

Zmiany właściwości fizykochemicznych mięśni szkieletowych czterech kategorii bydła rzeźnego w okresie 12-dniowego dojrzewania próżniowego*

Piotr Domaradzki

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: piotr.domaradzki@up.lublin.pl

Celem pracy było określenie wpływu czasu dojrzewania (w okresie 12-dniowego przechowywania próżniowego) oraz kategorii bydła (cielęta mleczne $n=20$, cielęta ciężkie $n=20$, młode bydło rzeźne $n=71$ i krowy $n=10$) na właściwości fizykochemiczne dwóch mięśni szkieletowych. W mięśniu najdłuższym grzbietu z odcinka lędźwiowego (ML) i półścięgnistym (ST) oznaczono pH, przewodność elektryczną właściwą (EC), wskaźnik TBARS, barwę (wg CIE $L^*a^*b^*$) oraz wodochłonność. Wykazano istotny wpływ kategorii bydła na wszystkie oceniane właściwości fizykochemiczne mięśni ML i ST (z wyjątkiem EC w ST). Spośród ocenianych kategorii najwyższą jasnością (najwyższa wartość L^*) oraz najniższym udziałem barwy czerwonej (a^*) i żółtej (b^* w mięśniu ST) odznaczało się mięso cieląt mlecznych. Najwyższy wyciek naturalny stwierdzono w mięśniach ML i ST cieląt ciężkich, natomiast najniższy u cieląt mlecznych. Mięsień ML cieląt ciężkich odznaczał się również najwyższym wyciekami termicznym. Najniższą stabilność oksydacyjną tłuszczu śródmięśniowego (wyższa wartość TBARS) oznaczono w mięsie młodego bydła rzeźnego i krow. W mięśniach wszystkich ocenianych kategorii bydła obserwowano prawidłowy przebieg przemian poubojowych w czasie 12-dniowego dojrzewania próżniowego. Wraz postępującym dojrzewaniem mięso stawało się jaśniejsze (wyższa wartość L^*), bardziej czerwone (wyższa wartość a^*) i żółte (wyższa wartość b^*). W okresie 12-dniowego przechowywania chłodniczego obserwowano wzrost wycieku naturalnego i termicznego oraz spadek wycieku wody wolnej (mierzonej metodą Graua-Hamma).

SŁOWA KLUCZOWE: wołowina / dojrzewanie / właściwości fizykochemiczne / jakość mięsa

Zwyczajowo w produkcji i handlu terminem „mięso wołowe” (synonim: wołowina), określa się mięso pozyskiwane od młodego bydła rzeźnego w różnych przedziałach wiekowych i płci oraz bydła dorosłego po wybrakowaniu. Natomiast „mięso cielęce” (synonim: cielęcina) najczęściej pochodzi od zwierząt młodych (niedojrzałych) w wieku od kilku do kilkunastu tygodni [22, 31]. W Polsce cielęta najczęściej ubijają się przy masie

*Skrót pracy doktorskiej

ciała około 80 kg, którą osiągają w wieku 50-60 dni. Jednakże zgodnie z obowiązującymi regulacjami [29], terminem „cielęcina” może być określane mięso pochodzące z uboju zwierząt do 8. miesiąca życia. Jeżeli ubój nastąpił między 8. a 12. miesiącem życia, pozyskane mięso występuje pod nazwą „młoda wołowina”, natomiast mięso ze zwierząt starszych niż 12-miesięczne należy określać mianem „wołowina”. W niektórych krajach, utrzymujących dużą populację bydła ras mięsnych, ubojowi poddaje się cielęta odchowywane przy matkach na pastwisku do wieku 7-8 miesięcy. W zależności od rasy, uzyskują one masę ciała w granicach 200-300 kg. W Polsce ta kategoria bydła, chociaż jeszcze mało znana, w opinii badaczy [8, 12, 21] powinna być przedmiotem zainteresowania przemysłu mięsnego.

Bezpośrednio po uboju mięso zwierząt rzeźnych nie stanowi pełnowartościowego produktu spożywczego, ze względu na szereg cech wyraźnie obniżających jego wartość. Mięso takie jest twarde, gumowate, niesoczyste, trudno w nim przeprowadzić właściwą obróbkę termiczną, jest ciężko strawne, a jego składniki są w niedostatecznym stopniu przyswajalne [18]. Istotnym elementem, o którym należy pamiętać przy pozyskiwaniu wołowiny kulinarnej jest zastosowanie odpowiednio długiego okresu dojrzewania mięsa. Proces ten zachodzi podczas przechowywania mięsa po stężeniu pośmiertnym w niskiej temperaturze, ale wyższej od punktu zamarzania [25]. Spośród wszystkich dostępnych metod, dojrzewanie wydaje się być jednym z najmniej skomplikowanych zabiegów prowadzących do wzrostu przydatności konsumpcyjnej i technologicznej mięsa.

Najczęściej ocenianymi parametrami jakościowymi mięsa są: pH, wyciek naturalny i termiczny, wodochłonność, barwa (jasność, barwa czerwona i żółta), siła cięcia (WB-SF), długość sarkomerów, jak również podstawowy skład chemiczny [4]. Wśród właściwości fizykochemicznych decydującą rolę ma kwasowość, określana na podstawie pomiaru pH. Wskaźnik ten jest prosty do oznaczenia i dobrze charakteryzuje przydatność technologiczną oraz kulinarną mięsa [2, 34]. Z kolei barwa wołowiny podczas zakupu jest najważniejszym kryterium oceny wizualnej. Oceniana przez konsumentów przed kruchością i smakowitością, stanowi widoczną wskazówkę jakości i świeżości mięsa [3].

Celem pracy było określenie wpływu czasu dojrzewania (w okresie 12-dniowego przechowywania próżniowego) oraz kategorii bydła na pH, przewodność elektryczną właściwą, barwę, wodochłonność oraz stabilność oksydacyjną dwóch mięśni szkieletowych: najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum*) i półścięgnistego (*m. semitendinosus*).

Material i metody

Badania przeprowadzono na próbach z dwóch mięśni szkieletowych: najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum* – ML) i półścięgnistego (*m. semitendinosus* – ST), pobranych ze 121 tusz bydła z chowu masowego, zróżnicowanego rasowo. Wśród ocenianej populacji wyróżniono następujące kategorie:

- cielęta mleczne (w wieku 8-12 tygodni, o średniej masie przedubojowej $92,3 \pm 10,6$ kg, żywione mlekiem lub preparatami mlekozastępczymi) – 20 sztuk;
- cielęta ciężkie (w wieku 7-8 miesięcy, o średniej masie przedubojowej $285,6 \pm 41,2$ kg, odchowywane przy matkach na pastwisku) – 20 sztuk;

– młode bydło rzeźne (w wieku 18-24 miesięcy, o średniej masie przedubojowej 537,6 ±56,2 kg, opasane w systemie półintensywnym) – 71 sztuk;

– krowy (w wieku powyżej 5 lat, o średniej masie przedubojowej 503,6 ±21,4 kg) – 10 sztuk.

Ubój i obróbkę poubojową bydła przeprowadzono zgodnie z przepisami obowiązującymi w przemyśle mięsny i pod nadzorem inspekcji weterynaryjnej. Po 24-godzinnym wychłodzeniu prawych półtuszy przeprowadzono ich rozbiór technologiczny, w trakcie którego pobierano próby mięśni ML i ST (o masie ok. 500 g każda), które po zważeniu pakowano próżniowo i przechowywano w warunkach chłodniczych (4°C ±1°C) przez 2, 7 i 12 dni do momentu wykonania analiz.

Bezpośrednio w tkance mięśniowej, za pomocą PQM I-KOMBI firmy INTEK GmbH, oznaczano pH i przewodność elektryczną właściwą – EC (mS/cm) po 45 min, 24 h, 48 h, 7 i 12 dniach od uboju. Barwę świeżo odsłoniętej powierzchni mięsa po 30-minutowej ekspozycji na tlen w temp. 4°C (blooming) oceniano za pomocą miernika nasycenia barwy Minolta CR-310. Pomiary wykonano w 1., 2., 7. i 12. dniu. Wyniki podano w przestrzeni kolorów CIE (CIE, 1976), gdzie: L^* – jasność metryczna; a^* – barwa czerwona; b^* – barwa żółta. Wynik dla próbki obliczano jako średnią arytmetyczną z trzech pomiarów. Ocenę wodochłonności (na podstawie 3 wskaźników) i stabilność oksydacyjną lipidów wykonano po 48 h, 7 i 12 dniach. Wyciek naturalny – WN (w %), określano w odniesieniu do masy początkowej próby (przed zapakowaniem). Wyciek termiczny – WT (w %), oznaczano na podstawie różnicy masy próbki przed i po 60-minutowej obróbce termicznej w łaźni wodnej w temp. 70°C. Udział wody wolnej (%) określano metodą bibułową [9], na podstawie pomiarów powierzchni (w cm²) skanów obrazów – naważki mięsa i całkowitego wycieku – za pomocą programu komputerowej analizy obrazu MultiScan Base ver. 14. Stabilność oksydacyjną lipidów, na podstawie wskaźnika TBARS, oznaczano według metody opisanej przez Witte i wsp. [36], wykorzystując spektrofotometr Varian Cary BIO (dł. fali 530 nm). Wyniki wyrażano w mg aldehydu malonowego (MDA) na 1 kg mięsa.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu StstSoft, Inc. (2003) STATISTICA version 6., w oparciu o dwuczynnikową analizę wariancji z interakcją, oceniając wpływ kategorii bydła i czasu dojrzewania. Dla poszczególnych cech wyliczono wartości średnie oraz odchylenia standardowe.

Wyniki i dyskusja

Zawarte w tabeli 1. i 2. wyniki pomiarów pH wskazują na prawidłowy przebieg przemian poubojowych w ocenianych mięśniach bydła czterech kategorii w czasie 12-dniowego dojrzewania poubojowego. Świadczy to o prawidłowym zakwaszeniu tkanki mięśniowej w pierwszych godzinach *post mortem*, jak również o właściwych warunkach przechowywania chłodniczego i ochronnej roli pakowania próżniowego. Zgodnie z powszechną opinią, pH wołowiny przeznaczonej do produkcji mięsa kulinarnego ocenianej 48 godzin od uboju (tzw. pH końcowe) nie powinno przekraczać poziomu 5,8 [11, 33]. W badaniach własnych średnia wartość pH końcowego (48 h) obu analizowanych mięśni była zbliżona i wynosiła 5,57 dla ML oraz 5,56 dla ST. Grześkowiak i wsp. [13], analizując jakość podstawowych elementów kulinarnych tusz młodego bydła, z wyjątkiem

mięśni łopatki, nie stwierdzili istotnych różnic pomiędzy nimi. Końcowe pH (48 h) badanych elementów kulinarnych zawierało się w wyższym zakresie (5,71-5,98) niż uzyskane w badaniach własnych.

Stwierdzono istotny ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) wpływ kategorii, czasu dojrzewania oraz interakcję kategoria x czas dojrzewania na wartość pH ocenianych dwóch mięśni bydła (tab. 1 i 2). Uzyskane wartości pH są zbliżone z wynikami innych autorów [11, 16, 30]. W badaniach Jelnikovej i wsp. [17] wykazano wpływ sposobu przetrzymywania zwierząt przed ubojem na pH mięśnia ML buhajków i krów. Znacząco różne wyniki uzyskano w przypadku pH₄₈ mięsa zwierząt utrzymywanych grupowo. Wartość tego pomiaru dla buhajków wyniosła 6,03, natomiast dla krów 5,81. Według autorów, różnice te były wynikiem większej podatności na stres buhajków, czego efektem było zmniejszenie poziomu glikogenu w tkance mięśniowej przed ubojem i brak jej poubojowego zakwaszenia. Toohey i wsp. [30] wykazali z kolei istotny wpływ okresu dojrzewania na pH mięśnia *semimembranosus* (SM) krów. Oznaczona wartość początkowego pH (po 2 godzinach od uboju), wynosząca 6,13, obniżyła się do 5,57 (po 48 godz.), aby ostatecznie ustabilizować się na poziomie 5,62 (po 14 dniach *post mortem*).

Generalnie wykazano tendencję wzrostu przewodności elektrycznej właściwej (EC) w czasie przechowywania prób mięsa (tab. 1 i 2). Jedynie w przypadku mięśnia ST w 12. dniu dojrzewania chłodniczego obserwowano nieznaczny spadek EC w porównaniu z 7. dniem dojrzewania (tab. 2). Dla mięśnia ML wykazano istotny ($p \leq 0,01$) wpływ kategorii, czasu dojrzewania, jak i interakcję kategoria x czas (tab. 1). W przypadku mięśnia ST istotny ($p \leq 0,01$) był tylko wpływ czasu dojrzewania i interakcja kategoria x czas. Grodzicki [10], oceniając jakość mięsa czterech kategorii bydła (cieląt, buhajków, jałówek i krów), wykazał również istotny wpływ kategorii na wartość EC oraz pH mięśni po 45 min, 24 h i 48 h po uboju. Dla przewodności elektrycznej właściwej obserwował sukcesywny wzrost wartości tego parametru, odnotowując najwyższe wyniki w ostatnim okresie pomiarowym, tj. po 48 h. Ponadto, podobnie jak w badaniach własnych, najwyższe wartości pH uzyskał dla obu mięśni (ML i ST) cieląt. Przewodność elektryczna (EC) jest istotnym wskaźnikiem, świadczącym o nienaruszalności błon komórkowych w tkance mięśniowej [14]. Wraz z osłabieniem błon strukturalnych wartość przewodności elektrycznej wzrasta, co związane jest ze wzrostem zawartości wody wewnątrz mięśnia i przemieszczaniem się płynów w przestrzeniach śród- i międzykomórkowych.

Najniższą stabilność oksydacyjną tłuszczu mięśniowego, wyrażoną istotnie wyższą wartością TBARS, stwierdzono w mięśni ML młodego bydła rzeźnego i krów (0,37 mg MDA/kg; średnia wartość z trzech pomiarów) – tabela 1. W przypadku mięśnia ST stwierdzono również najwyższe wskaźniki TBARS dla tych dwóch kategorii, odpowiednio 0,34 i 0,36 mg MDA/kg (tab. 2). Insausti i wsp. [15] podają, że mięso o wyższej zawartości barwników jest bardziej oksydatywne, a jego barwa jest mniej stabilna. Według O'Grady i wsp. [26], niższe pH mięsa przyspiesza oksydację oksymyoglobiny. Podobne tendencje obserwowano również w badaniach własnych, gdyż mięso młodego bydła rzeźnego i krów charakteryzowało się najniższym średnim pH (zwłaszcza mięso krów) – tabela 1. i 2., a także najwyższym udziałem barwy czerwonej (a^*) – tabela 3. i 4. Zdaniem McKenna [23], utlenianie lipidów w mięsie wołowym jest ściśle powiązane z utlenianiem barwników mięśniowych. Mechanizm odpowiedzialny za ten system nie jest jednak całkowicie poznany.

Najprawdopodobniej bezpośrednio utlenianie barwników lub niszczenie sytemu oksyredukcyjnego związane jest z oddziaływaniem wolnych rodników wytwarzanych podczas utleniania lipidów.

Badania własne wskazują, że czas dojrzewania nie wpływał istotnie na wartość wskaźnika TBARS (mimo nieznacznego jego wzrostu w kolejnych dniach dojrzewania), co świadczy o właściwych warunkach dojrzewania chłodniczego oraz ochronnej roli pakowania próżniowego. Opinia ta jest zgodna z wcześniejszymi doniesieniami Vieira i wsp. [32] oraz Domaradzkiego i wsp. [5].

Wykazano istotny ($p \leq 0,01$) wpływ kategorii i czasu dojrzewania na wszystkie oceniane wyróżniki barwy (L^* , a^* , b^*) analizowanych mięśni. Ponadto odnotowano istotną ($p \leq 0,01$) interakcję tych czynników (kategoria x czas) dla barwy czerwonej (a^*) w mięśniu ML oraz L^* i a^* w mięśniu ST. Barwa mięsa wołowego, będąca istotnym wskaźnikiem jego jakości, stanowi przedmiot szczególnego zainteresowania nie tylko producentów żywności, ale zwłaszcza konsumentów. Cecha ta w momencie zakupu jest zasadniczym wyróżnikiem determinującym wybór mięsa.

W badaniach własnych obserwowano tendencję wzrostu wartości parametrów L^* , a^* , b^* w trakcie dojrzewania chłodniczego mięsa (tab. 3 i 4). Podobnie Oliete i wsp. [27] wykazali, że wydłużenie czasu przechowywania próżniowego (1., 7. i 14. dzień) mięśnia *longissimus thoracis* cieląt w wieku 7-12 miesięcy, ubijanych przy masie ciała 330-350 kg, wpływało na wzrost parametrów a^* i b^* , tzn. mięso stawało się bardziej czerwone i żółte, odcień był bardziej różowy (wyższe h°), a nasycenie barwy intensywniejsze (wyższe C^*). W innej pracy Oliete i wsp. [28], oceniając mięsień *longissimus thoracis* bydła w wieku 12-17 miesięcy, wykazali również istotny wpływ czasu dojrzewania na wzrost wszystkich ocenianych koordynat barwy L^* , a^* , b^* oraz h° i C^* . W ostatnim, tzn. 21. dniu oceny (w porównaniu do 1.) cytowani autorzy stwierdzili wzrost parametru L^* z 37,0 do 37,8; a^* z 15,9 do 17,2; natomiast b^* z 9,0 do 11,3. Insausti i wsp. [15], oceniając stabilność barwy w zależności od systemu pakowania mięsa różnych hiszpańskich ras bydła, obserwowali w ciągu pierwszych 5 dni wyraźny wzrost wartości parametrów L^* , a^* , b^* , C^* i h° mięsa pakowanego próżniowo, które utrzymywały się na tym samym poziomie aż do 15. dnia. Stwierdzili ponadto, że barwa mięsa pakowanego w systemie MAP była akceptowalna tylko do 10. dnia przechowywania chłodniczego. Brak dalszej akceptacji spowodowany był wysoką koncentracją metmioglobiny i zbrązowieniem mięsa.

Zdaniem Oliete i wsp. [28] wzrost parametru L^* podczas chłodniczego dojrzewania mięsa jest konsekwencją rozpadu białek linii Z, co powoduje, że światło odbija się lepiej, dając wrażenie jaśniejszej barwy mięsa. Wzrost parametru a^* w trakcie wydłużania czasu dojrzewania mięsa związany jest natomiast ze spadkiem aktywności oddechowej sytemu mitochondrialnego. Konsekwencją tego zjawiska jest wzrost na powierzchni mięśni ilości uwolnionego tlenu w procesie tworzenia czerwonej oksymyoglobiny.

Spośród ocenianych czterech kategorii bydła najjaśniejszą barwą charakteryzowało się mięso cieląt mlecznych. Średnia wartość L^* (jasność) z kolejnych pomiarów dla mięśnia ML wynosiła 43,88 (tab. 3), a dla ST 45,32 (tab. 4). W mięsie cieląt stwierdzono także najniższy udział barwy czerwonej a^* (19,23 dla ML i 20,28 dla ST) oraz żółtej b^* (4,50) w mięśniu półścięgnistym (tab. 3 i 4).

Tabela 1 – Table 1

Wartości pH, przewodności elektrycznej (EC) i TBARS mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum* – ML) ocenianych kategorii bydła z uwzględnieniem wpływu czasu dojrzewania

Values for pH, electrical conductivity (EC) and TBARS of the *longissimus lumborum* (ML) muscle in the assessed cattle categories, including the effect of aging time

| Wyszczególnienie Specification | Kategoria (K) – Category (K) | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | | | Wpływ – Influence | | |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|--------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----|----------------------------------|
| | | 45 min | 24 h | 48 h | 7 dni 7 days | 12 dni 12 days | Srednio Average | K | C | interakcja KxC interaction |
| pH | cielęta mleczne – dairy calves | 6,98 ± 0,13 | 5,85 ± 0,29 | 5,47 ± 0,14 | 5,48 ± 0,11 | 5,50 ± 0,11 | 5,81 ± 0,57 | ** | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 6,79 ± 0,17 | 5,78 ± 0,16 | 5,63 ± 0,08 | 5,65 ± 0,06 | 5,61 ± 0,09 | 5,76 ± 0,34 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 6,45 ± 0,26 | 5,66 ± 0,12 | 5,57 ± 0,13 | 5,58 ± 0,11 | 5,60 ± 0,09 | 5,74 ± 0,36 | | | |
| | krowy – cows | – | – | 5,58 ± 0,25 | 5,50 ± 0,31 | 5,53 ± 0,31 | 5,54 ± 0,28 | | | |
| | średnio – average | 6,56 ± 0,31 | 5,72 ± 0,18 | 5,57 ± 0,14 | 5,58 ± 0,13 | 5,59 ± 0,12 | | | | |
| EC (mS/cm) | cielęta mleczne – dairy calves | 5,00 ± 0,59 | 2,90 ± 1,13 | 10,57 ± 3,33 | 11,45 ± 2,82 | 15,38 ± 1,79 | 9,22 ± 5,06 | ** | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 3,51 ± 0,27 | 4,20 ± 1,68 | 6,47 ± 2,38 | 12,85 ± 3,01 | 13,89 ± 2,13 | 8,81 ± 4,81 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 3,7 2 ± 0,98 | 4,19 ± 2,23 | 7,54 ± 2,92 | 10,10 ± 2,99 | 13,95 ± 3,31 | 8,19 ± 4,58 | | | |
| | krowy – cows | – | – | 4,50 ± 2,64 | 11,29 ± 2,49 | 12,49 ± 1,61 | 9,42 ± 4,21 | | | |
| | średnio – average | 3,87 ± 0,98 | 4,03 ± 2,02 | 7,43 ± 3,12 | 10,86 ± 3,12 | 13,99 ± 2,89 | | | | |
| TBARS (mg MDA/kg) | cielęta mleczne – dairy calves | – | – | 0,26 ± 0,02 | 0,29 ± 0,06 | 0,31 ± 0,03 | 0,29 ± 0,04 | ** | ns | ns |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | – | – | 0,28 ± 0,06 | 0,30 ± 0,07 | 0,33 ± 0,07 | 0,31 ± 0,07 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | – | – | 0,36 ± 0,12 | 0,38 ± 0,14 | 0,38 ± 0,12 | 0,37 ± 0,13 | | | |
| | krowy – cows | – | – | 0,38 ± 0,08 | 0,34 ± 0,06 | 0,38 ± 0,16 | 0,37 ± 0,10 | | | |
| | średnio – average | – | – | 0,34 ± 0,11 | 0,36 ± 0,12 | 0,36 ± 0,12 | | | | |

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ns – nie stwierdzono – not found

Tabela 2 – Table 2

Wartości pH, przewodności elektrycznej (EC) i TBARS mięśnia półścięgienego (*m. semitendinosus* – ST) ocenianych kategorii bydła z uwzględnieniem wpływu czasu dojrzewania

Values for pH, electrical conductivity (EC) and TBARS of the *semitendinosus* (ST) muscle in the assessed cattle categories, including the effect of aging time

| Wyszczególnienie Specification | Kategoria (K) – Category (K) | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | | | Wpływ – Influence | | |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----|----------------------------------|
| | | 45 min | 24 h | 48 h | 7 dni 7 days | 12 dni 12 days | Średnio Average | K | C | interakcja KxC interaction |
| pH | cielęta mleczne – dairy calves | 6,96 ±0,14 | 5,60 ±0,22 | 5,43 ±0,16 | 5,45 ±0,16 | 5,57 ±0,19 | 5,77 ±0,58 | * | * | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 6,66 ±0,19 | 5,58 ±0,16 | 5,61 ±0,12 | 5,64 ±0,11 | 5,61 ±0,16 | 5,70 ±0,33 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 6,55 ±0,28 | 5,56 ±0,10 | 5,57 ±0,09 | 5,57 ±0,11 | 5,61 ±0,07 | 5,75 ±0,40 | | | |
| | krowy – cows | – | – | 5,50 ±0,12 | 5,51 ±0,17 | 5,48 ±0,10 | 5,50 ±0,12 | | | |
| | średnio – average | 6,62 ±0,29 | 5,57 ±0,14 | 5,56 ±0,12 | 5,57 ±0,13 | 5,60 ±0,12 | | | | |
| EC (mS/cm) | cielęta mleczne – dairy calves | 4,51 ±0,53 | 3,64 ±2,04 | 14,20 ±3,27 | 18,71 ±2,98 | 17,93 ±1,97 | 12,03 ±6,96 | ns | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 3,39 ±0,51 | 10,50 ±5,45 | 11,79 ±4,13 | 16,03 ±2,83 | 15,48 ±2,53 | 12,61 ±5,15 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 4,76 ±1,32 | 11,23 ±3,15 | 12,87 ±3,94 | 14,49 ±2,93 | 16,70 ±4,45 | 12,36 ±5,17 | | | |
| | krowy – cows | – | – | 9,83 ±5,73 | 17,43 ±3,66 | 16,91 ±1,92 | 14,59 ±5,29 | | | |
| | średnio – average | 4,56 ±1,24 | 10,00 ±4,55 | 12,53 ±4,13 | 15,39 ±3,23 | 16,58 ±3,77 | | | | |
| TBARS (mg MDA/kg) | cielęta mleczne – dairy calves | – | – | 0,26 ±0,01 | 0,28 ±0,03 | 0,28 ±0,04 | 0,27 ±0,06 | ** | ns | ns |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | – | – | 0,26 ±0,06 | 0,28 ±0,07 | 0,27 ±0,05 | 0,27 ±0,03 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | – | – | 0,31 ±0,08 | 0,34 ±0,10 | 0,38 ±0,12 | 0,34 ±0,10 | | | |
| | krowy – cows | – | – | 0,34 ±0,03 | 0,36 ±0,12 | 0,39 ±0,24 | 0,36 ±0,15 | | | |
| | średnio – average | – | – | 0,30 ±0,07 | 0,32 ±0,09 | 0,36 ±0,13 | | | | |

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns – nie stwierdzono – not found

Tabela 3 – Table 3

Parametry barwy (wg CIE $L^*a^*b^*$) mięsina najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum* – ML) ocenianych kategorii bydła z uwzględnieniem wpływu czasu dojrzewania

Colour parameters (CIE $L^*a^*b^*$) of the *longissimus lumborum* (ML) muscle in the assessed cattle categories, including the effect of aging time

| Wyszczególnienie Specification | Kategoria (K) – Category (K) | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | | Wpływ – Influence | | |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----|----------------------------------|
| | | 24 h | 48 h | 7 dni 7 days | 12 dni 12 days | Srednio Average | K | C | interakcja KxC interaction |
| L* | cielęta mleczne – dairy calves | 40,79 ±4,93 | 44,63 ±3,66 | 44,00 ±3,83 | 46,10 ±3,75 | 43,88 ±4,40 | ** | ** | ns |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 36,11 ± 79 | 36,92 ±1,55 | 37,97 ±1,67 | 38,94 ±1,84 | 37,47 ±2,26 | | | |
| | mlode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 34,26 ±1,76 | 35,97 ±1,65 | 36,75 ±1,45 | 37,24 ±2,09 | 36,23 ±2,01 | | | |
| | krowy – cows | – | 32,79 ±1,48 | 33,44 ±2,02 | 34,07 ±2,30 | 33,43 ±1,94 | | | |
| | średnio – average | 35,78 ±3,52 | 36,82 ±3,35 | 37,51 ±3,03 | 38,33 ±3,70 | | | | |
| a* | cielęta mleczne – dairy calves | 18,86 ±1,66 | 18,90 ±1,41 | 19,23 ±2,21 | 19,94 ±2,95 | 19,23 ±2,11 | ** | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 20,32 ±1,28 | 21,38 ±0,81 | 22,73 ±1,05 | 23,46 ±1,45 | 21,95 ±1,67 | | | |
| | mlode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 21,68 ±1,12 | 22,74 ±1,24 | 24,52 ±1,57 | 25,14 ±1,26 | 23,69 ±1,85 | | | |
| | krowy – cows | – | 20,47 ±2,29 | 22,52 ±2,87 | 24,32 ±3,02 | 22,43 ±3,06 | | | |
| | średnio – average | 20,86 ±1,61 | 21,94 ±1,76 | 23,50 ±2,31 | 24,18 ±2,33 | | | | |
| b* | cielęta mleczne – dairy calves | 2,61 ±1,13 | 3,27 ±0,55 | 3,75 ±0,88 | 5,13 ±1,05 | 3,69 ±1,30 | ** | ** | ns |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 2,44 ±1,21 | 2,73 ±0,92 | 3,95 ±1,26 | 5,00 ±1,27 | 3,51 ±1,54 | | | |
| | mlode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 2,76 ±0,85 | 3,60 ±0,91 | 4,92 ±1,23 | 5,37 ±1,00 | 4,30 ±1,41 | | | |
| | krowy – cows | – | 2,36 ±0,76 | 3,78 ±1,55 | 5,13 ±1,91 | 3,76 ±1,80 | | | |
| | średnio – average | 2,64 ±1,01 | 3,31 ±0,96 | 4,54 ±1,32 | 5,26 ±1,13 | | | | |

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns – nie stwierdzono – not found

Tabela 4 – Table 4
 Parametry barwy (wg CIE $L^*a^*b^*$) mięśnia półścięgienistego (*m. semitendinosus* – ST) ocenianych kategorii bydła z uwzględnieniem wpływu czasu dojrzewania

| Wyszczególnienie Specification | Kategoria (K) – Category (K) | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | | Wpływ – Influence | | | |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|----|----|----------------------------------|
| | | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | | Średnio Average | K | C | interakcja KxC interaction |
| | | 24 h | 48 h | 7 dni 7 days | 12 dni 12 days | 12 dni 12 days | | | | |
| L* | cielęta mleczne – dairy calves | 43,82 ±3,32 | 43,87 ±3,52 | 45,50 ±3,62 | 47,96 ±3,22 | 45,32 ±3,72 | ** | ** | * | |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 37,77 ±6,70 | 39,61 ±3,03 | 41,42 ±2,35 | 42,24 ±2,65 | 40,26 ±4,37 | | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 39,59 ±2,12 | 39,41 ±2,09 | 40,45 ±2,35 | 40,62 ±2,58 | 40,05 ±2,35 | | | | |
| | krowy – cows | – | 36,40 ±2,19 | 35,68 ±3,13 | 37,25 ±2,25 | 36,48 ±2,47 | | | | |
| | średnio – average | 39,68 ±4,53 | 39,67 ±2,88 | 40,90 ±3,19 | 41,52 ±3,62 | | | | | |
| a* | cielęta mleczne – dairy calves | 19,97 ±1,33 | 20,22 ±0,99 | 21,12 ±1,21 | 19,81 ±1,74 | 20,28 ±1,40 | ** | ** | * | |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 22,94 ±1,48 | 22,94 ±0,80 | 23,81 ±1,81 | 23,96 ±1,89 | 23,41 ±1,60 | | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 24,40 ±1,92 | 24,57 ±1,16 | 26,12 ±1,43 | 26,29 ±1,42 | 25,43 ±1,68 | | | | |
| | krowy – cows | – | 24,26 ±1,37 | 25,59 ±1,80 | 26,53 ±1,41 | 25,45 ±1,74 | | | | |
| | średnio – average | 23,31 ±2,30 | 23,8 ±1,70 | 25,11 ±2,21 | 25,12 ±2,59 | | | | | |
| b* | cielęta mleczne – dairy calves | 3,74 ±0,93 | 3,58 ±1,26 | 5,37 ±1,52 | 5,21 ±1,10 | 4,50 ±1,44 | ** | ** | ns | |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 4,57 ±1,51 | 4,68 ±1,27 | 6,11 ±1,93 | 6,68 ±1,69 | 5,51 ±1,83 | | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 5,55 ±1,70 | 5,46 ±1,12 | 7,09 ±1,24 | 7,25 ±1,12 | 6,41 ±1,52 | | | | |
| | krowy – cows | – | 5,10 ±0,86 | 6,02 ±1,60 | 7,28 ±1,40 | 6,14 ±1,55 | | | | |
| | średnio – average | 4,99 ±1,68 | 5,10 ±1,27 | 6,66 ±1,56 | 6,91 ±1,41 | | | | | |

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns – nie stwierdzono – not found

W badaniach Grodzickiego [10] wykazano, że spośród ocenianych mięśni różnych kategorii bydła najjaśniejsze (L^*) było mięso cieląt (w przypadku ML $L^*=46,83$, a dla ST $L^*=49,23$). Mięso cieląt odznaczało się także najniższym udziałem wskaźnika chromatycznego a^* (odpowiednio: 16,59 dla ML i 15,65 dla ST) oraz b^* dla mięśnia ST (3,67). Z kolei Lin-qiang i wsp. [20], oceniając barwę mięśnia ML (w 12. dniu dojrzewania chłodniczego) buhajków ubijanych w wieku od 3 do 15 miesięcy, wykazali zmniejszenie jasności (spadek wartości L^*) i wzrost udziału barwy czerwonej (a^*) wraz ze wzrostem wieku zwierząt. McKenna i wsp. [23], oceniając zmianę barwy 19 mięśni wołowych w czasie pięciodniowego przechowywania, wykazali bardzo niewielkie zmiany parametru L^* . Niemniej jednak istotnie najwyższą wartość L^* oznaczono w mięśniu *semitendinosus* i *tensor fasciae latae*, wartości najniższe natomiast w *longissimus lumborum*, *longissimus thoracis* i *triceps brachi*. Autorzy mięśni ML oraz ST (będące w badaniach własnych podstawą oceny jakości mięsa bydła czterech kategorii) zakwalifikowali do mięśni charakteryzujących się wysoką stabilnością barwy.

Wśród bydła ocenianego w badaniach własnych najciemniejsze były mięśnie krów. Średnia wartość L^* mięśnia ML tej kategorii wynosiła 33,43, a półścięgnistego – 36,48. Na podobne tendencje wskazuje Węglarz [35], który także wykazał istotnie najniższą wartość parametru L^* w mięśniu ML krów (36,81). Mięśnie ML i ST młodego bydła rzeźnego w poszczególnych dniach dojrzewania chłodniczego charakteryzowały się najwyższym udziałem barwy żółtej b^* (odpowiednio: 4,30 i 6,41; wartości średnie), a w przypadku mięśnia ML także barwy czerwonej a^* (przeciętnie 23,69).

Woda, jako jeden z podstawowych składników mięsa, odgrywa istotną rolę w procesie obróbki kulinarnej. Zdolność jej zatrzymywania przez tkankę mięśniową jest ważnym wskaźnikiem przydatności technologicznej. Analizując wyniki dotyczące mięśnia ML (tab. 5), stwierdzono istotny ($p \leq 0,01$) wpływ kategorii i czasu dojrzewania na wszystkie oceniane parametry wodochłonności. Dla wycieku termicznego oraz zawartości wody wolnej, określonej metodą Graua-Hamma (G-H), stwierdzono także istotną interakcję tych czynników.

W przypadku mięśnia ST stwierdzono istotny ($p \leq 0,01$) wpływ kategorii, czasu dojrzewania oraz interakcję tych dwóch czynników na wszystkie oceniane wskaźniki wodochłonności, z wyjątkiem wpływu czasu dojrzewania na ilość wycieku termicznego (tab. 6). Generalnie obserwowano wzrost zarówno wycieku naturalnego, jak i termicznego w trakcie kolejnych dni dojrzewania chłodniczego. Najniższym wyciekami naturalnymi charakteryzowało się mięso cieląt. Przeciętna wartość tego wskaźnika dla ML wynosiła 2,83%, a dla ST 2,36%. Zdaniem Kołczaka i wsp. [19], ilość wody związanej w mięsie maleje podczas przechowywania chłodniczego, niemniej jednak intensywna degradacja białek miofibrylarnych skutkuje zwiększeniem przestrzeni kapilarnych dostępnych dla wody w późniejszym okresie *post mortem* i wzrostem wodochłonności mięsa.

W mięśniu ST cieląt w 12. dniu dojrzewania zaobserwowano spadek wycieku naturalnego i termicznego w porównaniu z poprzednimi pomiarami. Podobne tendencje spadkowe obserwowano też przy pomiarze przewodności elektrycznej właściwej, co wskazuje na związek EC z wielkością wycieku z tkanki mięśniowej. Potwierdzają to badania Florka [7], który w mięsie cielęcym w czasie 7 dni dojrzewania wykazał zmniejszenie wycieku termicznego i udziału wody wolnej średnio o 0,8% i 9,7 mg w mięśniu ML oraz o 1,4% i 11,6 mg w mięśniu ST.

Najwyższy wyciek naturalny stwierdzono w grupie cieląt ciężkich (średnio 3,80% dla mięśnia ML i 5,63% dla mięśnia ST), a w mięśniu ML tej kategorii bydła także najwyższy wyciek termiczny (28,08%) – tabela 5. i 6. Moreno i wsp. [24], oceniając wpływ dojrzewania (przez 5 dni) czterech elementów handlowych mięsa cieląt (wiek przy uboju 9,8 miesiący) na parametry wodochłonności, uzyskali wielkość wycieku naturalnego w zakresie 1,2-1,9%, a ubytku termicznego od 29,3% do 39,2%. Wykazali ponadto bezpośredni dodatni związek zawartości tłuszczu śródmięśniowego z kruchością, a przeciwny z wyciekami naturalnymi, sugerując, że cielęcina z niewielkim udziałem tłuszczu nie powinna być zbyt długo ogrzewana, gdyż zwiększa to ubytek termiczny i obniża kruchość mięsa. Toohy i wsp. [30], określając wyciek termiczny mięśnia *semimembranosus* krów, wykazali istotny wzrost tego parametru w okresie przechowywania chłodniczego. Ubytek termiczny oznaczany na próbach mięsa pobranych około 4 h po uboju wynosił 21,7%, natomiast po 14 dniach dojrzewania 23,6%. Z kolei Anderson i wsp. [1], oceniając jakość siedmiu mięśni szkieletowych pochodzących od angielskich mieszańców mięsnych w wieku 20 miesięcy, nie wykazali istotnego wpływu poubojowego dojrzewania na zmianę wycieku termicznego. Spośród ocenianych mięśni, istotnie najniższy wyciek termiczny oznaczyli dla mięśnia ML (od 28% do 29%), najwyższy natomiast dla *m. adduktor* (od 33% do 35%). Lin-qiang i wsp. [20] w mięśniu ML czterech kategorii wiekowych bydła rasy qinchuan obserwowali spadek wycieku termicznego wraz z postępującym wiekiem zwierząt. Najwyższy ubytek termiczny stwierdzili u cieląt 3-miesięcznych (39,19%), zaś najniższy u buhajków w wieku 15 miesięcy (32,88%).

Wyniki charakteryzujące średnie wartości wodochłonności mierzonej metodą G-H z kolejnych dni pomiaru wykazały, że proces dojrzewania przyczynił się do poprawy wodochłonności tkanki mięśniowej. Spadek procentowej ilości wody wolnej świadczy o większej zdolności (*sile*) z jaką mięso utrzymuje wewnętrzną wodę, co jest istotnym parametrem zarówno dla przetwórstwa, jak i konsumenta. Nieco silniejszy wpływ czasu dojrzewania na poprawę wodochłonności tkanki mięśniowej obserwowano w mięśniu ML. W 12. dniu dojrzewania, w porównaniu z pomiarem pierwszym (po 48 h), obserwowano spadek wycieku wody wolnej o 5,18%, natomiast dla ST o 4,1%. Na podobne tendencje kształtowania się wodochłonności mięsa wołowego wskazują Farouk i wsp. [6], którzy w okresie 9-tygodniowego dojrzewania mięsa obserwowali spadek wycieku wody mierzonej metodą wagową, wirówkową, jak również metodą G-H. Zdaniem autorów, wzrost wodochłonności mięsa w czasie jego poubojowego dojrzewania jest spowodowany zmianami strukturalnymi w tkance mięśniowej. Zmiany proteolityczne białek mięśniowych (strukturalnych) powodują niszczenie przestrzeni (kapilar/kanałów), przez które pierwotnie w stanie *rigor* woda może być usuwana na zewnątrz mięśnia, stanowiąc źródło wycieku. Degradacja struktur białkowych, a tym samym kapilar, prowadzi do powstawania „efektu gąbki”, przez co woda zostaje zatrzymywana wewnątrz tkanki mięśniowej. W temperaturze chłodniczej „efekt gąbki” wzmacniany jest dodatkowo przez wzrost lepkości potencjalnej wody wewnątrzmięśniowej, co związane jest ze zwiększeniem ilości substancji rozpuszczalnych (w tym białek) oraz częściowym żelowaniem protein. Autorzy sugerują ponadto, że mięso o wyższym pH odznacza się lepszą wodochłonnością w porównaniu do mięsa o niższej kwasowości.

Podsumowując należy stwierdzić, że kategoria bydła istotnie wpływała na wszystkie oceniane właściwości fizykochemiczne mięśni ML i ST (z wyjątkiem EC w ST). General-

Tabela 5 – Table 5

Wskaźniki wodochłonności mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (m. *longissimus lumborum* – ML) ocenianych kategorii bydła z uwzględnieniem wpływu czasu dojrzewania

Water-holding capacity indices for the *longissimus lumborum* (ML) muscle in the assessed cattle categories, including the effect of aging time

| Wyszczególnienie Specification | Kategoria (K) – Category (K) | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | Wpływ – Influence | | |
|--|---|---------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----|----------------------------------|
| | | 48 h | 7 dni 7 days | 12 dni 12 days | Średnio Average | K | C | interakcja KxC interaction |
| Wyciek naturalny (%) Drip loss (%) | cielęta mleczne – dairy calves | 1,56 ±0,43 | 3,21±0,79 | 3,73 ±1,59 | 2,83 ±1,39 | ** | ** | ns |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 2,17 ±1,03 | 4,58 ±1,86 | 4,69 ±2,64 | 3,80 ±2,25 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 1,66 ±0,70 | 3,09 ±1,22 | 4,34 ±1,49 | 3,01 ±1,60 | | | |
| | krowy – cows | 2,53 ±0,35 | 2,65 ±1,18 | 4,33 ±1,41 | 3,43 ±1,49 | | | |
| | średnio – average | 1,77 ±0,79 | 3,38 ±1,46 | 4,34 ±1,78 | | | | |
| Wyciek termiczny (%) Cooking loss (%) | cielęta mleczne – dairy calves | 27,75 ±4,13 | 27,46 ±2,43 | 27,72 ±2,28 | 27,64 ±2,97 | ** | ** | * |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 27,98 ±4,42 | 26,50 ±2,79 | 29,86 ±2,81 | 28,08 ±3,65 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 25,87 ±3,29 | 27,30 ±3,21 | 27,72 ±2,99 | 26,95 ±3,25 | | | |
| | krowy – cows | 21,35 ±3,80 | 22,85 ±2,40 | 26,05 ±4,12 | 24,17 ±3,67 | | | |
| | średnio – average | 26,48 ±3,78 | 26,86 ±3,17 | 28,04 ±3,10 | | | | |
| Woda wolna G-H (%) Free water G-H (%) | cielęta mleczne – dairy calves | 20,51 ±2,91 | 19,79 ±4,10 | 21,45 ±2,04 | 20,58 ±3,11 | ** | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 25,90 ±5,40 | 20,24 ±3,43 | 16,88 ±3,59 | 21,08 ±5,64 | | | |
| | młode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 25,46 ±2,86 | 22,29 ±3,51 | 20,41 ±3,04 | 22,72 ±3,76 | | | |
| | krowy – cows | 24,07 ±4,85 | 19,91 ±6,22 | 20,07 ±7,18 | 21,21 ±6,20 | | | |
| | średnio – average | 24,92 ±3,99 | 21,43 ±3,88 | 19,74 ±3,77 | | | | |

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns – nie stwierdzono – not found

Tabela 6 – Table 6
 Wskaźniki wodochłonności mięśnia półścięgnistego (*m. semitendinosus* – ST) ocenianych kategorii bydła z uwzględnieniem wpływu czasu dojrzewania
 Water-holding capacity indices for the *semitendinosus* (ST) muscle in the assessed cattle categories, including the effect of aging time

| Wyszczególnienie Specification | Kategoria (K) – Category (K) | Czas dojrzewania (C) – Aging time (C) | | | | Wpływ – Influence | | |
|--|---|---------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----|----------------------------------|
| | | 48 h | 7 dni 7 days | 12 dni 12 days | Srednio Average | K | C | interakcja KxC interaction |
| Wyciek naturalny (%) Drip loss (%) | cielęta mleczne – dairy calves | 1,73 ±0,70 | 3,40 ±1,85 | 1,89 ±1,00 | 2,36 ±1,47 | ** | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 3,20 ±1,28 | 6,24 ±2,27 | 7,44 ±2,19 | 5,63 ±2,64 | | | |
| | mlode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 2,68 ±0,93 | 5,27 ±1,93 | 7,21 ±1,79 | 5,03 ±2,45 | | | |
| | krowy – cows | 2,67 ±0,62 | 3,51 ±0,77 | 5,51 ±2,36 | 4,45 ±2,01 | | | |
| | średnio – average | 2,70 ±1,06 | 5,18 ±2,11 | 6,58 ±2,50 | | | | |
| Wyciek termiczny (%) Cooking loss (%) | cielęta mleczne – dairy calves | 27,17 ±1,53 | 29,85 ±1,50 | 25,65 ±4,30 | 27,57 ±3,25 | ** | ns | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 27,97 ±3,08 | 28,65 ±3,40 | 30,85 ±3,48 | 29,15 ±3,50 | | | |
| | mlode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 30,59 ±3,39 | 31,52 ±2,27 | 31,81 ±1,96 | 31,30 ±2,65 | | | |
| | krowy – cows | 27,44 ±1,67 | 26,59 ±1,88 | 28,44 ±1,60 | 27,57 ±1,84 | | | |
| | średnio – average | 29,62 ±3,43 | 30,48 ±2,87 | 30,72 ±3,27 | | | | |
| Woda wolna G-H (%) Free water G-H (%) | cielęta mleczne – dairy calves | 23,07 ±2,58 | 23,57 ±2,14 | 21,42 ±3,90 | 22,72 ±2,99 | ** | ** | ** |
| | cielęta ciężkie – heavy calves | 26,96 ±5,72 | 21,36 ±4,37 | 19,22 ±4,45 | 22,51 ±5,83 | | | |
| | mlode bydło rzeźne – young slaughter cattle | 26,67 ±3,58 | 25,37 ±3,51 | 23,42 ±3,60 | 25,15 ±3,78 | | | |
| | krowy – cows | 27,80 ±4,81 | 19,95 ±3,17 | 23,90 ±2,93 | 23,42 ±4,48 | | | |
| | średnio – average | 26,41 ±4,25 | 24,01 ±4,02 | 22,31 ±4,14 | | | | |

*p≤0,05; **p≤0,01; ns – nie stwierdzono – not found

nie wraz ze wzrostem wieku zwierząt mięso było ciemniejsze (niższa wartość L^*), bardziej czerwone (wyższa wartość a^*) oraz charakteryzowało się niższą stabilnością oksydacyjną (wyższa wartość TBARS). Czas dojrzewania mięsa istotnie wpływał na pH, EC i parametry barwy L^* , a^* , b^* oraz większość parametrów wodochłonności mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego i mięśnia półścięgnistego. Wraz z wydłużaniem okresu dojrzewania mięso stawało się jaśniejsze (wyższa wartość L^*), bardziej czerwone (wyższa wartość a^*) i żółte (wyższa wartość b^*).

PIŚMIENNICTWO

1. ANDERSON M.J., LONERGAN S.M., FEDLER C.A., PRUSA K.J., BINNING J.M., HUFF-LONERGAN E., 2012 – Profile of biochemical traits influencing tenderness of muscles from the beef round. *Meat Science* 91, 247-254.
2. BINKE R., 2004 – Vom Muskel zum Fleisch. *Fleischwirtschaft* 5, 224-227.
3. CARPENTER C.E., CORNFORTH D.P., WHITTIER D., 2001 – Consumer preferences for beef colour and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science* 57, 359-363.
4. DOMARADZKI P., FLOREK M., 2012 – Mięso i przetwory mięsne. W: Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych z podstawami przetwórstwa (red. Z. Litwińczuk). PWRiL, Warszawa, ss. 287-392.
5. DOMARADZKI P., SKAŁECKI P., FLOREK M., LITWIŃCZUK A., 2011 – Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (77), 117-126.
6. FAROUK M.M., MUSTAFA N. M., WU G., KRSINIC G., 2012 – The “sponge effect” hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. *Meat Science* 90, 670-677.
7. FLOREK M., 2009 – Wpływ wybranych czynników na wartość rzeźną cieląt, właściwości fizykochemiczne mięsa i jego wartość odżywczą. Rozprawa Naukowa 337. Wydawnictwo UP Lublin.
8. FLOREK M., LITWIŃCZUK Z., LITWIŃCZUK A., SKAŁECKI P., DOMARADZKI P., RYSZKOWSKA-SIWKO M., 2013 – Wartość rzeźna cieląt mlecznych i 6-8-miesięcznych odsadków ras mięsnych. *Przegląd Hodowlany* 3, 15-17.
9. GRAU R., HAMM R., 1953 – Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften* 40 (1), 29.
10. GRODZICKI T., 2009 – Skład chemiczny i właściwości fizykochemiczne mięśni szkieletowych czterech kategorii bydła rzeźnego. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 4 (5), 167-180.
11. GRODZICKI T., LITWIŃCZUK A., BARŁOWSKA J., DOMARADZKI P., 2010 – Wartość rzeźna i właściwości fizykochemiczne mięśni szkieletowych krajowych buhajków czarno-białych i mieszańców towarowych po buhajach rasy limousine. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 4 (6), 295-305.
12. GRODZKI H., HUTNIKIEWICZ I., JASIOROWSKI H., KIJAK Z., PISULA A., PUCHAJDA Z., URBAN R., WAJDA S., ZIĘBA S., 1996 – Produkcja i rynek kulinarnego mięsa wołowego. Wydawnictwo Hokus, Olsztyn.
13. GRZEŚKOWIAK E., STRZELECKI J., BORZUTA K., BORYS A., 2006 – Jakość podstawowych elementów kulinarnych tusz młodego bydła. *Gospodarka Mięsna* 8, 30-33.

14. HONIKEL K.O., GARRIDO M.D., 1993 – Beziehungen zwischen früh-postmortem Merkmalen bei Schweinefleisch. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach* 32, 170-176.
15. INSAUSTI K., BERIAIN M.J., PURROY A., ALBERTI P., LIZASO L., HERNANDEZ B., 1999 – Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science* 53, 241-249.
16. IWANOWSKA A., POSPIECH E., ŁYCYŃSKI A., ROSOCHACKI S., GRZEŚ B., MIKOŁAJCZAK B., IWAŃSKA E., RZOSIŃSKA E., CZYŻAK-RUNOWSKA G., 2010 – Evaluation of variations in principal indices of the culinary meat quality obtained from young bulls of various breeds. *ACTA Scientiarum Polonorum, Technol. Aliment.*, 9 (2), 133-149.
17. JELENÍKOVÁ J., PIPEK P., STARUCH L., 2008 – The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science* 80, 870-874.
18. KOŁCZAK T., 2000 – Wpływ czynników poubojowych na kruchość wołowiny. *Gospodarka Mięsna* 5, 28-31.
19. KOŁCZAK T., PALKAK K., ŁĄCKI J., 2005 – Water retention, shear force and texture parameters of cattle *psaos* and *semitendinosus* muscles unfrozen and frozen during post-mortem ageing. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 1 (55), 17-26.
20. LIN-QIANG L., WAN-QIANG T., LIN-SEN Z., 2011 – Effects of Age on Quality of Beef from Qinchuan Cattle Carcass. *Agricultural Sciences in China* 10 (11), 1765-1771.
21. LITWIŃCZUK Z., STANEK P., JANKOWSKI P., DOMARADZKI P., FLOREK M., 2013 – Schlachtwert von Limousin-Kälbern mit unterschiedlichem Alter und Gewicht *Fleischwirtschaft* 93 (8), 103-106.
22. LITWIŃCZUK Z., SZULC T. (red.), 2005 – Hodowla i użytkowanie bydła. PWRiL, Warszawa.
23. MCKENNA D.R., MIES P.D., BAIRD B.E., PFEIFFER K.D., ELLEBRACHT J.W., SAVELL J.W., 2005 – Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science* 70, 665-682.
24. MORENO T., PÉREZ N., OLIE TE B., CARBALLO J.A., FRANCO D., MONSERRAT L., 2007 – Effects on quality attributes of commercial veal pieces under different ageing treatments. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 42, 373-379.
25. NOVAKOFSKI J., BREWER M.S., 2006 – The paradox of toughening during the aging of tender steaks. *Journal of Food Science* 71, 473-479.
26. O'GRADY M.N., MONOHAN F.J., MOONEY M.T., 2001 – Oxymyoglobin in bovine muscle system as affected by oxidizing lipids, vitamin E and metmyoglobin reductase activity. *Journal of Muscle Foods* 12, 19-35.
27. OLIE TE B., CARBALLO J.A., VARELA A., MORENO T., MONSERRAT L., SANCHEZ L., 2006 – Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the Rubia Gallega breed. *Meat Science* 73, 102-108.
28. OLIE TE B., MORENO T., CARBALLO J.A., VARELA A., MONSERRAT L., SÁNCHEZ L., 2005 – Influence of ageing time on the quality of yearling calf meat under vacuum. *European Food Research and Technology* 220, 489-493.
29. ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) nr 1308/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. ustanawiające wspólną organizację rynków produktów rolnych oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 922/72, (EWG) nr 234/79, (WE) nr 1037/2001 i (WE) nr 1234/2007.

30. TOOHEY E.S., VAN DE VEN R., THOMPSON J.M., GEESINK G.H., HOPKINS D.L., 2012 – SmartStretch™ Technology V. The impact of SmartStretch™ technology on beef topsides (*m. semimembranosus*) meat quality traits under commercial processing conditions. *Meat Science* 92, 24-29.
31. TYSZKIEWICZ S., 2006 – W poszukiwaniu jednoznacznej definicji mięsa cielęcego oraz wyróżników przydatnych w ocenie jego jakości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2 (47), 5-16.
32. VIEIRA C., GARCIA M.D., CERDEÑO A., MANTECÓN A.R., 2005 – Effect of diet composition and slaughter weight on animal performance, carcass and meat quality, and fatty acid composition in veal calves. *Livestock Production Science* 93, 263-275.
33. WAJDA S., 2007 – Produkcja kulinarnego mięsa wołowego z bydła rasy Limousin. *Gospodarka Mięsna* 8, 34-37.
34. WAJDA S., DASZKIEWICZ T., 2001 – Kulinarne mięso wołowe i ocena jego właściwości organoleptycznych. *Gospodarka Mięsna* 9, 18-22.
35. WĘGLARZ A., 2010 – Beef quality depending on cattle category and slaughter season. *Czech Journal of Animal Science* 55 (12), 548-556.
36. WITTE V.C., KRAUSE G.F., BAILEY M.E., 1970 – A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of Food Science* 35, 582-585.

Piotr Domaradzki

Changes in the physicochemical properties of skeletal muscles from four slaughter cattle categories during 12 days of aging under vacuum

Summary

The aim of the study was to determine the effect of the aging period (12-day vacuum storage) and category of cattle (dairy calves n=20, heavy calves n=20, young slaughter cattle n=71 and cows n=10) on the physicochemical properties of two skeletal muscles. The pH, electrical conductivity (EC), TBARS index, colour according to CIE $L^*a^*b^*$ and water-holding capacity of the *longissimus lumborum* (ML) and *semitendinosus* (ST) muscles were determined. The category of cattle had a significant ($p \leq 0.01$) effect on all the evaluated physicochemical properties of the ML and ST muscles (except EC in ST). Of the cattle categories studied, the highest lightness (the highest value of L^*) and the lowest proportion of redness (a^*) and yellowness (b^* in the ST muscle) was found in the meat of the dairy calves. The highest drip loss was found in the ST and ML muscles of the heavy calves, and the lowest in those of the dairy calves. The highest cooking loss was also found in the ML muscle of the heavy calves. The lowest oxidative stability of intramuscular fat (higher TBARS value) was determined in the meat of the young slaughter cattle and cows. In the muscles of all evaluated categories of cattle, *post mortem* changes were observed to progress normally during the 12-day period of aging under vacuum. The meat became lighter in colour (higher value for L^*), redder (higher a^*) and yellower (higher b^*) over the duration of the aging period. During the 12-day cold storage an increase in drip loss and cooking loss as well as a decrease in free water (measured by the Grau-Hamm method) were noted.

KEY WORDS: beef / aging / physicochemical properties / meat quality