię włókien (3579 - 3893 μm^2) uzyskał Crouse i wsp. [4] w mięśniach 15 miesięcznych buhajów i jałówek (masa tuszy 374,8 kg).

Analiza wyników dotyczących liczby włókien olbrzymich (GF) (tab. 3) wykazała, że w mięśniach mieszańców towarowych włókna olbrzymie występowały częściej w porównaniu z mięśniami buhajów czarno-białych (CB). W grupie mieszańców GF stwierdzono w 19 mięśniach *longissimus lumborum*, w 21 mięśniach *semimembranosus* oraz w 26 mięśniach *biceps brachii*. W grupie kontrolnej (CB) liczba stwierdzonych mięśni z obecnością włókien olbrzymich była wyraźnie mniejsza i wyniosła od 2 w mięśniach: *longissimus lumborum* i *semimembranosus* do 4 w *m. biceps brachii*. Różnice dotyczyły również liczby włókien olbrzymich w wiązках mięśniowych. Większą ich liczbę stwierdzono w mięśniach mieszańców towarowych (0,7 - 1,1). W tej grupie genetycznej udział tych włókien był podobny w mięśniach: *longissimus lumborum* i *semimembranosus* (średnio 1,55 %). W mięśniach grupy CB udział włó-

kien olbrzymich wyniósł średnio 1,25 %. Największy (średnio 2,35 %) i zbliżony w obu grupach genetycznych udział GF wykazano w m. *biceps brachii*.

Tabela 2

Charakterystyka histologiczna mięśni buhajów, w których nie wykazano włókien olbrzymich.
Histological profile of bull muscles with no giant fibres evidenced.

Badane cechy Traits analysed [n=77]		Rodzaj mięśnia / Type of muscle Grupy genetyczne / Genetic groups					
		<i>m. longissimus lumborum</i>		<i>m. semimembranosus</i>		<i>m. biceps brachii</i>	
		MT [57]	CB [20]	MT [57]	CB [20]	MT [57]	CB [20]
Typ włókien Type of fibre	STO	23,9	23,5	23,5	22,5	21,1	22,7
	FTO	24,4	24,2	24,3	25,1	25,8	25,9
[%]	FTG	51,7	52,8	52,1	52,3	53,1	51,4
Liczba włókien w wiązках Quantity of fibres per bundle [n]		40,2 ± 6,1	37,3 ± 4,9	44,6 ± 7,2	43,1 ± 5,5	42,2 ± 7,3	40,1 ± 7,1
MFA [µm ²]		1697 ^a ± 244	1935 ^b ± 310	1759 ^a ± 270	2032 ^b ± 415	1867 ^a ± 417	2045 ^b ± 465
AnF%		3,82 ± 0,88	3,64 ± 0,67	3,92 ± 0,85	3,49 ± 1,06	3,85 ^a ± 0,68	3,12 ^b ± 0,84
AF%		0,71 ± 0,16	0,71 ± 0,10	0,68 ± 0,09	0,75 ± 0,11	0,78 ± 0,18	0,73 ± 0,17

Objaśnienia: / Explanatory notes:

($\bar{x} \pm sd$); MT – mieszańce towarowe / commercial crossbreeds; CB – rasa czarno-biała / black-and-white breed; a,b...- wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different superscripts differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Przedstawiona w tab. 3. charakterystyka histologiczna mięśni, w których stwierdzono włókna olbrzymie, wykazała, w porównaniu z mięśniami bez tych włókien, znacznie większy udział włókien typu FTG. Wynosił on od 54,4 % w m. *semimembranosus* grupy CB do 58,5 % w m. *longissimus lumborum* mieszańców towarowych. W porównaniu z mięśniami normalnymi (tab. 2) mięśnie z GF zawierały wyraźnie więcej włókien wykazujących aktywność ATP-azy miofibrylarnej (FTG). Mięśnie te charakteryzowały się również większą średnią liczbą włókien w wiązce, wynoszącą od 39,6 w m. *longissimus lumborum* buhajów CB do 45,9 w m. *biceps brachii* mieszańców towarowych.

Pomiędzy grupami genetycznymi wykazano statystycznie istotnie różnice ($p \leq 0,05$) pod względem powierzchni przekroju poprzecznego włókien olbrzymich (tab. 3) w mięśniach: *semimembranosus* i *biceps brachii*.

W mięśniach zawierających włókna olbrzymie stwierdzono wyraźny wzrost wartości indeksu AnF%. Zwiększenie się tego indeksu świadczy o istotnym zmniejszeniu się, w porównaniu z mięśniami normalnymi (tab. 2), względnej powierzchni włókien wykazujących aktywność NADH-TR i metabolizm tlenowy (STO). Wartości tego in-

deksu w mięśniach z GF wyniosły od 4,18 do 4,81 % i były podobne w obu grupach genetycznych. Zmiany względnej powierzchni metabolicznej potwierdzają również wyniki dotyczące indeksu AF%, którego wartości wahały się od 0,54 % w *m. semimembranosus* do 0,72 % w *m. biceps brachii*.

Tabela 3

Cechy histologiczne mięśni buhajów, w których wykazano włókna olbrzymie (GF).
Histological traits of bull muscles with evidenced giant fibres (GF).

Badane cechy Traits analysed [n=47]		Rodzaj mięśnia / Type of muscle Grupy genetyczne / Genetic groups					
		<i>m. longissimus lumborum</i>		<i>m. semimembranosus</i>		<i>m. biceps brachii</i>	
		MT [19]	CB [2]	MT [21]	CB [2]	MT [26]	CB [4]
Liczba GF Quantity of GF [n]		0,7 ± 0,8	0,5 ± 0,2	0,7 ± 0,4	0,6 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,5
Udział GF Per cent content of GF [%]		1,6 ^a ± 1,2	1,3 ^b ± 0,3	1,5 ^a ± 1,2	1,3 ^b ± 0,0	2,4 ^b ± 1,3	2,3 ^b ± 1,5
Typ włókien Type of fibres [%]	STO FTO FTG	21,7 19,6 58,5	23,0 20,1 56,9	22,6 21,5 55,9	23,5 22,1 54,4	21,7 22,7 55,6	22,3 21,6 56,1
Liczba włókien w wiązках Quantity of fibres per bundle [n]		43,9 ^a ± 5,8	39,6 ^b ± 2,9	45,2 ± 7,4	44,4 ± 6,9	45,9 ^a ± 4,3	43,0 ^b ± 3,8
CSA-GF [µm ²]		5671 ± 724	5633 ± 652	4962 ^a ± 592	4419 ^b ± 231	5325 ^a ± 748	4391 ^b ± 411
AnF%		4,37 ± 0,59	4,55 ± 0,49	4,02 ± 0,73	4,18 ± 1,02	5,47 ± 0,66	4,81 ± 1,15
AF%		0,67 ± 0,13	0,64 ± 0,14	0,54 ± 0,06	0,69 ± 0,89	0,72 ± 0,27	0,67 ± 0,11

Objaśnienia: / Explanatory notes:

($\bar{x} \pm sd$); MT – mieszańce towarowe / commercial crossbreeds; CB – rasa czarno-biała / black-and-white breed; a,b... – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different superscripts differ statistically significantly at $p \leq 0,05$.

Wykonane przez Vestergaarda i wsp. [24] oraz Seidemana i Crouce [21] badania dotyczące związków jakości mięsa z mikrostrukturą mięśni buhajów ras: fryzyjskiej, angus i simental, żywionych paszami o zróżnicowanym poziomie energii, wykazały w *m. longissimus dorsi* udział powierzchni włókien „białych” wynoszący od 72,4 do 84,6 % (udział tych włókien kształtował się od 47,1 do 67,7 %. Udział włókien „białych” i średnia powierzchnia udziału tych włókien, skorelowane były z masą ciała ($r = -0,30$ i $r = -0,23$) oraz masą tuszy ($r = -0,33$ i $r = -0,37$) [21]. Jak wynika z przeprowadzonych badań [15, 20, 23], na jakość wołowiny, poza żywieniem i czynnikami

genetycznymi, wpływają cechy mikrostruktury mięśni i występowanie w nich włókien olbrzymich.

Młynek i wsp. [15] wykazali, że włókna olbrzymie występują częściej w mięśniach mieszańców towarowych oraz w mięśniach o wysokim pH, (powyżej 6,2 jednostki). W przypadku świń ras landrace i pietrain badania Schubert-Schoppmeyer i wsp. [20] wykazały dwa razy większą częstotliwość występowania włókien olbrzymich (40,5 %) niż w rasach mniej podatnych na stres: large white i leicoma (od 1 do 25 %). Wielkość tych włókien kształtowała się od 9844 do 11995 μm^2 . W przypadku rasy pietrain autorzy wykazali także najmniejsze zakwaszenie mięsa ($\text{pH}_{24} = 5,92$). Dalle Zotte i wsp. [5] dowiedli, że u królików ważących ok. 1567 g czynnikami sprzyjającymi powstawaniu włókien olbrzymich są nie tylko wiek, ale również intensywność żywienia i rodzaj mięśnia. Największy udział tych włókien odnotowali w mięśniach: *semimembranosus proprius* i *gastrocnemius medialis* (0,33 i 0,39 GF/ mm^2) oraz w *m. biceps femoris* (0,28 GF/ mm^2), w których przeważał udział włókien βR (72,5 %), natomiast znacznie mniejszy był udział włókien αW (23,9 %).

Wyniki dotyczące jakości fizykochemicznej mięsa (tab. 4) potwierdziły, że mięśnie obu grup genetycznych, zawierające włókna olbrzymie (GF), cechowały się mniejszym zakwaszeniem i 48 godzin *post mortem* pH_{48} wyniosło od 5,73 do 5,85. Wartości odchylenia standardowego świadczą o możliwości wystąpienia odstępstw jakościowych.

W przypadku mięśni niezawierających włókien olbrzymich (NS) zakwaszenie mięsa należy uznać za zadowalające, bowiem wartości pH_{48} wahały się od 5,56 do 5,63, przy jednocześnie niewielkiej zmienności tej cechy w badanych grupach (s nie przekraczało 0,3).

Wykazano również, że mięśnie zawierające włókna olbrzymie charakteryzowały się mniejszą jasnością barwy (L^*), której wartości kształtowały się od 19,6 w *m. biceps brachii* do 22,6 w *m. semimembranosus*. Mięso osobników z grupy NS wykazywało większą jasność barwy, wynoszącą od 26,6 do 30,13.

Również kruchość mięsa, w przypadku mięśni zawierających włókna olbrzymie (GF), okazała się mniej korzystna w porównaniu z mięśniami z grupy NS. Kruchość mięśni z grupy GF wynosiła od 54,7 do 57,4 N/ cm^2 , a grupy NS od 46,1 do 50,7 N/ cm^2 . Na mniejszą kruchość mięsa osobników z włóknami olbrzymimi miały wpływ nie tylko nieodpowiednie zakwaszenie mięsa (pH_{48}), ale również większa przeciętna liczba włókien w wiązках (tab. 3).

Kolejnym, istotnym wskaźnikiem technologicznym mięsa jest zdolność utrzymywania wody wolnej, której ilość w dużym stopniu wpływa na intensywność przemian poubojowych. Zdolność zatrzymywania wody związana jest w dużym stopniu z zakwaszeniem mięsa oraz ilością kapilarnej przestrzeni międzykankowej mogącej skutecznie ją utrzymać. Większą zdolnością utrzymywania wody wolnej, charaktery-

zowały się mięśnie zawierające włókna olbrzymie. Wielkość wycieku z tego surowca kształtowała się od 19,7 % w *m. semimembranosus* do 22,1 % w *m. longissimus lumborum* i z reguły była większa w mięsie mieszańców towarowych. W mięsie osobników, których mięśnie nie zawierały włókien olbrzymich (NS), wartości wycieku były większe i kształtowały się od 26,4 do 32,1 %.

Tabela 4

Cechy fizykochemiczne mięsa w zależności od występowania włókien olbrzymich (GF).

Physicochemical characteristics of meat depending on presence of giant fibres (GF).

Badane cechy Characteristics analysed	Mieszańce towarowe Commercial crossbreeds		Rasa czarno-biała Black-and-white breed	
	GF	NS	GF	NS
[n=124]	[42]	[57]	[5]	[20]
<i>m. longissimus lumborum</i>				
pH ₄₈	5,85 ^a ± 0,5	5,56 ^b ± 0,3	5,81 ^a ± 0,4	5,57 ^b ± 0,1
Jasność barwy / Colour brightness [L*]	21,6 ^a ± 4,7	30,13 ^b ± 2,7	20,7 ^a ± 3,9	27,7 ^c ± 2,9
Kruchość / Tenderness [N/cm ²]	53,7 ^a ± 4,4	47,1 ^b ± 8,1	55,5 ^a ± 5,4	49,5 ^b ± 5,2
WHC _{GH} [%]	22,1 ^a ± 3,1	30,6 ^b ± 3,5	19,8 ^a ± 2,9	32,1 ^b ± 2,9
<i>m. semimembranosus</i>				
pH ₄₈	5,85 ^a ± 0,4	5,59 ^b ± 0,3	5,79 ^a ± 0,5	5,62 ^b ± 0,3
Jasność barwy / Colour brightness [L*]	21,9 ^a ± 3,7	28,8 ^b ± 3,2	22,6 ^a ± 2,9	29,6 ^b ± 2,4
Kruchość / Tenderness [N/cm ²]	56,4 ^b ± 4,6	49,7 ^a ± 7,8	57,6 ^b ± 2,9	50,7 ^a ± 6,7
WHC _{GH} [%]	20,3 ^a ± 2,7	29,0 ^b ± 4,7	19,7 ^a ± 2,84	30,8 ^b ± 4,1
<i>m. biceps brachii</i>				
pH ₄₈	5,77 ^a ± 0,5	5,60 ^b ± 0,2	5,73 ^c ± 0,6	5,63 ^b ± 0,3
Jasność barwy / Colour brightness [L*]	21,9 ^a ± 4,7	27,8 ^b ± 2,2	19,6 ^a ± 3,3	26,6 ^b ± 1,4
Kruchość / Tenderness [N/cm ²]	54,7 ^a ± 6,0	47,5 ^b ± 9,7	57,4 ^b ± 4,3	46,1 ^a ± 4,8
WHC _{GH} [%]	21,8 ^a ± 4,1	26,4 ^b ± 3,7	20,8 ^a ± 3,5	28,9 ^c ± 2,5

Objaśnienia: / Explanatory notes:

($\bar{x} \pm sd$); NS – bez włókien olbrzymich / without giant fibres present; GF – z włóknami olbrzymimi / with giant fibres; aa... – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different superscripts differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Wyniki dotychczasowych badań dowodzą, że o wielu cechach jakościowych mięsa decydują między innymi struktura i potencjał metaboliczny włókien mięśniowych [9, 21]. Metabolizm włókien wiąże się bezpośrednio z kształtowanymi po uboju zakwaszeniem i kruchością mięsa, a o nich, jak twierdzi Wegner i wsp. [26], decyduje także liczba i wielkość włókien mięśniowych.

Kłosowski i wsp. [12] w *m. longissimus lumborum* buhajów z cechami hipertrofii wykazali większy udział włókien o profilu przemian glikolitycznych i korzystniejszą wodochłonność. Ich zdaniem, wynikało to z mniejszej średnicy włókien w porównaniu z mięśniami niewykazującymi hipertrofii. Zbieżne tendencje kształtowania się kruchości i zdolności utrzymywania wody przez *m. longissimus* mieszańców towarowych oraz osobników żywionych paszami o zróżnicowanej zawartości energii uzyskali Choroszy i wsp. [3], Meller i Wroński [14] i Vestergaard i wsp. [24].

Podjęto próbę wyjaśnienia przyczyn stosunkowo dużej zmienności zakwaszenia mięsa.

Tabela 5

Liczba mięśni, pH₄₈ i jasność barwy mięsa (L*) w zależności od występowania włókien olbrzymich oraz zakwaszenia, jako kryterium odchyłeń jakościowych.

Quantity of muscles, pH₄₈, and meat colour brightness (L*) depending on the presence of giant fibres and on acidification as a criterion of quality deviations.

Cechy Traits	Mieszańce towarowe Commercial crossbreeds				Rasa czarno-biała Black-and-white breed			
	NS		GF		NS		GF	
pH ₄₈	5,5 – 5,8	>5,8	5,5 – 5,8	>5,8	5,5 – 5,8	>5,8	5,5 – 5,8	>5,8
<i>m. longissimus lumborum</i>								
[n]	57	-	19	23	20	-	1	4
pH ₄₈	5,58 ± 0,2	-	5,70 ± 0,1	6,02 ± 0,1	5,59 ± 0,2	-	5,73 ± 0,0	6,05 ± 0,2
Jasność barwy [L*] Colour brightness	32,1 ± 2,4	-	23,1 ± 2,3	21,4 ± 3,7	31,3 ± 5,3	-	24,4 ± 0,0	20,7 ± 2,7
<i>m. semimembranosus</i>								
[n]	57	-	16	26	20	-	2	3
pH ₄₈	5,59 ± 0,2	-	5,54 ± 0,2	5,93 ± 0,1	5,54 ± 0,1	-	5,64 ± 0,1	5,91 ± 0,1
Jasność barwy [L*] Colour brightness	34,3 ± 4,6	-	28,3 ± 6,2	20,9 ± 5,2	33,7 ± 4,9	-	29,3 ± 3,1	23,5 ± 2,5
<i>m. biceps brachii</i>								
[n]	57	-	27	15	20	-	3	2
pH ₄₈	5,60 ± 0,1	-	5,69 ± 0,1	5,99 ± 0,1	5,63 ± 0,1	-	5,74 ± 0,1	6,15 ± 0,2
Jasność barwy [L*] Colour brightness	27,8 ± 3,4	-	25,7 ± 4,1	20,6 ± 2,8	26,6 ± 3,5	-	26,8 ± 1,6	18,9 ± 2,5

Objaśnienia: / Explanatory notes:

($\bar{x} \pm sd$); NS – bez włókien olbrzymich / without giant fibres present; GF – z włóknami olbrzymimi / with giant fibres; aa... – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different superscripts differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Uwzględniając zakwaszenie mięsa, jako kryterium odchyłeń jakościowych, w tab. 5. przedstawiono liczbę mięśni o cechach mięsa normalnego i DFD w zależności od

grupy genetycznej i stwierdzonej obecności włókien olbrzymich (GF). Wyniki wskazują, że chociaż wartość pH_{48} większą od 5,8 (5,91 - 6,15) oznaczono w mięśniach zawierających włókna olbrzymie obu grup genetycznych, to jednak w mięsie mieszańców występowały one znacznie częściej (15 - 23). Mięso to miało, w porównaniu z grupą osobników niezawierających włókien olbrzymich, mniej korzystne wartości jasności barwy, które wahały się od 18,9 do 23,5.

W badaniach Młynka i wsp. [15], nad cechami mikrostruktury *m. longissimus lumborum* buhajów o pH_{24} normalnym (5,0 - 5,6) i przekraczającym 6,0 jednostek, wykazano, że w mięsie mieszańców z cechami DFD ($pH_{48} = 6,2$ oraz $L^* = 26,1$) udział włókien olbrzymich wynosił od 2,2 - 2,6 %. W badaniach przeprowadzonych na mieszańcach towarowych z bydlęm Cb Sakowski i wsp. [19] stwierdzili pH_{48} *m. longissimus dorsi* na poziomie 5,4. Tylko nieznacznie większe, wynoszące średnio 5,6, wykazali w mięsie czystorasowych buhajów: charolais, limousin oraz angus. Wykazali również, że w porównaniu z mieszańcami mięso od czystorasowych osobników (pH od 5,35 do 5,93) miało większą zdolność zatrzymywania wody wolnej, a wartości wycieku kształtowały się od 14,2 do 26,9 %. Stwierdzili także korzystny wpływ krzyżowania towarowego na jasność barwy mięsa, która wyniosła od 42,9 (Cb x piemontes) do 44,8 (mieszańców z rasami: charolais, limousin i angus). Whipple i wsp. [27], badając *m. longissimus dorsi* mieszańców ras mięsnych w zakresie kwasowości mięsa i jego barwy, stwierdzili związek tych cech z mikrostrukturą tkanki mięśniowej. Wartość pH 12 godzin *post mortem* wyniosła 5,8, i była skorelowana z udziałem włókien białych i udziałem ich powierzchni na poziomie 0,24 i 0,22. Zdaniem Swana i Bolesa [23], pH na poziomie 6,5 zmierzone 60 min po uboju może świadczyć o wystąpieniu cech wady DFD. W 120. minucie po uboju autorzy ci określili jasność barwy wynoszącą 39,6. Natomiast w mięsie o cechach surowca normalnego (pH wynoszącym 5,5) jasność barwy wyniosła 40,7. Również Warren i wsp. [25], w badaniach mieszańców rasy holsztyńsko fryzyjskiej z buhajami rasy aberdeen angus, oznaczyli jasność barwy (L^*) na poziomie od 43,9 do 45,5. Wartości te były większe niż uzyskane w badaniach własnych.

Wnioski

1. Występowanie w mięśniach buhajów włókien olbrzymich związane było ze zmianami jakości fizykochemicznej, które wskazywały na cechy mięsa DFD. Mięśnie zawierające włókna olbrzymie charakteryzowały się mniejszymi: zakwaszeniem, jasnością barwy, kruchością i wyciekaniem wody wolnej.
2. Wykazano częstsze występowanie włókien olbrzymich w mięśniach mieszańców towarowych (42 % populacji) niż w mięśniach rasy czarno-białej (20 % populacji). Mieszańce miały większy udział włókien olbrzymich w wiązках oraz większą średnią powierzchnię przekroju włókien.

3. Różnice histologiczne pomiędzy mięśniami normalnymi i zawierającymi włókna olbrzymie dotyczyły: liczby włókien w wiązках, ilości włókien wykazujących aktywność ATP-azy miofibrylarnej oraz względnej powierzchni metabolizmu beztlenowego.

Literatura

- [1] Adamik P., Trela J., Czaja H.: Wartość rzeźna mieszańców towarowych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zoot., 1996, **291**, 255.
- [2] Cassens R.G., Cooper C.C., Briskey E.J.: The occurrence and histochemical characterization of giant fibres in the muscle of growing and adult animals. *Acta Neuropathologica*, 1969, **12**, 300-304.
- [3] Choroszy Z., Choroszy B., Czaja H.: Jakość tusz i mięsa buhajków rasy simental, czerwono-białej i mieszańców mięsnych opasanych systemem żywienia półintensywnego. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 2000, **6**, 29-33.
- [4] Crouse J.D., Kohmarine M., Seideman S.D.: The relationship of muscle fibre size to tenderness of beef. *Meat Sci.*, 1991, **30**, 295-302.
- [5] Dalle Zotte A., Remignon H., Oumayoun J.: Effect of some biological and zootechnical factors on appearance of giant fibres in the rabbit. Consequences on muscle fibre type, morphology and meat quality. *World Rabbit Science*, 2001, **9 (1)**, 1-7.
- [6] Dubowitz V., Brooke M.H., Neville H.E.: *Muscle Biopsy. A modern approach*. Ed. By W.B. Saunders. Company Ltd., London, Philadelphia, Toronto.
- [7] Dutson T.R., Merkel R.A., Person A.M., Gann G.L.: Structural characteristics of porcine skeletal muscle giant myofibers as observed by light and electron microscopy. *J. Anim. Sci.*, 1978, **46**, 1212-1220.
- [8] Enderr K.: Growth and breed related changes of muscle fibre characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.*, 2008, **78**, 1485-1496.
- [9] Essen-Gustavson B., Karlsson A., Lundstrom K.: Metabolic response and giant fibres in muscle from pigs after slaughter. 40th I.Co.M.S.T., The Hague, s.VII, 1994, **04/2**.
- [10] Grodzki H., Jasiowski H., Grabowski R.: Wpływ wielorasowego krzyżowania bydła na użytkowość mięsną mieszańców. *Zesz. Nauk. PTZ*, 1991, **3**, 272.
- [11] Handel S.E., Stickland N.C.: Giant muscle fibers in skeletal muscle of normal pigs. *J. Comp. Path.*, 1986, **96**, 447-457.
- [12] Kłosowski B., Bidwell-Porębska K., Kłosowska D., Piotrowski J.: Microstructure of skeletal muscles of growing calves fed silage-based vs hay-based diets. I. Fibre diameters. *Reprod Nutr. Dev.*, 1992, **32**, 1-10.
- [13] Litwińczuk A.: Wartość rzeźna i jakość mięsa buhajków czarno-białych i mieszańców F1 i R1 od krów cb po buhajach Limousine i włoskich rasach mięsnych oraz krzyżówek trójrasowych. *Rozpr. hab. Lublin* 1996.
- [14] Meller Z., Wroński M.: Jakość mięsa mieszańców uzyskanych w wyniku krzyżowania krów rasy czarno-białej z buhajami typu mięsnego. *Zesz. Nauk. PTZ*, 1991, **3**, 261-267.
- [15] Młynek K., Elminowska-Wenda G., Guliński P.: Dark beef and microstructure characteristics in pure breed and crossbred animals. *Animal Science*, 2006, **1 suppl**, 24-25.
- [16] Młynek K., Elminowska-Wenda G., Guliński P.: The relationship between microstructure of longissimus lumborum muscle and carcass quality of bulls slaughtered at three ages. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 2006, **24 (1)**, 57-63.
- [17] Pogorzelska J., Kijak Z., Meller Z., Nogalski Z.: Wartość rzeźna buhajków – mieszańców opasanych półintensywnie i intensywnie. *Rocz. Nauk Rol.*, 1991, **107 (3)**, 136-141.

- [18] Pohja M.S., Niinivaara F.P.: Die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mittels der Konstantdruckmethode. *Fleischwirtschaft*, 1975, **9**, 193-195.
- [19] Sakowski T., Dasiewicz K., Słowiński M., Oprządek J., Dymnicki E., Wiśnioch A., Słoniewski K.: Jakość mięsa buhajków ras mięsnych. *Med. Wet.*, 2001, **57 (10)**, 748-752.
- [20] Schubert-Schoppmeyer A., Fiedler I., Nurnberg G., Jonas L., Ender K., Maak S., Rehfeld C.: Simulation of giant fibre development in biopsy samples from pig longissimus muscle. *Meat Sci.*, 2008, **80**, 1297-1303.
- [21] Seideman S.C., Crouse J.D.: The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Sci.*, 1986, **17**, 55-72.
- [22] Sink J.D., Mann C.M., Turgut H.: Characterization of the giant myofiber in bovine skeletal muscle. *Expl. Cel. Biol.*, 1986, **54**, 1-7.
- [23] Swan J.E., Boles J.A.: Processing characteristics of beef roasts made from high and normal pH bull inside rounds. *Meat Sci.*, 2002, **62**, 399-403.
- [24] Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P.: Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Sci.*, 2000, **54**, 187-195.
- [25] Warren H.E., Scollan N.D., Nute G.R., Hughes S.I., Wood J.D., Richardson R.I.: Effect of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 270-278.
- [26] Wegner J., Albrecht E., Fiedler I., Teuscher F., Papstien H.J., Enderr K.: Growth- and breed-related changes of muscle fibre characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.*, 2008, **78**, 1485-1496.
- [27] Whipple G., Koohmaraie M., Dikeman M.E., Crouse J.D.: Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. *J. Anim. Sci.*, 1990, **68**, 4193-4199.
- [28] Ziegler J.: Combinations of enzyme histochemical methods for differentiating of fibres types and evaluating the skeletal musculature. *Acta Histochem.* 1979, **65**, **1**, 34-40.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BEEF AND MUSCLE MICROSTRUCTURE DEPENDING ON GIANT FIBRES PRESENT THEREIN

Summary

The experiment material comprised 124 hybrids derived from crosses of black-and-white cows, their Holstein Friesian breed genes content not exceeding 25 %, with black-and-white bulls (25 animals) and meat bulls (99 animals). The objective of the research was to compare the histological traits and physico-chemical characteristics of beef meat depending on the incidence rate of giant fibres in skeletal muscles of black-and-white bulls and commercial crossbreeds.

It was shown that the giant fibres were more frequently present in the muscles of animals crossbred with meat breeds. As for the commercial cross-breeds, they were evidenced in 42 % of the animal population, and as for the group of black-and-white bull population: in 20%. The presence of giant fibres was associated with a higher myofibrillar ATPase activity, whereas the transformation of FTG fibres in the relevant muscles produced higher percentage rates of FTG fibres (54.4 – 58.5 %), as well as an increase in the relative cross-section area of anaerobic fibres and anaerobic index (AnF%) (4.18 – 5.47). The muscles containing giant fibres were found to be more frequently quality-deficient: a pH₄₈ value exceeded 5.8, their colour was darker, their water retention capacity was higher.

Key words: bulls, meat quality, microstructure, giant fibres 