

MARZENA ZAJĄC, ANETA MIDURA, KRYSZYNA PALKĄ,  
EWELINA WĘSIERSKA, KRZYSZTOF KRZYSZTOFORSKI

## SKŁAD CHEMICZNY, ROZPUSZCZALNOŚĆ KOLAGENU ŚRÓDMIEŚNIOWEGO I TEKSTURA WYBRANYCH MIĘŚNI WOŁOWYCH

### Streszczenie

Celem pracy było określenie składu chemicznego ośmiu mięśni jałowic oraz zmian rozpuszczalności kolagenu śródmieśniowego, profilu tekstury i siły cięcia w 2. i 14. dniu ich dojrzewania poubojowego. Badania prowadzono na mięśniach: *pectoralis profundus* (PP), *infraspinatus* (IS), *triceps brachii* (TB), *serratus ventralis* (SV), *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM), *semitendinosus* (ST) oraz *longissimus dorsi (thoracis et lumborum)* (LD) pełnomięsnych jałowic rasy nizinnej czarno-białej. Oznaczenia chemiczne mięśni surowych i grillowanych wykonywano zgodnie z Polskimi Normami, a rozpuszczalność kolagenu zmodyfikowaną metodą Liu i wsp. Analizę profilu tekstury (TPA) i pomiary siły cięcia mięśni grillowanych przeprowadzono przy użyciu teksturometru TA-XT2.

Analizowane mięśnie wołowe różniły się podstawowym składem chemicznym oraz zawartością kolagenu. Wśród mięśni surowych najwięcej kolagenu rozpuszczalnego zawierał LD, a najmniej SM oraz BF, natomiast wśród grillowanych odpowiednio IS i TB. Rozpuszczalność kolagenu w mięśniach surowych i grillowanych po 14 dniach dojrzewania poubojowego zwiększyła się średnio o około 5,5 %, w porównaniu z próbami po 2 dniach dojrzewania. Największymi wartościami twardości TPA i żujności TPA charakteryzowały się mięśnie ST i SM, a najmniejszymi SV, IS oraz LD. Wartość siły cięcia SM była największa, a IS najmniejsza. Niezależnie od rodzaju mięśnia, wartości parametrów TPA twardości i żujności oraz siły cięcia zmniejszyły się po 14 dniach dojrzewania poubojowego odpowiednio o około 17 N i 6 N oraz 20 N.

**Słowa kluczowe:** mięśnie wołowe, skład chemiczny, dojrzewanie poubojowe, kolagen rozpuszczalny, TPA, siła cięcia

### Wprowadzenie

Mięso wołowe jest źródłem pełnowartościowego i łatwo przyswajalnego białka zwierzęcego. Ponadto dostarcza niezbędnych mikroelementów (żelaza, cynku, miedzi,

---

*Dr inż. M. Zajac, mgr inż. A. Midura, prof. dr hab. K. Palka, dr E. Węsierska, dr inż. K. Krzysztoporski, Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków*

seleniu), CLA oraz witamin z grupy B. Ma ono także określone walory sensoryczne. Na jakość mięsa wołowego wpływa rasa, płeć i wiek zwierząt oraz postępowanie przed i poubojowe [5, 9]. Istotnym składnikiem strukturalnym mięśni współdecydującym o ich kruchości jest tkanka łączna, w której ilościowo przeważa kolagen. Jego zawartość w mięśniach wołowych może się wahać od 1 do 15 % suchej masy [24]. Zidentyfikowano i wyizolowano ponad 20 różnych typów genetycznych kolagenu. Cztery z nich mają istotne znaczenie w tkance mięśniowej – I, II i III, które łączą się we włókna oraz typ IV, amorficzny. Typy I i III występują we wszystkich omięsnych przy czym w *epimysium* znajduje się głównie typ I, w *perimysium* przeważa typ III, natomiast w *endomysium* typ IV [1, 24]. Zawartość kolagenu w mięśniach zależy od gatunku, rasy, wieku, płci, sposobu odżywiania i kondycji zwierząt. Dlatego też ilości oznaczone przez różnych autorów w tym samym mięśniu jednego gatunku zwierząt mogą się różnić [26]. W czasie dojrzewania poubojowego mięsa wołowego zachodzi degradacja białek cytoszkieletowych [23] oraz proteoglikanów wewnątrzmięśniowej tkanki łącznej [15], co ma istotny wpływ na wodochłonność i teksturę mięsa po ogrzewaniu [17]. Teksturę mięsa można analizować sensorycznie lub metodami instrumentalnymi. Kruchość określana jest zazwyczaj na podstawie wartości siły cięcia próbki w poprzek włókien mięśniowych. Zależność pomiędzy siłą cięcia i kruchością mięsa jest odwrotnie proporcjonalna. Natomiast analiza profilu tekstury (TPA), wykonywana na podstawie testu podwójnego ściskania próbki wzdłuż włókien mięśniowych, pozwala na obliczenie takich jej parametrów jak twardość, sprężystość, odbojność, żujność, spójność. Twardość oznacza siłę konieczną do osiągnięcia określonego odkształcenia próbki, sprężystość to szybkość powrotu ze stanu zdeformowanego do stanu wyjściowego po dwóch ściśnięciach, natomiast odbojność (sprężystość natychmiastowa) to zdolność powrotu do formy wyjściowej po pierwszym ściśnięciu, spójność (kohezja) jest miarą wytrzymałości wewnętrznych wiązań tworzących zrąb produktu, a żujność to energia potrzebna do rozdrobnienia (żucia) produktu – jest parametrem wtórnym zależnym od twardości, kohezji i sprężystości [17]. Ruiz de Huidobro i wsp. [25] stwierdzili, że wyniki pomiarów TPA i analizy sensorycznej są wysoko skorelowane.

Celem pracy było określenie podstawowego składu chemicznego mięśni jałowic: *pectoralis profundus* (PP), *infraspinatus* (IS), *triceps brachii* (TB), *serratus ventralis* (SV), *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM), *semitendinosus* (ST) oraz *longissimus dorsi (thoracis et lumborum)* (LD), oraz porównanie zawartości kolagenu rozpuszczalnego, profilu tekstury i siły cięcia w 2. i 14. dniu ich dojrzewania poubojowego.

### **Material i metody badań**

Materiałem badawczym były mięśnie zakupione w Zakładzie Przetwórstwa Mięsnego MARKAM w Kasince Małej, wycięte w 2. dniu po uboju z wychłodzonych

lewych półtuszy jałowic rasy nizinnej czarno-białej, o pH około 5,6. Analizowano następujące mięśnie: *pectoralis profundus* (PP), *infraspinatus* (IS), *triceps brachii* (TB) i *serratus ventralis* (SV) z ćwierćtuszy przedniej; *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM), i *semitendinosus* (ST) z ćwierćtuszy tylnej oraz *longissimus dorsi (thoracis et lumborum)* (LD). Wycięte mięśnie pakowano próżniowo, przewożono w termotorbie i przechowywano w temp. 4 °C do 14. dnia po uboju. W mięśniach surowych analizowano: podstawowy skład chemiczny (woda, białko ogólne, tłuszcz) w 2. dniu oraz zawartość kolagenu ogólnego i nierozpuszczalnego w 2. i 14. dniu dojrzewania. Następnie plastry mięsa grillowano w otwartym piekarniku elektrycznym, na folii aluminiowej, odwracając steki co 3 min, do osiągnięcia temp. wewnętrznej 70 °C. Po ogrzewaniu próby wychładzano do 18 - 20 °C. W mięśniach grillowanych analizowano: podstawowy skład chemiczny w 2. dniu oraz zawartość kolagenu ogólnego i nierozpuszczalnego, siłę cięcia i profil tekstury (TPA) w 2. i 14. dniu dojrzewania poubojowego.

Pomiary pH mięśni wykonywano za pomocą pH-metru sztyletowego (CP-411). Podstawowy skład chemiczny oznaczano zgodnie z Polskimi Normami: zawartość wody metodą suszarkową [20]; zawartość białka metodą Kjeldahla [19], przy użyciu zestawu typu 322 firmy Büchi (Szwajcaria), oznaczony azot przeliczano na białko stosując mnożnik 6,25; zawartość tłuszczu według PN-ISO 1444:2000 [21]; zawartość hydroksyproliny zgodnie z PN-ISO 3496:2000 [22], hydroksyprolinę przeliczano na kolagen ogólny, stosując mnożnik 7,25.

Zawartość kolagenu nierozpuszczalnego oznaczano według Liu i wsp. [10] z modyfikacjami. Około 5 g próbki mięsa homogenizowano z 24 cm<sup>3</sup> wody destylowanej. Homogenat ogrzewano w łaźni wodnej o temp. 77 °C przez 70 min, a następnie wirowano w wirówce K-24 firmy Janetzky z szybkością 10000 obr./min przez 20 min. Supernatant zlewano, osad przemywano wodą destylowaną i wirowano jak wyżej. Osad hydrolizowano przy użyciu 30 cm<sup>3</sup> 3M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> w temp. 105 °C przez 16 h. Dalej postępowano tak samo, jak przy oznaczaniu kolagenu ogólnego. Z różnicy zawartości kolagenu ogólnego i nierozpuszczalnego wyliczano kolagen rozpuszczalny, którego ilość wyrażano w procentach kolagenu ogólnego.

W celu zmierzenia siły cięcia z plastrów mięśni grillowanych w 2. i 14. dniu dojrzewania wycinano próbki w formie walca o średnicy 14 mm i wysokości 15 mm, które umieszczano w teksturometrze TA-XT2 firmy Stable Micro Systems. Do pomiaru używano przystawki Warnera-Bratzlera z trójkątnym wycięciem noża. Do analizy profilu tekstury z grillowanych plastrów mięsa wycinano również próbki w formie walca o średnicy 14 mm i długości 15 mm, które analizowano przy użyciu teksturometru TA-XT2 z przystawką w kształcie walca o średnicy 50 mm. Stosowano test podwójnego ściskania i następujące parametry pomiaru: powierzchnia styku walca z próbką 154 mm<sup>2</sup>, prędkość przesuwu walca podczas testu 2 mm/s, dystans deformacji próby

70 % wysokości, przerwa pomiędzy naciskami elementu ściskającego 3 s. Wykonano 2 serie doświadczeń, po 3 powtórzenia w każdej serii w przypadku oznaczeń chemicznych oraz po 7 powtórzeń pomiarów siły cięcia i analiz profilu tekstury.

Analizę statystyczną prowadzono przy użyciu programu Statistica 8.0. Obliczano wartości średnich arytmetycznych oraz odchyleń standardowych. Wpływ badanych czynników doświadczalnych na analizowane właściwości mięśni oceniano stosując dwuczynnikową analizę wariancji. W celu określenia istotności różnic między wartościami średnimi stosowano test Duncana.

### Wyniki i dyskusja

Szczegółowe wyniki pomiarów dotyczące właściwości fizykochemicznych analizowanych mięśni zamieszczono w tab.1 - 3. Natomiast wyniki analiz wariancji w tab. 4 - 6.

Tabela 1

Skład chemiczny mięśni wołowych surowych (S) i grillowanych (G) po 2 dniach dojrzewania poubojowego.

Chemical composition of raw (S) and grilled (G) beef muscles 2 days after post-slaughter ageing.

Mięsień Muscle	Obróbka Treatment	Woda Water [%]	Białko (Nx6,25) Protein [%]	Kolagen ogólny Total collagen [%]	Tłuszcz Fat [%]
LD	S	74,23 ± 0,19	21,19 ± 0,21	0,29 ± 0,01	3,94 ± 0,01
	G	60,89 ± 0,05	31,37 ± 0,16	0,55 ± 0,01	6,86 ± 0,02
BF	S	74,04 ± 0,09	20,74 ± 0,07	0,33 ± 0,01	4,64 ± 0,09
	G	62,49 ± 0,03	27,71 ± 0,21	0,90 ± 0,01	9,55 ± 0,05
SM	S	75,18 ± 0,05	22,30 ± 0,01	0,31 ± 0,01	2,38 ± 0,11
	G	65,93 ± 0,06	30,01 ± 0,02	0,69 ± 0,01	5,03 ± 0,02
ST	S	75,45 ± 0,06	21,97 ± 0,14	0,40 ± 0,01	2,77 ± 0,03
	G	64,62 ± 0,13	30,31 ± 0,06	0,94 ± 0,01	5,04 ± 0,01
IS	S	73,68 ± 0,08	19,85 ± 0,14	0,96 ± 0,02	5,15 ± 0,09
	G	62,33 ± 0,07	27,44 ± 0,05	1,59 ± 0,01	9,97 ± 0,02
PP	S	74,65 ± 0,15	21,58 ± 0,12	0,47 ± 0,02	3,98 ± 0,07
	G	65,32 ± 0,11	28,68 ± 0,07	1,17 ± 0,01	5,98 ± 0,07
TB	S	74,11 ± 0,09	21,68 ± 0,12	0,35 ± 0,01	3,53 ± 0,03
	G	64,38 ± 0,11	27,40 ± 0,10	0,93 ± 0,01	7,73 ± 0,12
SV	S	74,54 ± 0,19	20,10 ± 0,01	0,39 ± 0,01	5,30 ± 0,19
	G	60,59 ± 0,12	27,38 ± 0,08	0,97 ± 0,02	11,70 ± 0,09

W tab. 1. przedstawiono skład chemiczny mięśni surowych i grillowanych. Wpływ rodzaju mięśnia oraz grillowania na skład chemiczny analizowanych mięśni był wysoko istotny (tab. 4). Niezależnie od obróbki mięśnie LD i SV zawierały najmniej (67,6 %), a SM i ST i PP najwięcej (około 70 %) wody. Średnia zawartość białka ogólnego wahała się w granicach od 23,7 (IS i SV) do około 26,2 % (LD, SM i ST), a kolagenu ogólnego od 0,4 % (LD) do 1,3 % (IS). Najmniej tłuszczu (3,7 %) oznaczono w SM, a najwięcej w IS i SV (odpowiednio 7,6 i 8,5 %) (tab. 4). Po grillowaniu zawartość wody w mięśniach zmniejszyła się średnio o 11 %, co spowodowało zwiększenie procentowego udziału pozostałych składników: białka ogólnego średnio o 7,5 %, kolagenu ogólnego o 0,5 % oraz tłuszczu o 3,7 % (tab. 4). Uzyskane wyniki są generalnie zgodne z danymi innych autorów, z wyjątkiem zawartości tłuszczu, która może się różnić w zależności od użytego surowca, ponieważ zależy od takich czynników, jak: rasa zwierzęcia, wiek i sposób żywienia. W badaniach Grześkowiak i wsp. [6] prowadzonych na różnych mięśniach bydła rasy czarno-białej stwierdzono zawartość tłuszczu w zakresie 2,9 - 6,9 %, ale również mięśnie IS oraz SV zawierały go najwięcej, a mięsień SM najmniej. Podobne wyniki uzyskali Cecchi i wsp. [4] oraz McKeith i wsp. [12].

Tabela 2

Zawartość kolagenu rozpuszczalnego determinowana czasem dojrzewania poubojowego i grillowaniem mięśni.

Content of soluble collage determined by post-slaughter ageing time and by the grilling of muscles.

Mięsień Muscle	Kolagen rozpuszczalny [% kolagenu ogólnego] Soluble collagen [% of total collagen]			
	Mięśnie surowe / Raw muscles		Mięśnie grillowane / Grilled muscles	
	Czas dojrzewania poubojowego [dni] Time of post-slaughter ageing [days]			
	2	14	2	14
LD	23,00 ± 0,24	30,00 ± 0,82	26,13 ± 0,29	25,30 ± 0,30
BF	4,50 ± 0,50	10,25 ± 0,25	23,52 ± 0,48	22,62 ± 0,37
SM	8,07 ± 0,36	7,50 ± 0,50	27,05 ± 0,10	17,07 ± 0,37
ST	10,00 ± 0,45	25,00 ± 0,46	30,03 ± 0,10	37,12 ± 0,15
IS	21,67 ± 0,31	21,25 ± 0,25	35,00 ± 0,30	48,10 ± 0,10
PP	12,03 ± 0,32	13,00 ± 0,50	27,25 ± 0,25	48,20 ± 0,20
TB	10,01 ± 0,12	18,07 ± 0,10	17,90 ± 0,16	21,13 ± 0,13
SV	10,47 ± 0,46	20,37 ± 0,27	19,22 ± 0,23	31,07 ± 0,10

W tab. 2. przedstawiono wyniki dotyczące zawartości kolagenu rozpuszczalnego w mięśniach surowych i grillowanych w 2. i 14. dniu po uboju. Stwierdzono wysoko istotny wpływ rodzaju mięśnia oraz czasu dojrzewania poubojowego na rozpuszczal-

ność kolagenu śródmięśniowego (tab. 5), z wyjątkiem surowych mięśni SM i PP (tab. 2). Niezależnie od czasu dojrzewania zawartość kolagenu rozpuszczalnego była najmniejsza w surowych mięśniach BF, SM i PP i wynosiła odpowiednio 7,4; 7,8 i 12,5 % kolagenu ogólnego, a największa w surowym LD (26,5 %) (tab. 5). Po grillowaniu rozpuszczalność kolagenu w mięśniach generalnie zwiększyła się. Największą zawartością kolagenu rozpuszczalnego charakteryzowały się grillowane mięśnie IS i PP, a najmniejszą SM i TB (tab. 2 i 5). Niezależnie od rodzaju mięśnia i sposobu obróbki, po 14-dniowym dojrzewaniu poubojowym następowało zwiększenie rozpuszczalności kolagenu śródmięśniowego, średnio o 5,5 % (tab. 5). Na podkreślenie zasługuje fakt, że w grillowanych mięśniach IS oraz PP, pochodzących z ćwierćtuszy przedniej i zawierających najwięcej kolagenu ogólnego (tab. 4) jego rozpuszczalność była największa, porównywalna z kolagenem mięśnia ST z ćwierćtuszy tylnej. Natomiast zawartość kolagenu rozpuszczalnego w grillowanym mięśniu SV była zbliżona do LD (tab. 5).

W tab. 3. przedstawiono profil tekstury i siłę cięcia mięśni grillowanych w 2. i 14. dniu dojrzewania poubojowego. Wartości wszystkich parametrów TPA mięśni grillowanych w 2. dniu dojrzewania mięśni były wyższe w porównaniu z próbami analizowanymi w 14. dniu. Wpływ rodzaju mięśnia na analizowane parametry tekstury był również wysoko istotny (tab. 6). Największą twardością TPA, niezależnie od czasu dojrzewania, charakteryzowały się mięśnie ST (137,2 N) i SM (114,7 N) z ćwierćtuszy tylnej, a najmniejszą IS i SV (około 53 N) z ćwierćtuszy przedniej. Podobne zależności stwierdzono w zakresie żujności TPA analizowanych mięśni, odpowiednio ST (31,9 N) i SM (24,9 N) oraz IS (11,7 N) i SV (12,3 N), (tab. 6). Największą sprężystością charakteryzowały się mięśnie ST i PP, a najmniejszą SV. Największe wartości spójności stwierdzono w mięśniach IS, PP i TB, a najmniejsze w LD oraz SV. Wartości odbojności były największe w IS, a najmniejsze w LD (tab. 6). Również wpływ czasu dojrzewania poubojowego na parametry tekstury grillowanych mięśni (z wyjątkiem odbojności) był wysoko istotny (tab. 6). Twardość TPA zmniejszyła się po 14 dniach przechowywania poubojowego średnio o 17 N, a żujność TPA o 6 N (tab. 6). Największy wpływ dojrzewania poubojowego na wyżej wymienione parametry TPA stwierdzono w mięśniach SM i ST z ćwierćtuszy tylnej oraz PP i SV z ćwierćtuszy przedniej (tab. 3). Również wartości sprężystości i spójności mięśni grillowanych po 14 dniach dojrzewania były niższe w porównaniu z próbami po 2 dniach dojrzewania (tab. 6).

Zaobserwowana ogólna tendencja spadkowa wartości parametrów TPA mięśni bydlęcych ogrzewanych po dłuższym czasie dojrzewania poubojowego jest zgodna z wynikami badań Palki [18] oraz Sobczaka i wsp. [28].

Stwierdzono wysoko istotny wpływ zarówno rodzaju mięśnia, jak i czasu dojrzewania poubojowego na siłę cięcia (tab. 3 i 6). Niezależnie od czasu dojrzewania poubojowego mięsień SM charakteryzował się największą (84,9 N), a IS najmniejszą

Tabela 3

Parametry TPA i siła cięcia mięśni wołowych grillowanych w 2. i 14. dniu dojrzewania w temp. 4 °C.  
TPA parameters and shear force of beef muscles grilled on the 2<sup>nd</sup> and 14<sup>th</sup> day of ageing at 4°C.

Mięsień Muscle	Czas [dni] Time [days]	Parametry tekstury i siła cięcia TPA parameters and shear force					
		Twardość Hardness [N]	Sprężystość Springiness [-]	Spójność Cohesiveness [-]	Żujność Chewiness [N]	Odbojność Resilience [-]	Siła cięcia Shear force [N]
LD	2	64,63 ± 0,95	0,48 ± 0,02	0,47 ± 0,01	14,90 ± 0,65	0,19 ± 0,01	62,78 ± 5,20
	14	62,63 ± 0,32	0,43 ± 0,01	0,45 ± 0,01	12,12 ± 0,35	0,20 ± 0,01	36,59 ± 2,45
BF	2	101,67 ± 1,53	0,46 ± 0,01	0,49 ± 0,01	24,33 ± 0,58	0,22 ± 0,01	52,48 ± 3,43
	14	100,17 ± 0,76	0,46 ± 0,01	0,48 ± 0,01	23,12 ± 0,40	0,21 ± 0,01	36,59 ± 2,45
SM	2	125,80 ± 0,85	0,47 ± 0,01	0,50 ± 0,01	29,20 ± 0,40	0,22 ± 0,01	102,71 ± 2,45
	14	103,60 ± 0,80	0,42 ± 0,01	0,48 ± 0,01	20,55 ± 0,75	0,19 ± 0,01	67,20 ± 3,43
ST	2	160,17 ± 0,65	0,49 ± 0,01	0,50 ± 0,01	39,20 ± 0,40	0,22 ± 0,01	73,57 ± 4,90
	14	114,25 ± 0,93	0,44 ± 0,01	0,49 ± 0,01	24,54 ± 0,75	0,21 ± 0,01	56,21 ± 2,45
IS	2	58,05 ± 0,25	0,45 ± 0,02	0,51 ± 0,01	13,40 ± 0,40	0,24 ± 0,01	41,89 ± 2,45
	14	48,60 ± 0,60	0,44 ± 0,01	0,49 ± 0,01	10,10 ± 0,30	0,23 ± 0,01	31,39 ± 2,94
PP	2	107,17 ± 0,37	0,49 ± 0,02	0,51 ± 0,01	27,86 ± 0,65	0,22 ± 0,01	67,69 ± 2,94
	14	83,89 ± 0,70	0,46 ± 0,01	0,50 ± 0,01	19,59 ± 0,50	0,21 ± 0,01	52,68 ± 4,61
TB	2	72,46 ± 0,81	0,45 ± 0,02	0,52 ± 0,01	18,08 ± 0,30	0,22 ± 0,01	70,63 ± 3,92
	14	59,29 ± 0,30	0,45 ± 0,02	0,48 ± 0,01	14,08 ± 0,30	0,22 ± 0,01	52,19 ± 3,82
SV	2	65,51 ± 0,50	0,42 ± 0,02	0,48 ± 0,01	16,37 ± 0,40	0,22 ± 0,01	72,30 ± 4,41
	14	40,71 ± 0,50	0,40 ± 0,01	0,46 ± 0,01	8,15 ± 0,25	0,18 ± 0,01	48,36 ± 3,43

T a b e l a 4

Średnie najmniejszych kwadratów z 2-czynnikowej analizy wariancji dotyczącej wpływu rodzaju mięsna i grillowania na skład chemiczny mięśni wołowych. Least Squares (LS) Means obtained based on 2-factor analysis of variance referring to the effect of kind of muscle and grilling on chemical composition of beef muscles.

Cechy zmienności Traits of variability	Mięsień Muscle								Obróbka Treatment	
	LD	BF	SM	ST	IS	PP	TB	SV	S Raw	G Grilled
Woda Water [%]	67,56 <sup>A</sup>	68,23 <sup>B</sup>	70,56 <sup>C</sup>	70,04 <sup>D</sup>	68,00 <sup>F</sup>	69,98 <sup>D</sup>	69,24 <sup>F</sup>	67,56 <sup>A</sup>	74,49 <sup>A</sup>	63,32 <sup>B</sup>
Białko Protein (Nx6,25) [%]	26,28 <sup>A</sup>	24,22 <sup>B</sup>	26,16 <sup>A</sup>	26,14 <sup>A</sup>	23,65 <sup>C</sup>	25,13 <sup>D</sup>	24,54 <sup>E</sup>	23,74 <sup>C</sup>	21,18 <sup>A</sup>	28,79 <sup>B</sup>
Kolagen ogólny Total collagen [%]	0,42 <sup>A</sup>	0,62 <sup>B</sup>	0,50 <sup>C</sup>	0,67 <sup>D</sup>	1,27 <sup>E</sup>	0,82 <sup>F</sup>	0,64 <sup>G</sup>	0,68 <sup>D</sup>	0,44 <sup>A</sup>	0,97 <sup>B</sup>
Tłuszcz Fat [%]	5,40 <sup>A</sup>	7,09 <sup>B</sup>	3,70 <sup>C</sup>	3,91 <sup>D</sup>	7,56 <sup>E</sup>	4,93 <sup>F</sup>	5,63 <sup>G</sup>	8,50 <sup>H</sup>	3,96 <sup>A</sup>	7,72 <sup>B</sup>

Objaśnienia: / Explanatory notes:

A, B, ... Różne litery w tym samym wierszu oznaczają różnice wysoko istotne ( $p \leq 0,01$ ), oddzielnie dla każdego czynnika doświadczalnego / Different letters in the same row indicate highly significant differences ( $p \leq 0,01$ ), separately for each experimental factor

Tabela 6

Średnie najmniejszych kwadratów z 2-czynnikowej analizy wariancji dotyczącej wpływu rodzaju mięśnia i czasu dojrzewania poubojowego na parametry TPA i siłę cięcia mięśni wołowych grillowanych.  
 Least Squares (LS) Means obtained based on 2-factor analysis of variance referring to the effect of kind of muscle and time of post-slaughter ageing on the TPA parameters and shear force of grilled beef muscles.

Cechy zmienności Traits of variability	Mięsień Muscle										Czas dojrzewania [dni] Time of post-slaughter ageing [days]	
	LD	BF	SM	ST	IS	PP	TB	SV	2	14		
Twardość Hardness [N]	63,63 <sup>A</sup>	100,92 <sup>B</sup>	114,70 <sup>C</sup>	137,21 <sup>D</sup>	53,30 <sup>E</sup>	95,53 <sup>F</sup>	65,87 <sup>G</sup>	53,15 <sup>E</sup>	94,24 <sup>A</sup>	76,83 <sup>B</sup>		
Sprężystość Springiness [-]	0,45 <sup>A</sup>	0,46 <sup>A</sup>	0,44 <sup>A</sup>	0,47 <sup>B</sup>	0,44 <sup>A</sup>	0,47 <sup>B</sup>	0,45 <sup>A</sup>	0,41 <sup>C</sup>	0,46 <sup>A</sup>	0,44 <sup>B</sup>		
Spójność Cohesiveness [-]	0,46 <sup>A</sup>	0,48 <sup>B</sup>	0,49 <sup>BC</sup>	0,49 <sup>BC</sup>	0,50 <sup>BC</sup>	0,50 <sup>BC</sup>	0,50 <sup>BC</sup>	0,47 <sup>AB</sup>	0,50 <sup>A</sup>	0,48 <sup>B</sup>		
Żujność Chewiness [N]	13,51 <sup>A</sup>	23,73 <sup>B</sup>	24,88 <sup>C</sup>	31,87 <sup>D</sup>	11,75 <sup>E</sup>	23,73 <sup>B</sup>	16,08 <sup>F</sup>	12,26 <sup>G</sup>	22,77 <sup>A</sup>	16,68 <sup>B</sup>		
Odbojność Resilience [-]	0,19 <sup>A</sup>	0,22 <sup>B</sup>	0,20 <sup>A</sup>	0,22 <sup>B</sup>	0,24 <sup>C</sup>	0,22 <sup>B</sup>	0,22 <sup>B</sup>	0,20 <sup>A</sup>	0,22 <sup>A</sup>	0,21 <sup>A</sup>		
Siła cięcia Shear force [N]	49,74 <sup>A</sup>	44,63 <sup>A</sup>	84,95 <sup>B</sup>	64,94 <sup>C</sup>	36,59 <sup>D</sup>	60,13 <sup>E</sup>	61,41 <sup>E</sup>	60,33 <sup>F</sup>	67,98 <sup>A</sup>	47,68 <sup>B</sup>		

Objaśnienia jak pod tab. 4. / Explanatory notes as in Tab. 4.

T a b e l a 5

Średnie najmniejszych kwadratów z 2-czynnikowej analizy wariancji dotyczącej wpływu rodzaju mięśnia i czasu dojrzewania poubojowego na rozpuszczalność kolagenu śródmięśniowego mięśni wołowych surowych (S) i grillowanych (G).  
 Least Squares (LS) Means obtained based on 2-factor analysis of variance referring to the effect of kind of muscle and time of post-slaughter ageing on solubility of intramuscular collagen of raw (S) and grilled (G) beef muscles.

Cechy zmienności Traits of variability	Mięsień Muscle									Czas dojrzewania [dni] Time of post-slaughter ageing [days]	
	LD	BF	SM	ST	IS	PP	TB	SV	2	14	
Kolagen rozp. Soluble collagen (S) [% of total collagen]	26,50 <sup>A</sup>	7,37 <sup>B</sup>	7,78 <sup>B</sup>	17,50 <sup>C</sup>	21,46 <sup>D</sup>	12,52 <sup>E</sup>	14,04 <sup>F</sup>	15,42 <sup>G</sup>	12,47 <sup>A</sup>	18,18 <sup>B</sup>	
Kolagen rozp. Soluble collagen (G) [% of total collagen]	25,72 <sup>A</sup>	23,07 <sup>B</sup>	22,06 <sup>C</sup>	33,57 <sup>D</sup>	41,55 <sup>E</sup>	37,73 <sup>F</sup>	19,51 <sup>G</sup>	25,14 <sup>H</sup>	25,76 <sup>A</sup>	31,33 <sup>B</sup>	

Objaśnienia jak pod tab. 4. / Explanatory notes as in Tab. 4.

(36,6 N) siłą cięcia. Po 14-dniowym dojrzewaniu poubojowym wartość siły cięcia analizowanych mięśni zmniejszyła się średnio o 20 N (tab. 6), co świadczy o poprawie ich kruchości. Grześkowiak i wsp. [7], analizując mięśnie młodych krów rasy nizinnej czarno-białej, również stwierdzili, że SM charakteryzuje się największą, a IS najmniejszą wartością siły cięcia. We wcześniejszych badaniach autorów [16], dotyczących analizy sensorycznej mięśni jałowic innej rasy, mięśnie IS, TB i SV zostały wysoko ocenione, m.in. za kruchość, która była porównywalna z kruchością LD. Podobne wyniki uzyskali Belew i wsp. [2], zaliczając IS i SV do grupy mięśni bardzo kruchych, TB i LD (*thoracis et lumborum*) do kruchych, SM i ST do średnio kruchych, a PP do twardych. Mięsień IS pod względem kruchości porównywali nawet do polędwicy (*psaos major*). Maher i wsp. [11] na podstawie przeprowadzonych analiz ustalili zależność pomiędzy wartością siły cięcia około 50 N, a mięsem ocenianym w analizie sensorycznej jako „lekkie kruche”. Natomiast Shackelford i wsp. [27] jako graniczną pomiędzy twardym i kruchym LD sugerowali wartość siły cięcia około 60 N. Z kolei Miller i wsp. [13] stwierdzili, że rozróżnienie w ocenie konsumentów pomiędzy próbkami twardymi i kruchymi koreluje z siłą cięcia równą 45 N.

Według Millera [14] przetłuszczenie śródmięśniowe zwiększa kruchość mięsa m.in. dlatego, że tłuszcz jest bardziej miękki niż włókna mięśniowe. Ponadto tworzy on swoistą ochronę włókien przed szybką denaturacją cieplną oraz zatrzymuje wodę w mięsie, co poprawia wrażenie kruchości mięsa ogrzewanego. W przedmiotowych badaniach korelacje określone pomiędzy zawartością tłuszczu a twardością TPA i siłą cięcia wynosiły odpowiednio  $r = -0,63$  i  $r = -0,30$ , niezależnie od tego czy tłuszcz oznaczano w mięsie surowym czy ogrzewanym. Caine i wsp. [3] stwierdzili, że sprężystość i odbojność są również silnie związane z zawartością tłuszczu śródmięśniowego. W badaniach własnych nie potwierdzono korelacji pomiędzy zawartością tłuszczu a odbojnością, stwierdzono natomiast zależności pomiędzy jego ilością a sprężystością ( $r = -0,41$ ), spójnością ( $r = -0,42$ ) i żujnością ( $r = -0,61$ ).

Innym czynnikiem uznawanym za przyczynę różnic kruchości mięsa jest zawartość i rozpuszczalność kolagenu śródmięśniowego. W badaniach przeprowadzonych przez von Seggerna i wsp. [29] mięśnie IS i BF zawierały odpowiednio 2,0 i 1,6 %, a LD 0,4 % kolagenu ogólnego. Są to wartości wyższe od uzyskanych w niniejszych badaniach (tab. 1). Palka [17], analizując mięsień ST pieczony do temp. wewnętrznej 70 °C w 12. dniu dojrzewania poubojowego stwierdziła, że 26 % kolagenu ogólnego stanowi kolagen rozpuszczalny. W niniejszych badaniach w ST grillowanym po 14 dniach dojrzewania jego ilość wynosiła 37 % (tab. 2). Wskazuje to, że niewiele dłuższy czas przechowywania chłodniczego może powodować znaczne zwiększenie rozpuszczalności kolagenu śródmięśniowego. Zawartość kolagenu ogólnego była skorelowana z odbojnością ( $r = 0,58$ ) i spójnością ( $r = 0,37$ ). Ponadto stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy procentowym udziałem kolagenu nierozpuszczalnego a siłą

cięcia ( $r = 0,32$ ). Young i Braggins [30] nie wykazali zależności pomiędzy rozpuszczalnością kolagenu a teksturą w ogrzewanym mięśniu SM owiec, stwierdzając równocześnie silne korelacje pomiędzy kruchością a rozpuszczalnością kolagenu w tym samym mięśniu nieogrzewanym. Uznali, że w przypadku SM większy wpływ na teksturę ma ogólna zawartość kolagenu, a nie jego rozpuszczalność. Palka [18] stwierdziła dodatnią korelację siły cięcia pieczonego mięśnia wołowego ST z ogólną zawartością kolagenu śródmięśniowego. Natomiast Jeremiach i wsp. [8] wskazali na dodatnią zależność pomiędzy udziałem kolagenu rozpuszczalnego a kruchością oznaczaną sensorycznie.

### Wnioski

1. Analizowane mięśnie wołowe różnią się pod względem podstawowego składu chemicznego oraz zawartości kolagenu. Największą zawartością wody charakteryzują się mięśnie SM, ST i PP, a najmniejszą LD i SV. Najwięcej białka ogólnego i najmniej tłuszczu zawierają LD, SM i ST, a najmniej białka i najwięcej tłuszczu IS i SV.
2. Najwięcej kolagenu ogólnego zawiera IS, a najmniej LD. Wśród mięśni surowych najwięcej kolagenu rozpuszczalnego zawiera LD, a najmniej SM oraz BF, natomiast wśród grillowanych odpowiednio IS i TB. Po 14-dniowym dojrzewaniu po ubojowym rozpuszczalność kolagenu śródmięśniowego w mięśniach surowych i grillowanych zwiększa się średnio o około 5,5 %.
3. Największymi wartościami twardości TPA i żujności TPA charakteryzują się mięśnie ST i SM, a najmniejszymi SV, IS oraz LD. Natomiast wartość siły cięcia SM jest największa, a IS najmniejsza. Niezależnie od rodzaju mięśnia, wartości parametrów TPA twardości i żujności oraz siły cięcia zmniejszają się po 14 dniach dojrzewania odpowiednio o 17 N, 6 N i 20 N.

*Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu badawczego 2 PO6T 038 29.*

### Literatura

- [1] Bailey A.J., Light N.D.: Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Appl. Sci., London 1989.
- [2] Belew J.B., Brooks J.C., McKenna D.R., Savell J.W.: Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. Meat Sci., 2003, **64**, 507-512.
- [3] Caine W.R., Aalhus J.L., Best D.R., Dugan M.E.R., Jeremiach L.E.: Relationship of the texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. Meat Sci., 2003, **64**, 333-339.

- [4] Cecchi L.A., Hoffman D.L., Egbert W.R., Jones W.R.: Chemical and physical characteristics of beef chuck muscles: Effect of electrical stimulation, hot boning and high temperature conditioning. *J. Food Sci.*, 1988, **53**(2), 411-415.
- [5] Daszkiewicz T., Wajda S.: Masa przedubojowa buhajków a ich wydajność rzeźna i jakość mięsa. *Gosp. Mięś.*, 2002, **2**, 16-18.
- [6] Grześkowiak E., Borzuta K., Wichlacz H., Strzelecki J.: Sensory traits of 13 culinary cuts obtained from carcasses of young Black-and-White slaughter cattle. *Anim. Sci. Papers and Rep.*, 2002, **20S**, 1, 179-186.
- [7] Grześkowiak E., Borzuta K., Strzelecki J.: Porównanie jakości różnych tusz młodego bydła rzeźnego rasy ncb. *Gosp. Mięś.*, 2006, **9**, 16-18.
- [8] Jeremiach L.E., Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Gibson L.L.: Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci.*, 2003, **65**, 1013-1019.
- [9] Kolczak T.: Kruchosc mięsa. *Gosp. Mięś.*, 2007, **11**, 8, 10-11.
- [10] Liu A., Nishimura T., Takahashi K.: Structural changes in endomysium and perimysium during post-mortem aging of chicken *Semitenidinosus* muscle-Contribution of structural weakening of intramuscular connective tissue to meat tenderization. *Meat Sci.*, 1994, **38**, 315-328.
- [11] Maher S.C., Mullen A.M., Moloney A.P., Buckley D.J., Kerry J.P.: Quantifying the extent of variation in the eating quality traits of the *M. longissimus dorsi* and *M. semimembranosus* of conventionally processed Irish beef. *Meat Sci.*, 2004, **66**, 351-360.
- [12] McKeith F.K., DeVol D.L., Miles R.S., Bechtel P.J., Carr T.R.: Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. *J. Food Sci.*, 1985, **50**, 869-872.
- [13] Miller M.F., Carr M.A., Ramsey C.B., Crockett K.L., Hoover L.C.: Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim., Sci.*, 2001, **79**, 3062-3068.
- [14] Miller R.K.: Palatability. W: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier Ltd., 2004, pp. 256-266.
- [15] Nishimura T., Kuzuoka S., Taneichi A., Hattori A.: Changes in proteoglycans during postmortem ageing of meat. *Proc. 45<sup>th</sup> Int. Congr. Meat Sci. Technol.*, Yokohama, Japan, 1999, pp. 320-321.
- [16] Nowak M., Palka K., Troy D.: Skład chemiczny i jakość wybranych mięśni bydlęcych. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2005, **3** (44) *Supl*, 176-184.
- [17] Palka K.: Zmiany w mikrostrukturze i teksturze mięśni bydlęcych podczas dojrzewania poubojowego i ogrzewania. *Zesz. Nauk. AR, Kraków*, 2000, nr 270.
- [18] Palka K.: The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine *semitenidinosus* muscle. *Meat Sci.*, 2003, **64**, 191-198.
- [19] PN-A-04018:1975/Az3:2002. Produkty rolno-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [20] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody.
- [21] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [22] PN-ISO 3496:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości hydroksyproliny.
- [23] Pospiech E., Grześ B.: Wybrane białka cytoszkieletowe i ich rola w kształtowaniu właściwości funkcjonalnych tkanki mięśniowej. *Żywność. Technologia. Jakość*, 1997, **4**, 3(12), 5-19.
- [24] Purslow P.P.: Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.*, 2005, **70**, 435-447.
- [25] Ruiz de Huidobro F., Miguel E., Blázquez B., Onega E.: A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Sci.*, 2005, **69**, 527-536.
- [26] Sadowska M.: Kolagen mięsa. Budowa, oznaczanie i właściwości funkcjonalne. *Rozpr. hab. Politechnika Gdańska, Gdańsk* 1992.

- [27] Shackelford S.D., Koohmaraie M., Whipple G., Wheeler T.L., Miller M.F., Crouse J.D., Reagan J.O.: Predictors of beef tenderness: development and verification. *J. Food Sci.*, 1991, **56** (5), 1130-1135, 1140.
- [28] Sobczak M., Lachowicz K., Kamieniecki H., Wójcik J., Gajowiecki L., Żochowska J., Żych A., Kotowicz M., Sablik P., Rzewuska E.: The effect of cattle genotype on texture of selected muscles during post-mortem ageing. *EJPAU, Food Sci. Technol.*, 2005, **8** (3).
- [29] Von Seggern D.D., Calkins C.R., Johnson D.D., Brickler J.E., Gwartney B.L.: Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round. *Meat Sci.*, 2005, **71**, 39-51.
- [30] Young O.A., Braggins T.J.: Tenderness of ovine *Semimembranosus*: Is collagen concentration or solubility the critical factor? *Meat Sci.*, 1993, **35**, 213-222.

### CHEMICAL COMPOSITION, SOLUBILITY OF INTRAMUSCULAR COLLAGEN, AND TEXTURE OF SELECTED BEEF MUSCLES

#### S u m m a r y

The objective of the study was to determine the chemical composition of eight heifer muscles and the changes in solubility of intramuscular collagen, texture profile, and shear force at the 2<sup>nd</sup> and 14<sup>th</sup> day of their post-slaughter ageing. The investigations were carried out on the following muscles: *pectoralis profundus* (PP), *infraspinatus* (IS), *triceps brachii* (TB), *serratus ventralis* (SV), *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM), *semitendinosus* (ST), and *longissimus dorsi (thoracis et lumborum)* (LD) of the well fleshed heifers of the lowland black-white breed. The chemical determinations of raw and grilled muscles were performed according to the relevant Polish Standards, and the solubility of collagen according to the modified method of Liu et.al. [1994]. The Texture Profile Analysis (TPA) and shear force measurements of grilled muscles were conducted using a TA-XT2 texture analyzer.

The beef muscles under analysis varied in their basic chemical composition and in their collagen content. Among the raw muscles, LD contained the highest amount, and SM and BF the lowest amount of soluble collagen, whereas among the grilled muscles: IS and TB respectively. 14 days after the slaughter ageing, the collagen solubility in raw and grilled muscles increased by ca. 5.5 % on average compared to the samples analyzed 2 days after the ageing. The ST and SM muscles were characterized by the highest TPA hardness and TPA chewiness values, whereas the SV, IS and LD by the the lowest. The shear force values were the highest in SM, and the lowest in IS. Irrespective of the muscle type, the values of the parameters: TPA hardness, chewiness, and shear force values decreased 14 days after the post-slaughter ageing by about 17N, 6N, and 20N, respectively.

**Key words:** beef muscles, chemical composition, post-slaughter ageing, soluble collagen, TPA, shear force ☒