

Surowce zwierzęce i ich jakość

1. Wprowadzenie

W poszczególnych regionach świata produkcja mięsa jest bardzo zróżnicowana. Na wielkość i charakterystykę produkcji na danym obszarze determinujący wpływ mają m.in. lokalne preferencje dotyczące użytkowanych genotypów zwierząt, czynniki środowiskowo-paszowe ich chowu i tuczu, a także poziom opieki weterynaryjnej. Duże znaczenie mają również zamożność i uwarunkowania kulturowe oraz religijne mieszkańców. Ponadto w ostatnim okresie znaczną uwagę zwraca się na dobrostan zwierząt, ochronę środowiska oraz bezpieczeństwo zdrowotne konsumenta.

Światowa produkcja mięsa wynosiła¹ w 2012 r. ponad 290 mln ton, w tym ok. 60 mln ton stanowiła wołowina, 102 mln ton wieprzowina oraz 86 mln ton mięso drobiowe. Udział UE w światowej produkcji wynosił ok. 8 mln ton wołowiny, 22 mln ton wieprzowiny oraz 11 mln ton mięsa drobiowego.

Największymi producentami mięsa w 2012 r. były: Chiny, USA i Brazylia, a wśród krajów UE: Niemcy, Francja i Hiszpania.²

W międzynarodowym obrocie towarowym w 2012 r. było ponad 29 mln ton mięsa, w tym ok. 13 mln ton drobiowego, 7,4 mln ton wieprzowiny oraz 8 mln ton wołowiny. Największymi eksporterami mięsa były: Brazylia, USA i Australia, natomiast największymi importerami: Japonia, Federacja Rosyjska oraz USA. Państwa UE wyeksportowały w tym roku 2,28 mln ton wieprzowiny, 0,310 mln ton wołowiny oraz 0,530 mln ton mięsa drobiowego.³

2. Główne gatunki zwierząt rzeźnych

Trzoda chlewna

Rozmieszczenie i wielkość pogłowia świń na świecie zależy przede wszystkim od względów wyznaniowych i zasobów paszowych oraz popytu na mięso wieprzowe. Na świecie wyróżnia się trzy centra hodowli świń: europejskie (Dania, Holandia, Polska, Niemcy, Francja i Węgry); amerykańskie (USA i Kanada) oraz azjatyckie (Chiny). Liczącym się producentem wieprzowiny jest również Brazylia. W Europie największymi producentami wieprzowiny są Niemcy, Hiszpania i Francja. Największymi eksporterami mięsa wieprzowego są: USA, Kanada, Brazylia, Unia Europejska, a głównymi odbiorcami Japonia, Południowa Korea, Hongkong i kraje byłego ZSRR.

Znacząca pozycja trzody chlewnej wynika z tego, iż jest to gatunek użytkowany tylko w kierunku rzeźnym, posiadający szereg zalet predestynujących go do produkcji mięsa. Do najważniejszych z nich zalicza się:

- stosunkowo wczesne osiągnięcie dojrzałości fizjologicznej i fizycznej umożliwiające szybkie uzyskanie potomstwa od loszki i szybką amortyzację osobników hodowlanych,

¹ Źródło: Food Outlook, Annual report on global food markets, June 2013.

² Źródło: Food Outlook, Annual report on global food markets, June 2013.

³ Źródło: Food Outlook, Annual report on global food markets, June 2013.

- bardzo dużą rozrodczość wynikającą z wielorodności (dużej liczby potomstwa w jednym miocie) oraz policykliczności, umożliwiającej uzyskanie w ciągu jednego roku ponad 2-2,5 miotów od jednej lochy, co umożliwia uzyskanie ok. 2-2,5 tony żywca rzeźnego od 1 lochy i zmniejsza koszt uzyskania potomstwa w stosunku do utrzymania stada podstawowego,
- szybki wzrost i dobre wykorzystanie paszy, umożliwiające uzyskanie tuczniaka o masie 100 kg przed upływem 5 miesięcy i zużyciu paszy wynoszącym 3-3,5 kg pełnoporcjowej paszy na kg przyrostu masy ciała, o wiele mniejszym, niż u bydła i owiec, a niewiele większym od drobiu,
- wszystkożerność, dzięki której można wykorzystywać w żywieniu świń różnorodne pasze produkowane w gospodarstwie rolnym, odpadki żywnościowo niewykorzystane, oraz pasze pochodzenia przemysłowego, uniezależniając chów i tucz świń od pasz pochodzących m.in. z gospodarstwa rolnego,
- mniejszą pracochłonność w porównaniu do innych gatunków zwierząt oraz możliwość produkcji tuczniaków na dużych fermach świń systemem przemysłowym,
- dużą wydajność rzeźną (stosunek masy tuszy do masy przedubojowej tuczniaków), w porównaniu do innych gatunków zwierząt, kształtującą się na poziomie 75-85%.

W przeszłości świnię dzielono na trzy typy użytkowe: słoninowy, tłuszczowo-słoninowy i mięsny. Kryteriami podziału było tempo wzrostu i wczesność dojrzewania. Większość współczesnych ras świń zalicza się do typu mięsnego, który charakteryzuje szybkie tempo wzrostu połączone z intensywnym odkładaniem tkanki mięśniowej. Rasy te różnią się między sobą dzielnością tuczną, mięsnością, wykorzystaniem paszy, odpornością na stres i jakością mięsa (przydatnością przerobową i kulinarną). W wielu państwach Europy w programach hodowlanych poszczególnych ras, oprócz kryteriów ukierunkowanych na doskonalenie cech użytkowości rozplodowej, dzielności tucznej i wartości rzeźnej, priorytet mają działania ukierunkowane na cechy jakości mięsa. W programach doskonalenia czystych ras świń prowadzi się kontrolę na nosicielstwo genu RYR1^T (genu wrażliwości świń na stres, odpowiedzialnego za występowanie po uboju mięsa wadliwego typu PSE).

W państwach Unii Europejskiej dominują dwie grupy ras trzody chlewnej, tj. wielka biała angielska oraz jej pochodne i tzw. rasy krajowe (landrrase), np. duńska, szwedzka, belgijska.

Obecnie w produkcji tuczniaków stosuje krzyżowanie towarowe świń. Rasy dzieli się na tzw. mateczne i ojcowskie. Rasy zaliczane do matecznych powinny charakteryzować się: odpornością na stres, wysoką użytkowością rozplodową (płodność, plenność i troskliwość macierzyńska), dobrym przystosowaniem do lokalnych warunków środowiskowych, tempem wzrostu i wykorzystaniem paszy oraz przynajmniej średnią mięsnością i dobrą jakością mięsa. Rasy ojcowskie powinny charakteryzować się: odpornością na stres (populacja wolna od genu wrażliwości na stres RYR1^T), wybitną mięsnością, wysokim tempem wzrostu, niskim zużyciem paszy na 1 kg przyrostu, wysokim libido i dobrą jakością nasienia. Do ras tych zalicza się pietrain, duroc i hampshire. Z uwagi na wysoką częstość występowania wad jakości mięsa u świń ras pietrain i hampshire jako komponenty ojcowskie

zaleca się wykorzystywać jedynie populacje świń tych ras wolne od genów warunkujących powstawanie wad jakości mięsa (gen RYR1^T i gen RN⁻).

Celem utrzymania stada podstawowego (loch i knurów) jest produkcja prosiąt, które następnie przekazywane są do sektora tuczu, gdzie odbywa się końcowy etap produkcji surowca rzeźnego. W trakcie tuczu działania producenta ukierunkowane są na wykorzystanie predyspozycji świń do szybkiego przyrostu mięśni, przy możliwie jak najmniejszych nakładach finansowych. O ekonomicznym sukcesie w tuczu decydują: zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy tuczniaka, cena paszy, okres trwania tuczu (uzależniony od szybkości wzrostu tuczników), jakość wyprodukowanego surowca w odniesieniu do systemu rozliczenia z nabywcą. W przypadku rozliczenia producenta z nabywcą w oparciu o mięśność tuczniaka, znaczący wpływ ma procentowa zawartość mięsa w tuszy. Pasza stanowi największą pozycję w kosztach tuczu, a jej wartość może wynosić do 70% ogółu poniesionych nakładów. Stąd na opłacalność tuczu świń największy wpływ ma wykorzystanie paszy, czyli jej zużycie na 1 kg przyrostu masy ciała. Dobre wykorzystanie paszy przejawia się wysokimi dobowymi przyrostami masy tuczniaka.

W początkowej fazie tuczu najintensywniej zwiększa się masa układu kostnego, następnie mięśni, a pod koniec odkłada się tłuszcz. W pewnym okresie życia tempo przyrostu tkanki mięśniowej osiąga wartość maksymalną i od tego momentu w dobowych przyrostach masy ciała zaczyna przeważać przyrost tłuszczu. W odniesieniu do wybitnie mięsnych ras świń, następuje to w wieku ok. 5-6 miesięcy, przy masie ciała ok. 90-100 kg. W latach 80-tych ubiegłego wieku w państwach UE obowiązkowej klasyfikacji żywca wieprzowego systemem EUROP, w oparciu o procentową zawartość mięsa w tuszy, spowodowało szybki postęp w doskonaleniu mięśności pogłowia masowego.

Zależnie od rodzaju skarmianych pasz, intensywności żywienia, wartości genetycznej zwierząt i stosowanej technologii tucz może trwać dłużej lub krócej i prowadzić do uzyskania tusz o różnej masie i jakości. W zależności od wartości pokarmowej pasz stosowanych w tuczu można go podzielić na tucz jedno-, dwu- lub czterofazowy. W tuczu jednofazowym stosuje się jeden typ paszy pełnoporcjowej o pośredniej wartości pokarmowej, w dwufazowym w pierwszych dwóch miesiącach tuczu skarmia się paszę o większej wartości pokarmowej, a następnie przez pozostałe dwa miesiące mieszankę o mniejszej zawartości energii i białka. Tucz czterofazowy różni się od dwufazowego łagodniejszym przechodzeniem z paszy lepszej na gorszą, eliminując możliwość wystąpienia stresu związanego z nagłą zmianą paszy.

Bydło

Bydło jest najliczniej reprezentowanym gatunkiem zwierząt gospodarskich (ok. 1,4 mld szt.) i hodowane jest we wszystkich strefach klimatycznych. Ponad połowa światowego pogłowia bydła utrzymywana jest w Ameryce Południowej i Azji. Aktualnie, najliczniejszą populację tych zwierząt posiadają Brazylia (199 mln szt.), Indie (176 mln szt.), USA (97 mln szt.) i Chiny (82 mln szt.). Zdecydowana większość bydła w świecie (około 1 mld szt.) utrzymywana jest wyłącznie celem

produkcji mięsa. W Europie dominuje użytkowanie „mleczne” bydła. Przy pogłowie stanowiącym jedynie 10% światowego, produkcja mleka stanowi 40% światowej ilości.⁴

U bydła wyróżniamy 3 zasadnicze typy użytkowe: mleczny, mięsny i kombinowany.

Typ mleczny – obejmuje rasy stosunkowo wolno rosnące i późno dojrzewające o specyficznej budowie ciała – widziane z boku zbliżone są kształtem do trójkąta. Zarysy ciała zwierzęcia są kanciaste, umięśnienie słabo rozwinięte, płaskie. Słaby rozwój umięśnienia jest widoczny zwłaszcza na udach, których mięśnie są długie i płaskie. W świecie jest tylko 5 ras bydła mlecznego. Najbardziej popularne rasy mleczne to: holsztyńsko-fryzyjska i jersey.

Typ mięsny – należą tutaj głównie rasy wczesnie dojrzewające o wysokich przyrostach masy ciała. Przednia partia tułowia jest mocno rozwinięta, a zwierzę (widoczne z boku) ma kształt zbliżony do prostokąta. Bydło w typie mięsnym charakteryzuje się wysoką wydajnością rzeźną (dochodzącą do 70%) i dobrej jakości mięsem. W świecie zarejestrowanych jest ponad 100 ras bydła mięsnego. Najpopularniejsze to: francuskie – limousin i charolaise, angielskie – hereford i aberdeen angus oraz rasa włoska – piemontese.

Typ kombinowany – jest to bydło zbliżone budową bardziej do typu mięsnego niż mlecznego, stąd jego stosunkowo dobra użytkowość mięsna. W produkcji mleka i mięsa wykorzystywane jest w świecie ok. 100 ras w kombinowanym typie użytkowym. Najbardziej znane to: rasa simentalska, brunatna alpejska (brown swiss) i czarno-biała (holenderska).

Systemy produkcji wołowiny różnicuje się z uwzględnieniem genotypu (rasy) bydła i stosowanej technologii chowu. Oba te czynniki mają znaczący wpływ na ilość i jakość uzyskiwanego surowca.

Kraje przodujące w świecie w produkcji wołowiny wykorzystują w szerokim zakresie mięsne rasy bydła, utrzymywane w czystości lub różne ich krzyżówki. W przypadku krzyżowania za pośrednictwem komponentu ojcowskiego (buhajów) wprowadza się geny determinujące: większe tempo wzrostu, lepsze wykorzystanie paszy oraz lepszą jakość tuszy. W tym ostatnim przypadku chodzi głównie o większą wydajność rzeźną i korzystniejszy skład tuszy (lepsze umięśnienie). Stronę mateczną reprezentują najczęściej krowy ras mlecznych i mieszańce, odznaczające się dobrymi cechami macierzyńskimi, płodnością i łatwością porodów.

W produkcji wołowiny, w oparciu o mięsne rasy bydła, wyróżnia się z reguły jej dwa etapy. Pierwszy odbywa się w stadach matecznych, głównie w gospodarstwach o dużym udziale użytków zielonych, a cykl produkcyjny zaczyna się od rozrodu stada podstawowego, tzn. krycia krów (matek), a kończy odsadzaniem cieląt o masie ciała 200-350 kg w wieku 7-9 miesięcy. Drugi etap – opas młodego bydła prowadzony jest często poza typowymi gospodarstwami rolnymi, zwykle w małych lub dużych „przemysłowych” bukaciarniach (często na otwartej przestrzeni „pod gołym niebem”). Żywienie zwierząt w tym okresie opiera się na kiszonce z kukurydzy lub na paszach pełnoporcjowych (TMR) z dużym udziałem pasz treściwych. Opas trwa do uzyskania przez zwierzęta dojrzałości rzeźnej,

⁴ Litwińczuk K.(20011) Rozdz.2.2 Bydło w: Mięso- podstawy nauki i technologii. Wyd.SGGW, Warszawa

która u bydła małych ras mięsnych ma miejsce po uzyskaniu masy ciała ok. 400-500 kg, a u ras dużych 500-700 kg.

3. Produkcja rzeźniana

Skup zwierząt rzeźnych od hodowców prowadzony jest przez zakłady ubojowe bezpośrednio lub z udziałem z pośredników. W zależności od gatunku i liczebności żywca rzeźnego stosuje się metodę skupu wolnorynkowego lub kontraktacji. W skupie wolnorynkowym wycenę wartości zwierzęcia dokonuje się metodą „przyżyciową” przez ustalenie: gatunku, płci, wieku, stopnia umięśnienia i otłuszczenia oraz masy ciała. Ta metoda jest stosowana w przypadku produkcji drobotowarowej, kiedy producenci są rozproszeni i niestowarzyszeni w spółdzielniach lub grupach producenckich.

Skup kontraktacyjny jest preferowany przez producentów specjalizujących się w hodowli zwierząt rzeźnych lub grupy producenckie. Umowa kontraktacyjna zawierana jest pomiędzy producentem żywca, a zakładem ubojowymi na określony czas, liczbę dostarczanych zwierząt i terminy ich dostarczenia. Podpisanie i zrealizowanie umowy kontraktacyjnej jest jednym z elementów integracji producentów z przetwórcami i zapewnia obu stronom wiele pozytywnych efektów. Najważniejszym z nich jest współpraca w zakresie genetyki, żywienia i metod hodowli, co ma istotne znaczenie dla jakości surowca. W skupie kontraktacyjnym wycenę wartości dokonuje się poprzez ocenę poubojową tusz metodą EUROP. Jest to metoda preferowana w krajach Unii Europejskiej.⁵

Transport zwierząt rzeźnych z gospodarstwa hodowców do zakładów ubojowych jest czynnikiem stresogennym. Wielokrotna zmiana pomieszczeń, nieznanymi środowiskami, z obcymi zapachami, odgłosami, zwierzętami i ludźmi powoduje zaniepokojenie, zmęczenie i stres, a nawet może prowadzić do padnięć. W warunkach europejskich najczęściej wykorzystuje się transport samochodowy jako najbardziej elastyczny (możliwość dojazdu do prawie każdego miejsca na terenie fermy hodowlanej i zakładu ubojowego), a tym samym ograniczający wielokrotny załadunek i rozładunek zwierząt tj. wykonywanie czynności najbardziej męczących i stresujących.

Warunki techniczne transportu zwierząt rzeźnych, w tym m.in. wyposażenie specjalistycznych samochodów, normy powierzchni w zależności od gatunku, wieku i masy ciała zwierzęcia, czasy poszczególnych cykli transportowych, pojenia i karmienia są jednoznacznie określone w Rozporządzeniu Rady (WE) nr 1/2005.

Zwierzęta dostarczone do uboju należy niezwłocznie wyładować, używając odpowiedniego sprzętu i urządzeń, i umieścić w magazynach przedubojowych. Celem magazynowania żywca przed ubojem jest zapewnienie rytmiczności uboju i umożliwienie zwierzętom powrotu do stanu równowagi fizjologicznej po transporcie. Minimalny czas przebywania żywca rzeźnego w magazynach przedubojowych wynosi dla trzody chlewnej 4 h a dla bydła 24 h.

Pojecie „ubój i obróbka poubojowa” obejmuje czynności, których celem jest przerwanie funkcji życiowych zwierzęcia, usunięcie (wykrojenie, wycięcie) ubocznych niejadalnych surowców rzeźnych

⁵ Pisula A., Florkowski T.(2011) Rozd. 3.1 Metody skupu zwierząt rzeźnych w: Mięso- podstawy nauki i technologii. Wyd.SGGW, Warszawa

oraz rozdzielanie uzyskanych zasadniczych i ubocznych surowców rzeźnych. Ubój musi przebiegać pod nadzorem służb weterynaryjnych i być wykonywany wyłącznie przez odpowiednio przeszkolonych pracowników. Warunki przeprowadzania uboju zwierząt rzeźnych są określone przepisami poszczególnych krajów, a zasady zapewnienia dobrostanu zwierząt na terenie rzeźni są sprecyzowane przepisami UE.

Ubojowi, którego celem jest uzyskanie jadalnych surowców rzeźnych, mogą być poddawane wyłącznie zwierzęta zdrowe. Gdy istnieje obawa śmierci naturalnej zwierzęcia np. wskutek choroby lub wypadku, dokonuje się tzw. uboju z konieczności. Surowce uzyskane z tuszy takiego zwierzęcia, po szczegółowym badaniu weterynaryjnym, klasyfikowane są do wykorzystania do celów spożywczych lub paszowych, bądź do utylizacji.

Proces uboju i obróbki poubojowej zwierząt rzeźnych składa się z wielu czynności, których kolejność wykonywania jest uwarunkowana względami humanitarnymi, higienicznymi oraz organizacyjnymi. W procesie tym wyróżnia się:

- przygotowanie zwierząt do uboju,
- czynności ubojowe,
- czynności przy powłokach zewnętrznych,
- opróżnianie poszczególnych jam ciała zwierzęcia z wnętrzości (wytrzewianie),
- wstępny podział tusz,
- badanie weterynaryjne,
- klasyfikację tusz,
- zbiórkę i wstępną konserwację ubocznych jadalnych artykułów uboju,
- zbiórkę oraz zabezpieczenie odpadów.

W zakładach przemysłowych stosuje się linie ubojowe o różnym stopniu zmechanizowania i zautomatyzowania poszczególnych czynności, a zatem i o różnej zdolności produkcyjnej.

Budowa linii ubojowych o dużych zdolnościach przerobowych stwarza wiele trudności technicznych i organizacyjnych wynikających między innymi z konieczności zapewnienia rytmicznych, ilościowo odpowiednio dużych dostaw zwierząt oraz zagwarantowania pełnego serwisu maszyn i urządzeń technicznych. W krajach europejskich, w których dominują zakłady mięsne średniej wielkości, często o pełnym profilu produkcji (uboje trzody chlewnej i bydła, rozbiór tusz i wykrawanie mięsa, produkcja mięsa kulinarnego oraz przetworów mięsnych), jako optymalne wydajności linii ubojowych przyjęto dla dorosłego bydła 60-100 szt./h, natomiast dla trzody chlewnej 200-300 szt./h. Większość urządzeń i linii ubojowych produkowanych w Unii Europejskiej jest przystosowana do tego rzędu zdolności produkcyjnych. Stwarza to możliwość kooperacji w dostawach pełnych zestawów niezbędnych maszyn. W kilku dużych europejskich zakładach w celu zapewnienia większych zdolności produkcyjnych, zainstalowano kilka równoległych linii ubojowych. Umożliwia to elastyczność pracy oraz ogranicza negatywne skutki awarii nadmiernie obciążonych maszyn i urządzeń technicznych.

Celem zapewnienia wymaganych warunków higieny podczas uboju i w czasie obróbki poubojowej linie ubojowe podzielone są na dwie strefy: „brudną” i „czystą”. W strefie brudnej

wykonuje się czynności przygotowania zwierząt do uboju, operacje ubojowe i czynności przy powłokach zewnętrznych. Po oskórowaniu i/lub odszczecinienu i oczyszczeniu powierzchni tuszy, kolejne czynności prowadzone są w tzw. strefie czystej. Strefy czysta i brudna są od siebie fizycznie oddzielone i ograniczone jest przemieszczanie się personelu pomiędzy nimi.

W kontekście dbałości o dobrostan zwierząt i jakość uzyskiwanego mięsa, ważnym etapem jest doprowadzenie zwierząt do stanowiska oszłamiania, a w przypadku oszłamiania mechanicznego lub elektrycznego, należyte unieruchomienie zwierząt, aby czynność ta mogła być wykonana szybko i precyzyjnie. Przepęd do stanowiska oszłamiania prowadzony jest w sposób możliwie najmniej męczący i zabezpieczający zwierzęta przed nadmiernym podnieceniem i stresem. Przemieszczanie trzody chlewnej do stanowiska oszłamiania prowadzone jest specjalnymi korytarzami przepędowymi, wyposażonymi w zapadki umożliwiające ruch zwierząt jedynie do przodu.

Humanitarny ubój zwierząt rzeźnych wymaga uprzedniego pozbawienia ich świadomości przez tzw. oszołomienie, które należy wykonać szybko i skutecznie, specjalnie do tego celu skonstruowanymi narzędziami / urządzeniami oraz przez osoby z odpowiednimi kwalifikacjami. Ta zasada obowiązuje w państwach UE oraz w znacznej większości pozostałych krajów świata.

Celem oszłamiania jest pozbawienie zwierzęcia świadomości (głównie odczuwania bólu) jednak bez zakłócenia fizjologicznych czynności serca i płuc. Natychmiast po oszołomieniu wykonuje się klucie i rozpoczyna wykrwawianie zwierzęcia tak, aby ustępujący efekt oszołomienia został zastąpiony utratą świadomości, spowodowaną wypływem krwi. Efekt oszłamiania powinien utrzymywać się na tyle długo, aby śmierć zwierzęcia w wyniku wykrwawienia następowała przed odzyskaniem jego świadomości. W przypadku świń efekt oszłamiania powinien trwać ok. 20-30 sekund.

Historycznie najstarszą metodą pozbawiania zwierząt świadomości jest oszłamianie udarowe. Polega ono na wywołaniu wstrząsu mózgu połączonego z pewnym uszkodzeniem struktury anatomicznej czaszki. Ta metoda jest obecnie stosowana prawie wyłącznie w uboju małych zwierząt rzeźnych w lokalnych ubojniach.

W uboju bydła stosuje się tzw. metodę trzpieniową, która polega na przyłożeniu aparatu iglicowego do czoła zwierzęcia w określonym miejscu i spowodowaniu wybuchu ładunku strzelniczego. Stosowane są również aparaty pneumatyczne. Iglica lub trzpień ze specjalną nakładką, wypchnięte siłą wybuchu lub sprężonym powietrzem, na odległość kilku cm, wywołuje efekt wstrząsu mózgu. Urządzenie sprężynowe aparatu powoduje powrót trzpienia do pozycji wyjściowej. Efekt oszołomienia przy użyciu aparatu iglicowego zależy od właściwego doboru wielkości ładunku i wykonania postrzału w odpowiednim miejscu czaszki.

Metoda oszłamiania prądem elektrycznym, tzw. elektronarkoza, wykorzystuje oszłamiające działanie prądu elektrycznego. Aplikacja prądu o odpowiednich parametrach wywołuje niedotlenienie tkanki mózgowej, spowodowane brakiem dopływu krwi wskutek skurczu warstwy mięśniowej tętnic mózgu. Do głowy zwierzęcia, na wysokości podstawy uszu, przykładają się dwie elektrody, między którymi przepływa prąd o określonych parametrach. Najlepszy efekt uzyskuje się, kiedy prąd płynie najkrótszą drogą, tzn. przez obie półkule mózgowe. Najważniejszym czynnikiem determinującym

skuteczność elektronarkozy jest dostosowanie parametrów użytego prądu oraz stosunek czasu jego działania do masy ciała zwierzęcia. Na zwierzęta małe, takie jak trzoda chlewna, owce czy cielęta narkotyzująco działa już prąd o parametrach bezpiecznych dla zdrowia człowieka (70 V; 0,3 A; 4000 Hz). Niestety, przy tych parametrach prądu elektrycznego czas jego oddziaływania, niezbędny do uzyskania poprawnego efektu oszołomienia, jest stosunkowo długi i przykładowo dla świń o masie ciała ok. 100 kg powinien wynosić ponad 20 sekund. W praktyce zakładów europejskich ta metoda oszalaiania świń jest stosowana jedynie w lokalnych małych ubojniach.

W zakładach ubojowych o dużych zdolnościach ubojowych świnie doprowadzane są do stanowiska oszalaiania specjalnym przenośnikiem w kształcie litery „V”, którego ostatni odcinek jest wagą. Ustalenie masy ciała zwierzęcia umożliwia automatyczną korektę parametrów prądu elektrycznego. Jednocześnie metoda ta umożliwia zrezygnowanie ze stanowisk pracowniczych i zastosowanie znacznie większych parametrów prądu (powyżej 250 V), co skraca czas wykonywania zabiegu do ok. 3 sekund.

Oszalaianie farmakologiczne jest stosowane jedynie przy uboju trzody chlewnej. Dopuszczonym środkiem oszalaającym jest dwutlenek węgla (CO_2) o koncentracji w powietrzu powyżej 70%, która uniemożliwia utlenowanie hemoglobiny. Utrata świadomości następuje w wyniku niedotlenienia tkanki nerwowej mózgu świń. Efekt oszołomienia jest uzależniony od stężenia gazu we wdychanym powietrzu oraz czasu przebywania zwierzęcia w komorze z czynnikiem oszalaającym. Do kabiny windy umieszczonej na poziomie posadzki, zwierzęta wprowadza się pojedynczo lub w grupie do 5 świń. Następnie kabinę opuszcza się do komory, w której znajduje się mieszanina CO_2 i powietrza, w której świnie zostają oszołomione. Po oszołomieniu kabina windy wraca do poziomu wyjściowego, a oszołomione zwierzęta przemieszcza się na stanowisko kłucia i wykrwawiania.

Efekt oszalaiania zwierzęcia jest krótkotrwały i powinien zostać przedłużony utratą świadomości w wyniku wykrwawiania się. Tym samym kłucie i rozpoczęcie wykrwawiania powinno następować natychmiast po oszołomieniu. W przypadku świń okres pomiędzy oszołomieniem a kłuciem nie może być dłuższy niż 20 sekund. W przypadku bydła okres ten nie może przekraczać 60 sekund. Zakończenie wykrwawiania musi nastąpić przed odzyskaniem przez zwierzę świadomości. Zbyt późne rozpoczęcie wykrwawiania zwierząt, poza niebezpieczeństwem odzyskania przez nie świadomości, sprzyja również rozprzestrzenianiu się hormonów adrenokortykotropowych w tkankach, które stymulują procesy poubojowej glikolizy i mogą przyczyniać się do pogorszenia jakości mięsa.

Termin kłucie zwierząt rzeźnych, oznacza otwarcie tętnic szyjnych i żył jarzmowych w miejscu najłatwiej dostępnym do wykonania tego zabiegu. W przypadku świń jest to 3-5 cm od przedniej krawędzi mostka, natomiast u bydła i owiec u nasady głowy. Wykrwawianie się zwierzęcia następuje w wyniku wypompowywania krwi przez ranę powstałą po kłuciu, przez nadal jeszcze pracujące serce. W zależności od stosowanych urządzeń, wykrwawienie następuje w pozycji horyzontalnej (na leżąco) lub po podwieszeniu na wiszącą kolejkę oraz w układzie otwartym lub zamkniętym. Czas wykrwawiania wynosi około 4 minuty. Gdy zwierzę jest wykrwawiane w układzie otwartym krew jest surowcem wyłącznie technicznym. Alternatywą jest wykrwawianie zwierząt rzeźnych w tzw. układzie zamkniętym, który jest stosowany głównie w liniach uboju trzody chlewnej. Kłucie i część

wykrwawiania wykonuje się tzw. nożem rurkowym będącym końcówką pompy ssącej połączonej ze zbiornikiem krwi. Zastosowanie takiego rozwiązania, obok zwiększenia stopnia wykrwawienia, korzystnie wpływa na mikrobiologiczny stan (higienę) zbieranej krwi spożywczej oraz umożliwia zastosowanie linii ciągłej do produkcji plazmy. W trakcie wynaczynienia, krew mieszana jest ze stabilizatorem, najczęściej 10% roztworem cytrynianu sodowego, który blokując jony wapnia zapobiega jej krzepnięciu. Pojemniki z zebraną krwią muszą być oznaczone i odpowiednio zabezpieczone do czasu zakończenia badania poubojowego zwierząt, włącznie z badaniem na obecność włośnię.

Wykrwawienie zwierząt rzeźnych powinno być możliwie maksymalne. W praktyce, w trakcie wykrwawiania usunięte zostaje ok. 70-80% ogólnej ilości krwi, co stanowi 3-5% masy ciała zwierzęcia. Stopień wykrwawienia uzależniony jest w dużej mierze od warunków przyżyciowych, takich jak: gatunek, wiek, płeć, stopień zmęczenia i stan zdrowia zwierzęcia oraz od zastosowanej metody wykrwawiania. Stany lękowe zwierząt, a zwłaszcza zmęczenie lub podniecenie przed oszłamianiem, wyraźnie zmniejszają efektywność zabiegu. Prawidłowo przeprowadzony odpoczynek przedubojowy ma wysoce korzystny wpływ na stopień wykrwawienia.

Ilość i rodzaj czynności wykonywanych przy powłokach zewnętrznych zależy od gatunku zwierzęcia oraz stosowanej technologii. W przypadku trzody chlewnej najczęściej nie prowadzi się niezdejmowania skóry. W technologii tej stosuje się oparzenie całej powierzchni tuszy zwierzęcia, odszczecinianie, opalenie i czyszczenie powierzchni skóry właściwej przez zeszkobanie zwęglonego naskórka i resztek szczeciny i spłukanie zimną wodą. W poubojowej technologii obróbki świń, która przewiduje zdejmowanie części grzbietowej skóry zwanej kruponem (surowiec dla przemysłu garbarskiego), nie oparza się całej powierzchni tuszy zwierzęcia, lecz jedynie dolne jej części, tj. podbrzusze i kończyny.

W przypadku bydła czynności prowadzone przy powłokach zewnętrznych polegają na odpowiednim rozcięciu skóry i zdjęciu jej z całej powierzchni tuszy. Przy zdejmowaniu skór zwraca się szczególną uwagę na higienę procesu. Wszystkie czynności prowadzone zarówno przy powłokach zewnętrznych, jak i późniejsze, powinny być bowiem wykonywane tak, aby nie dopuścić do zanieczyszczenia powierzchni tuszy zwierzęcia pozbawionych skóry. W przypadku przeżuwaczy szczególne zagrożenie związane jest z obecnością na skórze zwierząt i w przewodzie pokarmowym bakterii *E. coli* 0157:H7. Celem zwiększenia higieny obróbki poubojowej możliwe jest mycie i dezynfekcja powierzchni tuszy zwierząt przed przystąpieniem do zdejmowania skóry (np. natrysk 1,0% roztworem NaOH a następnie spłukanie wodą).

W przypadku uboju bydła, po zdjęciu skóry oddziela się głowę w stawie potylicznym i przekazuje do stanowiska mycia. Prowadzone jest ono w specjalnych kabinach, w których silnym strumieniem wody wypłukuje się z jamy gębowej resztki paszy oraz z powierzchni spłukuje się pozostałości krwi. Po umyciu głowy zawieszają się na hakach i przekazuje do badania weterynaryjnego. Z rdzenia przedłużonego sztuk bydła starszych niż 72 miesiące pobiera się próbki na obecność prionów i przekazuje do laboratorium służb weterynaryjnych. Zdjęcie skóry i odcięcie głowy jest granicą operacji wykonywanych w tzw. strefie brudnej potokowej linii uboju bydła.

Niezwłocznie po zakończeniu czynności przy powłokach zewnętrznych wykonuje się wytrzewianie. Na proces ten składa się otwarcie i opróżnienie kolejnych jam ciała, tj.: miedniczej, brzusznej i piersiowej, a w przypadku trzody chlewnej również gębowej. Podczas wytrzewiania wszystkie czynności powinny być przeprowadzane w sposób uniemożliwiający uszkodzenie narządów wewnętrznych oraz tak, aby na wyjmowanych narządach pozostawały jak najmniejsze ilości przylegających tkanek. Poszczególne narządy wyjmuje się z jam ciała w tzw. kompletach (np. narządy rodne, ośrodek, komplet jelit), odcinając je od błony otrzewnej. Równoległe z zabiegiem wytrzewiania można prowadzić zbiórkę surowców farmaceutycznych, tj. gruczołów wydzielania zewnętrznego i wewnętrznego.

W trakcie wytrzewiania, szczególną uwagę zwraca się na zabezpieczenie wnętrza tuszy przed zabrudzeniem treścią pokarmową i kałem. W przypadku uszkodzenia ciągłości układu pokarmowego i wylania się jego zawartości do jam tuszy, zanieczyszczoną tuszę przekazuje się utylizacji.

W przypadku uboju trzody chlewnej, proces wytrzewiania rozpoczyna się wypreparowaniem odbytu i opróżnieniem końcówki jelita grubego za pomocą urządzenia wysysającego i odprowadzającego kał do kanalizacji. Przed wyjęciem kompletu jelit zakłada się na odbycie, tzw. przewiązkę. W przypadku uboju bydła, po wypreparowaniu odbytu, zakłada się na niego specjalny worek z tworzywa syntetycznego, natomiast po otwarciu jamy brzusznej i piersiowej przewiązuje się przełyk tuż przy żołądku.

Z uwagi na niebezpieczeństwo zakażeń krzyżowych, konieczna jest dezynfekcja narzędzi między poszczególnymi wytrzewianymi tuszami zwierząt. Dlatego też stanowiska pracy muszą być wyposażone w odpowiednie urządzenia do dezynfekcji narzędzi wodą o temperaturze powyżej 82°C. Po wykonaniu czynności ubojowych otrzymuje się tzw. tuszę oraz oddzielone od niej uboczne artykuły uboju.

Tusze, ośrodki oraz komplety jelit wyjęte z jam ciała, po oznaczeniu identycznymi numerami ubojowymi, przekazuje się do badania weterynaryjnego. Do czasu jego zakończenia ośrodki oraz komplety jelit muszą pozostawać w pobliżu tuszy. Ośrodki są zawieszane na hakach, a komplety jelit umieszczone na tacach zawieszonych na kolejce transportowej, przemieszczających się wraz z tuszą. Przed zakończeniem badania weterynaryjnego niedopuszczalne jest prowadzenie dalszej obróbki tusz, rozbioru i przemieszczania do chłodni. Tusze i uboczne artykuły uboju, przed badaniem weterynaryjnym nie mogą się również kontaktować z już zbadanymi tuszami i ubocznymi artykułami uboju. Po zakończeniu badania weterynaryjnego narządy wewnętrzne przekazywane są bezpośrednio do dalszej obróbki i konserwowania lub są surowcem utylizacyjnym. Pomieszczenia do obróbki ubocznych artykułów uboju powinny być oddzielone od hali ubojowej, by w trakcie ich obróbki uniemożliwić zanieczyszczenie tusz.

Wydatnością rzeźną określa się procentowy udział masy tuszy do masy zwierzęcia żywego. W zależności od klasy jakościowej zwierząt wydajność rzeźna tusz bydlęcych wynosi 45-65%, natomiast tusz świń 76-80%.

Po wytrzewieniu i spłukaniu wnętrza tuszy silnym strumieniem wody, dokonuje się jej wstępnego podziału na półtusze lub ćwierćtusze. Celem podziału jest ułatwienie poubojowego

wychładzania oraz wewnątrzzakładowego transportu tusz, jak i ewentualnego późniejszego transportu samochodowego. Podział tusz jest uwarunkowany przynależnością gatunkową i wielkością tuszy. Tusze bydła dzieli się wstępnie na półtusze, a następnie przed i/lub po wychłodzeniu na ćwierćtusze. Tusze trzody chlewnej dzieli się na półtusze.

Po zakończeniu wytrzewiania i podziale na półtusze wykonuje się badanie stanu zdrowotnego przez pracowników służb weterynaryjnych. Obejmuje ono zarówno tusze, jak i narządy wewnętrzne (więcej informacji podano w dalszej części opracowania).

Kolejną czynnością jest klasyfikacja tusz. We wszystkich państwach Unii Europejskiej stosowaną metodą klasyfikacji jest system EUROP, oparty przede wszystkim na ocenie zawartości mięsa w tuszy. System ten został zapoczątkowany w 1984 r. i wiąże się z wydaniem Rozporządzenia Rady (EWG) nr 3220/84. W ostatnich, zaktualizowanych i scalonych dokumentach określono szczegółowe zasady stosowania klasyfikacji EUROP tusz podstawowych gatunków zwierząt rzeźnych (Rozporządzenie Rady (WE) nr 1234/2007, Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1249/2008).

Wg przepisów UE tusza wieprzowa jest ciałem ubitego tucznika, poddanym wykrwawieniu i wytrzewieniu, w całości i/lub podzielonym na półtusze wzdłuż linii środkowej, bez języka, szczeciny, racic, narządów rodnych, sadła, nerek i przepony. Tusze wieprzowe dzieli się na następujące klasy:

- S o mięsności powyżej lub równej 60%,
- E o mięsności 55 – 55,9%,
- U o mięsności 50 – 54,9%,
- R o mięsności 45 – 49,9%,
- O o mięsności 40 – 44,9%,
- P o mięsności poniżej 40%.

Zawartość mięsa w tuszy zwana mięsnością określana jest jako stosunek procentowy ogólnej masy mięśni poprzecznie przątkowanych do masy tuszy. Mięsność szacuje się zatwierdzonymi przez Komisję Europejską aparatami elektronicznymi.

Klasyfikacja tusz bydła dojrzalego systemem EUROP została wprowadzona w państwach EWG w 1982 r. na podstawie rozporządzenia Rady (EWG) nr 1208/81, kilkakrotnie uzupełnianego i modyfikowanego (aktualne akty prawne: Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1234/2007 i Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1249/2008).

Wg ww. przepisów tusza bydła zdefiniowana jest jako ciało ubitego zwierzęcia po wykrwawieniu, wytrzewieniu i oskórowaniu, bez głowy oddzielonej w stawie szczytowo-potylicznym, stóp oddzielonych w stawie nadgarstkowo-śródręcznym lub stępowo-śródstopowym, narządów wewnętrznych klatki piersiowej i jamy brzusznej z nerkami lub bez nich, bez tłuszczu okołonerkowego i miednicznego oraz bez narządów rozrodczych i przylegających do nich mięśni, a w przypadku samicy bez wymienia lub tłuszczu gruczołu mlecznego.

Tusze bydła dojrzalego uzyskane od zwierząt o masie ciała pow. 300 kg (w wieku pow. 12 m-cy) dzielą się na następujące kategorie:

A – tusze niekastrowanych młodych samców w wieku poniżej 2 lat (buhajki),

- B – tusze innych niekastrowanych samców (buhaje),
- C – tusze kastrowanych samców (wolce),
- D – tusze krów,
- E – tusze jałówek.

Zakład ubojowy może przyjmować do uboju tylko bydło posiadające indywidualne paszporty, zawierające m. in. dane identyfikacyjne oraz datę urodzenia i płeć zwierzęcia. Dane te są wprowadzane do dokumentacji ubojowej. Tusze bydłowe klasyfikowane są na podstawie wzrokowej oceny następujących cech:

- uformowania tuszy określającego stopień umięśnienia z podziałem na 6 klas: S, E, U, R, O, P,
- otłuszczenia tuszy z podziałem na 5 klas.

Państwa członkowskie UE są uprawnione do dokonywania dalszego podziału klas uformowania i otłuszczenia na maksymalnie trzy podklasy oznaczane znakiem plus lub minus (np. E+, E, E-), co ma ułatwiać sklasyfikowanie tusz, wykazujących cechy pośrednie między klasami podstawowymi.

W zastosowaniu praktycznym opisana klasyfikacja tusz bydła jest subiektywna i dość zawodna. W Danii stosuje się obiektywną metodę klasyfikacji wykorzystującą technikę video i sieć neuronową w urządzeniu BCC-2. Możliwość stosowania tego urządzenia zalegalizowano w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1215/2003.

Po czynnościach ubojowych i wstępnym podziale tusz, na ich powierzchni mogą pozostawać zanieczyszczenia w postaci m.in. skrzepów krwi lub luźnych strzępek tkanki mięśniowej i tłuszczowej. Zmniejszają one wartość handlową tusz oraz sprzyjają rozwojowi mikroflory. Dlatego na zakończenie obróbki poubojowej tusz wykonuje się tzw. toaletę końcową. Polega ona na doczyszczaniu tusz m.in. przez mechaniczne zeszkobanie zanieczyszczeń nożem oraz splukanie ich natryskiem wody o temp. 15-60°C, pod ciśnieniem 0,5-2,0 MPa. Celem poprawienia jakości higienicznej tusz możliwe jest również zdezynfekowanie powierzchni roztworem kwasu organicznego.

Podczas uboju zwierząt rzeźnych oprócz tuszy uzyskuje się wiele ubocznych jadalnych i niejadalnych produktów uboju. Jadalne uboczne artykuły uboju można wprowadzać do obrotu handlowego w postaci wychłodzonej lub są one surowcami przerobowymi, jako składniki receptury wielu przetworów mięsnych. Niejadalne uboczne artykuły uboju są natomiast surowcami dla wielu branż przemysłu, np.: farmaceutycznego, kosmetycznego, garbarskiego, galanteryjnego i in.

Do 1997 r. wszystkie uboczne produkty uboju niewykorzystane do celów spożywczych, technicznych lub farmaceutycznych, oraz mięso niedopuszczone do spożycia przez służby weterynaryjne wykorzystywane były do produkcji mączek mięsno-kostnych. Stanowiły one główny składnik białkowy pasz dla różnych gatunków zwierząt. Nasilenie się występowania u bydła choroby BSE spowodowało jednak wydanie w 1997 r. zakazu stosowania mączek mięsno-kostnych w żywieniu bydła, a w 2003 r. również w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Aktualnie dopuszczone jest jedynie używanie mączek mięsno-kostnych w żywieniu zwierząt domowych i futerkowych. Tym samym wszystkie produkty uboczne niewykorzystane dla celów spożywczych lub technicznych zostały zakwalifikowane jako odpady o różnym stopniu ryzyka. Klasyfikuje się je na 3 kategorie:

- Kategoria 1. Materiał szczególnego ryzyka (SMR),
- Kategoria 2. Materiał wysokiego ryzyka,
- Kategoria 3. Materiał niskiego ryzyka.

Wszystkie odpady powstające w zakładach mięsnych są oddzielane, segregowane, znakowane (barwione błękitem patentowym) i przewożone do zakładów przetwarzających. Sposób przetworzenia uzależniony jest od kategorii ryzyka. Odpady kategorii 1 są spalane bez uprzedniego przetworzenia, spalane po przetworzeniu na mączki mięsno-kostne, bądź zakopywane na grzebowisku. Odpady kategorii 2 są spalane lub przetwarzane na mączki mięsno-kostne wykorzystywane jako polepszacz gleby, przetwarzane na biogaz lub kompost i/lub zakopywane na grzebowisku. Odpady kategorii 3 są spalane lub przetwarzane na mączki mięsno-kostne wykorzystywane jako surowiec w zakładach produkujących karmę dla zwierząt domowych, przetwarzane na biogaz lub kompost bądź zakopywane na grzebowisku.

Ubój i obróbka poubojowa zwierząt rzeźnych w warunkach przemysłowych trwa ok. 30 minut. Po zakończeniu ww. operacji temperatura tusz jest zbliżona do przyżyciowej, tj. ok. 36°C. Wysiłek fizyczny zwierząt związany z przepędem oraz stres przed ubojem może przyczynić się do podniesienia temperatury o 2-4°C. Jest to wynikiem intensywnie przebiegających procesów metabolicznych, takich jak przemiana glikogenu w kwas mlekowy oraz hydroliza ATP i fosfokreatyny. Utrzymaniu wysokiej temperatury sprzyjają dodatkowo czynności poubojowe, jak oparzenie i opalenie powierzchni tusz, oraz stosunkowo wysoka temperatura panująca w halach uboju i obróbki poubojowej.

Kolejnym etapem po procesie obróbki poubojowej jest wychładzanie poubojowe tusz. Jego celem jest obniżenie temperatury mięsa do ok. 0°C, wskutek czego spowolnione zostają przemiany enzymatyczne zachodzące w mięsie oraz zahamowany zostaje rozwój mikroflory na powierzchni tusz. Zgodnie z ustawodawstwem UE tusze muszą być schłodzone niezwłocznie po badaniu poubojowym, a następnie przetrzymywane w stałej temperaturze nie wyższej niż 7°C. Prawidłowość wychłodzenia tusz kontroluje się mierząc temperaturę w centrum geometrycznym najgrubszych warstw mięsa, czyli wewnątrz szynki i udźców. Uboczne jadalne artykuły uboju muszą być schłodzone do temp. nie wyższej 3°C.

W praktyce przemysłowej stosuje się różne metody poubojowego wychładzania tusz. Przyjęte rozwiązania uzależnione są od możliwości technicznych i posiadanych urządzeń chłodniczych oraz kierunku późniejszego wykorzystania tusz. Stosując wychładzanie jednostopniowe, tusze zawieszają się w komorze chłodniczej na kolejce podwieszanej w odstępach umożliwiających swobodny przepływ chłodzącego powietrza, tj. nie mniejszych niż 10 cm pomiędzy najgrubszymi częściami tuszy (szynkami bądź udźcami). Ruch powietrza z urządzeń chłodniczych powinien być skierowany z góry komory w dół, pomiędzy wiszące tusze. Szybkość ruchu powietrza powinna być podobna w całej objętości komory. W zakładach o dużych mocach ubojowych, celem zwiększenia efektywności wychładzania, buduje się zwykle kilka komór chłodniczych, aby skrócić czas załadunku jednej komory do ok. 2 godzin. Mimo tego, podczas jednostopniowego wychładzania tusz, obniżanie temperatury w poszczególnych warstwach mięsa jest stosunkowo wolne i nierównomierne. W przypadku

prawidłowego przebiegu poubojowej glikolizy w tuszach świń metoda jednostopniowego wychładzania pozwala uzyskać zadowalające tempo obniżania temperatury. W odniesieniu do ciężkich tusz wołowych nie zawsze jest ona jednak wystarczająca. Efektywniejszą metodą wychładzania jest wychładzanie dwustopniowe, w którym tusze wychładza się w pomieszczeniach chłodniczych o różnych parametrach czynnika chłodniczego. W pierwszym etapie, aby uzyskać jak najszybsze schłodzenie powierzchni tusz do temperatury bliskiej -1°C , wprowadza się je do komór wychładzania szokowego o temperaturze od -10 do -20°C . Ważnym jest jednak, aby na tym etapie wychładzania nie dopuścić do zamrożenia powierzchni tuszy, gdyż powstająca warstwa zamrożonego mięsa utrudnia odprowadzanie ciepła z głębszych jego warstw. Dlatego w komorze I etapu wychładzania, tusze zawieszane na kolejce podwieszanej przemieszczane są automatycznie z prędkością uwzględniającą parametry chłodzącego powietrza. Czas przebywania tusz w komorze schładzania szokowego, w zależności od parametrów powietrza chłodzącego, wynosi 2-4 godziny. Po zakończeniu tego etapu, powierzchnie tusz są wychłodzone do temperatury ok. 0°C , natomiast w najgłębszych warstwach szynki i udźców temperatura wynosi ok. $20-30^{\circ}\text{C}$. Dalszy proces wychładzania prowadzi się w komorze, w której temperatura powietrza chłodniczego wynosi ok. 0°C , gdzie zachodzi stopniowe wyrównanie temperatury poszczególnych warstw mięsa w tuszy.

Specyfika obrotu handlowego mięsem oraz przetwórstwa mięsa wymusza konieczność dalszego podziału półtuszy i ćwierci na mniejsze elementy, tj. na tzw. części zasadnicze. W zależności od wartości użytkowej mogą być one następnie przeznaczone do produkcji mięsa kulinarnego lub przerobowego. W trakcie tego podziału, tj. tzw. rozbioru tusz, uzyskuje się części, stanowiące pewną całość anatomiczną, jak np.: głowę, szynkę, boczek i in. Linie cięcia prowadzone przy rozbiorze tusz są umowne i w poszczególnych państwach, a nawet regionach znacznie się różnią. Powoduje to istotne utrudnienie dla międzynarodowego obrotu handlowego mięsem w postaci elementów zasadniczych. Najczęściej punktem odniesienia przy rozbiorze tusz jest układ kostny a nie mięśniowy, a podział na części zasadnicze prowadzi się tak, aby uzyskać elementy zbliżone kształtem do prostopadłościanu. Są one bowiem łatwiejsze w transporcie wewnętrznym i w dalszej obróbce. Dlatego też, w wielu systemach rozbioru tusz, preferowane są cięcia proste w jednej płaszczyźnie. Ilość części zasadniczych uzyskiwanych w trakcie rozbioru tusz w poszczególnych krajach jest wysoce zróżnicowana składając się z kilku i/lub kilkudziesięciu elementów. Im większą ilość wyrębów uzyskuje się w trakcie rozbioru, tym są one bardziej jednorodne pod względem składu tkankowego, ale ich wycięcie jest bardziej pracochłonne, a zatem i kosztowne. Unijne zakłady eksportujące mięso są przygotowane do prowadzenia rozbiorów tusz według specyficznych wymagań odbiorców.

4. Zadania służb weterynaryjnych

Zadania służb weterynaryjnych obejmują ochronę zdrowia zwierząt oraz weterynaryjną ochronę zdrowia publicznego, a w szczególności:

- monitorowanie i zwalczanie chorób zakaźnych zwierząt,
- monitorowanie chorób odzwierzęcych w produktach pochodzenia zwierzęcego i paszach,
- badanie zwierząt rzeźnych oraz produktów pochodzenia zwierzęcego,

- przeprowadzanie weterynaryjnej kontroli w obrocie towarowym krajowym i kontroli granicznej,
- sprawowanie nadzoru nad bezpieczeństwem produktów pochodzenia zwierzęcego, w tym nad wymaganiami weterynaryjnymi przy ich produkcji, umieszczaniu na rynku krajowym,
- przyjmowanie informacji o niebezpiecznych produktach żywnościowych oraz paszach od jednostek służb o niebezpiecznych produktach żywnościowych pochodzenia zwierzęcego oraz ocena ryzyka i stopnia zagrożenia spowodowanego niebezpiecznym produktem żywnościowym lub paszą, a następnie przekazywanie tych informacji do kierującego siecią systemu RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed - System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznych Produktach Spożywczych i Środkach Żywnienia Zwierząt) obowiązującego w krajach członkowskich Unii Europejskiej.

Zadania lekarza służb weterynaryjnych w ubojniach

Do zadań lekarzy służb weterynaryjnych należą:

- sprawdzenie i analiza informacji tzw. „łańcucha pokarmowego” występujących w rejestrach gospodarstwa pochodzenia zwierząt przeznaczonych do uboju (wyniki tej analizy uwzględniane są przy wykonywaniu badania przed- i poubojowego).
- sprawdzenie urzędowych świadectw towarzyszących zwierzętom oraz wszelkich oświadczeń wydanych przez lekarzy weterynarii przeprowadzających kontrole na poziomie produkcji podstawowej. W przypadku, gdy analizowana dokumentacja wskazuje, że:
 - zwierzęta pochodzą z gospodarstwa lub obszaru podlegającego zakazowi przemieszczania lub innemu ograniczeniu ze względu na zdrowie zwierząt lub zdrowie publiczne;
 - zasady stosowania produktów leczniczych nie były przestrzegane lub
 - występuje inny stan, który mógłby mieć niepożądany wpływ na zdrowie ludzi lub zwierząt,
 Zwierzęta nie mogą być przyjęte do uboju innego, niż wynikający z procedur ustanowionych przez prawodawstwo wspólnotowe w celu wyeliminowania zagrożeń dla zdrowia ludzi lub zwierząt. Jeżeli zwierzęta znajdują się już w ubojni, muszą zostać ubite oddzielnie i uznane za nienadające się do spożycia przez ludzi, przy jednoczesnym podjęciu środków ostrożności w celu ochrony zdrowia ludzi i zwierząt, tam gdzie jest to stosowne. Ilekroć lekarze służb weterynaryjnych uznają to za konieczne, urzędowe kontrole są przeprowadzane na terenie gospodarstwa pochodzenia.
- przeprowadzenie badania przedubojowego. Lekarz służb weterynaryjnych przeprowadza badanie wszystkich zwierząt przed ubojem. Badanie musi nastąpić w ciągu 24 godzin po przybyciu do ubojni i w czasie krótszym niż 24 godziny przed ubojem. Badanie przedubojowe musi ustalić, czy w przypadku konkretnego zwierzęcia występują jakiegokolwiek oznaki stanu chorobowego, który mógłby mieć niepożądany wpływ na zdrowie ludzi bądź zdrowie zwierząt. Zwierzęta odizolowane w wyniku tego badania są poddawane badaniu klinicznemu w wyniku, którego podejmowana jest decyzja o sposobie wykonania uboju (normalnego, sanitarnego, odroczonego o określony czas) lub podjęta decyzja o jego zakazie. W przypadku uboju z konieczności, wykonywanego poza ubojnią oraz uboju upolowanej zwierzyny łownej, lekarz służb weterynaryjnych w ubojni lub w zakładach przetwórstwa dziczyzny bada oświadczenie towarzyszące ciału zwierzęcia, wystawione przez lekarza weterynarii lub przez przeszkoloną osobę. W szczególnych przypadkach, dokładnie

określonych przepisami, badanie przedubojowe może być przeprowadzane na terenie gospodarstwa pochodzenia zwierzęcia.

- ocena dobrostanu zwierząt w oparciu o dokumenty towarzyszące danej grupie zwierząt oraz własne obserwacje. Lekarz służb weterynaryjnych weryfikuje zgodność stanu faktycznego z odpowiednimi zasadami, określonymi w prawie wspólnotowym i krajowym, dotyczącymi dobrostanu zwierząt, głównie ich ochrony w czasie transportu, przygotowania do uboju i w trakcie wykonywania czynności ubojowych.
- przeprowadzenie badania poubojowego bezpośrednio po zakończeniu czynności wytrzewiania na tuszach (całych lub podzielonych) oraz na wyjętych z nich narządach wewnętrznych (ośrodkach i kompletach jelit). Obejmuje ono badania podstawowe i uzupełniające. Technika badania jest różna dla poszczególnych gatunków zwierząt i opisana jest szczegółowo w krajowych i wspólnotowych aktach prawnych. Badanie podstawowe (makroskopowe) polega na ocenie wzrokowej i dotykowej powierzchni zewnętrznych lub po nacięciu określonych narządów i tuszy w celu sprawdzenia czy występują zmiany chorobowe. Szczególną uwagę należy zwrócić na wykrywanie chorób odzwierzęcych. W przypadku stwierdzenia zmian chorobowych należy przeprowadzić dodatkowe uzupełniające badania tusz i narządów wewnętrznych oraz badania laboratoryjne (bakteriologiczne, mikrobiologiczne, chemiczne), ilekroć zostaną uznane za konieczne w celu sformułowania ostatecznej diagnozy, wykrycia występowania choroby zwierzęcia, wykrycia pozostałości lub zanieczyszczeń przekraczających dopuszczalne poziomy ustanowione w prawodawstwie wspólnotowym, wykrycia niezgodności z kryteriami mikrobiologicznymi lub innych czynników, które mogą wymagać nałożenia ograniczeń dotyczących wykorzystania mięsa, zwłaszcza w przypadku zwierząt poddanych ubojowi z konieczności. W przypadku uboju świń obowiązującym jest wykonanie badania trychinoskopowego na obecność włośni. W przypadku bydła starszego niż 72 miesiące w momencie odcinania głowy w stawie potylicznym pobiera się próbkę z rdzenia przedłużonego i przesyła do laboratorium w celu sprawdzenia obecności prionów będących wskaźnikiem gąbczastej encefalopatii bydła (BSE).
- ocena produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego. Lekarz służb weterynaryjnych kontroluje usunięcie, oddzielenie oraz oznakowanie tego rodzaju produktów, a także upewnia się, że podmiot działający na rynku podejmuje wszelkie działania mające zapobiec zanieczyszczeniu mięsa materiałem szczególnego ryzyka podczas uboju (w tym oszałamiania) oraz mające doprowadzić do usunięcia materiału szczególnego ryzyka z terenu zakładu. Szczegółowy wykaz rodzaju odpadów zaliczanych do poszczególnych kategorii znajduje się w Rozporządzeniu (WE) Nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 .10 2002 r. Zgodnie z tym Rozporządzeniem poszczególne kategorie odpadów muszą być zbierane oddzielnie i utylizowane w ściśle określony sposób. W przypadku mieszaniny odpadów, całość zaliczana jest do kategorii wynikającej ze składnika o wyższym stopniu ryzyka.
- nadanie znaku jakości zdrowotnej. Lekarz służb weterynaryjnych sprawuje nadzór nad znakowaniem zdrowotnym i stosowanymi znakami. Znak jakości zdrowotnej jest stosowany tylko

w odniesieniu do zwierząt poddanych badaniu przed- i poubojowemu w przypadku, gdy nie ma podstaw do uznania mięsa za nie nadające się do spożycia przez ludzi. Znakowanie następuje na zewnętrznej powierzchni tuszy, poprzez przybicie znaku przy pomocy tuszu lub poprzez znakowanie na gorąco, w określonych miejscach tuszy lub jej części. Znak jakości zdrowotnej musi być znakiem w kształcie owalnym co najmniej o szerokości 6,5 cm na 4,5 cm wysokości, zawierającym poniższe informacje: nazwę państwa, w postaci kodu dwuliterowego, numer identyfikacyjny ubojni, w przypadku, gdy jest stosowany przez ubojnię we Wspólnocie, znak musi zawierać skrót (najczęściej CE lub EC).

5. Budowa mięśni szkieletowych

Anatomicznie mięso zwierząt rzeźnych stanowi szkieletową tkankę mięśniową, wraz z przyległymi tkankami i elementami morfologicznymi (tj. tkanką tłuszczową, łączną, nerwową i naczyniami krwionośnymi). W budowie mięśnia szkieletowego wyróżnia się dwa zasadnicze elementy tj. brzusiec i ścięgno. Ścięgno przenosi skurcz i pracę mięśnia na układ kostny.

Podstawowe jednostki strukturalne mięśni szkieletowych stanowią włókna mięśniowe. Są to wydłużone komórki o kształcie cylindrycznym, o długości od kilku mm do kilkunastu cm i o grubości 10 do 100 μm . Grubość włókien determinuje m.in. kruchość mięsa (im cieńsze włókna tym mięso delikatniejsze). Włókna mięśniowe przebiegają w mięśniu równolegle i są połączone z układem łącznotkankowym. Poszczególne włókna mięśniowe są otoczone sarkolemmą (błoną komórkową) i cienką błoną łącznotkankową (śródmięsna, *endomysium*) łączącą poszczególne włókna w obrębie wiązek mięśniowych. Takie pierwotne pęczki mięśniowe łączy tzw. omięsna wewnętrzna (*perimysium internum*). Na powierzchni całego mięśnia znajduje się natomiast omięsna zewnętrzna (*epimysium*).

Włókno mięśniowe składa się z sarkolemmy, miofibryli (włókienek kurczliwych), sarkoplazmy i jąder komórkowych. Większość (około 65%) objętości włókna mięśniowego zajmują miofibryle (w jednym włóknie jest ich około 1000-2000). Pomiedzy nimi znajduje się sarkoplazma. Stanowi ona środowisko przemiany materii komórki oraz bierze udział w odżywianiu włókienek kurczliwych. Głównymi elementami budowy miofibryli są tzw. filamenty grube (zbudowane głównie z białka miozyny) i filamenty cienkie (zbudowane głównie z białka aktyny). Podczas skurczu mięśnia filamenty cienkie przesuwają się wzdłuż filamentów grubych a długość sarkomeru ulega wydłużeniu lub skróceniu.

Istotnym elementem strukturalnym tkanki mięśniowej jest tkanka łączna. Jest ona zbudowana z komórek i substancji międzykomórkowej, składającej się z elementów włóknistych i bezpostaciowej istoty podstawowej. Wśród składników włóknistych wyróżnia się włókna kolagenowe, elastyczne i siateczkowe, różniące się budową i właściwościami fizykochemicznymi. Tkanka łączna spełnia w mięśniach rolę mechaniczną, wiążąc włókna mięśniowe w większe jednostki. Zbudowana jest z niej m.in. śródmięsna, omięsna wewnętrzna i zewnętrzna. Tkanki te nie mają zdolności aktywnego kurczenia się, ale pełnią ważną rolę w czynności motorycznej mięśnia. Zapewniają mięśniom wytrzymałość na rozciąganie, przenoszą siłę skurczu mięśnia na ścięgna i okostne oraz stanowią zrąb mięśnia, w którym odkłada się tkanka tłuszczowa. Do powstawania komórek tłuszczowych dochodzi w sytuacji, gdy w komórce następuje znaczne nagromadzenie się tłuszczu, który zajmuje miejsce

cytoplazmy. Przy dużej ilości komórek tłuszczowych tkanka łączna wiotka przekształca się w tzw. tkankę tłuszczową. Szczególnie duże złoże tkanki tłuszczowej obserwuje się w warstwie podskórnej, ścianach jam ciała oraz torebkach narządów wewnętrznych zwierząt. Tłuszcz odkłada się również w tkance łącznej wiotkiej występującej w mięśniach, gdzie tworzy, w zależności od lokalizacji, tzw. tłuszcz międzymięśniowy oraz tłuszcz śródmięśniowy. Tłuszcz międzymięśniowy odkładany jest w tkance łącznej wypełniającej przestrzeń pomiędzy mięśniami oraz w omięsnej zewnętrznej, natomiast tłuszcz śródmięśniowy odkładany jest w omięsnej wewnętrznej. Złoże tego tłuszczu tworzą tzw. marmurkowatość mięsa. Ta cecha jest szczególnie istotna w kształtowaniu prawidłowej jakości sensorycznej mięsa kulinarnego, w tym szczególnie kruchości, soczystości i smakowitości.

6. Skład chemiczny mięsa

Pod względem chemicznym tkanka mięśniowa zwierząt rzeźnych zbudowana jest z wody, białka, azotowych związków wyciągowych, tłuszczu, węglowodanów, substancji mineralnych oraz witamin. Uzyskane po wykrawaniu z tusz mięso, obejmujące tkankę mięśniową wraz z powiązаныmi z nią strukturalnie innymi tkankami, w tym łączną właściwą i tłuszczową, odznacza się dużym zróżnicowaniem zawartości poszczególnych składników chemicznych. Jest to związane m.in. ze zmiennym udziałem poszczególnych tkanek w różnych elementach tuszy, w tym szczególnie tkanki tłuszczowej.

Skład chemiczny mięsa zwierząt rzeźnych uzależniony jest od wielu czynników, w tym m.in. ich genotypu, wieku, masy ciała, stopnia umięśnienia i otluszczenia, żywienia i warunków środowiskowych życia bądź hodowli oraz od postępowania z mięsem po uboju zwierząt. Istotny wpływ na zawartość poszczególnych składników chemicznych w mięsie ma również część tuszy, z której zostało ono wykrojone.

Składnikiem chemicznym występującym w największej ilości w chudym mięsie jest woda. Jej zawartość kształtuje się na poziomie około 70-75%. Różnicowanie zawartości wody w mięsie jest głównie związane z zawartością tłuszczu. Zawartość wody w tkance tłuszczowej jest bowiem niewielka, a zatem mięso o większej zawartości tłuszczu cechuje się mniejszą zawartością wody. Około 5% całkowitej zawartości wody w mięsie stanowi woda związana, m.in. w strukturze wewnętrznej białek, lub przez grupy polarne i zjonizowane na powierzchni białek. Główną część wody zawartej w mięsie stanowi woda niezwiązana. Jest ona unieruchomiona i rozmieszczona w przestrzeniach kapilarnych wewnątrzkomórkowych i międzykomórkowych mięśnia. W wyniku przemian jakie zachodzą w mięsie po uboju zwierząt rzeźnych, związanych m.in. z obniżaniem pH, zmianą w strukturze mięśnia i we właściwościach białek część wody unieruchomionej może wypływać z mięsa w postaci wycieku (tzw. wyciek swobodny).

Głównym składnikiem suchej masy mięsa jest białko. Jest ono jednym z najważniejszych składników determinujących wartość odżywczą i przydatność technologiczną mięsa. W zależności od rodzaju wyrębu zawartość białka w mięsie zawiera się w przedziale od kilku procent (świeżej tkanki) w słoninie i boczku do dwudziestu kilku w środkowej części schabu. Stosunek zawartości wody do białka w chudym mięsie zwierząt rzeźnych przyjmuje wartość bliską 4. Uwzględniając umiejscowienie i funkcję białka mięsa dzieli się na sarkoplazmatyczne, miofibrylarne i łącznotkankowe.

Białka sarkoplazmatyczne stanowią około 30-35% białek mięsa. W ich skład wchodzi m.in. białka o charakterze enzymów (np. biorące udział w przemianach białek i węglowodanów), barwniki mięśni (mioglobina) i krwi (hemoglobina), oraz białka związane z lipoproteinami i kwasami nukleinowymi.

Największą grupą białek mięśniowych stanowią białka miofibrylarne. Ich udział w mięsie kształtuje się na poziomie 50-55% białka ogółem. Spośród białek miofibrylarnych największy udział mają miozyna i aktyna (z białek tych zbudowane są miofilamenty). Miozyna jest białkiem, z którego zbudowane są filamenty grube, aktyna tworzy natomiast miofilamenty cienkie. W czasie skurczu mięśni lub stężenia pośmiertnego białka te tworzą kompleks białkowy – aktomiozynę (następuje wówczas złączenie wypustek miofilamentów grubych z cząsteczkami aktyny globularnej). Łączenie miozyny z aktyną odgrywa istotną rolę w kształtowaniu kruchości mięsa. Ponadto białka te, szczególnie miozyna, decydują o licznych właściwościach technologicznych mięsa, takich jak zdolność wiązania i utrzymywania wody oraz żelowania i emulgowania. Pozostałe białka miofibrylarne to m.in. kompleks troponiny, tropomiozyna, α -aktynina, titina, nebulina i desmina. Mają one wpływ na prawidłowe przyżyciowe funkcjonowanie mięśni oraz przebieg procesów poubojowych związanych ze skurczem mięśni i dojrzewaniem mięsa.

Białka łącznotkankowe stanowią około 1,5-10% białek mięsa. W ich skład wchodzi głównie kolagen i elastyna. Z białek łącznotkankowych zbudowane są włókniste struktury tkanki łącznej. Udział kolagenu w mięsie kształtuje się na poziomie od około 1 do 6% białka ogółem. Ze względu na niekorzystny skład aminokwasowy (brak tryptofanu i aminokwasów siarkowych) kolagen uważany jest za białko żywieniowo niepełnowartościowe. Rola kolagenu w mięśniu polega głównie na wzmacnianiu struktury tkanek. Ogólnie białko to nadaje włóknom stabilność, rozciągliwość i elastyczność, wchodzi w skład namięśnej, omięśnej wewnętrznej, śródmięśnej oraz tworzy strukturę mikrowłókien. Zawartość kolagenu w mięsie determinowana jest m.in. rodzajem mięśnia, przy czym mięśnie bardziej aktywne za życia zwierzęcia zawierają więcej kolagenu niż te mniej obciążone. Poza ilością kolagenu w kształtowaniu kruchości mięsa istotne znaczenie ma stopień jego usieciowania. Im starsze zwierzę, z którego pozyskuje się mięso, tym kolagen jest bardziej usieciowany i jego struktura jest mniej podatna na działanie czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Kolagen nie rozpuszcza się w zimnej wodzie, natomiast w gorącej staje się rozpuszczalny przechodząc w żelatynę. Na przemiany kolagenu w trakcie obróbki cieplnej istotny wpływ ma szybkość ogrzewania oraz zawartość wody w środowisku. Dłuższy czas ogrzewania i obecność wody w środowisku sprzyja uzyskaniu kruchości mięsa. Innym ważnym białkiem łącznotkankowym jest elastyna. Stanowi ona główny składnik białkowy ścięgien, więzadeł i ścian naczyń krwionośnych. Jej zawartość w mięsie jest natomiast niewielka.

Poza białkiem, istotnym składnikiem mięsa determinującym jego przydatność technologiczną oraz wartość żywieniową jest tłuszcz. Zawartość tłuszczu w mięsie zależy od wielu czynników, w tym gatunku zwierzęcia, jego płci, wieku, masy czy sposobu żywienia. Istotna jest również część tuszy, z której pozyskano mięso. Zawartość tłuszczu w różnych elementach tusz zwierząt rzeźnych może zawierać się w bardzo szerokich granicach od średnio 0,5 – 3,5% w chudym mięsie np. w zrazowej zewnętrznej, polędwiczce, czy schabie do kilkunastu procent w tłustszych wyrębach typu karkówka,

czy antrykot. Zawartość tłuszczu może jednak sięgać poziomu 50% w boczku, a w przypadku słoniny nawet 80%.

W zależności od miejsca występowania tłuszcz zawarty w mięsie dzieli się na tłuszcz strukturalny, występujący wewnątrz włókien mięśniowych oraz pozawłókienny, umiejscowiony głównie w tkance łącznej, stanowiący część tłuszczu zapasowego organizmu.

O wartości żywieniowej tłuszczu decyduje ilościowy i jakościowy skład kwasów tłuszczowych. Przemysł mięsny, we współpracy z producentami żywca rzeźnego, podejmuje obecnie liczne działania mające na celu zmniejszenie zawartości tłuszczu w mięsie i zmianę profilu kwasów tłuszczowych. Zmniejszenie zawartości tłuszczu w mięsie uzyskiwane jest m.in. poprzez odpowiedni dobór ras zwierząt rzeźnych do hodowli, modyfikację sposobu żywienia, czy usunięcie większych złogów tłuszczu z mięsa w trakcie jego wykrawania. Należy jednak podkreślić, że tłuszcz zawarty w mięsie ma również istotny wpływ na jego jakość sensoryczną. Jest bowiem składnikiem determinującym kruchość, soczystość i smakowitość mięsa. Nie jest zatem wskazane nadmierne zmniejszanie jego zawartości w mięsie.

Spośród związków występujących w mięsie w mniejszych ilościach, lecz mających istotne znaczenie w kształtowaniu jakości mięsa należy wymienić glikogen. Ogólnie udział glikogenu w mięsie kształtuje się na poziomie około 0,8%. Na zróżnicowanie jego poziomu w mięsie wpływa rodzaj mięśnia, gatunek i wiek zwierzęcia oraz, co jest szczególnie istotne w kształtowaniu jakości mięsa, postępowanie ze zwierzętami przed ubojem. Po uboju zwierzęcia, w wyniku postępującej glikolizy, udział glikogenu zmniejsza się, a wraz z rozpadem glikogenu pojawiają się produkty jego przemiany, głównie kwas mlekowy. Zawartość glikogenu w znacznym stopniu determinuje zatem końcowe pH mięsa.

Mięso jest również cennym źródłem wielu składników mineralnych. Ogólnie łączna zawartość składników nieorganicznych w mięsie kształtuje się na poziomie około 1%. Do ważniejszych składników nieorganicznych zawartych w mięsie zalicza się potas, fosfor, siarkę, sód, chlor, magnez oraz wapń. W mniejszych ilościach występuje żelazo, cynk, jod, kobalt, miedź, mangan i selen. Należy jednak podkreślić, że zarówno żelazo, jak i cynk są znacznie lepiej przyswajalne z mięsa niż żywności pochodzenia roślinnego.⁶

7. Poubojowe przemiany mięsa

Zmiany poubojowe mięsa wynikają z podatności jego składników na przemiany chemiczne, w których uczestniczą zarówno własne enzymy proteolityczne mięsa (przemiany endogenne), jak i pochodzące z mikroorganizmów, którymi mięso zostało zanieczyszczone w trakcie procesów uboju, obróbki poubojowej i rozbioru (przemiany egzogenne). Na rodzaj i kierunek tych przemian istotnie wpływają warunki klimatyczne przechowywania mięsa. W procesie przemian poubojowych zachodzących w mięsie wyróżnia się trzy etapy: stężenie poubojowe i jego ustępowanie, dojrzewania mięsa, autolityczny rozkład mięsa (psucie się mięsa).

⁶ Górecka D. (2011) Składniki mineralne w: Mięso- podstawy nauki i technologii. Wyd.SGGW, Warszawa
Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K. (2005) Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa

Po uboju, na skutek wykrwawienia zwierzęcia krew przestaje dostarczać tlen do mięśni. Rozpoczyna się proces rozkładu glikogenu zawartego w mięśniach do kwasu mlekowego. Od poziomu glikogenu i szybkości jego rozpadu w procesie tzw. beztlenowej glikogenolizy uzależnione są późniejsze przemiany i kształtowanie się cech jakości mięsa. Zawartość tego składnika w znaczący sposób determinuje końcowe pH mięsa oraz stopień proteolizy białek i ma istotny wpływ na wiele jego wyróżników, tj. wodochłonność, zdolność emulgowania tłuszczu, kruchość i soczystość, smak i zapach. Powstający w trakcie beztlenowej glikogenolizy kwas mlekowy zakwasza środowisko, a proces ten trwa do momentu inaktywacji enzymów glikolitycznych pod wpływem niskiego pH lub wyczerpania większości zapasów glikogenu. W czasie tych przemian pH mięsa obniża się z przyżyciowego poziomu 7,0 do 5,5-5,6. Szybkość poubojowej glikogenolizy uzależniona jest od gatunku zwierząt i rodzaju mięśnia, a także temperatury, w jakiej przebiega ten proces. Proces glikogenolizy trwa zdecydowanie dłużej w mięsie wołowym, w porównaniu z wieprzowym, czy też drobiowym. U świń szybka glikogenoliza może wiązać się z występowaniem wady PSE, podczas gdy słabe zakwaszenie tkanki (wysokie pH) jest typowe dla mięsa DFD. Także u zwierząt o bardzo wysokim poziomie glikogenu mięśniowego w momencie uboju, po upływie kilku godzin obserwuje się bardzo niskie pH, będące efektem głębokiej glikogenolizy.

Równocześnie wraz z rozkładem glikogenu wyczerpują się zapasy fosfokreatyny i ATP (adenozynotrifosforan), a zwiększa się stopniowo ilość pozostałych produktów rozpadu ATP, które mają duże znaczenie w kształtowaniu smakowitości mięsa. Przy całkowitym braku ATP miozyna wchodzi w interakcję z aktyną, tworząc kompleksowy związek białkowy tzw. aktomiozynę. Sarkomer ulega skróceniu, a w mięśniach następuje stan skurczu, zwany również stężeniem poubojowym (*rigor mortis*). W procesie skurczu, istotną rolę odgrywa także wzrost stężenia jonów wapnia Ca^{2+} wydzielanych z retikulum sarkoplazmatycznego (organu otaczającego miofibryle). Stężenie poubojowe następuje w mięsie wieprzowym po ok. 2-3 h po uboju, a w wołowym po ok. 7 h po uboju. Podczas stężenia mięśnie twardnieją, stają się sztywne i matowe. Skurcz mięśniowy może występować z różną intensywnością, a im większe jest skrócenie sarkomerów (tym samym całego mięśnia), tym mniejszą kruchością cechuje się mięso. Stężenie poubojowe negatywnie oddziałuje także na wodochłonność mięsa, gdyż pH mięsa w stanie skurczu jest zbliżone do punktu izoelektrycznego (pI) białek miofibrylarnych, które wykazują w takich warunkach minimum wodochłonności. Mięso na tym etapie nie nadaje się do produkcji mięsa kulinarnego oraz do przetwórstwa. Czynniki decydującymi o intensywności skurczu są przede wszystkim: gatunek zwierzęcia, rodzaj mięśnia, otluszczenie tuszy oraz odgrywająca szczególną rolę w praktyce temperatura środowiska, w której przetrzymywane są tusze po uboju.

Zjawisko stężenia poubojowego ustępuje po 24-48 h od uboju, a w miarę jego ustępowania wzrasta wodochłonność mięsa. Uaktywnienie enzymów rozkładających białka (zapoczątkowanie proteolizy) rozpoczyna proces dojrzewania mięsa. Najważniejszymi enzymami uczestniczącymi w proteolizie białek mięsa są kalpajny, katepsyny i multikatalityczna proteaza. Na skutek tego procesu następuje rozluźnienie łańcuchów białkowych oraz rozkład białek mięśniowych do prostych peptydów i wolnych aminokwasów. Najbardziej podatne na przemiany proteolityczne są białka miofibrylarne i

sarkoplazmatyczne. Również białka tkanki łącznej ulegają częściowemu rozkładowi, co w rezultacie prowadzi do kruchej i delikatnej konsystencji mięsa. Poubojowa proteoliza zachodząca podczas dojrzewania mięsa jest funkcją pH oraz temperatury. Stopień zakwaszenia mięsa wpływa głównie na zakres proteolizy, zaś temperatura środowiska na jej tempo.

W wyniku procesu dojrzewania mięsa wykształcają się pożądane i korzystne właściwości przede wszystkim mięsa kulinarnego, ale także przerobowego. Na skutek zmian zachodzących przede wszystkim w białkach, ale także tłuszczach wykształcają się najważniejsze wyróżniki sensoryczne mięsa, takie jak kruchość i smakowitość. Proces dojrzewania mięsa powinien odbywać się w zakładach mięsnych, w specjalnie do tego celu przeznaczonych chłodniach w odpowiedniej temperaturze. Przykładowo, do uzyskania pożądanego efektu skruszenia, wykształcenia zapachu i smaku wołowiny niezbędne jest przechowywanie tusz wołowych w warunkach chłodniczych przez minimum 12-15 dni.

Nadmierne zaawansowanie dojrzewania, któremu towarzyszy namnażanie mikroflory, prowadzi do rozkładu gnilnego mięsa. Jest to proces bardzo niepożądany. Objawia się pojawieniem kleistości i śluzu na powierzchni mięsa (jako wyniku namnażania się drobnoustrojów i peptonizacji białek), wyczuwalnymi organoleptycznie zmianami zapachu (wydzielanie gazów o nieprzyjemnym zapachu, z wonią siarkowodoru i amoniaku), widoczną zmianą barwy na ciemnoczerwoną z odcieniem zielonkawym i/lub żółtym. Struktura mięsa staje się natomiast mało spoista i ciastowata, jego pH przekracza 6,5. Takie mięso nie nadaje się do spożycia.

8. Jakość mięsa

Wyróżniki jakości mięsa

Na szeroko rozumianą jakość mięsa składa się wiele cech wskazujących na jego przydatność do produkcji porcji kulinarnych (tzw. jakość kulinarna) lub do produkcji przetwórczej (tzw. jakość przetwórcza). Nadrzędnym wyróżnikiem jakości mięsa jest jego bezpieczeństwo (obejmujące m.in. poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego i chemicznego, obecność pozostałości środków farmakologicznych itp.).

W przypadku mięsa zwierząt rzeźnych określenie „mięso dobrej jakości” oznacza mięso wolne od wad jakościowych (w tym wad jakości kulinarnej i technologicznej). W praktyce oznacza to mięso pochodzące ze zdrowych zwierząt, w których organizmach przed ubojem oraz w tuszach po uboju wszystkie przemiany zachodziły w sposób prawidłowy, w odpowiednim tempie, i które zostało wykrojone z tusz i przekazane do zastosowania kulinarnego lub przerobowego po uzyskaniu odpowiedniego stopnia dojrzałości.

Obecnie obserwuje się coraz większe zainteresowanie przemysłu mięsnego jakością mięsa. Istotne znaczenie mają cechy decydujące zarówno o przydatności kulinarnej, jak i przetwórczej mięsa. Do determinantów jakości przetwórczej mięsa zalicza się m.in.: udział poszczególnych tkanek (w tym głównie mięśniowej, łącznej i łącznej tłuszczowej), zdolność wiązania wody własnej i dodanej w procesie technologicznym, zdolność emulgowania tłuszczu i żelowania, ilość ubytków masy powstających w trakcie obróbki termicznej oraz stabilność oksydacyjną. Do determinantów jakości kulinarnej mięsa zalicza się natomiast udział poszczególnych tkanek, obecność wycieku soku mięsnego (tzw. wodnistość mięsa), konsystencję, kruchość, soczystość i smakowitość mięsa. Ważnym

wyróżnikiem jakości kulinarnej mięsa jest również jego barwa. Przez konsumentów utożsamiana jest ona z jakością i świeżością mięsa.

Do podstawowych barwników występujących w mięsie należą mioglobina (Mb) oraz hemoglobina (Hb), której obecność w mięsie wynika z niepełnego wykrwawienia zwierzęcia. Pozostałe barwniki takie jak: cytochrom C, kobalamina, barwniki osocza krwi (karotenoidy, flawiny, bilirubina) oraz barwniki tkanki tłuszczowej (np. karoten) nie odgrywają większej roli w tworzeniu barwy mięsa.

O barwie mięsa decydują głównie przemiany mioglobiny. W mięsie surowym barwnik mięśniowy może występować w trzech formach: mioglobiny (Mb, zredukowana, o purpurowoczerwonej barwie), oksymioglobiny (OMb, utlenowana, o jasnoczerwonej barwie), oraz metmioglobiny (MMb, utleniona, o barwie szarobrunatnej/brazowej).

Purpurowoczerwona barwa mięsa występuje wówczas, gdy mioglobina (Mb, zredukowana) występuje w naturalnej postaci. W obecności tlenu ulega ona samorzutnie utlenowaniu do oksymioglobiny (OMb). Przykładowo w trakcie wykrawania, w wyniku odsłonięcia powierzchni mięsa, dociera do niej znacznie większa ilość tlenu atmosferycznego. Mioglobina (Mb) absorbuje tlen znajdujący się w jego powierzchniowej warstwie i po około 20-30 minutach (w zależności od gatunku mięsa, rodzaju mięśnia, i innych czynników) przekształca się w oksymioglobinę (OMb) o barwie jasnoczerwonej. Proces ten określa się jako „blooming”. W trakcie dalszego przetrzymywania mięsa w warunkach dostępu powietrza, mioglobina (Mb) ulega procesowi utlenienia do metmioglobiny (MMb) o barwie szarobrunatnej/brazowej.

Prawidłowa różowoczerwona barwa mięsa jest niezbędna do jego zakwalifikowania jako surowca o prawidłowej jakości. Mięso o dobrej jakości określa się jako RFN (reddish-pink, firm, nonexudative / normal - czerwonoróżowe, jędrne, normalne, niecieknące). W przypadku wieprzowiny za mięso RFN uważa się mięso (*m. longissimus*) cechujące się pH mierzonym w 45 minut od uboju na poziomie $> 6,3$, pH mierzonym po 24 godzinach od uboju na poziomie 5,5-5,7 oraz brakiem oznak wodnistości i kleistości powierzchni.

Wady jakości mięsa

Na końcową jakość mięsa istotny wpływ ma prawidłowość przebiegu poubojowej glikolizy. Szczególne znaczenie w tym zakresie ma szybkość obniżania pH i temperatury mięsa po uboju zwierząt rzeźnych. W przypadku zbyt gwałtownego przebiegu poubojowej glikolizy, skutkującego szybkim obniżaniem pH mięsa, występuje w nim stan stosunkowo niskiego pH ($< 6,3$) i wysokiej temperatury (tj. 39-42°C). W takich warunkach dochodzi do częściowej denaturacji białek mięśniowych i uszkodzenia błon komórkowych, czego efektem jest zbyt jasna barwa mięsa, miękka rozwarstwiająca się struktura oraz duży wyciek soku mięśniowego (duży wyciek swobodny). Częściowa denaturacja białek mięśniowych skutkuje również pogorszeniem przydatności technologicznej mięsa, w tym jego zdolności do wiązania wody, emulgowania tłuszczu i żelowania. Mięso takie, w zależności od szybkości obniżania pH, a tym samym stopnia zaawansowania zmian denaturacyjnych, określane jest jako obarczone wadą RSE (ang.: reddish-pink, soft, exudative), gdy $\text{pH}_{45 \text{ min}}$ wynosi 5,8-6,3 lub wadą PSE (ang.: pale, soft, exudative), gdy $\text{pH}_{45 \text{ min}}$ jest niższe od 5,8.

Występowanie wady PSE jest istotnym problemem w produkcji mięsa wieprzowego, mniejsze znaczenie ma natomiast w produkcji wołowej. W przypadku wieprzowiny wada ta jest determinowana genetycznie, a jej powstawaniu sprzyja obarczenie świń recesywnym genem wrażliwości na stres RYR1^T (wysoka częstość występowania tego genu stwierdzana jest m.in. w populacji świń rasy pietrain). Czynnikiem sprzyjającym powstawaniu tej wady, nawet wśród osobników wolnych od genu RYR1^T, jest również narażenie świń na stres bezpośrednio przed ubojem.

Do niekorzystnych zmian denaturacyjnych w tkance mięśniowej, podobnych jak w przypadku mięsa PSE i RFN, może również dojść przy prawidłowym tempie poubojowej glikolizy, jednak przy braku odpowiedniego wychładzania mięsa w tuszy. W takich warunkach dochodzi do tzw. zaparzenia mięsa. Wizualnym objawem takiego defektu jest zbyt jasna, blada, różowoszara barwa, miękka struktura i stosunkowo duża wodnistość powierzchni. Problem z powstawaniem mięsa zaparzonego występuje najczęściej w głębokich warstwach grubych mięśni (np. mięśni udźca), w których, z racji umiejscowienia w tuszy, należyte obniżenie temperatury następuje po stosunkowo długim czasie od uboju zwierząt.

Niekorzystne dla jakości mięsa jest również zbyt szybkie obniżanie temperatury mięsa w tuszy. W przypadku gdy temperatura mięsa obniży się w trakcie wychładzania poubojowego poniżej 10°C a jego pH jest wyższe niż 6,2 może dojść do tzw. skurczu chłodniczego objawiającego się pogorszeniem kruchości mięsa.

Końcowa jakość mięsa, poza dynamiką poubojowej glikolizy, jest również determinowana poziomem, do jakiego obniża się pH mięsa po uboju zwierząt rzeźnych. Niewielkie obniżenie pH mięsa po uboju zwierząt rzeźnych powoduje powstawanie tzw. wady DFD (ang.: dark, firm, dry). Mięso obarczone wadą DFD cechuje się ciemną barwą, zwartą strukturą, kleistą powierzchnią oraz małą trwałością mikrobiologiczną. Taki brak prawidłowego zakwaszania mięsa może wynikać z wyczerpania zapasów glikogenu w mięśniach jeszcze za życia zwierząt, na przykład wskutek nadmiernego ich zmęczenia w trakcie obrotu przedubojowego (długotrwały transport, zmęczenie powodują wyczerpanie zapasów glikogenu w mięśniach i w efekcie brak prawidłowego obniżania pH mięsa po uboju).

Zbyt niskie pH (mierzone po 24 godzinach od uboju zwierząt) jest natomiast cechą charakterystyczną dla wad PSE, RSE oraz tzw. wady mięsa kwaśnego (AM). W przypadku wystąpienia tych wad jakości pH mięsa obniża się w 24 godziny od uboju do poziomu niższego niż 5,5. Skutkuje to m.in. pogorszeniem wodochłonności mięsa, co wynika m.in. ze zbliżenia się pH mięsa do punktu izoelektrycznego białek mięśniowych (tj. około 5,2). W punkcie tym białka mięśniowe mają najsłabszą zdolność wiązania i utrzymywania wody własnej i dodanej w procesie technologicznym. Podobnie jak wada PSE również występowanie wady AM ma podłoże genetyczne. Za występowanie wady AM odpowiedzialny jest dominujący gen RN⁻, warunkujący m.in. wyższy od normalnego poziom glikogenu.

Czynniki wpływające na jakość mięsa

Końcowa jakość mięsa jest efektem działań podejmowanych na wszystkich etapach jego produkcji, począwszy od hodowli zwierząt rzeźnych aż do dystrybucji i sprzedaży mięsa. Przyjmuje się,

że jakość mięsa jest determinowana w około 30 procentach przez czynniki genetyczne i w około 70 procentach przez czynniki pozagenetyczne (żywieniowe, środowiskowe). Wartości te mogą być jednak różne dla różnych składowych jakości mięsa lub różnych wad jakościowych. Niektóre wady jakości mięsa są bowiem determinowane głównie czynnikami genetycznymi (np. wady PSE i AM), a inne środowiskowymi (np. wada DFD).

Do czynników genetycznych wpływających na jakość mięsa zalicza się m.in. rasę zwierząt rzeźnych oraz genotyp w zakresie genów odpowiedzialnych za występowanie wad jakości mięsa. Z punktu widzenia jakości mięsa czynniki genetyczne mają największy wpływ na zawartość tłuszczu śródmięśniowego oraz występowanie wady mięsa wodnistej (np. związane z obarczeniem świń genem RYR1^T). Spośród czynników pozagenetycznych istotną rolę w kształtowaniu jakości mięsa mają czynniki żywieniowe i środowiskowe. Wpływ żywienia zwierząt rzeźnych na jakość mięsa jest rozpatrywany najczęściej w kontekście oddziaływania na jakość mięsa ilości podawanej paszy (system tuczu / opasu) i jej jakości (wartość energetyczna, zawartość białka, obecność składników mających wpływ na jakość sensoryczną mięsa). Sterowanie czynnikami żywieniowymi pozwala m.in. na kształtowanie zawartości tłuszczu śród- i międzymięśniowego w mięsie zwierząt rzeźnych, przez co możliwy jest wpływ na jego jakość kulinarną. Spośród czynników środowiskowych oddziałujących za życia zwierząt rzeźnych, z punktu widzenia jakości mięsa, najważniejsze są te, które mogą wpływać na pogorszenie dobrostanu zwierząt, tj. głównie czas trwania głodówki przedubojowej, warunki załadunku, transportu i rozładunku zwierząt, warunki magazynowania przedubojowego i uboju. Niezachowanie należytej dbałości o dobrostan zwierząt może prowadzić do pogorszenia jakości tusz i mięsa. Pogorszenie jakości tusz może być wynikiem złamań kośćca, stłuczeń i zadrapań natomiast obniżenie jakości mięsa może objawiać się zwiększoną częstością występowania mięsa krwawego, mięsa DFD (przy długo utrzymującym się stanie stresu zwierząt) lub mięsa PSE (w przypadku braku dbałości o dobrostan (świń) bezpośrednio przed ubojem).

Istotny wpływ na jakość mięsa mają również czynniki poubojowe. Etapami wymagającymi szczególnej uwagi z punktu widzenia jakości mięsa są: prawidłowe wychłodzenie (ważne jest tempo obniżania temperatury i poziom do jakiego mięso zostanie wychłodzone) oraz dojrzewanie mięsa. Nieprawidłowo prowadzone wychładzanie mięsa może doprowadzić, w przypadku zbyt szybkiego wychłodzenia do powstania tzw. skurczu chłodniczego, a przy zbyt wolnym wychłodzeniu do powstania wady mięsa zaparzonego. Zagadnienie dojrzewania mięsa jest szczególnie istotne w przypadku wołowiny. Bez należytego dojrzewania mięsa nie jest możliwe uzyskanie jego wysokiej jakości kulinarnej. Na jakość mięsa zwierząt rzeźnych niezwykle istotny wpływ ma również to co dzieje się z nim po opuszczeniu zakładów mięsnych. Szczególną uwagę należy zwrócić tu na warunki temperaturowe oraz higieniczne transportu, magazynowania i sprzedaży mięsa.

Systemy zapewnienia jakości mięsa

Od wielu lat zakłady przemysłu spożywczego wdrażają różnego rodzaju rozwiązania systemowe mające zapewnić wysoki poziom jakości i bezpieczeństwa produkowanej żywności. Przykładami mogą być: GMP, GHP, HACCP, ISO 9001. Ich podstawą jest systemowe zintegrowanie

zarządzania jakością i bezpieczeństwem żywności oraz nadzór i kontrola całego łańcucha produkcyjnego. Systemy te skoncentrowane są na zapewnieniu szeroko rozumianego bezpieczeństwa produkowanej żywności. W ostatnim okresie coraz większe zainteresowanie producentów mięsa budzą również rozwiązania systemowe gwarantujące nie tylko bezpieczeństwo ale również wysoką jakość mięsa lub/i przetworów mięsnych. Przykładami takich systemów są: niemiecki QS – Ihr Prüfsystem für Lebensmittel, austriacki AMA-Gütesiegel, francuski Label Rouge, szkocki QMS (Quality Meat Scotland) oraz polskie QMP (Quality Meat Program), PQS (Pork Quality System) i multiproduktowy system QAFP (Quality Assurance for Food Products).

Aby system zapewnienia jakości mógł być oficjalnie uznany przez kraje UE wymagane jest spełnienie kilku wymagań, m.in. dotyczących specyfiki produktu końcowego, który musi wykazywać się szczególnymi cechami, łącznie z procesem produkcyjnym, lub jakością w znaczący sposób przewyższającą handlową jakość produktów w zakresie zdrowia publicznego, zdrowia zwierząt, warunków utrzymania zwierząt i ochrony środowiska naturalnego. Zgodność ze specyfikacjami produktu musi być weryfikowana przez niezależną jednostkę kontrolującą. System musi być przejrzysty i zapewniać pełną możliwość podążania śladem produktów (traceability). Ponadto wymagane jest aby system był otwarty dla wszystkich producentów z kraju i zagranicy.

Przy wdrażaniu systemów produkcji mięsa wysokiej jakości konieczne jest określenie takich warunków w całym łańcuchu produkcji mięsa, które dadzą odpowiednio wysokie prawdopodobieństwo, że wytworzony produkt będzie wysokiej jakości. W praktyce, w produkcji mięsa zwierząt rzeźnych, niemożliwe jest osiągnięcie całkowitej pewności, że będzie ono wolne od wad jakościowych. Możliwe jest natomiast zminimalizowanie ryzyka wystąpienia wad jakości mięsa.

Wdrożenie systemów zapewnienia jakości w zakładach mięsnych może mieć korzystne efekty w postaci ograniczenia strat występujących na poszczególnych etapach produkcji mięsa i tym samym zwiększenia efektywności produkcji. Ponadto wdrożone, skutecznie działające systemy dają gwarancję produkcji mięsa o wysokiej i powtarzalnej jakości, co może przekładać się na zwiększenie zaufania konsumentów do marki i zwiększenie konkurencyjności na rynku oraz ułatwienie wymiany handlowej.