

## Czynniki kształtujące jakość mięsa wołowego

Piotr Domoradzki, Mariusz Florek, Anna Litwińczuk

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

Kształtowanie jakości mięsa wołowego rozpoczyna się już na etapie chowu zwierząt rzeźnych, a na końcową jakość mięsa wpływa wiele czynników, które generalnie można podzielić na przyżyciowe oraz poubojowe. Wśród czynników przedubojowych istotne znaczenie odgrywiają uwarunkowania genetyczne i pozagenetyczne, takie jak: rasa, płeć, wiek oraz system chowu, żywienie i obrót przedubojowy.

Oprócz ww. czynników duży wpływ na cechy jakościowe mięsa mają również naturalne różnice między mięśniami, które są związane z ich funkcją fizjologiczną i budową (Kołczak, 2008; Warner i in., 2010; Zymon i Strzetelski, 2010).

Do najważniejszych czynników poubojowych należy zaliczyć postępowanie z tuszami oraz mięsem po uboju, w tym wychładzanie, rozbiór tusz, pakowanie, przechowywanie i dojrzewanie mięsa.

### Rasa

Na świecie użytkuje się około 200 znanych ras bydła, chociaż w różnych opracowaniach mówi się jeszcze o kolejnych 200 rasach lokalnych (o małej liczebności), które są tzw. rezerwuarem zasobów genetycznych (Litwińczuk i Szulc, 2005). Jednakże nie istnieje taka rasa, u której wszystkie cechy ważne z punktu widzenia produkcji mięsa przewyższałyby pozostałe rasy (Wheeler i in., 2004).

Ogólnie, wpływ rasy bydła na jakość konsumpcyjną mięsa wołowego jest niewielki. Jedynie w przypadku bydła *Bos indicus* (Zebu lub Brahman) obserwuje się istotny wpływ genotypu na większą twardość oraz wyciek termiczny mięsa wołowego (tab. 1). Uwarunkowane jest to zarówno późnym dojrzewaniem i temperamentem bydła indyjskiego, charakterem tkanki łącznej, jak i wyższą aktywnością kalpastatyny (Harper, 1999).

Tabela 1. Wpływ genotypu na skład chemiczny i właściwości mięsa po obróbce termicznej (Chávez i in., 2012)  
Table 1. Effect of genotype on the chemical composition and properties of cooked meat (Chávez et al., 2012)

Cecha – Trait	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos indicus</i>	P – value
Siła cięcia W-B (N) – <i>W-B shear force</i>	48,69	53,78	***
Wyciek termiczny (%) – <i>Cooking loss (%)</i>	34,32	36,27	***
Woda (%) – <i>Moisture (%)</i>	75,07	73,70	***
Tłuszcz (%) – <i>Fat (%)</i>	2,35	2,93	**

\*\*\*P<0,001; \*\*P<0,01.

Pomimo niewielkiego zróżnicowania jakości mięsa pomiędzy rasami bydła istnieje możliwość wykorzystania poszczególnych ras lub ich mieszańców do produkcji wołowiny o pożądanym cechach (Florek, 2013). Ocena

tuszy i jakości mięsa bydła różnych ras lub mieszańców jest niezbędna do określenia potencjalnej wartości alternatywnych źródeł materiału genetycznego, wykorzystywanego do opłacalnej produkcji wołowiny (Wheeler i in., 2010). Jesz-

cze w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęto cykl badań w ramach programu Germplasm Evaluation (GPE), które przeprowadzono w Roman L. Hruska US Meat Animal Research Center (USMARC, Clay Center w Nebraska). Badaniami objęto ponad 40 ras bydła reprezentujących kilka typów biologicznych. Wheeler i in. (2005) podają, że europejskie rasy kontynentalne (Charolaise, Limousine, Simmental i Gelbvieh) były mniej otłuszczone i lepiej umięśnione, wykazywały wyższą wydajność poubojową, lecz mniejszą marmurkowatość w porównaniu do ras brytyjskich (Hereford, Angus i Red Angus). Wykazano ponadto istotnie niższą siłę cięcia W-B w przypadku mięśnia *longissimus* wołców rasy Angus w porównaniu do ras Charolaise i Gelbvieh, jakkolwiek panel oceniający sensoryczną jakość nie stwierdził różnic w kruchości i smakowitości mięsa porównywanych 7 ras. Takich różnic w ocenie sensorycznej w zakresie kruchości, soczystości i smakowito-

ści nie potwierdzono także, porównując w innym eksperymencie mięso mieszańców (wołców) po krowach ras Hereford i Angus oraz buhajach Norwegian Red, Swedish Red-and-White, Friesian oraz Wagyu (Wheeler i in., 2004). Niemniej jednak, istotnie najniższą siłę cięcia W-B oznaczono w przypadku mięsa wołców ras Angus i Wagyu. Wpływ rasy na podstawowy skład chemiczny i siłę cięcia W-B *m. longissimus* przedstawiono w tab. 2.

Odziedziczalność takich cech jakości wołowiny, jak: kruchość, smakowitość, soczystość i siła cięcia, oszacowana w stadach czysto rasowych była niska i wynosiła około 0,1, natomiast w populacjach mieszańców była zdecydowanie wyższa i wahała się od 0,4 do 0,7 (Gregory i in., 1995; Wheeler i in., 2010). W przypadku marmurkowatości i zawartości tłuszczu śródmięśniowego w populacjach czysto rasowych odziedziczalność zawierała się w zakresie od 0,35 do 0,50 (Burrow i in., 2001).

Tabela 2. Wpływ rasy na przeciętny skład chemiczny (%) i siłę cięcia W-B (kg) *m. longissimus* przed i po obróbce termicznej

Table 2. Effect of sire breed on chemical composition (%) and W-B shear force (kg) of raw and cooked *m. longissimus*

Rasa ojcowska* Sire breed	Mięsień surowy (przed obróbką termiczną) Raw muscle (before cooking)			Mięsień po obróbce termicznej Cooked muscle			
	lipidy lipids	woda moisture	białko protein	lipidy lipids	woda moisture	białko protein	siła cięcia W-B W-B shear force
Wheeler i in. (2005)							
Hereford – HH	5,1 a	71,8 b	23,1	5,6 a	64,7 b	29,7	4,12 ab
Angus – AN	6,7 b	70,8 a	22,5	7,2 b	63,5 a	29,3	4,02 a
Limousine – LL	4,5 a	72,4 b	23,1	4,9 a	65,0 b	30,1	4,31 ab
Simmentale – SM	4,8 a	72,1 b	23,1	5,5 a	64,6 b	29,9	4,30 ab
Charolais – CH	4,8 a	72,1 b	23,1	5,5 a	64,6 b	29,9	4,34 b
Wheeler i in. (2004)							
Friesian – F	4,8 a	72,3	22,9	5,9 a	64,5 b	29,6	3,94 b
Wagyu – WA	5,8 b	71,4	22,8	7,0 b	63,7 a	29,3	3,53 a

\* Mieszańce (wołce) F<sub>1</sub> po krowach ras HH, AN i MARC III (1/4 AN, 1/4 HH, 1/4 Pinzgauer, 1/4 Red Poll) i buhajach HH, AN, LL, SM, CH, F oraz WA – F<sub>1</sub> steers obtained from mating HH, AN and MARC III (1/4 AN, 1/4 HH, 1/4 Pinzgauer, 1/4 Red Poll) cows to HH, AN, LL, SM, CH, F and WA sires.

Wartości oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie: a, b – P<0,05.  
Mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly: a, b – P<0,05.

Tradycyjnie ważne gospodarczo cechy ilościowe zwierząt gospodarskich są genetycznie doskonalone na drodze oceny genetycznej lub

predykcji wartości hodowlanej na podstawie fenotypu i rodowodów (Watanabe i in., 2014). W rzeczywistości, doskonalenie cech jakości

mięsa jest utrudnione za pomocą tradycyjnej selekcji z uwagi na niską odziedziczalność cech jakości mięsa, a pomiar właściwości jakościowych jest drogi i możliwy dopiero po uboju zwierząt. Ponadto, jakość mięsa jest uwarunkowana poligenetycznie (wielogenowo). Szersza wiedza w zakresie genetycznego uwarunkowania jakości mięsa umożliwi rozwój hodowli zwierząt z wykorzystaniem genetyki molekularnej. Znalezienie genów lub regionów w chromosomach odpowiedzialnych za jakość mięsa z pewnością przyniesie korzyść hodowcom zwierząt (Gao i in., 2007). Aktualnie wiele laboratoriów prowadzi badania zmierzające do określenia funkcji wybranych genów, których polimorfizm może wpływać na wartość opasową i rzeźną bydła oraz jakość mięsa wołowego. Szybki postęp badań genetycznych umożliwia wykorzystanie tzw. SNP (single nucleotide polymorphisms) wysokiej gęstości. Allais i in. (2011) wykazali zależność pomiędzy SNP zlokalizowanymi w genach kalpastatyny i  $\mu$ -kalpain a kruchością/twardością mięsa 3 francuskich ras bydła (Charolaise, Limousine i Blonde d'Aquitaine). Autorzy podkreślają jednak, że wpływ badanych markerów był uzależniony od rasy i nie można go rozszerzać na całe bydło *Bos taurus*. Reardon i in. (2010) wykazali natomiast istnienie związków pomiędzy SNP w genach kandydujących (m.in. kalpastatyny – *CAST*, desaturazy stearylo coA – *SCD*, receptora hormonu wzrostu – *GHR*) a właściwościami sensorycznymi i parametrami technologicznymi *m. longissimus* i *semimembranosus* bydła. SNP w genach *CAST* i *SCD* były istotnie związane z barwą i skorelowane z pH końcowym, natomiast SNP w genie *GHR* wpływał na zawartość w mięśniach wody, tłuszczu śródmięśniowego i białka. Wykazano ponadto związek marmurkowatości z genami leptyny, tyreoglobuliny i hormonu wzrostu (Mullen i in., 2006).

Wraz z rozwojem tablic genotypowania SNP, badanie asocjacyjne całego genomu (genome-wide association studies, GWAS) staje się praktyką do wykrywania cech ilościowych loci (QTL). GWAS umożliwia efektywne przeszukiwanie całego genomu dla złożonych cech w oparciu o nierównowagę sprzężeń (linkage disequilibrium, LD) między markerami SNP i QTL. Dlatego też, GWAS wykazuje większą moc do wykrywania QTL oraz określenia poli-

morfizmu i węższych regionów genomu zawierających geny sprawcze związane z różnymi cechami, jak np. składem kwasów tłuszczowych u bydła (Ishii i in., 2013).

### **Płeć**

Płeć ma znaczący wpływ nie tylko na zdolność opasową bydła, ale także na jego wartość rzeźną. Determinuje tempo wzrostu, wykorzystanie paszy i tendencje do odkładania tłuszczu (Wajda, 2001; Domoradzki i Florek, 2012). Testosteron (androgeny hormon), wytwarzany przez komórki śródmięzszkowe jąder samców (szczególnie po osiągnięciu dojrzałości płciowej), wpływa pozytywnie na rozwój mięśni, aktywizując m.in. retencję azotu. Kastracja przed osiągnięciem dojrzałości przerywa proces tworzenia androgenów, a wzrost zwierzęcia ulega opóźnieniu. Jałówki i wolce w porównaniu z buhajkami są słabiej umięśnione, wcześniej i silniej otluszczają się oraz mają mniej wykształcone wartościowe partie ciała. Ich mięso wykazuje jednak lepszą marmurkowatość, drobnowłóknistą strukturę mięśni, niższą siłę cięcia, a tym samym jest bardziej kruche, soczyste i aromatyczne (Wajda i Daszkiewicz, 2001; Oprządek, 2011). Żeńskie hormony powodują wolniejsze tworzenie tkanki łącznej, co również korzystnie wpływa na kruchość mięsa jałówek. Mniejsza kruchość mięsa buhajków jest spowodowana zarówno większym udziałem kolagenu, jak i podwyższonym poziomem kalpastatyny (inhibitor proteaz hamujący proces kruszenia *post mortem*) (Pospiech i in., 2003; Nowak, 2009; Domoradzki i in., 2013).

Ostatnie badania dowiodły, że niektóre cechy sensoryczne mięsa, m.in. kruchość, są odziedziczalne. Z tego też względu preferowanym kierunkiem selekcji jest eliminowanie z hodowli buhajów nieprzekazujących potomstwu cechy kruchego mięsa (Pisula i in., 2007).

### **Wiek zwierząt**

Wielu autorów (Wajda i Daszkiewicz, 2001; Florek, 2009; Zymon, 2012) wskazuje, że ważnym czynnikiem wpływającym na jakość mięsa wołowego i jego przydatność do celów kulinarnych jest wiek ubijanych zwierząt. Mięsne elementy konsumpcyjne powinny pochodzić od zwierząt młodych, tzn. buhajków, wolców i jałówek do 2. roku życia. Wyjątkowo, tylko

niektóre elementy tuszy mogą pochodzić ze zwierząt starszych, np. polędwica od krów w wieku do 6 lat (Kończak, 2000). Wraz z wiekiem zwierząt wzrasta średnica włókien mięśniowych, co z reguły niekorzystnie wpływa na kruchość wołowiny (Wajda, 2001; Młynek i in., 2012). Ponadto, w mięsie pozyskanym od zwierząt starszych postęp procesów dojrzewania po-ubojowego jest wolniejszy niż u zwierząt młodszych (Kończak i in., 2003).

Wraz z fizjologicznym wiekiem zwierząt występują zmiany w ilości i strukturze kolagenu. U zwierząt starszych ilość śródmięśniowej tkanki łącznej w mięśniach maleje (Kończak i in., 2003), jednakże wzrasta ilość i zmienia się charakter wiązań poprzecznych wewnątrz- i międzycząsteczkowych. Wpływa to na zwiększenie mechanicznej stabilności oraz odporności termicznej śródmięśniowej tkanki łącznej, które są wskaźnikami stopnia dojrzałości biologicznej kolagenu, odpowiedzialnymi za zmniejszającą się kruchość mięsa. Wraz z wiekiem występują istotne różnice w ilości kolagenu przechodzącego w formę rozpuszczalną podczas obróbki termicznej, z 42% w cielęciny do 2% u 10-letnich osobników. Niekorzystny wpływ wieku zwierząt na kruchość mięsa jest obserwowany szczególnie w mięśniach z wysoką zawartością kolagenu (Taylor, 2004; Nishimura, 2010).

Wiek zwierząt wpływa również istotnie na smakowość mięsa. Na ogół smak i zapach mięsa surowego jest określany jako neutralny. Niemniej jednak, tkanka mięśniowa jest nośnikiem prekursorów smakowo-zapachowych, które w trakcie obróbki termicznej wchodzi w reakcje chemiczne, tworząc pozytywne, a przy tym zróżnicowane związki smakowo-zapachowe. Mięso starszych zwierząt wykazuje smak i zapach bardziej intensywny niż mięso zwierząt młodych, np. mięso cieląt charakteryzuje się słabym natężeniem wymienionych wyróżników. Najbardziej optymalne natężenie smakowości występuje w mięsie bydła ubijanego powyżej 18. miesiąca życia i utrzymuje się na podobnym poziomie w mięsie starszych zwierząt (Kończak, 2008).

### System żywienia

Spośród czynników przedubojowych duży wpływ na wartość rzeźną i jakość mięsa wywiera sposób żywienia, w tym jego intensywność

(Wajda, 2001; Oprządek, 2011). Zdaniem niektórych autorów, intensywne żywienie oraz suplementacja paszy w witaminę D<sub>3</sub> wpływa korzystnie na kruchość mięsa (Montgomery i in., 2004; Shiba i in., 2004). W przypadku intensywnego żywienia jest to związane ze zwiększonym tempem syntezy kolagenu o dużej liczbie wiązań termolabilnych i zwiększonym odkładaniem tłuszczu śródmięśniowego. Korzystny wpływ witaminy D<sub>3</sub> jest natomiast spowodowany wyższą zawartością jonów wapnia w tkance mięśniowej, dzięki czemu podwyższona zostaje aktywność kalpain, tj. enzymów aktywowanych jonami wapnia i odpowiedzialnych za poprawę kruchości mięsa w trakcie dojrzewania.

Zastosowanie prawidłowego żywienia umożliwia zwierzętom osiągnięcie genetycznie uwarunkowanego pułapu dla cech użytkowości mięsnej (Zymon, 2012). Intensywny opas prowadzi do silniejszego otluszczenia tuszy, co poprawia marmurkowatość mięsa, a tym samym szereg cech sensorycznych, m.in. kruchość, soczystość, smakowość. Wraz ze wzrostem ilości tłuszczu śródmięśniowego w mięsie wołowym zwiększa się wyraźnie ogólna zawartość tłuszczu w tuszy, co powoduje obniżenie udziału mięśni. Zwiększenie wartości energetycznej diety pod koniec opasu zwierząt również wpływa na zwiększenie stopnia marmurkowatości mięsa i poprawę jego kruchości (Kinal i in., 2007).

Wśród badaczy nie ma zgody co do wpływu żywienia na smakowość wołowiny. Niemniej jednak, część z nich wyżej ocenia mięso uzyskane z bydła żywionego systemem pastwiskowym niż np. systemem alkierzowym (Kończak, 2008).

### Obrót przedubojowy

Panuje pogląd, że cały wysiłek hodowcy bydła rzeźnego może być zniweczony wskutek nieprawidłowego traktowania zwierząt przed ubojem. Transport, nawet w najlepszych warunkach, stanowi dla zwierząt silny stres, który w konsekwencji może doprowadzić do znacznych ubytków masy, wystąpienia chorób, przekrwienia, uszkodzenia tkanki mięśniowej, a nawet śmiertelnych zejść. Duży wpływ na jakość mięsa mają również warunki przetrzymywania bydła w magazynach żywca (Prokopiuk, 2006; Wajda, 2006; Florowski i Pisula, 2007). Sposób obchodzenia się ze zwierzętami powinien być

zatem optymalny, gdyż praca, jaką mięśnie zwierząt wykonują na krótko przed ubojem, wpływa na zawartość w nich glikogenu, a w efekcie na końcowe pH mięsa.

Najważniejszą wadą mięsa wołowego, determinowaną warunkami obrotu przedubojowego, jest tzw. odchylenie DFD (mięso twarde, ciemne, suche). Mięso z tą wadą jest dyskwalifikowane przez konsumentów. Nie nadaje się do dojrzewania, porcjowania i pakowania próżniowego, ponieważ ze względu na wysokie pH stanowi doskonałą pożywkę do rozwoju mikroflory (Mach i in., 2008; Oprządek, 2011). Problem obniżonej jakości mięsa, wywołanej postępowaniem przedubojowym występuje częściej w mięsie buhajków niż walców i jałówek. Badania Lowe i in. (2004) jednoznacznie wskazują na wyraźną zależność pomiędzy reakcją na stres u buhajków a jakością mięsa, co jest spowodowane przede wszystkim niską zawartością glikogenu.

### Obróbka poubojowa

Po oszołomieniu zwierzęcia (w Polsce w przypadku bydła zwykle udarowe – postrzałowe) przeprowadza się kłucie i wykrwawianie, które powinno być obfite, całkowite i nastąpić w jak najkrótszym czasie. Krew zalegająca w tkankach jest czynnikiem buforującym, przeciwdziałając zakwaszeniu poubojowemu oraz zmniejsza trwałość bakteriologiczną mięsa, ograniczając tym samym wykształcenie pożądanych cech sensorycznych (Florek, 2012).

Przy obróbce poubojowej tuszy należy w sposób szczególny przestrzegać prawidłowego procesu technologicznego oraz zasad higieny. W tej fazie następuje oddzielenie zanieczyszczonych części tuszy i odsłonięcie mięśni, co wiąże się z ryzykiem ich zakażenia wtórnego. Skóra i przewód pokarmowy zwierząt są rezerwuarami mikroflory (często chorobotwórczej) i mogą zanieczyszczać powierzchnię mięsa, dlatego trzeba zachować szczególną ostrożność podczas ich usuwania i nie dopuścić do zetknięcia lub uszkodzenia przewodu pokarmowego i wydostania się jego treści na zewnątrz. Bardzo ważna jest również higiena personelu i sprzętu, gdyż jest to w praktyce jedno z głównych źródeł wtórnego zakażenia mięsa (Prokopiuk, 2006).

Często zakłady ubojowe w celu przyspieszenia procesu glikolizy oraz polepszenia

kruchości mięsa przeprowadzają (nie później niż 1 h po uboju) elektrostymulację tusz. Podrażnienie włókien mięśniowych zewnętrznym bodźcem elektrycznym wywołuje depolaryzację błon retikulum sarkoplazmatycznego i wiele reakcji biochemicznych intensyfikujących proces glikolizy. Jest to jeden ze sposobów zapobiegania skurczowi chłodniczemu tusz poddanych szybkemu wychładzaniu (Pisula i in., 2007; Domoradzki i Florek, 2012).

### Temperatura

Chłodzenie tusz po uboju jest ważnym elementem składowym procesu pozyskiwania mięsa, który wpływa na jego higieniczne, technologiczne i sensoryczne właściwości. Czas przekazania tusz do wychłodzenia poubojowego powinien być możliwie najkrótszy i nie przekraczać 30 min (Pisula i in., 2007). W warunkach chłodniczych (temp. 0–2°C, wilgotność względna 80–85%) następuje zahamowanie wzrostu mikroflory mezofilnej, zostaje ograniczony rozwój pozostałych drobnoustrojów, zmniejsza się przebieg procesów enzymatycznych, takich jak glikoliza, proteoliza czy lipoliza. Przechowywanie mięsa w obniżonej temperaturze wpływa korzystnie na jego barwę poprzez zwiększenie rozpuszczalności tlenu (Prokopiuk, 2006; Kołczak, 2007 a; Cierach i in., 2009). Spośród różnych mięśni tuszy najbardziej stabilny pod względem barwy jest *m. longissimus dorsi*, nieco mniej *m. semimembranosus*, a najmniej stabilny *m. psoas major* (McKenna i in., 2005).

O końcowej kruchości mięsa po kilku dniach dojrzewania decyduje temperatura, w której mięśnie wchodzi w stan stężenia poubojowego. Mięso uzyskuje najlepszą kruchość, jeżeli jest przetrzymywane w stanie stężenia poubojowego w temperaturze około 10°C (Tornberg, 1996). Zbyt niska temperatura skutkuje wystąpieniem tzw. skurczu chłodniczego (ang. *cold shortening*). Bezpośrednią przyczyną jest obniżenie temperatury mięśni poniżej 15°C, gdy stężenie ATP jest wyższe od 1 μmol/g tkanki przy pH nie niższym niż 5,9 (czyli przed wystąpieniem początkowej fazy *rigor mortis*). W wyniku tych zmian następuje skrócenie długości mięśnia nawet o 50% oraz obniżenie kruchości i wzrost wycieku naturalnego z mięsa (Savell i in., 2005; Cierach i in., 2009; Huff-Lonergan i in., 2010). Wysoka temperatura towarzysząca

*rigor mortis* stwarza z kolei zagrożenie wystąpienia cieplnego skrócenia mięśni (ang. *warm shortening*), co również może wpłynąć niekorzystnie na finalną kruchość mięsa. Zjawisko to, spowodowane najczęściej nieprawidłowo dobranymi parametrami elektrycznej stymulacji, objawia się zbyt szybkim spadkiem pH mięsa, wówczas gdy jego temperatura jest jeszcze powyżej 20°C.

Podczas rozbioru, wykrawania, porcjowania i konfekcjonowania mięsa należy również zachowywać wysoki reżim higieniczny (najkorzystniejsza temperatura w zakresie 0–4°C), unikając nieuzasadnionego przetrzymywania mięsa w halach rozbiorowych oraz wzrostu temperatury mięsa powyżej 7°C.

### **Pakowanie i dystrybucja**

Wśród badaczy i praktyków nie ma wątpliwości, że kulinarne mięso wołowe pełni swoich walorów organoleptycznych, a przede wszystkim kruchość osiąga po odpowiednio długim okresie dojrzewania, tzn. od co najmniej 7 do 21 dni w temperaturze około 2–4°C (Wajda i Daszkiewicz, 2001; Oliete i in., 2005; Brewer i Novakofski, 2008).

Jedną z najważniejszych metod pakowania w przetwórstwie mięsnym jest technika pakowania próżniowego, stosowana najczęściej w procesie dojrzewania dużych odkostnionych elementów tuszy, pakowania elementów przeznaczonych do gastronomii i na cele kulinarne (Prokopiuk, 2006; Cierach i in., 2009). Zapakowane w ten sposób mięso można przechowywać nawet przez okres 3–4 tygodni (Tyburcy i Pisula, 1999). Wydaje się to być najważniejszą zaletą pakowania próżniowego jako metody konserwacji mięsa, polegającej na zmianie mikroflory bakteryjnej. Wzrost bakterii z rodzaju *Pseudomonas* ulega ograniczeniu na rzecz zwiększenia liczby bakterii kwasu mlekowego, które w odróżnieniu od *Pseudomonas* nie powodują w przechowywanym mięsie zapachu gnilnego (Oliete i in., 2005).

Ostatnie badania dowiodły, że system pakowania próżniowego (VP) jest lepszy w porównaniu z pakowaniem w modyfikowanej atmosferze (MAP) z wysoką zawartością tlenu. Wołowina pakowana próżniowo odznaczała się bowiem lepszą stabilnością barwy, zachowaniem witaminy E, kruchością, soczystością, a nawet

w pewnym stopniu lepszym zapachem w porównaniu do wołowiny pakowanej w MAP (Lagerstedt i in., 2011). Mankamentem metody VP jest fakt, że mioglobina pozostaje w mięsie w postaci purpurowej deoksymioglobiny i brązowej metmioglobiny, co zmniejsza atrakcyjność jego wyglądu. Niekiedy również mięso traci zdolność do redukcji metmioglobiny podczas długiego dojrzewania chłodniczego. Niemniej jednak, w większości przypadków mięso po pewnym czasie po wyjęciu z opakowania uzyskuje na powierzchni pożądaną jasnoczerwoną barwę. Jest to tzw. kwitnienie mięsa (ang. *blooming*), związane z pojawieniem się jasnoczerwonej oksymioglobiny.

### **Czynniki warunkujące jakość mięsa, związane z budową i funkcją fizjologiczną mięśni**

Budowa biologiczna szkieletowej tkanki mięśniowej to najistotniejszy element decydujący o właściwościach jakościowych mięsa (wodochłonności, kruchości, teksturze, barwie) oraz jego przydatności przetwórczej. Powyższe cechy jakościowe mięsa wynikają przede wszystkim ze struktury włókien mięśniowych i udziału tkanki łącznej oraz ilości i rozmieszczenia komórek tłuszczowych (marmurkowatości) (Taylor, 2004; Huff-Lonergan i in., 2010).

Porównując ze sobą jedne z najcenniejszych, a zarazem najczęściej oceniane mięśnie, należy stwierdzić, że *m. longissimus dorsi* i *m. semitendinosus* reprezentują dwa odmienne typy, o różnym przeznaczeniu kulinarnym. Mięsień najdłuższy grzbietu (*m. longissimus dorsi*) z uwagi na wysoką wartość handlową jest najczęściej wykorzystywany (zwykle w formie stejków) w domu i gastronomii. Charakteryzuje się niskim poziomem tkanki łącznej oraz zwiększoną podatnością na skurcz poubojowy ze względu na położenie anatomiczne w tuszy (tuż przy powierzchni). Mięsień półścięgnisty (*m. semitendinosus*) jest natomiast bardziej odporny na nadmierne skrócenie sarkomerów, posiada wyższy udział tkanki łącznej, stąd też lepiej nadaje się (jako mięsień wskaźnikowy) do ogólnej oceny kruchości tuszy (Shorthose i Harris, 1990).

Mięśnie różnią się udziałem podstawowych składników chemicznych. Mięsień *longissimus dorsi* jest jednym z najbogatszych pod względem zawartości białka, najczęściej w granicach od 19 do 23%, a ponadto zazwyczaj zawiera

więcej tłuszczu w porównaniu do mięśni *semimembranosus* i *semitendinosus* (Nowak i in., 2005; Florek i in., 2009). Zawartość tłuszczu w tkance mięśniowej ma istotne i korzystne znaczenie w kontekście smakowości i tekstury mięsa.

### Tkanka łączna

Mięśnie różnią się grubością i składem omięsnych. Głównymi składnikami białkowymi mięśniowych tkanek łącznych – *endomysium*, *perimysium* i *epimysium* – są włókna kolagenowe i elastynowe osadzone w matrycy proteoglikanów (Kończak, 2007 b; Lepetit, 2008). Omięsną zewnętrzną otaczającą mięsień (*epimysium*) można łatwo usunąć, dlatego jej znaczenie w kształtowaniu jakości mięsa, w tym przede wszystkim jego kruchości nie ma większego znaczenia. Natomiast duży wpływ na cechy jakościowe mięsa mają pozostałe tkanki łączne wewnątrzmięśniowe, tj. *endomysium* i *perimysium*.

Zdecydowana większość wewnątrzmięśniowej tkanki łącznej stanowi *perimysium* i to jej przypisuje się główną rolę w kształtowaniu kruchości mięsa związanej z tkanką łączną (Purslow, 2005; Nishimura, 2010). Ilościowy udział *perimysium* w zależności od rodzaju mięśnia jest bardziej zróżnicowany niż zawartość *endomysium* (Lepetit, 2008). Mięśnie tej samej tuszy, zawierające dużą ilość tkanki łącznej, wykazują na ogół większą twardość, tzn. gorszą kruchość (Kończak, 2000; Purslow, 2005).

Kolagen (główny składnik białkowy tkanki łącznej) w ponad 90% znajduje się w *perimysium* i składa się głównie z kolagenu typu I i III (Nishimura, 2010). Podstawowe jednostki strukturalne białka kolagenowego mogą być połączone we włókna różną ilością i charakterem wiązań międzycząsteczkowych (Kończak, 2000). Zwykle mięśnie udźca, np. *semimembranosus*, *semitendinosus*, zawierają więcej kolagenu ogólnego i mniej kolagenu rozpuszczalnego w porównaniu do mięśni *psaos major* lub *longissimus dorsi* (Kończak i in., 2003; Kończak, 2008; Domoradzki i in., 2010).

Wraz z dojrzałością fizjologiczną tkanki mięśniowej struktura kolagenu staje się bardziej zwarta, a jego rozpuszczalność maleje (Nishimura, 2010; Domoradzki i in., 2013). Związane jest to z tworzeniem się wewnątrzcząsteczkowych wiązań sieciujących, które zwiększają mecha-

niczną i termiczną stabilność włókien kolagenowych, jak również ich wytrzymałość na rozciąganie. Wiązania poprzeczne, tworzone przez pirydynolinę wydają się mieć duży wpływ na rozpuszczalność kolagenu poprzez tworzenie wiązań termostabilnych (Shiba i in., 2004; Lepetit, 2008). Większe usieciowanie powoduje wzrost temperatury cieplnej degradacji kolagenu i przechodzenie jego mniejszej ilości w formę rozpuszczalną (glutynę). Jest to szczególnie istotne ze względu na to, że rozpuszczalność kolagenu śródmięśniowego jest dodatnio skorelowana z kruchością i cechami sensorycznymi mięsa (Kończak, 2007 b; Nishimura, 2010).

Kolagen ulegający termohydrolyzie ma zdolność do zatrzymywania wody podczas obróbki cieplnej; wynika to między innymi z jego emulgujących i żelujących właściwości (Młynek, 2009). Wielu autorów wskazuje również na dużą rolę, jaką odgrywa kolagen nierozpuszczalny w kształtowaniu kruchości mięsa (Jeremiah i in., 2003; Riley i in., 2005).

W mięsie wołowym elastyna (drugi rodzaj białka łącznotkankowego) występuje w większości mięśni w niewielkich ilościach (zwykle poniżej 0,4% suchej masy), za wyjątkiem *m. semitendinosus* i *m. latissimus dorsi*, które zawierają jej około 2% w suchej masie. Elastyna ulega hydrolyzie w temperaturze wyższej od 130°C. Mięśnie zawierające więcej elastyny (łata, szponder) są mniej kruche niż mięśnie o mniejszej jej zawartości (połędwica, udziec). Niemniej jednak, ze względu na jej dużą rozciągliwość i niewielki udział w mięśniowej tkance łącznej uważa się, że nie odgrywa tak dużej roli w kształtowaniu kruchości mięsa jak kolagen (Taylor, 2004; Kończak, 2007 b; Lepetit, 2008).

Niewiele wiadomo na temat mechanicznych właściwości macierzy, złożonej z proteoglikanów (Lepetit, 2008). Uważa się, że proteoglikany łączą fibryle kolagenowe i stabilizują strukturę *endomysium* i *perimysium*. Do tej pory zidentyfikowano kilka rodzajów proteoglikanów, np. siarczan heparanu, siarczan chondroityny, siarczan dermatanu (Nishimura, 2010). Najważniejszym spośród nich i występującym w największej ilości jest dekoryna. Według Greasera (1997), dekoryna zabezpiecza kolagen przed rozkładem proteolitycznym, ale jeżeli zostanie usunięta, kolagen staje się podatny na działanie enzymów.

### Długość sarkomeru

Dodatkowym czynnikiem, który może wpływać na kruchość mięsa po uboju, jest długość sarkomerów, podstawowych jednostek strukturalnych miofibryli. Jest to specyficzne oddziaływanie, charakterystyczne dla określonego mięśnia. Mięśnie o długich sarkomerach są bardziej kruche. Przykładem jest mięsień *psaos major* (mięsień o bardzo długich sarkomerach), który zdaniem Koohmaraie i in. (2002) w zdecydowanej większości odznacza się dużą kruchością, niezależnie od sposobu żywienia zwierząt czy uwarunkowań genetycznych. Wpływ zmian proteolitycznych zachodzących po uboju na kruchość tego mięśnia jest niewielki.

Wykazano, że wraz ze zmniejszeniem długości sarkomerów (z 2,24  $\mu\text{m}$  po uboju do 1,69  $\mu\text{m}$  po 24 h) wzrasta siła cięcia (spadek kruchości) mięsa (Wheeler i Koohmaraie, 1994). Jeżeli po uboju nie wystąpi skrócenie sarkomerów, w czasie rozwoju stężenia pośmiertnego (w przeciągu 24 h) również nie obserwuje się wzrostu twardości mięsa (Koohmaraie i in., 1996). Mięśnie wchodzące w stan *rigor mortis* w temperaturze 10–18°C odznaczają się największą długością sarkomerów i najmniejszym skurczem (Kończak, 2000).

Wheeler i in. (2000) wykazali silny ujemny związek między kruchością mięsa a długością sarkomerów wówczas, kiedy są krótsze niż 2  $\mu\text{m}$ . Przy dłuższych sarkomerach (>2  $\mu\text{m}$ ) wspomniane zależności nie są już tak silne. Odpowiednia długość sarkomerów w mięśniach może znacznie ograniczyć wpływ tkanki łącznej (Pospiech i in., 2003) oraz pozostałych czynników, tj. żywieniowych i genetycznych na jego kruchość (Koohmaraie i in., 2002). Jednakże, zdaniem Tornberg (1996) wzrost twardości mięsa po uboju, powodowany np. wystąpieniem tzw. skurczu chłodniczego (niewłaściwie dobrane parametry chłodzenia tusz), może być co najwyżej w 50% związany ze skróceniem sarkomerów.

Bezpośrednio po uboju różnice w kruchości mięśnia najdłuższego różnych gatunków zwierząt nie są duże. W czasie rozwoju *rigor mortis* i tuż po jego ustąpieniu różnice te są natomiast już znaczne i istotne. Proces kruszenia mięsa następuje w trakcie długiego przechowywania chłodniczego, przy czym w zależności od gatunku zwierząt, z których pozyskano surowiec, zachodzi on z różną intensywnością i tem-

pem (Koohmaraie i in., 1996). Według Wheelera i Koohmaraie (1994), podczas procesu kruszenia mięsa (po ustąpieniu *rigor mortis*) obserwuje się wydłużenie sarkomerów, co może być jednym z czynników zmniejszenia jego twardości. Obecnie podstawą szeregu metod poprawy kruchości mięsa, które należą do zabiegów stosowanych już po uboju, jest możliwość oddziaływania na długość sarkomerów (Pospiech i in., 2003). Bardzo istotne jest również niedopuszczenie do wystąpienia skurczu w okresie rozwoju stężenia pośmiertnego najcenniejszych mięśni tuszy (Kończak, 2007 b).

### Podsumowanie

Końcowa jakość mięsa wołowego jest uzależniona od wielu czynników genetycznych i środowiskowych oraz ich interakcji. Jest ona rezultatem działań podejmowanych na wszystkich etapach produkcji mięsa, począwszy od właściwego doboru rasy bydła, poprzez odpowiednie jego żywienie, właściwe traktowanie podczas chowu i transportu do ubojni, dokonanie humanitarnego uboju i możliwie szybkiego schłodzenia tusz, kończąc na zapewnieniu odpowiednich warunków dojrzewania i dystrybucji produktu końcowego. Nieprawidłowości, zaistniałe chociażby na jednym z etapów produkcji wołowiny, mogą wpłynąć na jej przydatność na tyle negatywnie, że mimo prawidłowego przebiegu pozostałych procesów gotowy produkt będzie wykazywał obniżoną jakość, która może nie zostać zaakceptowana przez kupujących.

Najważniejsze cechy jakościowe wołowiny z punktu widzenia konsumenta to: kruchość, smakowitość, soczystość oraz barwa. Aktualnie konsumenci oczekują mięsa nie tylko o wysokiej wartości odżywczej, bezpiecznego, ale również o dużych walorach sensorycznych, spełniającego założenia żywności wygodnej, tj. do szybkiego i prostego przygotowania posiłku. Obecny skrajnie niski poziom spożycia wołowiny w naszym kraju (1,6 kg na osobę) może sugerować, że poza relatywnie wysoką jego ceną, nieodpowiednie cechy jakościowe są głównymi determinantami ograniczającymi konsumpcję tego gatunku mięsa. Zatem, znajomość czynników kształtujących jakość mięsa oraz praktyczne wykorzystanie tej wiedzy w procesie produkcji kulinarnej wołowiny jest niezbędne zarówno wśród hodowców, jak i przetwórców mięsa.

### Literatura

- Allais S., Journaux L., Levéziel H., Payet-Duprat N., Raynaud P., Hocquette J.F., Lepetit J., Rousset S., Denoyelle C., Bernard-Capel C., Renand G. (2011). Effects of polymorphisms in the calpastatin and  $\mu$ -calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds. *J. Anim. Sci.*, 89: 1–11.
- Brewer S., Novakofski J. (2008). Consumer sensory evaluations of aging effects on beef quality. *J. Food Sci.*, 73 (1): 78–82.
- Burrow H.M., Moore S.S., Johnston D.J., Barense W., Bindon B.M. (2001). Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. *Aust. J. Exp. Agr.*, 41: 893–919.
- Chávez A. Pérez E., Rubio M.S., Méndez R.D., Delgado E.J., Díaz D. (2012). Chemical composition and cooking properties of beef forequarter muscles of Mexican cattle from different genotypes. *Meat Sci.*, 91: 160–164.
- Cierach M., Borzyszkowski M., Niedźwiedź J. (2009). Wołowina kulinarna – czynniki poubojowe a jakość. *Przem. Spoż.*, 8: 58–63.
- Domaradzki P., Florek M. (2012). Mięso i przetwory mięsne. W: *Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych z podstawami przetwórstwa* (Z. Litwińczuk, red.), PWRiL, Warszawa, ss. 287–392.
- Domaradzki P., Skąlecki P., Florek M., Litwińczuk Z. (2010). Związek kolagenu z wybranymi parametrami technologicznymi mięsa cielęcego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 71 (4): 50–62.
- Domaradzki P., Florek M., Litwińczuk A. (2013). Zawartość kolagenu ogólnego i rozpuszczalnego w mięśniach szkieletowych różnych kategorii bydła rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. *EPISTEME: Czasopismo Naukowo-Kulturalne*, 21 (2): 177–185.
- Florek M. (2009). Wpływ wybranych czynników na wartość rzezną cieląt, właściwości fizykochemiczne mięsa i jego wartość odżywczą. *Rozpr. Nauk.*, 337. Wyd. UP w Lublinie.
- Florek M. (2012). Surowce pozyskiwane od zwierząt rzeźnych. W: *Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych z podstawami przetwórstwa* (Z. Litwińczuk, red.), PWRiL, Warszawa, ss. 231–286.
- Florek M. (2013). Genetyczne i środowiskowe uwarunkowania jakości wołowiny. Obecne problemy produkcji mleka i wołowiny w Polsce i na świecie. *Wyd. IZ PIB*, Kraków, ss. 31–36.
- Florek M., Litwińczuk Z., Skąlecki P., Grodzicki T. (2009). Colour of carcass and meat of calves slaughtered at different body weights. *Fleischwirtschaft Int.*, 4: 59–62.
- Florowski T., Pisula A. (2007). Wpływ transportu bydła i przechowywania mięsa na jego zmiany ilościowe i jakościowe. *Wiś Jutra*, 112: 11, 1–5.
- Gao Y., Zhang R., Hu X., Li N. (2007). Application of genomic technologies to the improvement of meat quality of farm animals. *Meat Sci.*, 77: 36–45.
- Greaser M.L. (1997). Postmortem changes in muscle extracellular matrix proteins. *Annual Reciprocal Meat Conference Proceedings Ames, USA: Iowa State University*, pp. 53–59.
- Gregory K.E., Cundiff L.V., Koch R.M. (1995). Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 73: 1920–1926.
- Harper G.S. (1999). Trends in skeletal muscle biology and the understanding of toughness in beef. *Aust. J. Agric. Res.*, 50: 1105–1129.
- Huff-Lonergan E., Zhang W., Lonergan S.M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle – lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Sci.*, 86: 184–195.
- Ishii A., Yamaji K., Uemoto Y., Sasago N., Kobayashi E., Kobayashi N., Matsuhashi T., Maruyama S., Matsumoto H., Sasazaki S., Mannen H. (2013). Genome-wide association study for fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Anim. Sci. J.*, 84: 675–682.
- Jeremiah L.E., Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Gibson L.L. (2003). Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci.*, 65: 1013–1019.
- Kinal S., Lubojemska B., Gajewczyk P. (2007). Wpływ żywienia bydła opasowego na kształtowanie się cech jakościowych mięsa wołowego. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. Tuszcz.*, 45 (1): 89–99.
- Kołczak T. (2000). Wpływ czynników poubojowych na kruchość wołowiny. *Gosp. Mięś.*, 5: 28–31.
- Kołczak T. (2007 a). Barwa mięsa. *Gosp. Mięś.*, 9: 12–16.

- Kończak T. (2007 b). Kruchość mięsa. *Gosp. Mięś.*, 11: 8–11.
- Kończak T. (2008). Jakość wołowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 56 (1): 5–22.
- Kończak T., Palka K., Pospiech E. (2003). Changes in collagen solubility of raw and roasted bovine psoas major and minor and *semitendinosus* muscles during cold storage. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 12/53 (3): 57–61.
- Koohmaraie M., Doumit M.E., Wheeler T.L. (1996). Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *J. Anim. Sci.*, 74: 2935–2942.
- Koohmaraie M., Kent M.P., Shackelford S.D., Veiseth E., Wheeler T.L. (2002). Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Sci.*, 62: 345–352.
- Lagerstedt A., Lundström K., Lindahl G. (2011). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *m. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Sci.*, 87: 101–106.
- Lepetit J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. Review. *Meat Sci.*, 80: 960–967.
- Litwińczuk Z., Szulc T. (red.). (2005). *Hodowla i użytkowanie bydła*. PWRiL, Warszawa.
- Lowe T.E., Devine C.E., Wells R.W., Lynch L.L. (2004). The relationship between post mortem urinary catecholamines, meat ultimate pH, and shear force in bulls and cows. *Meat Sci.*, 67: 251–260.
- Mach N., Bach A., Velarde A., Devant M. (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.*, 78: 232–238.
- 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 Sci.*, 70: 665–682.
- Młynek K. (2009). Struktura i metabolizm włókien mięśniowych u krajowego bydła czarno-białego i mieszańców po buhajach ras mięsnych oraz ich związek z cechami wartości rzeźnej i jakością mięsa. *Rozpr. Nauk.*, 99, Wyd. AP w Siedlcach.
- Młynek K., Dzido A., Janiuk I. (2012). Właściwości fizykochemiczne wołowiny i mikrostruktura mięśni w zależności od występowania włókien olbrzymich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 80 (1): 93–105.
- Montgomery L., King M.B., Gentry J.G., Barham A.R. (2004). Supplemental vitamin D<sub>3</sub> concentration and biological type of steers. II. Tenderness, quality, and residues of beef. *J. Anim. Sci.*, 82: 2092–2104.
- Mullen A.M., Stapleton P.C., Corcoran D., Hamill R.M., White A. (2006). Understanding meat quality through the application of genomic and proteomic approaches. *Meat Sci.*, 74: 3–16.
- Nishimura T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Anim. Sci. J.*, 81: 21–27.
- Nowak D. (2009). Kruchość mięsa wołowego i metody jej poprawy. *Przem. Spoż.*, 3: 38–42.
- Nowak M., Palka K., Troy D. (2005). Skład chemiczny i jakość wybranych mięśni bydłowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 44 (3): 176–185.
- Oliete 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. *Eur. Food Res. Technol.*, 220: 489–493.
- Oprządek J. (2011). Ocena jakości mięsa wołowego. *Prz. Hod.*, 4: 13–16.
- Pisula A., Tyburcy A., Dasiewicz K. (2007). Czynniki decydujące o jakości mięsa wołowego. *Gosp. Mięś.*, 1: 4–11.
- Pospiech E., Iwańska E., Grześ B. (2003). Kruchość mięsa kulinarnego i możliwości jej poubojowego kształtowania. *Rocz. Inst. Przem. Mięś. Tłuszcz.*, 40: 71–84.
- Prokopiuk G. (2006). Produkcja dobrej jakości mięsa wołowego. *Mięso i Wędliny*, 8: 8–12.
- Purslow P.P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.*, 70: 435–447.
- Reardon W., Mullen A.M., Sweeney T., Hamill R.M. (2010). Association of polymorphisms in candidate genes with colour, water-holding capacity, and composition traits in bovine *m. longissimus* and *m. semimembranosus*. *Meat Sci.*, 86: 270–275.
- Riley D.G., Johnson D.D., Chase C.C.J., West R.L. (2005). Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. *Meat Sci.*, 70: 347–356.
- Savell J.W., Mueller S.L., Baird B.E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Sci.*, 70: 449–459.
- Shiba N., Matsuzaki M., Tsuneishi E. (2004). Effects of pre-slaughter nutritional condition on intramuscular collagen solubility, pyridinoline cross-links and meat tenderness in aged goats. *Anim. Sci. J.*, 75: 319–324.

- Shorthose W.R., Harris P.V. (1990). Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *J. Food Sci.*, 55: 1–8.
- Taylor R.G. (2004). Connective tissue structure, function and influence on meat quality. In: *Encyclopedia of meat science*, Jensen W.K., Devine C., Dikeman M. (eds), Amsterdam, London, Elsevier Academic Press, pp. 306–313.
- Tornberg E. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Sci.*, 43 (1): 175–191.
- Tyburcy A., Pisula A. (1999). Czynniki wpływające na jakość kulinarnego mięsa wołowego. *Mięso i Wędliny*, 4: 20–22.
- Wajda S. (2001). Możliwości poprawy jakości mięsa wołowego. *Gosp. Mięś.*, 7: 24–26.
- Wajda S. (2006). Możliwości wzrostu produkcji i poprawy jakości wołowiny. *Gosp. Mięś.*, 12: 26–29.
- Wajda S., Daszkiewicz T. (2001). Kulinarne mięso wołowe i ocena jego właściwości organoleptycznych. *Gosp. Mięś.*, 9: 18–22.
- Warner R.D., Greenwood P.L., Pethick D.W., Ferguson D.M. (2010). Genetic and environmental effects on meat quality. *Review. Meat Sci.*, 86: 171–183.
- Watanabe T., Matsuda H., Arakawa A., Yamada T., Iwaisaki H., Nishimura S., Sugimoto Y. (2014). Estimation of variance components for carcass traits in Japanese Black cattle using 50K SNP genotype data. *Anim. Sci. J.*, 85: 1–7.
- Wheeler T.L., Koohmaraie M. (1994). Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine *longissimus* muscle. *J. Anim. Sci.*, 72: 1232–1238.
- Wheeler T.L., Shackelford S.D., Koohmaraie M. (2000). Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *J. Anim. Sci.*, 78: 958–965.
- Wheeler T.L., Cundiff L.V., Shackelford S.D., Koohmaraie M. (2004). Characterization of biological types of cattle (Cycle VI): Carcass, yield, and *longissimus* palatability traits. *J. Anim. Sci.*, 82: 1177–1189.
- Wheeler T.L., Cundiff L.V., Shackelford S.D., Koohmaraie M. (2005). Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and *longissimus* palatability traits. *J. Anim. Sci.*, 83: 196–207.
- Wheeler T.L., Cundiff L.V., Shackelford S.D., Koohmaraie M. (2010). Characterization of biological types of cattle (Cycle VIII): Carcass, yield, and *longissimus* palatability traits. *J. Anim. Sci.*, 88: 3070–3083.
- Zymon M. (2012). Walory odżywcze i smakowe wołowiny oraz możliwości ich kształtowania *Wiad. Zoot.*, 4: 93–98.
- Zymon M., Strzetelski J. (2010). Sposoby poprawy właściwości prozdrowotnych mięsa bydlęcego *Wiad. Zoot.*, 4: 53–63.

## FACTORS INFLUENCING THE QUALITY OF BEEF

### Summary

Beef is in many respects one of the most valued varieties of meat. However, obtaining raw material of the highest culinary value, i.e. with characteristics desired by consumers, is not a simple matter and still poses a significant challenge for producers. Beef quality is influenced by pre- and post-slaughter factors, as well as natural differences between muscles. Particular attention is devoted to the tenderness, palatability and colour of beef.