

Dr inż. Anna SADOWSKA

Dr inż. Rita RAKOWSKA

Dr inż. Ewa DYBKOWSKA

Dr inż. Katarzyna ŚWIĄDER

Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

CZYNNIKI PRZEDUBOJOWE WARUNKUJĄCE WARTOŚĆ ODŻYWCZĄ I JAKOŚĆ SENSORYCZNĄ MIĘSA WOŁOWEGO®

Ante-mortem factors that condition nutritional value and sensory
quality of beef®

Słowa kluczowe: mięśnie wołowe, jakość sensoryczna, wartość odżywcza, rasa, sposób żywienia, status hormonalny, wiek ubojowy.

Poznanie czynników warunkujących jakość sensoryczną i wartość odżywczą mięsa wołowego może przyczynić się do otrzymania produktu o wysokich walorach smakowych i odżywczych oraz umożliwić promowanie jego specyficznych właściwości. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wpływu czynników przedubojowych na wartość odżywczą i jakość sensoryczną mięsa wołowego. Dane literaturowe wskazują, że jakość sensoryczna i wartość odżywcza mięsa uwarunkowane są szeregiem czynników przyżyciowych takich jak rasa, sposób żywienia, wiek w momencie uboju, status hormonalny, czy rozmieszczenie mięśni w tuszy zwierzęcia. Czynniki te wywierają duży wpływ na jakość mięsa wołowego. Krzyżowanie towarowe zwierząt ras mlecznych i mięsnych oraz kastracja osobników męskich pozwala uzyskać mięso o znacznie wyższej jakości sensorycznej od mięsa pozyskanego od niekastrowanego bydła mlecznego. Właściwie zaplanowany sposób żywienia zwierząt, podawanie pasz o wysokiej wartości odżywczej wpływa zarówno na jakość sensoryczną, jak i wartość odżywczą mięsa.

Key words: beef muscles, sensory quality, nutritional value, breed, diet, hormonal status, slaughter age.

Understanding the determinants of sensory quality and nutritional value of beef can help to obtain a product with good taste and high content of nutrients and allow to promote its specific characteristics. The purpose of this article is to present the impact of ante-mortem factors on nutritional value and sensory quality of beef. Literature data indicate that the sensory quality and nutritional value of meat are influenced by a number of factors such as race, diet, age at slaughter, hormonal status, or distribution of the muscles in the animal body. These factors have a major impact on the quality of beef. Commodity crossbreeding of dairy and meat breeds animals and castration of males allows to obtain much higher sensory quality of meat than from uncastrated dairy cattle animals. Properly planned diet of animals, supply the feed with high nutritional value affects both the sensory quality and nutritional value of meat.

WSTĘP

Od setek lat mięso wołowe było jednym z najpopularniejszych gatunków mięsa spożywanego w Polsce. W przeciągu ostatnich lat jego spożycie drastycznie spadło. Związane jest to z niedocenianiem walorów żywieniowych i zdrowotnych mięsa wołowego, zróżnicowaną – zwykle niską jakością mięsa, wysoką ceną, jak również niekorzystną relacją ceny względem innych gatunków mięsa [14]. W ostatnich latach obserwuje się coraz większe wysiłki producentów zmierzające do poprawy cech jakościowych wołowiny, a w konsekwencji zwiększenia popytu na nią. Mięso wołowe przeznaczone zarówno na cele kulinarne, jak i do przetwórstwa

powinno spełniać określone wymagania, m.in. charakteryzować się odpowiednią barwą, pożądanymi cechami smakowo-zapachowymi oraz odpowiednią teksturą i wysoką kruchością [13]. Uzyskanie produktu, który charakteryzować się będzie wyżej wymienionymi cechami wymaga dokładnego poznania czynników warunkujących jego zróżnicowanie. Dane literaturowe wskazują, że jakość mięsa wołowego, w tym wartość odżywcza i cechy sensoryczne, mogą być warunkowane wieloma czynnikami, takimi jak: rasa, sposób żywienia, status hormonalny, wiek ubojowy czy też różnice anatomiczne pomiędzy poszczególnymi mięśniami [6]. Poznanie czynników warunkujących jakość sensoryczną i wartość odżywczą mięsa wołowego może przyczynić się do otrzymania

Adres do korespondencji – Corresponding author: Anna Sadowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: anna_sadowska@sggw.pl

produktu o wysokich walorach smakowych i odżywczych oraz umożliwić promowanie jego specyficznych właściwości, jak również może przyczynić się do podejmowania nowych wysiłków nad doskonaleniem metod produkcji, pozwalających uzyskać mięso o jeszcze wyższej smakowości i wartości odżywczej.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie czynników przedubojowych warunkujących wartość odżywczą i jakość sensoryczną mięsa wołowego takich jak: rasa, sposób żywienia, status hormonalny, wiek ubojowy oraz rozmieszczenie mięśni w tuszy zwierzęcia.

RASA ZWIERZĄT

W latach 80-tych ubiegłego stulecia, mięso czerwone ze względu na wysoką zawartość tłuszczu postrzegano jako główny czynnik zwiększający ryzyko powstawania chorób serca. Z tego powodu zaczęto opracowywać nowe techniki chowu zwierząt, mające na celu redukcję zawartości tłuszczu w mięsie pozyskiwanym od tych zwierząt. W wyniku starań przemysłu mięsnego udało się ograniczyć o ponad 30% zawartość tłuszczu w wieprzowinie, 15% w wołowinie oraz 10% w baraninie. W kolejnych latach dalsze spadki poziomu tłuszczu o 5-10% dotyczyły wołowiny i baraniny. Powyższe rezultaty osiągnięto poprzez odpowiednią selekcję ras zwierząt przeznaczonych do uboju [11]. Wynika to z faktu, że zmienność genetyczna bydła opiera się na występowaniu różnic w zawartości tłuszczu między rasami, liniami krzyżowania lub poszczególnymi osobnikami. Rasa wpływa również na rozmieszczenie tłuszczu w tuszy wołowej, a profil kwasów tłuszczowych zależy od jego umiejscowienia. Czynniki genetyczne w mniejszym stopniu wykazują wpływ na zróżnicowanie profilu kwasów tłuszczowych niż podawana zwierzętom dieta [23, 24]. Na podstawie badań Nuernberga i wsp. (1999) prowadzonych z udziałem bydła ras: German Holstein, Galloway i Belgian Blue w okresie wzrostu stwierdzono, że zwierzęta rasy Belgian Blue cechują się najniższą zawartością cienkiej warstwy tłuszczu z najwyższą zawartością PUFA i najniższą ilością SFA. Badacze ci dowiedli również, że zmiany zawartości tłuszczu wpłynęły na zmiany profilu kwasów tłuszczowych a wraz ze zwiększeniem otluszczenia tuszy w okresie wzrostu, rozmieszczenie SFA w adipocytach wzrasta, natomiast względny udział fosfolipidów ulega zmniejszeniu, co prowadzi do zmiany współczynnika PUFA/SFA. Na podstawie innych badań podano, że różnice w zawartości śródmięśniowej warstwy tłuszczu podskórnego między zwierzętami różnych ras są na ogół niewielkie i często związane z utuczeniem zwierząt. Odkładanie się tłuszczu odzwierciedla różnice w równowadze pomiędzy wykorzystaniem egzogennych kwasów tłuszczowych, do własnej syntezy kwasów tłuszczowych „de novo” i degradacji triacylogliceroli. Mięso pochodzące od zwierząt rasy Japanese Black Wagyu znane jest z rozległej marmurkowatości i stosunkowo małej zawartości tłuszczu zewnętrznego. Podskórny i śródmięśniowy tłuszcz walców czystej rasy Black Wagyu lub jej krzyżówek [7, 19, 20] cechuje się wyższą zawartością jednonienasyconych kwasów tłuszczowych i wyższym współczynnikiem MUFA/SFA w porównaniu z mięsem większości ras dostępnym na rynku. Wysoka zawartość śródmięśniowego tłuszczu, niski współczynnik PUFA/SFA i niska zawartość kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie

pochodzącym od zwierząt Wagyu może mieć jednak negatywny wpływ na wartość odżywczą mięsa. Bydło rasy Jersey cechuje się wyższą zawartością kwasów tłuszczowych SFA i MUFA w stosunku do bydła rasy Limousine [30]. W obrębie rasy zwierząt można wykryć dziedziczne aspekty smakowości mięsa, związane najczęściej z różnymi zawartościami tłuszczu śródmięśniowego w tuszy [32]. Ilość tłuszczu w tuszy wołowej, jego rozmieszczenie i skład są istotne z konsumpcyjnego punktu widzenia, ponieważ to głównie tłuszcz śródmięśniowy wywiera wpływ na smakowość mięsa. Badania przeprowadzone w Australii wykazały, że wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu śródmięśniowego w tuszy ocena sensoryczna takich cech jakościowych jak: kruchość, soczystość, smak i ogólny stopień akceptacji była wyższa aż do osiągnięcia poziomu tłuszczu śródmięśniowego wynoszącego 14-17%. Tłuszcz trzewny, międzymięśniowy oraz podskórny odgrywają mniejszą rolę w kształtowaniu smakowości mięsa [2].

Gatunek zwierząt z których pozyskuje się mięso jest jednym z najważniejszych determinantów jego kruchości. Mięso pochodzące od zwierząt osiągających znaczne rozmiary, np. od bydła, cechuje się mniejszą kruchością niż mięso, otrzymane od zwierząt mniejszych np. trzody chlewnej ze względu na mniejsze rozmiary wiązek włókien mięśniowych. Ponadto mięso mniejszych zwierząt posiada zazwyczaj mniejszy udział tkanki łącznej. Wśród różnych ras bydła najwyższą kruchością cechuje się mięso pozyskane od zwierząt rasy Aberdeen Angus. Rasa ta charakteryzuje się znacznie mniejszymi rozmiarami niż tradycyjnie spotykane rasy, ponadto mięśnie tych zwierząt wykazują hipertrofię (czyli podwójne umięśnienie). Różnice w kruchości mięsa mogą również wynikać z odmiennych zawartości kolagenu i innego stopnia jego usieciowania, co ma miejsce w mięsie otrzymanym od zwierząt różnych ras [16]. Szacuje się, że 46% zmian w kruchości mięsa jest determinowanych genetycznie, a 54% środowiskowo. Wskazuje to, że możliwe jest zwiększenie kruchości poprzez selekcję genetyczną. Odpowiedni dobór ras i krzyżówek międzyrasowych przyczynia się do uzyskania mięsa o znacznie wyższych cechach organoleptycznych, co brane jest pod uwagę w programach krzyżowania zwierząt. Zidentyfikowano kilka genów odpowiedzialnych za kruchość mięsa. Najważniejsze dwa to gen odpowiedzialny za produkcję μ -kalpains (CAPN1) i inhibitor kalpastatyn (CAST) [8].

W celu zwiększenia konsumpcji mięsa wołowego w Polsce niezbędna jest poprawa jego jakości. Rozszerzenie hodowli i chowu ras mięsnych bydła i mieszańców z udziałem ras mięsnych jest niezbędnym krokiem w tym kierunku. Obecnie wielu hodowców posiada liczne stada bydła różnych ras mięsnych, jednak populacja czysto rasowego bydła mięsnego w Polsce jest nadal niewielka. Upłynie jeszcze wiele lat zanim podstawą produkcji mięsa wołowego w Polsce staną się zwierzęta ras mięsnych. Obecnie producenci wołowiny dysponują wyjściowymi rasami mlecznymi lub od niedawna krzyżówkami mięsno-mlecznymi. Krzyżowanie towarowe stanowi istotną kwestię w uzyskaniu wysokiej jakości mięsa wołowego, co zostało potwierdzone w innych krajach Unii Europejskiej. Uzyskane na drodze krzyżowania towarowego zwierzęta pochodzą od krów mlecznych i buhajów ras mięsnych. W wyniku zastosowania krzyżowania towarowego uzyskane mieszańce w porównaniu do bydła

mlecznego cechują się lepszym wykorzystaniem paszy, wyższą wartością opasową i rzeźną, wyższym stopniem umięśnienia oraz udziałem mięsa o wysokiej jakości przy jednocześnie niższej zawartości tłuszczu. Poszczególne bydło rasy mięsnej cechuje się zróżnicowaną przydatnością do krzyżowania towarowego. Do tego celu szczególnie przydatna jest francuska rasa Limousine. Jej potomstwo osiąga dobre przyrosty, jest bardzo dobrze umięśnione, a otrzymane mięso cechuje się wysoką jakością oraz niską zawartością tłuszczu. Podobnymi zaletami wyróżniają się mieszańce bydła mlecznego z włoską rasą mięsną Piemontese. Najbardziej liczne na świecie bydło brytyjskiej rasy Hereford i Angus oraz francuskiej rasy Salers wykazują mniejszą przydatność do krzyżowania towarowego [22].

ŻYWIENIE ZWIERZĄT

W krajach europejskich wyróżnia się trzy systemy żywienia bydła: intensywny, półintensywny, ekstensywny. Zwierzęta opasane według koncepcji wyżej wymienionych systemów różnią się następującymi cechami:

- ❖ wielkością przyrostów dobowych,
- ❖ końcową masą tuszy,
- ❖ nakładem składników pokarmowych na przyrost,
- ❖ jakością tusz ubijanych zwierząt [10].

W opasie intensywnym dąży się do otrzymania największych przyrostów masy zwierząt w jak najkrótszym czasie oraz do otrzymania tusz o wysokiej jakości. Przyrosty mas zwierząt powinny wynosić nie mniej niż 1000 g/dzień. Oznacza to zależnie od genotypu zwierząt uzyskanie w wieku 13-15 miesięcy końcowej masy 450-550 kg. Do realizacji tych założeń konieczne jest alkierzowe utrzymanie zwierząt (indywidualnie na uwięzi lub bezuwięziowe grupowe), przy liczbie osobników w kojcu nie przekraczającej 20 sztuk. Żywnienie zwierząt odbywa się poprzez podawanie im dawek pokarmowych o wysokiej koncentracji energii i białka w kilogramie suchej masy paszy treściwej. W systemie intensywnym najczęściej stosowaną paszą jest dobrej jakości sianokiszonka bądź kisonka (z kukurydzy), skarmiana ab libitum, uzupełniana produktami ubocznymi przemysłu rolno-spożywczego. Zwierzętom podaje się również siano – w bardzo małych ilościach: ok. 1 kg dziennie/1 osobnika. Warunkiem podjęcia intensywnego żywienia zwierząt w gospodarstwie jest posiadanie odpowiedniego wyposażenia budynków inwentarskich, dużych ilości dobrych pasz, a przede wszystkim występowanie korzystnej relacji cen zbóż do cen żywca. W krajach rozwiniętych produkcja zwierzęca zakłada szybki wzrost zwierząt w celu osiągnięcia wysokiej masy ubojowej w jak najkrótszym czasie. Produkcja taka realizuje zatem założenia intensywnego opasu zwierząt. W aktualnych warunkach gospodarczych panujących w Polsce metoda ta nie jest opłacalna [10].

Opas półintensywny stosuje się zwykle w rejonach o dużym udziale użytków zielonych. System ten może być oparty na wykorzystaniu własnych pasz, dostępnych w gospodarstwach. Opas ten polega na zastosowaniu, po 4-6 miesięcznym okresie odchowu zwierząt, sześciomiesięcznego okresu przygotowawczego. W tym okresie stosuje się żywienie pastwiskowe, bądź podawanie zwierzętom pasz suchych i soczystych zapewniając uzyskanie dobowych przyrostów

wynoszących 0,6 - 0,8 kg. Po zejściu zwierząt z pastwiska żywienie przebiega alkierzowo paszami objętościowymi (siano) do woli, zwiększając jednocześnie spożycie pasz treściwych (kisonki). Przy sukcesywnie zwiększaniem zadawaniu pasz treściwych (od 2 do 4 kg dziennie na sztukę) następuje zwiększenie mas zwierząt. W ostatnich 1,5-2 miesiącach opasu ogranicza się podawanie zwierzętom kisonek, zwiększając ilość siana z 1 do 2 kg, a paszy treściwej od 4 do 5 kg na sztukę dziennie. Takie modyfikacje proporcji pasz podawanych zwierzętom powodują zwiększenie przyrostów dobowych powyżej 1 kg, tak aby końcowa masa 18-to miesięcznych buhajków i walców utrzymywała się w przedziale 450-500 kg [9, 10]. W Polsce istnieją możliwości produkcji mięsa wołowego za pomocą systemu półintensywnego. Ekstensywny system żywienia zwierząt stosuje się zwykle przy opasaniu walców lub jałówek w rejonach o dużym udziale użytków zielonych. W systemie tym stosuje się opas zwierząt do wieku 24 - 27 miesięcy przy niskich lub średnich przyrostach dobowych (ok. 0,6 kg). Opas ekstensywny cechuje się wykorzystaniem prawie wyłącznie pasz gospodarskich, co sprawia że jest tanim sposobem żywienia zwierząt. Latem zwierzęta opasane są na pastwisku, zimą zaś podaje się im kisonki i siano (żywienie alkierzowe). Klasyczny opas ekstensywny obejmuje 2 sezony pastwiskowe i trwa do uzyskania końcowej masy zwierząt 500 - 550 kg. Na terenie Polski najbardziej opłacalnym systemem opasu zwierząt jest opas ekstensywny, jak również półintensywny [10].

System opasu zwierząt jest uważany za jeden z najważniejszych czynników, który wpływa na produkcję i jakość mięsa [9]. Najbardziej skutecznym środkiem zmiany zawartości tłuszczu i składu kwasów tłuszczowych jest odpowiednio przygotowana dieta zwierząt. Zawartość tłuszczu w mięsie w dużej mierze zależy od sposobu opasu zwierząt. Największe zawartości tłuszczu otrzymuje się w mięsie pozyskanym od zwierząt z intensywnego sposobu żywienia, w następnej kolejności z półintensywnego, najmniejsze zaś z ekstensywnego sposobu opasu. W przypadku, gdy dla zwierząt pasze ilościowe oraz objętościowe dostępne są w ilości ad libitum, przyrosty bydła żywionego paszą treściwą są bardzo często relatywnie wyższe od zwierząt opasanych wyłącznie trawami (wolny wypas trawami) lub zielonką (mieszaną traw). Zwierzęta karmione paszą treściwą charakteryzują się cięższymi i bardziej otluszczonymi tuszami przy takim samym okresie przyrostów do odpowiedniej masy. Masa tuszy, grubość fałdu tłuszczowego oraz przyrost masy zwierząt wpływają na jakość mięsa, w szczególności na kruchość oraz smakowitość. Zalecenia żywieniowe dążą do zmniejszenia spożycia tłuszczu i SFA oraz zwiększenia spożycia kwasów tłuszczowych n-3 w celu ustalenia korzystnej równowagi między kwasami tłuszczowymi n-6 i n-3 [23]. Istnieje wiele metod żywieniowych przyczyniających się do zwiększenia zawartości korzystnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu przeżuwaczy [33]. Aktualne zalecenia żywieniowe dotyczące zwiększenia spożycia w diecie kwasów tłuszczowych n-3 przyczyniły się do działań producentów mięsa wołowego zmierzających w kierunku zwiększenia zawartości tych kwasów w mięsie. Do żywieniowych źródeł kwasów tłuszczowych n-3 należą: olej rybi, glony, nasiona i oleje roślinne (orzeczkowy, rzepakowy, lniany). Większość kwasu linolowego i linolenowego obecnego w paszy ulega uwodornieniu w żwaczu oraz niewielka część może ulotnić się,

jednak pewna ich ilość ulega wchłonięciu i możliwe jest włączenie go do tkanek. Dodatek do diety zwierząt oleju z ryb lub glonów zwiększa zawartości kwasów: ejkozapentaenowego (EPA, C20:5 n-3) i dokozaheptaenowego (DHA, C20:6, n-3) w mięsie, nie wpływając jednocześnie na zmiany zawartości SFA, MUFA i pozostałych PUFA w tłuszczu śródmięśniowym i tkance tłuszczowej. Do zwiększenia zawartości kwasów tłuszczowych n-3 w tłuszczu wołowym przyczynia się również podawanie zwierzętom paszy zawierającej dodatek wolnego kwasu linolenowego. Badania prowadzone na bydło mlecznym oraz walcach pokazały, że biouwodornienie zachodzi bardziej intensywnie po podaniu zwierzętom karmy z dodatkiem ALA w porównaniu do kiszonki z trawy. Badania nad wpływem rodzaju opasu na skład kwasów tłuszczowych udowodniły, że pasza wywiera istotny wpływ na skład kwasów tłuszczowych i powstawanie niektórych tłuszczopochodnych związków aromatycznych [15]. Proporcje trawy w diecie zwierząt, rodzaj trawy/kiszonki oraz czas opasu zwierząt trawą przed ich ubojem wpływają na skład kwasów tłuszczowych w mięśniach [23]. Podawanie zwierzętom paszy objętościowej powoduje powstawanie w mięsie posmaku trawiastego, co jest związane z naturalnie wysoką zawartością kwasu linolenowego i obecnością w trawach innych polienowych kwasów tłuszczowych. Różnice w składzie kwasów tłuszczowych w podawanych zwierzętom paszach powodują powstawanie różnych profili smakowo-zapachowych podczas obróbki cieplnej mięsa. Zwiększenie intensywności opasania skraca czas opasu i wpływa na wzrost zawartości tłuszczu śródmięśniowego w tuszy, co korzystnie oddziałuje na cechy jakościowe mięsa, głównie na aromat, barwę i soczystość. Zwiększenie zaś czasu trwania opasu zwierząt przed ubojem prowadzi do znacznego spadku zawartości SFA w mięśniach i tłuszczu podskórnego oraz jednoczesnego wzrostu zawartości kwasów tłuszczowych n-3, a tym samym spadek wskaźnika n-6/n-3 PUFA [21]. Mięso wołowe dostępne w sprzedaży detalicznej, pochodzące z opasów półintensywnego i ekstensywnego zawiera wyższe stężenie kwasów tłuszczowych n-3 w porównaniu do wołowiny pochodzącej od zwierząt opasanych intensywnie [27]. Len/olej lniany oraz rzepak/olej rzepakowy obecne w diecie zwierząt powodują wzrost zawartości kwasów tłuszczowych n-3 oraz obniżają stosunek n-6/n-3. Karmienie zwierząt olejami roślinnymi i roślinami oleistymi przyczynia się do zmiany składu kwasów tłuszczowych w mięsie. Zawartość oleju słonecznikowego w koncentratkach stosowanych w żywieniu bydła, prowadzi do wzrostu zawartości kwasów tłuszczowych n-6 w tłuszczu mięśniowym, głównie ze względu na wyższą zawartość LA [23].

Liczne doniesienia na temat wpływu żywienia zwierząt na jakość sensoryczną mięsa są niejednoznaczne. W niektórych badaniach wykazano, że smakowitość i kruchość mięsa pozyskanego od bydła żywionego na pastwisku jest wyżej oceniana niż jakość mięsa uzyskanego od bydła z chowu alkierzowego [29]. W innych zaś dowiedziono, że jakość wołowiny pochodzącej z ekstensywnego systemu opasu jest niższa w porównaniu do wołowiny z opasą treściwą [28]. Systemy produkcji wołowiny w Północnej Ameryce oparte są na żywieniu zwierząt paszą treściwą, co w konsekwencji powoduje otrzymanie mięsa bardziej kruchego (miękkiego) o bardziej pożądanym smaku niż mięso produkowane w systemie wolnego opasu. Wyższa kruchość

amerykańskiej wołowiny związana jest z mniejszą zawartością tkanki łącznej i/lub wzrostem ilości rozpuszczalnego kolagenu. Podobne wyniki otrzymano w pracy Silva'y i wsp. (2010) [31], gdzie wykazano, że wraz ze wzrostem wartości energetycznej diety bydła otrzymuje się mięso o większej kruchości. Szybki przyrost młodych zwierząt zapewnia niższy udział i stopień usieciowienia kolagenu, co przyczynia się do zwiększenia kruchości mięsa [16]. Zwierzęta karmione koncentratami mają bardziej umięśnione tusze w porównaniu do karmionych zwykłymi paszami, co przekłada się na wyższą kruchość mięsa pozyskanego od tych zwierząt. Dodatkowo wyższy udział tłuszczu śródmięśniowego w tuszy pozytywnie wpływa na kruchość mięsa [30]. Ponadto podawanie zwierzętom ziarna powoduje zmniejszenie skurczu sarkomerów podczas kondycjonowania mięsa, co również przekłada się na zwiększenie jego kruchości. Wysoki poziom spożycia traw (w opasie półintensywnym i ekstensywnym), a w konsekwencji niższe dzienne przyrosty mas zwierząt i duże zużycie białka wynikające ze zwiększonego ruchu zwierząt skutkują wzrostem całkowitej zawartości kolagenu w mięśniach i zmniejszeniem ilości frakcji rozpuszczalnej. Przyczynia się to do zwiększenia twardości takiego mięsa [13]. Poprawa szybkości i wydajności wzrostu u zwierząt jest dla hodowców ważnym czynnikiem ekonomicznym. W związku z tym w niektórych krajach w trakcie chowu mogą być stosowane tzw. promotory wzrostu, czyli substancje, które modyfikują metabolizm zwierząt i podwyższają przyrost masy. Najczęściej są to steroidy anaboliczne i antagoniści receptorów beta adrenergicznych. Pomimo wielu dowodów naukowych potwierdzających bezpieczeństwo ich stosowania związki te są zabronione w hodowli zwierząt w krajach Unii Europejskiej. Dopuszczone do stosowania są w innych krajach, w tym w USA. W szeregu doniesień naukowych podkreśla się, że stosowanie tego typu substancji w hodowli zwierząt może powodować znaczne obniżenie cech organoleptycznych mięsa, w tym jego kruchości [8].

STATUS HORMONALNY ZWIERZĄT

W niektórych krajach kastracja buhajów jest tradycyjną praktyką stosowaną niegdyś w celu uzyskania zwierząt pociągowych. Obecnie zabieg kastracji prowadzony jest w celu uzyskania mięsa o specyficznych właściwościach. We Włoszech praktyka ta prowadzona jest w celu uzyskania wysokiej jakości mięsa z walców do produkcji lokalnych i tradycyjnych dań. Ogólnie jednak w drugiej połowie 20 wieku tradycja kastracji zanikła z wielu powodów: niskiego wykorzystania paszy przez walców [5, 34], długiego ich opasu, wysokiej zawartości tłuszczu w mięsie pozyskanym z walców. W ostatnim czasie obserwuje się jednak ponowny wzrost zainteresowania produkcją walców, ze względu na wysoką jakość ich mięsa. Kastracja buhajów redukuje zachowania agresywne, ułatwia zajmowanie się zwierzętami i redukuje liczbę uszkodzeń ciała zwierząt. Tradycyjna praktyka zakłada kastrację przed osiągnięciem dojrzałości płciowej buhajów, jednak obecnie rozpowszechniona jest kastracja po osiągnięciu dojrzałości płciowej, mimo zwiększonego stresu i dyskomfortu zwierząt [12, 17]. Kastracja po osiągnięciu dojrzałości płciowej w porównaniu z kastracją przeprowadzaną przed osiągnięciem dojrzałości pozytywnie wpływa na zatrzymanie produkcji męskich hormonów

plciowych, tempo wzrostu, wykorzystanie paszy i dzienne przyrosty zwierząt. Chów walców w porównaniu do buhajów wymaga wyższych nakładów, ponieważ dłuższy jest okres opasu, gorsze wykorzystanie paszy oraz mniejsze przyrosty. Rekompensatą za słabe wyniki produkcyjne w hodowli walców może być wyższa cena ich mięsa w porównaniu do cen mięsa buhajów, co pozwala pokryć rolnikom wyższe koszty ich opasu [5].

Kastracja buhajów przyczynia się do zwiększenia ilości tłuszczu w tylnej części tuszy oraz tłuszczu śródmięśniowego, powoduje ponadto zwiększenie miękkości mięsa i redukcję jego pH. W porównaniu do mięsa pozyskanego od buhajów mięso walców cechuje się zawartością tłuszczu o wyższej spójności o białym lub białawym zabarwieniu, zaś u zwierząt dobrze utuczonych – żółtym [16]. Najbardziej wartościowe mięso pochodzi od walców młodych, zaś od starszych pozyskuje się mięso o jeszcze większej ilości tłuszczu. Malau-Aduli i wsp. (2000) [18] odnotowali różnice w kompozycji fosfolipidów i triacylogliceroli pomiędzy jałówkami i walcami. Wolce cechują się większą zawartością kwasu palmitynowego i MUFA, natomiast mniejszą zawartością PUFA w mięśniach w porównaniu z jałówkami. Różnice w zawartości kwasów tłuszczowych n-6 PUFA lub n-3 PUFA pomiędzy płcią bydła są zazwyczaj małe [23]. Poziom hormonów męskich w organizmie zwierzęcia odgrywa istotny wpływ na smakowitość mięsa. W mięsie pochodzącym od starszych osobników męskich (buhajów, jak również wieprzy) wyczuwa się charakterystyczny posmak, będący następstwem obecności hormonów płciowych, co jest niewyczuwalne w mięsie pozyskanym od walców. Mięso tej kategorii zwierząt rzeźnych jest towarem szczególnie cenionym. Wykazuje ono świeżość, lekko aromatyczną woń. Kruchość mięsa pozyskanego od walców jest wyższa niż kruchość mięsa buhajów. Związane jest to z wyższą zawartością tłuszczu w mięsie oraz niższym udziałem kolagenu [16].

WIEK UBOJOWY ZWIERZĄT

Do głównych zmian związanych z procesem starzenia i rozwojem zwierząt należy zwiększenie całkowitej zawartości tkanki tłuszczowej oraz średnicy komórek tłuszczowych [1]. Wraz ze wzrostem bydła od urodzenia do uboju wzrasta również odkładanie tłuszczu w tuszy, najpierw w podskórnej tkance tłuszczowej, a później w cienkiej warstwie tłuszczu. Ilość nasyconych kwasów tłuszczowych charakteryzuje się ciągłym wzrostem [23], zatem ich zawartość ulega sukcesywnemu zwiększeniu wraz z wiekiem zwierząt. Nie do końca wyjaśniony jest wpływ wieku zwierząt na ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie wołowym. Zmiany zawartości tłuszczu oraz nasyconych kwasów tłuszczowych w tuszy zwierzęcia warunkują jakość i intensywność odczuwania smakowitości mięsa. Im starsze jest zwierzę, tym intensywność doznań smakowych jakich dostarcza mięso jest silniejsza. Siła smaku wołowiny na ogół wzrasta do 18 miesiąca życia [4]. Wiek zwierząt w momencie uboju znacząco wpływa również na kruchość mięsa, co jest związane ze zmianami jakości i ilości kolagenu w mięsie. Wraz ze wzrostem wieku ubojowego zwierząt następuje spadek kruchości mięsa, co bezpośrednio może wiązać się ze wzrostem zawartości w mięśniach tkanki łącznej [16]. Zależność między zawartością kolagenu i kruchością mięsa jest znacznie

silniejsza w mięśniach zwierząt dojrzałych niż w mięśniach zwierząt młodych. Różnice w zawartości kolagenu w mięsie w zależności od wieku zwierząt w momencie uboju wynikają z faktu, że wytrzymałość oraz ilość usieciowanych form kolagenu zwiększa się gdy zwierzę jest starsze i bardziej dojrzałe. Wynika to z potrzeby zapewnienia strukturalnego podparcia dla mięśni. Jednocześnie niekorzystnie wpływa to na kruchość mięsa wołowego, co wynika z faktu, że usieciowane formy kolagenu pod wpływem obróbki cieplnej jedynie w niewielkim stopniu ulegają przekształceniu w formę rozpuszczalnej żelatyny [3, 25]. Wraz z wiekiem zwierząt zwiększa się zarówno ilość jak i stopień usieciowania kolagenu, natomiast zmniejsza się udział kolagenu rozpuszczalnego w trakcie obróbki kulinarnej [16]. Biorąc pod uwagę zawartość kolagenu w mięsie uwarunkowaną wiekiem zwierząt, można stwierdzić, że wołowinę cechującą się największą kruchością uzyskuje się od zwierząt poniżej 19 miesiąca życia. Udowodniono, że graniczny wiek zwierząt, od których pozyskuje się mięso wysokiej jakości wynosi 30 miesięcy. Spadek kruchości jest mało zauważalny u bydła starszego niż 18 miesięcy. Mięso pochodzące od bydła pomiędzy 3 – 3,5 a 9 – 11 lat nie wykazuje istotnych różnic w zmianach kruchości, co wskazuje że takie mięso nie różni się ilością i jakością kolagenu [3, 25]. Badania potwierdzają że relacje między wiekiem zwierząt a kruchością mięsa nie odzwierciedlają tylko bezpośrednich zmian zachodzących w tkankach mięśni, ale wynikają również z wielkości i stopnia otłuszczenia tuszy zwierzęcia [16].

ROZMIESZCZENIE MIĘŚNI W TUSZY ZWIERZĘCIA

Ze względu na różny charakter mięśni, inne funkcje pełnione w organizmie i intensywność wykonywanej pracy, smakowitość mięśni w obrębie tuszy jest zróżnicowana. Mięśnie o większej aktywności w okresie przyżyciowym wykazują silniejszy aromat niż mięśnie mniej aktywne. Najbardziej kruchy mięsień bydła (*m. psoas*) charakteryzuje się słabą smakowitością, w odróżnieniu do smakowitości mięśni przepony, która jest szczególnie intensywna. *M. longissimus dorsi* ma silniejszy smak niż *m. semitendinosus* [13]. Na kruchość mięsa wpływają zarówno fizyczne, jak i chemiczne właściwości mięśni. Wiele czynników samej budowy mięśni znacząco wpływa na cechy tekstury mięsa, z czego najważniejsze to: ilość i stopień usieciowania tkanki łącznej, długość sarkomerów, szybkość i stopień pośmiertnej proteolizy oraz zawartość i proporcje rodzajów białek mięśniowych: miofibryli (aktyny, miozyny i tropomiozyny) oraz białek sarkoplazmy. Poszczególne mięśnie w obrębie jednej tuszy znacznie różnią się pod względem kruchości, co wynika z intensywności ich pracy wykonywanej podczas życia, rzutującej na grubość włókien oraz zawartość kolagenu. Mniejsza zawartość kolagenu jest charakterystyczna dla mięśni, które za życia zwierząt nie wykonywały dużej pracy. Natomiast mięśnie bardzo aktywne zawierają stosunkowo większe ilości tego białka [24, 26]. Mięśnie kończyn cechują się wyższym udziałem kolagenu, w porównaniu do pozostałych mięśni obecnych w tuszy zwierzęcia. Kruchość mięsa jest tym większa, im mniejszy jest przekrój włókien mięśniowych, mniejsze są wiązki tych włókien i im większa jest długość sarkomerów. Skrócenie sarkomerów może być

następstwem nieprawidłowo przeprowadzonego procesu kondycjonowania i dojrzewania mięsa. Kolagen stanowi strukturalne wsparcie komórek mięśniowych. W mięśniach cechujących się niewielkim udziałem kolagenu kruchość warunkowana jest stopniem kurczenia się sarkomerów [8, 16].

PODSUMOWANIE

Analiza danych literaturowych wskazuje, że czynniki przedubojowe, takie jak rasa, sposób żywienia, wiek w momencie uboju, obecność w tuszy osobników męskich hormonów płciowych, czy rozmieszczenie mięśni w tuszy zwierzęcia wywierają zróżnicowany wpływ na jakość mięsa. Krzyżowanie krów mlecznych i buhajów ras mięsnych pozwala na uzyskanie mięsa o jakości nieco gorszej do jakości mięsa pochodzącego z ras mięsnych ale znacząco wyższej w porównaniu do mięsa ras mlecznych. Mięso pochodzące ze zwierząt żywionych ekstensywnie zawiera znaczną ilość kwasów tłuszczowych nienasyconych, natomiast mięso otrzymane ze zwierząt żywionych intensywnie cechuje się wysoką zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych. Mięso pochodzące od wołców cechuje się wyższą jakością sensoryczną ze względu na wysoką kruchość, co jest związane z wyższym udziałem tkanki tłuszczowej. Jakość sensoryczną, a szczególnie teksturę mięsa warunkuje również wiek zwierząt, co jest związane z niższą zawartością kolagenu w tkance łącznej młodszych zwierząt.

LITERATURA

- [1] **ALBRECHT E., F. TEUSCHER, K. ENDER, J. WEGNER. 2006.** "Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle". *Journal of Animal Science* 84, 5: 1067–1075.
- [2] **ALDAI N., A. I. NAJERA, M. E. R. DUGAN, R. CELAYA, K. OSORO. 2007.** "Characterization of intramuscular, intermuscular and subcutaneous adipose tissues in yearling bulls of different genetic groups". *Meat Science* 76, 4: 682–91.
- [3] **ARCHILE-CONTRERAS A. C., I. B. MANDELL, P. P. PURSLOW. 2010.** "Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles". *Meat Science* 86, 2: 491–497.
- [4] **BEDNÁROVÁ A., J. MOCÁK, W. GOSSLER, M. VELIK, J. KAUFMANN, L. STARUCH. 2013.** "Effect of animal age and gender on fatty acid and elemental composition in Austrian beef applicable for authentication purposes". *Chemical Papers* 67, 3: 274–283.
- [5] **BIAGINI D., C. LAZZARONI. 2007.** "Effect of pre- and post-pubertal castration on Piemontese male calves: I. Live and slaughtering performances". *Livestock Science* 110: 181–186.
- [6] **DOMARADZKI P., M. FLOREK, A. LITWIŃCZUK. 2016.** "Czynniki kształtujące jakość mięsa wołowego". *Wiadomości Zootechniczne, R. LIV*, 2: 160–170.
- [7] **ELIAS CALLES J. A., C. T. GASKINS, J. R. BUSBOOM, S. K. DUCKETT, J. D. CRONRATH, J. J. REEVES. 2000.** "Sire variation in fatty acid composition of crossbred Wagyu steers and heifers". *Meat Science* 56, 1: 23–29.
- [8] **FAROUK M. M., E. WIKLUND, K. ROSENVOLD. 2009.** "Fresh meat texture and tenderness" [w:] Kerry J., Ledward D. (red.): *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*. wyd. Woodhead, Cambridge: 61–88.
- [9] **FRENCH P., E. G. O'RIORDAN, F. J. MONAHAN, P. J. CAFFREY, M. VIDAL, M. T. MOONEY, D. J. TROY, A. P. MOLONEY. 2000.** "Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets". *Meat Science* 56, 2: 173–180.
- [10] **H. GRODZKI, P. BRZOZOWSKI. 2005.** *Hodowla i użytkowanie bydła* [w:] Grodzki H. (red): *Hodowla i użytkowanie zwierząt gospodarskich*. wyd. SGGW: 11–91.
- [11] **HIGGS J. 2002.** *The nutritional quality of meat* [w:] Kerry J., Kerry J., Ledward D. (red.): *Meat processing - improving quality*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Raton: 64–103.
- [12] **KEANE M. G. 1999.** "Effects of time of complete or split castration on performance of beef cattle". *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 38, 1: 41–51.
- [13] **KOŁCZAK T. 2008.** "Jakość wołowiny". *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1, 56: 5–22.
- [14] **KOSICKA-GĘBSKA M., N. PRZEŹDZIECKA, J. GĘBSKI. 2010.** "Tendencje zmian w spożyciu mięsa wołowego w Polsce w latach 2000–2009". *Problemy Rolnictwa Światowego* 10, 25: 49–59.
- [15] **KOUTSIDIS G., J. S. ELMORE, M. J. ORUNCONCHA, M. M. CAMPO, J. D. WOOD, D. S. MOTTRAM. 2008.** "Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed". *Meat Science* 79, 1: 124–130.
- [16] **LAWRIE R. A. 2006.** "The eating quality of meat" [w:] Lawrie R. A. (red.): *Meat science*, Oxford, London: Pergamon Press: 279–341.
- [17] **MACH N., A. BACH, C. E. REALINI, I. FONT, M. FURNOLS, A. VELARDE. 2009.** "Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance, behaviour, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets". *Meat Science* 81, 2: 329–334.
- [18] **MALAU-ADULI A. E. O., M. A. EDRISS, B. D. SIEBERT, C. D. K. BOTTEMA, M. P. B. DELAND, W. S. PITCHFORD. 2000.** "Estimates of genetic parameters for triacylglycerol fatty acids in beef cattle at weaning and slaughter". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 83, 4–5: 169–180.
- [19] **MIR P. S., M. IVAN, M. L. HE, B. PINK, E. OKINE, L. GOONEWARDENE, T. A. MCALLISTER, R. WESLAKE, Z. MIR. 2003.** "Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: A review". *Canadian Journal of Animal Science* 83, 4: 673–685.
- [20] **MIR P. S., T. A. MCALLISTER, S. SCOTT, J. AALHUS, V. BARON, D. MCCARTNEY, E. CHARMLEY, L. GOONEWARDENE, J. BASARAB, E. OKINE, R. WESLAKE, Z. MIR. 2004.** "Conjugated linoleic acid-enriched beef production". *American Journal of Clinical Nutrition* 79, suppl. 6: 1207–1211.

- [21] NOCI F., P. O. O'KIELY, F. J. MONAHAN, C. STANTON, A. P. MOLONEY. 2005. "Conjugated linoleic acid concentration in M. Longissimus dorsi from heifers offered sunflower oilbased concentrates and conserved forages". *Meat Science* 69, 3: 509–518.
- [22] NOGALSKI Z. 2002. "Growth rate and slaughter value of the offspring of Black-and White cows and bulls from Kortowo Synthetic Line". *Journal of Natural Sciences* 12, 3: 159–167.
- [23] NUERNBERG K. 2009. "Optimising the nutritional profile of beef" [w]: *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*: 321–341.
- [24] NUERNBERG K., B. ENDER, H. J. PAPSTEIN, J. WEGNER, K. ENDER, G. NUERNBERG. 1999. "Effects of growth and breed on the fatty acid composition of the muscle lipids in cattle". *European Food Research and Technology* 208, 5-6: 332–335.
- [25] PISULA A., A. TYBURCY, K. DASIEWICZ. 2007. "Czynniki decydujące o jakości mięsa wołowego". *Gospodarka Mięsna* 1, 7: 4–11.
- [26] PURSLOW P., A. ARCHILE-CONTRERAS, M. CHA. 2012. "Manipulating meat tenderness by increasing the turnover of intramuscular connective tissue". *Journal of Animal Science* 90, 3: 950–959.
- [27] RAZMINOWICZ R. H., M. KREUZER, M. R. L. SCHEEDER. 2006. "Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef". *Meat Science* 73, 2: 351–361.
- [28] SAMIA S., C. AUGUSTINI, F. J. SCHWARZ. 2004. "Effect of feeding intensity and time on feed on intramuscular fatty acid composition of Simmental bulls". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 88, 5-6: 179–187.
- [29] SCOLLAN N., J. FRANCOIS-HOCQUETTE, K. NUERNBERG, D. DANNENBERGER, I. RICHARDSON, A. MOLONEY. 2006. "Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef and their relationship with meat quality". *Meat Science* 74: 17–33.
- [30] SIEBERT B. D., W. S. PITCHFORD, Z. A. KRUK, H. KUCHEL, M. P. DELAND, C. D. BOTTEMA. 2003. "Differences in delta-9 desaturase activity between Jersey- and Limousin-sired cattle". *Lipids* 38, 5: 539–543.
- [31] SILVA C., O. REGO, E. SIMÕES, H. ROSA. 2010. "Consumption of high energy maize diets is associated with increased soluble collagen in muscle of Holstein bulls". *Meat Science* 86, 3: 753–757.
- [32] VIEIRA C., A. CERDEÑO, E. SERRANO, P. LA-VÍN, A. MANTECÓN. 2007. "Breed and ageing extent on carcass and meat quality of beef from adult steers (oxen)". *Livestock Science* 107, 1: 62–69.
- [33] WOOD J. D., R. I. RICHARDSON, G. R. NUTE, A. V. FISHER, M. M. CAMPO, E. KASAPIDOU, P. R. SHEARD, M. ENSER. 2003. "Effects of fatty acids on meat quality: a review". *Meat Science* 66, 1: 21–32.
- [34] WORRELL M. A., D. C. CLANTON, C. R. CLKINS. 1987. "Effect of weight castration on steer performance in the feedlot". *Journal of Animal Science* 64: 343–347.