

## CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA JAKOŚĆ MIĘSA WIEPRZOWEGO

### FACTORS EFFECTING QUALITY OF PORK MEAT

Przez jakość mięsa rozumieć należy zespół wszystkich istotnych dla surowca mięsnego cech, decydujących o jego wartości użytkowej oraz jednoznacznie precyzujących, czy jest ono odpowiednie pod względem wartości odżywczej dla konsumenta. Pojęcie jakości mięsa obejmuje również takie kryteria jak bezpieczeństwo zdrowotne oraz dyspozycyjność. Najważniejsze cechy jakościowe mięsa z punktu widzenia konsumenta to: soczystość, kruchość, pożądany i właściwy smak oraz zapach.

Nieprawidłowe postępowanie ze zwierzętami za życia może być przyczyną wystąpienia wad mięsa i skutkować otrzymaniem surowca o gorszej niż pożądana jakości. Równie duży wpływ na przydatność technologiczną i kulinarną mięsa mają czynności ubojowe oraz obchodzenie się z tuszami, a następnie mięsem po uboju (wychładzanie, rozbiór, chłodnicze przechowywanie). Po śmierci zwierzęcia w tkance mięśniowej dochodzi do szeregu przemian, w wyniku których staje się ona mięsem. W tym czasie szczególnie ważną rolę odgrywają temperatura otoczenia oraz stan higieniczny pomieszczeń mających styczność z surowcem mięsnym.

#### Czynniki przyżyciowe a jakość mięsa wieprzowego

**Rasa** – obecnie wszystkie rasy świń hodowanych w kraju przypisane są do dwóch grup nazywanych rasami matecznymi wykorzystywanymi do przygotowywania wyjściowego komponentu żeńskiego do dalszych kójarów, a także rasami ojcowskimi wykorzystywanymi jako komponent męski w różnych wariantach krzyżowania międzyrasowego.

Rasy mateczne – do tej grupy należy pięć ras: polska biała zwisłoucha, wielka biała polska, złotnicka biała, złotnicka pstra i puławska. Preferowane są rasy rodzime, ponieważ przez wiele pokoleń przystosowywały się do miejscowych warunków środowiskowych, a więc do lokalnego klimatu i sposobu żywienia oraz do stosowanej technologii chowu<sup>1</sup>.

---

<sup>\*</sup> dr inż., Instytut Technologii Żywności i Gastronomii, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

<sup>\*\*</sup> inż., Instytut Technologii Żywności i Gastronomii, Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

<sup>1</sup> T. Schwarz, J. Nowicki, M. Jelonek, Porównanie użytkowości rozplodowej ras WBP i PBZ w warunkach produkcji wielkotowarowej, „Roczniki Naukowe Zootechniki” 2007, nr 34(2), s. 165–169.

Rasy ojcowskie – najważniejsze kryteria doboru komponentu ojcowskiego to przede wszystkim wysoki udział mięsa w tuszy (szczególnie w najwyższej cenionych wyrębach: szynce i polędwicy) oraz szybkie tempo wzrostu. Duże znaczenie mają także: mała zawartość tłuszczu w mięsie i możliwie cienka warstwa słoniny oraz wysokie przystożyty dzienne przy niskim zużyciu paszy.

W parze z wysoką mięsnością często występuje podatność na stres i tendencja do wytwarzania mięsa z wadą PSE (z ang.: blade, miękkie, wodniste). Jest to surowiec niechętnie widziany w przetwórstwie mięsnym i mało atrakcyjny pod względem kulinarnym<sup>2</sup>.

**Genotyp** – obecność w genotypie zwierzęcia genu wrażliwości na stres RYR1 powoduje przyspieszenie przemian glikolitycznych bezpośrednio po uboju, co w konsekwencji prowadzi do zahamowania przemian proteolitycznych białek cytoszkieletowych, odpowiadających za procesy kruszenia i utrzymywania wody własnej przez mięso. Istotna zależność między RYR1 a wartością cech jakości mięsa znajduje potwierdzenie w częstości występowania tusz z mięsem wadliwym typu PSE<sup>3</sup>.

Kolejnym genem oddziałującym niekorzystnie na jakość mięsa jest gen RN<sup>-</sup>. Obecność tego genu przyczynia się do występowania wady ASE (mięso kwaśne typu „hampshire”). Cechą charakterystyczną ras obciążonych tym genem jest wysoki potencjał glikolityczny tkanki mięśniowej (czyli duża zawartość substancji mogących ulegać przemianie do kwasu mlekowego – głównie glikogenu). Obserwuje się jednak niewielki korzystny efekt genu RN<sup>-</sup> dla tempa wzrostu i jakości tuszy. Ponadto mięso takich sztuk ma lepszy smak i aromat, a także wymaga użycia mniejszej siły podczas cięcia<sup>4</sup>.

**Wiek zwierzęcia w momencie uboju** – mięso młodych zwierząt zawiera przeważnie mniej białka i tłuszczu, a więcej wody w porównaniu z mięsem zwierząt starszych. W mięsie starszych sztuk w większej ilości występuje także kolagen. Mięso to jest zwykle twardsze i ciemniejsze w stosunku do mięsa młodych sztuk. To natomiast jest bardziej dietetyczne, delikatniejsze i łatwiej strawne<sup>5</sup>, chociaż potrawy z niego sporządzone nie mają smaku i aromatu, który jest charakterystyczny dla mięsa bardziej tłustego pochodzącego od dojrzałych osobników<sup>6</sup>.

**Pleć** – tusze loszek w porównaniu z wieprzkami uznawane są za lepsze, ponieważ są dłuższe, mają cieńszą słoninę, większą powierzchnię „oka” polędwicy, większy udział szynki i mięsa w tuszy oraz mniej w niej tłuszczu. Wieprzki (kastrowane knurki) mają skłonność do przetłuszczenia tuszy. W kontekście różnic w odniesieniu do płci stwierdzono, że knurki szybciej rosną, lepiej wykorzystują paszę, cechuje je większa

<sup>2</sup> A. Kasprzyk, O jakości mięsa wieprzowego słów kilka, „Trzoda chlewna” 2008, nr 06, s. 47–49.

<sup>3</sup> A. Mucha, M. Różycki, T. Blicharski, Użytkowość tuczna, rzeźna i rozplodowa loch zarodowych rasy PBZ w zależności od genotypu RYR1, „Roczniki Naukowe Zootechniki” 2007, nr 34(2), s. 151–165.

<sup>4</sup> A. Kasprzyk, op. cit., s. 47–49.

<sup>5</sup> A. Pisula, T. Florowski, Działania niezbędne do podjęcia w hodowli i przetwórstwie wynikające z konieczności zapewnienia wysokiej jakości mięsa i przetworów mięsnych; część II: Wpływ czynników ubojowych i przetwórczych na jakość mięsa i przetworów mięsnych, „Informator Masarski” 2007, nr 07, 41–47.

<sup>6</sup> A. Pisula, T. Florowski, Zmiany ilościowe i jakościowe mięsa w trakcie jego pozyskiwania i przetwarzania; część I: Wpływ czynników przyzyciowych, „Gospodarka Mięсна” 2008, nr 2, 8–14.

mięśność i znacznie mniejsze otłuszczenie. Wykazano jednak, że knurki charakteryzują się nieco gorszymi wskaźnikami wydajności rzeźnej oraz możliwością występowania w mięsie i tłuszczu niepożądanego zapachu samczego (odoru knurzego)<sup>7</sup>.

**Żywienie zwierząt rzeźnych** – niezbędnym warunkiem dobrego wykorzystania przez trzodę białka i aminokwasów z paszy jest odpowiednio wysoka zawartość energii metabolicznej w dawce pokarmowej. Jest to tym ważniejsze, że nadmiar energii jest zużywany na odłożenie tkanki tłuszczowej, co zmniejsza odkładanie białka w ciele rosnących tuczników. Niedobór energii powoduje natomiast pogorszenie wyników produkcyjnych. Drugim czynnikiem, po zbilansowaniu energii, jest poziom białka w dawce, a zwłaszcza pokrycie zapotrzebowania na aminokwasy. Białko jest najdroższym składnikiem dawki, który w wypadku niezbilansowania może powodować pogorszenie wyników tuczu, niską efektywność wykorzystania pasz i niekorzystny skład tuszy. Najważniejszymi aminokwasami ograniczającymi wydajność trzody są: lizyna, metionina z cystyną, treonina i tryptofan<sup>8</sup>.

**Warunki hodowli zwierząt** – niewłaściwe warunki w trakcie hodowli, mieszanie grup zwierząt i ich przeganianie może wywołać u nich długotrwały stres, który z kolei może prowadzić do powstania mięsa obarczonego wadą PSE<sup>9</sup>.

**Postępowanie przedubojowe** – w przemyśle mięsnym coraz powszechniejsze jest przekonanie, że wysoką jakość mięsa można osiągnąć tylko dzięki właściwemu traktowaniu zwierząt rzeźnych. Bardzo trafne jest stwierdzenie: „Cały wysiłek producenta zwierząt może być zniweczony poprzez niewłaściwe ich traktowanie w czasie obrotu przedubojowego”<sup>10</sup>.

**Transport** – jest niekorzystnym czynnikiem wpływającym na organizm zwierząt rzeźnych w czasie obrotu. Trzoda transportowana na krótkich dystansach z fermy do zakładów mięsnych, przy krótkim czasie odpoczynku przedubojowego bądź jego braku oraz przy wysokiej zawartości glikogenu i dużym nasileniu czynników stresowych – ma wyższą tendencję do wytwarzania mięsa wadliwego typu PSE. Długi czas transportu oraz odpoczynku przedubojowego, w których trakcie zwierzęta są narażone na działanie długotrwałych czynników stresogennych, może wpływać na zubożenie zasobu glikogenu i ATP. Postępowanie takie może w konsekwencji powodować powstanie w mięsie wady typu DFD<sup>11</sup>.

Właściwa gęstość załadunku powinna zapewniać wszystkim zwierzętom możliwość położenia się. Dla typowego na rynku tuczniaka (110–120 kg masy żywca) wymagane jest, aby powierzchnia transportowa nie była mniejsza niż 0,5 m<sup>2</sup>. Dopuszcza się odstępstwo o 10% w zależności od pory roku i kondycji zwierząt<sup>12</sup>. Załadunek i wyładunek zwierząt powinien następować bezstresowo przy użyciu możliwie jak najbar-

<sup>7</sup> A. Pisula, E. Pospiech (red.), Mięso – podstawy nauki i technologii, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2011, s. 29–33.

<sup>8</sup> J. Skrodzki, Czynniki decydujące o wartości mięsa tuczników, <http://www.odr.zetobi.com.pl/zwierz/trzoda/trz007.html>.

<sup>9</sup> A. Pisula, T. Florowski, Działania niezbędne..., *op. cit.*, s. 41–47.

<sup>10</sup> K. Tereszkiwicz, M. Ruda, P. Molenda, Wpływ czasu obrotu przedubojowego na wartość rzeźną i jakość mięsa tuczników, [http://ptz.utp.edu.pl/streszczenia/H\\_Trzody.pdf](http://ptz.utp.edu.pl/streszczenia/H_Trzody.pdf).

<sup>11</sup> A. Rybarczyk, Czynniki środowiskowe kształtujące jakość wieprzowiny, „Magazyn Przemysłu Mięsnego” 2007, nr 6, 32–35.

<sup>12</sup> A. Olszewski, Technologia przetwórstwa mięsa, wydanie drugie, WNT, Warszawa 2007, s. 42–43.

dziej poziomej rampy. Zaleca się stosowanie ramp o pochyłości nie większej niż 20 stopni<sup>13</sup>.

Zarówno podczas transportu, jak i w magazynie żywca zwierzęta powinny wykazywać niezmienny „skład osobowy” w celu uniknięcia walk i zniwelowania poczucia niepokoju. Transportowanie wspólnie obcych dla siebie zwierząt, może podwyższyć ryzyko wystąpienia mięsa PSE, jak również prowadzić do licznych zadrapań i ugryzień, obniżając tym samym wartość skóry tuszy.

Po dostarczeniu do zakładów mięsnych zwierzęta gromadzone są w magazynach żywca. Każda rzeźnia dąży do jak najkrótszego przetrzymywania zwierząt ze względu na problemy związane z żywieniem i pojeniem oraz możliwością padnięcia zwierząt. Zgodnie z *Dyrektywą Rady 93/119/WE z dnia 22 grudnia 1993 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas uboju lub zabijania*<sup>14</sup>, zwierzęta, które nie zostały poddane ubojowi w ciągu 12 godzin po przybyciu do rzeźni, muszą być nakarmione. W związku z powyższym wiele zakładów mięsnych tak planuje proces technologiczny, aby dostarczone do zakładu zwierzęta były ubijane tego samego dnia.

**Odpozynek przedubojowy** – w piśmiennictwie istnieje opinia, że trzoda transportowana na krótkie dystanse powinna trafić na ubój w krótkim okresie po transporcie, natomiast przewożona na dłuższe dystanse powinna być poddana przed ubojem tzw. odpozynekowi przedubojowemu. Określenie optymalnego czasu odpozynku przedubojowego jest w praktyce bardzo trudne, gdyż powrót organizmu do stanu równowagi fizjologicznej jest możliwy tylko w przypadku zapewnienia prawidłowych warunków w magazynie żywca.

**Głodówka** – przyjęcie przez zwierzęta pokarmu wiąże się z jednoczesnym wprowadzeniem do organizmu mikroflory. Karma dla zwierząt jest w sposób naturalny zakażona drobnoustrojami głównie saprofitycznymi, niejednokrotnie w wysokim stopniu. Podczas procesu trawienia część spożytej mikroflory dostaje się wraz z wchłanianymi składnikami odżywczymi do krwi i chłonki, skąd następnie trafia do poszczególnych tkanek organizmu. Dlatego też mięso zwierząt poddanych ubojowi podczas procesu trawienia przejawia zwiększone zakażenie bakteryjne, co bardzo niekorzystnie wpływa na jego trwałość i odporność na procesy gnilne. Z tych powodów podstawową zasadą postępowania ze zwierzętami rzeźnymi jest poddawanie ich głodówce przedubojowej<sup>15</sup>. Największe potrawienne zakażenie krwi bakteriami następuje podczas wchłaniania rozłożonych składników pokarmowych. Przypada to na początek wydalania przyjętego pokarmu i następuje u trzody chlewnej po 11–13 godzinach od spożycia karmy.

Czas trwania głodówki przedubojowej nie powinien być zbyt długi, aby nie dochodziło do zużywania własnych materiałów zapasowych. Czas ten powinien wynosić dla trzody od 12 do 18 godzin. W określaniu długości trwania głodówki należy wziąć pod uwagę okres trwania transportu.

**Ubój** – procesy uboju i obróbki poubojowej zwierząt rzeźnych są szeregiem wielu czynności, których właściwe przeprowadzenie ma decydujący wpływ na jakość

---

<sup>13</sup> Rozporządzenie Rady (WE) NR 1/2005 z 22.12.2004 w sprawie ochrony zwierząt podczas uboju i związanych z tym działań.

<sup>14</sup> Dyrektywa Rady 93/119/WE z 22.12.1993 w sprawie ochrony zwierząt podczas uboju lub zabijania.

<sup>15</sup> E. Prost, Zwierzęta rzeźne i mięso – ocena i higiena, *Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 2006*, s. 55–64.

mięsa. Wszystkie etapy uboju i obróbki poubojowej powinny być prowadzone sprawnie, z zachowaniem najwyższej dbałości o dobrostan zwierząt, oraz świadomością ich oddziaływania na jakość mięsa<sup>16</sup>. Tempo wykonywania poszczególnych czynności powinno być dobrane z uwzględnieniem ich fizjologicznego oddziaływania na organizmy zwierząt oraz późniejszych przemian glikolizy poubojowej. Przyjmuje się, że czas zakończenia czynności ubojowych nie powinien przekraczać 30 minut, optymalnie zaś powinien wynosić 20 minut<sup>17</sup>.

Jednym z punktów krytycznych w kształtowaniu jakości mięsa jest zabieg oształmiania. Metody oształmiania mają często negatywny wpływ na jakość mięsa. Szczególnie wadliwą metodą jest oształmianie świń za pomocą kleszczy, przez które przepływa prąd elektryczny. Niewłaściwe przeprowadzenie elektrycznego oszołomienia świń może prowadzić w konsekwencji do uszkodzenia kręgosłupa, kości szynek, występowania wybroczyn krwawych i wad jakości mięsa<sup>18</sup>.

Alternatywne rozwiązanie stanowi zastosowanie metody oształmiania farmakologicznego z wykorzystaniem CO<sub>2</sub>. Oształmianie farmakologiczne trzody chlewnej, w porównaniu z elektrycznym, pozwala na uzyskanie tusz oraz mięsa lepszej jakości, gdyż w mięsie zaobserwowano mniej krwawych wybroczyn (do 3% tusz, natomiast przy oształmianiu elektrycznym do 6%) i mniejszą częstość występowania wady PSE<sup>19</sup>.

Istotnym okresem w trakcie uboju z punktu widzenia jakości mięsa jest czas od momentu oszołomienia zwierzęcia do chwili klucia. W tym czasie wzrasta ciśnienie krwi, która może być wyciskana przez uszkodzone naczynia krwionośne i tym samym powodować krwawe wybroczyny w mięśniach. Wskazane jest, żeby okres od momentu oszołomienia do momentu klucia był jak najkrótszy i wedle obowiązujących wymogów Unii Europejskiej nie powinien być dłuższy niż 20 sekund przy oształmianiu elektrycznym, oraz 30 sekund przy oształmianiu farmakologicznym z wykorzystaniem CO<sub>2</sub><sup>20</sup>.

Prawidłowe wykrwawienie tuszy polega na usunięciu z niej ok. 80% krwi. Pozostawienie w tuszy większej ilości krwi zwiększa wprawdzie jej masę, ale jednocześnie znacząco obniża trwałość pozyskanego mięsa. Proces wykrwawiania przebiega najintensywniej podczas pierwszych 3 minut od momentu klucia, przedłużenie zaś tego okresu powyżej 5 minut nie daje efektu pozytywnego, wręcz przeciwnie, wpływa negatywnie na kruchość mięsa. Nie wolno natomiast podejmować dalszych czynności ubojowych na trzodzie przed upływem 20 sekund od momentu rozpoczęcia wykrwawiania.

Dalsze zabiegi ubojowe, tzn. czynności przy powłokach zewnętrznych, wytrzewianie i toaleta końcowa, mają znaczący wpływ na stan mikrobiologiczny tusz, zwłaszcza zakażenie bakteriami *Salmonella* i *Escherichia coli*. Zakażenia pałeczkami z rodzaju *Salmonella* są zwykle skutkiem braku higieny podczas hodowli, transportu i magazynowania przedubojowego. Do zakażeń pałeczkami *E. coli* butującymi w przewodzie pokarmowym dochodzi natomiast podczas niewłaściwego postępowania z powłokami zewnętrznymi i przy wytrzewianiu<sup>21</sup>.

<sup>16</sup> S. Wajda, Produkcja mięsa z tusz loch, „Gospodarka Mięsna” 2007, nr 6, s. 16–19.

<sup>17</sup> A. Pisula, T. Florowski, Działania niezbędne..., *op. cit.*, s. 41–47.

<sup>18</sup> *Ibidem*, s. 41–47.

<sup>19</sup> A. Pisula, E. Pospiech (red.), Mięso – podstawy nauki, *op. cit.*, s. 70–79.

<sup>20</sup> R. Palka, O humanitarnym uboju świń słów kilka, „Gospodarka Mięsna” 2007, nr 1, s. 12–14.

<sup>21</sup> E. Piotrowski, Technika i technologia uboju trzody chlewnej na zmodernizowanej linii, „Gospodarka Mięsna” 2007, nr 4, s. 12–14.

## Czynniki pośmiertne a jakość mięsa wieprzowego

Po uboju w tkance mięśniowej zwierząt dochodzi do szeregu różnorodnych przemian określanых jako przemiany poubojowe. Dzieli się one na endogenne, będące skutkiem działania enzymów tkankowych, i egzogenne, których źródłem są bodźce otoczenia.

**Przemiany węglowodanów** – ich rozkład następuje najwcześniej i jest punktem wyjścia dla przemian innych składników, głównie białek. Za życia zwierzęcia przy odpowiednim natlenieniu ustroju zawarty w mięśniach cukier – glikogen, ulega rozkładowi do dwutlenku węgla i wody. Po uboju glikogenoliza przebiega bez udziału tlenu. Powstaje wówczas kwas mlekowy, który przyczynia się do obniżenia wartości pH mięsa do poziomu około 5,4 w czasie 24 godzin od uboju. Spadek wartości pH nosi miano zakwaszania mięsa. Zawartość glikogenu w mięśniach wynosi od 0,3% do 2% i jest uzależniona od stopnia utuczenia oraz funkcji, jaką mięśnie pełnią za życia zwierzęcia<sup>22</sup>.

Zakwaszenie mięsa odgrywa znaczącą rolę z higienicznego punktu widzenia, ponieważ w okresie między ubojem a przekazaniem tusz do przetwórstwa jest ono jedynym czynnikiem działającym bakteriostatycznie.

**Przemiany nukleotydów** – przemiany poubojowe nukleotydów występujących w mięśniach, szczególnie ATP, doprowadzają do wystąpienia stężenia pośmiertnego decydującego o kruchości mięsa oraz do wytworzenia produktów będących prekursorami substancji smakowo-zapachowych.

W czasie od 2 do 6 godzin od uboju mięśnie stają się twarde, sztywne i matowe. Szybkość wystąpienia stężenia pośmiertnego jest ściśle powiązana z rodzajem mięśni oraz ilością pracy, jaką wykonywały za życia. Najwcześniej skurczowi ulegają mięśnie sercowy i języka, następnie mięśnie głowy, karku, kończyn, a na końcu grzbietu. Zjawisko stężenia pośmiertnego (*rigor mortis*) można podzielić na cztery zasadnicze etapy<sup>23</sup>: fazę *pre rigor* (opóźnienia), fazę rozwoju *rigor*, fazę pełnego *rigor*, fazę ustępowania *rigor* (*post rigor*).

W fazie *pre rigor* mięsień jest elastyczny i nie wykazuje objawów sztywności – jego kruchość jest największa. W fazie rozwoju *rigor* mięsień szybko traci elastyczność i następują pogłębiające się objawy sztywnienia. Jest to skutkiem utworzenia się wiązań pomiędzy aktyną i miozyną, które prowadzą do powstania aktomiozyny. Wynikiem skurczu miofibryli jest skurcz mięśnia. Dlatego w fazie pełnego *rigor* mięsień jest nieelastyczny, sztywny i twardy. W fazie rozwoju *rigor* oraz pełnego *rigor* kruchość mięsa gwałtownie się obniża i jest najmniejsza w całym okresie poubojowym. W fazie *post rigor* sztywność i twardość mięśnia stopniowo zanikają<sup>24</sup>, ale nie wraca już zdolność do skurczu i elastyczność<sup>25</sup>.

Objawy stężenia poubojowego ustępują w czasie 24 godzin od uboju i przez ten czas mięso nie powinno być kierowane na cele kulinarne i przerobowe. Poubojowy skurcz mięśni ma wpływ na częściowe odwodnienie mięsa oraz zmniejszenie zdolności

<sup>22</sup> J. Niedźwiedz, M. Cierach, Przemiany poubojowe a mięso wysokiej jakości, „Gospodarka Mięsna” 2009, nr 4, s. 14–16.

<sup>23</sup> D. Nowak, Kruchość mięsa wołowego i metody jej poprawy, „Przemysł spożywczy” 2009, nr 3, s. 38–41.

<sup>24</sup> T. Kołczak, Kruchość mięsa, „Gospodarka Mięsna” 2007, nr 11, s. 8–11.

<sup>25</sup> J. Niedźwiedz, M. Cierach, Przemiany..., *op. cit.*, s. 14–16.

absorbowania wody, jednak podczas stężenia nie obserwuje się znacznego wycieku soku mięsnego.

**Przemiany białek** – przemiany w białkach mięśniowych zachodzą dopiero wtedy, gdy powstaną pierwsze produkty rozpadu węglowodanów i nukleotydów. Na skutek przemian zachodzących w białkach kształtują się pożądane cechy technologiczne, kulinarne i odżywcze mięsa, takie jak m.in.: kruchość, soczystość, smakowość, barwa oraz zdolność wiązania wody. Te pożądane cechy mięso zyskuje dzięki dwóm podstawowym przemianom, którym podlegają białka mięśniowe, mianowicie denaturacji i autolizie.

Denaturacja oznacza zmianę struktury białek wyrażającą się utratą przez nie cech fizykochemicznych, a przede wszystkim dotychczasowej postaci cząstek, ich wielkości i rozpuszczalności oraz aktywności jonowej. Denaturację powoduje poubojowe zakwaszenie tkanki mięśniowej, wyrażające się spadkiem wartości pH. Zmiany denaturacyjne białek mięśniowych mają wpływ głównie na stopień wiązania wody przez mięso oraz rozpuszczalność białek.

Proteoliza białek doprowadza do rozluźnienia struktury sarkomerów i powiązań miofilamentów<sup>26</sup>, co umożliwia łatwiejszą fragmentaryzację mięsa, czyniąc je bardziej kruchym<sup>27</sup>. Przyczyną zmian proteolitycznych jest przede wszystkim aktywność endogennych proteaz sarkoplazmatycznych zwanych kalpainami. Kalpains występują głównie w linii Z sarkomerów, a w mniejszej ilości także w sarkoplazmie. Są one aktywowane przez jony  $Ca^{2+}$  i uwalniane z sieci sarkoplazmatycznej w wyniku spadku wartości pH do około 5,5.

Układ kalpainowy jest złożony z kilku form izomerowych proteaz cysteinowych – kalpain, zależnych nie tylko od stężenia jonów wapnia, ale także od ich specyficznego inhibitora – kalpastatyny. Najlepiej poznanymi kalpainami są: kalpaina 1 ( $\mu$ -kalpaina) aktywowana w obecności 50–100  $\mu M$   $Ca^{2+}$  i kalpaina 2 (m-kalpaina) aktywowana w obecności 1–2 mM  $Ca^{2+}$ . W okresie kiedy mięsień wchodzi w stan *rigor*, poziom wapnia w sarkoplazmie osiąga stężenie, które jest wystarczające do aktywacji obu kalpain. Poubojowy rozkład proteolityczny białek cytoszkieletowych mięśnia związany jest głównie z aktywnością kalpains 1. Optimum aktywności wspomniane enzymy proteolityczne wykazują przy pH 7,0, natomiast niewielką aktywnością charakteryzują się w pH < 6,0, które jest typowe dla końcowego zakwaszenia mięsa zwierząt rzeźnych, występującego po stężeniu pośmiertnym. Zawartość i aktywność kalpain w mięsie jest uzależniona ponadto od rasy i wieku zwierzęcia, rodzaju mięsa<sup>28</sup> oraz stosowanych przyżyciowo promotorów wzrostu<sup>29</sup>.

Białka włókien mięśniowych podlegające proteolitycznemu rozkładowi katalizowanemu przez kalpains to: titina, nebulina, troponina T, desmina, talina i winekulina.

**Przemiany tłuszczów** – w tłuszczu w wyniku śmierci zwierzęcia zachodzą poubojowe zmiany mające bezpośredni wpływ na jakość mięsa. Podstawową przemianą jest poubojowy spadek temperatury tuszy powodujący zmianę konsystencji tłuszczu.

<sup>26</sup> T. Kolczak, Barwa mięsa, „Gospodarka Mięсна” 2007, nr 09, s. 12–16.

<sup>27</sup> T. Kolczak, Kruchość..., *op. cit.*, s. 8–11.

<sup>28</sup> *Ibidem*, s. 8–11.

<sup>29</sup> M. Nowak, Rola kalpain w procesie kruszenia mięsa, „Żywność. Nauka, Technologia, Jakość” 2005, nr 1(42), s. 5–17.

W skutek tych zmian tłuszcz staje się sztywny, spoisty, a nawet łamliwy, co wpływa na kruchość i smakowość mięsa<sup>30</sup>.

Ponadto w wyniku zatrzymania krążenia krwi następuje jednocześnie zatrzymanie dostarczania do tkanek substancji przeciwutleniających. Rezultatem tego jest większa podatność tłuszczu na zmiany oksydacyjne. W miarę upływu czasu proces autooksydacji przyspiesza w wyniku nagromadzenia się produktów przemian poubojowych, gdyż następuje uwolnienie kwasów tłuszczowych podatnych na utlenianie. Głęboko posunięte przemiany mogą doprowadzić do powstawania niskocząsteczkowych związków (aldehydy, ketony), czyniąc tym samym mięso nieprzydatnym do spożycia<sup>31</sup>.

**Dojrzewanie mięsa** – obejmuje zmiany zachodzące w mięsie po stężeniu pośmiertnym w temperaturze wyższej od punktu zamrażania. Podczas dojrzewania następuje rozkład proteolityczny białek cytoszkieletowych, niektórych białek regulacyjnych miofibryli (troponiny T) i niektórych białek pozakomórkowych (integryny) katalizowany przez kalpainy. Efektem proteolizy jest rozluźnienie połączeń pomiędzy białkami włókienkowymi miofibryli, połączeń pomiędzy miofibrilami a sarkolemmą i białkami strukturalnymi pozakomórkowymi, jak również powiększenie się i tworzenie nowych przestrzeni kapilarnych dostępnych dla wody. Wielkość wycieku z mięsa jest mniejsza, jeśli szybkość rozkładu białek cytoszkieletowych podczas dojrzewania jest większa. Szybsze i bardziej rozległe procesy proteolizy podczas dojrzewania mięsa sprzyjają większej zdolności zatrzymywania wody i wiązania jej przez mięso oraz zmniejszają wielkość wycieku<sup>32</sup>.

Na szybkość poubojowego dojrzewania mięsa wpływa także temperatura, w jakiej przetrzymywane są tusze. Dojrzewanie mięsa następuje szybciej w wyższej temperaturze. Należy także pamiętać, że zamrażanie mięsa zahamowuje proces jego kruszenia. Dopiero rozmrożenie powoduje ponowne uruchomienie procesu dojrzewania mięsa<sup>33</sup>.

**Poubojowe zmiany wodochłonności mięsa** – zdolność zatrzymywania wody jest jedną z najważniejszych cech jakościowych surowca mięsnego. Woda w mięsie jest utrzymywana przez białka mięśniowe i unieruchamiana w przestrzeniach kapilarnych mięśnia.

Mięso charakteryzujące się dużym wyciekami ma słabe zdolności emulgujące oraz ograniczoną przydatność przetwórczą. Natomiast produkty sporządzone z mięsa wodniste cechują się słabą soczystością, gorszą smakowością i niekorzystnymi cechami tekstury<sup>34</sup>. Maksymalną zdolność wiązania wody ma tzw. mięso ciepłe, czyli przed osiągnięciem stężenia poubojowego. Następnie na etapie stężenia pośmiertnego dochodzi do dużego spadku wodochłonności. Powoduje to wodnistość mięsa, wskutek czego przez niewielki nacisk można z niego usunąć wodę. Późniejsze procesy autolizy powodują wzrost wodochłonności mięsa, mający korzystny wpływ na jego cechy organoleptyczne.

<sup>30</sup> T. Kołczak, Smakowość mięsa, „Gospodarka Mięsna” 2007, nr 12, s. 26–28.

<sup>31</sup> J. Maliszewski, Mikroflora mięsa i przetworów, <http://www.wedlinydomowe.pl/articles.php?id=954&page=>.

<sup>32</sup> A. Pisula, E. Pospiech (red.), Mięso – podstawy nauki, op. cit., s. 142–149.

<sup>33</sup> M. E. Jurczak, Towaroznawstwo produktów zwierzęcych. Ocena jakości mięsa, wyd. 3, Wyd. SGGW, Warszawa 2004, s. 103–106.

<sup>34</sup> T. Kołczak, Retencja wody w mięsie, „Gospodarka Mięsna” 2007, nr 10, s. 30–35.



**Procesy rozkładcze mięsa** – surowce rzeźne są bardzo podatne na zmiany rozkładcze polegające na rozpadzie wielkocząsteczkowych struktur, z których zbudowane są tkanki zwierzęce, do związków prostych. Czynniki rozkładu można podzielić na biochemiczne i mikrobiologiczne. Rozkład biochemiczny może być powodowany przez enzymy własne mięsa oraz czynniki środowiskowe – takie jak tlen atmosferyczny, wyższa temperatura, promienie słoneczne itp.; mogą one powodować m.in. hydrolizę składników mięsa oraz przyczynić się do autooksydacji tłuszczów, a także przemian tlenowych mioglobiny z wytworzeniem metmioglobiny nadającej mięsu szarobrazową barwę<sup>35</sup>. Największą rolę w przemianach surowców rzeźnych odgrywa rozkład mikrobiologiczny. Powierzchniowe gnicie mięsa jest skutkiem poubojowego zakażenia drobnoustrojami. Zakażenie może być spowodowane uszkodzeniami mechanicznymi powierzchni tuszy (ponacinania, pomiażdżenia), jak również może być wywołane obecnością strzępków tkanki mięśniowej, krwawych wybroczyn czy też być wynikiem zabrudzenia tuszy krwią<sup>36</sup>.

### Wychładzanie poubojowe i chłodnicze przechowywanie mięsa

Mięso zwierząt rzeźnych ze względu na wysoką wartość odżywczą należy do surowców łatwo psujących się. Najpowszechniej stosowanym sposobem utrwalania mięsa jest jego schładzanie lub zamrażanie. Niskie temperatury hamują wzrost drobnoustrojów oraz reakcje enzymatyczne powodujące psucie się mięsa. Szybkość tych zmian jest zazwyczaj proporcjonalna do temperatury<sup>37</sup>.

Zastosowanie chłodzenia jako metody konserwowania nie powoduje zasadniczych zmian w strukturze mięsa. Wychładzanie poubojowe tusz polega na obniżeniu ich temperatury w tunelu chłodniczym do około 4°C i trwa zazwyczaj 8 do 12 godzin.

Mięso w stanie schłodzonym ma okres przechowywania wynoszący od kilku do kilkunastu dni. Według Olszewskiego<sup>38</sup> wychłodzenie półtuszy do temperatury nieco powyżej punktu zamarzania soku komórkowego umożliwia ich przechowywanie przez okres od jednego do kilku tygodni. W przypadku mięsa zamrożonego czas przechowywania ulega wydłużeniu, w zależności od zastosowanej temperatury.

Przechowywanie chłodnicze i zamrażalnicze powoduje ubytki masy, które zależnie od warunków wychładzania i gatunku mięsa wynoszą od 2 do 3,5%. Szczególnie ważna jest tu wilgotność względna powietrza. Powinna ona wynosić około 85–95%, aby z wychładzanej tuszy nie wyparowywało do otoczenia zbyt wiele wody, zmniejszając tym samym jej masę.

### Podsumowanie i wnioski

Cykl produkcji mięsa wieprzowego jako produktu finalnego to szereg etapów występujących zarówno za życia jak i po śmierci zwierzęcia. Jakość mięsa jest kształ-

<sup>35</sup> J. Maliszewski, Mikroflora mięsa, *op. cit.*

<sup>36</sup> E. Hać-Szymańczuk, Czynniki sprzyjające rozwojowi mikroflory w mięsie i produktach mięsnych, „*Gospodarka Mięsna*” 2012, nr 3, s. 36–39.

<sup>37</sup> M. Słowiński, Jakość i bezpieczeństwo mięsa i przetworów mięsnych, „*Mięso i Wędliny*” 2006, nr 6, s. 24–29.

<sup>38</sup> A. Olszewski, Technologia przetwórstwa mięsa, *op. cit.*, s. 164–174.

towana na poszczególnych etapach produkcji przez czynniki mające na nią większy lub mniejszy wpływ.

Ważnymi są tutaj cechy osobnicze takie jak rasa i genotyp zwierzęcia oraz płeć i wiek zwierząt w momencie uboju. W mięsie trzody chlewnej niektórych ras mogą występować wady charakterystyczne dla danej rasy, takie jak PSE u osobników podatnych na stres. Wiek ubijanych zwierząt ma znaczący wpływ na teksturę i smakowość pozyskiwanego mięsa. Mięso młodych sztuk jest z reguły delikatniejsze, jaśniejsze, łatwiej strawne i mniej otłuszczone niż w przypadku mięsa od starych zwierząt.

Dobrostan zwierząt rzeźnych oraz warunki i czas transportu to kolejne ważne czynniki kształtujące jakość mięsa. Transport oraz przepędzanie zwierząt są silnymi czynnikami stresogennymi wpływającymi determinująco na jakość mięsa. Nie mniej ważne jest przygotowanie zwierząt do uboju polegające na poddaniu ich głodówce przedubojowej. Ma ona na celu opróżnienie przewodu pokarmowego z treści pokarmowej, a także nadmiaru drobnoustrojów, których więcej odnotowuje się wówczas, kiedy zwierzę jest nakarmione.

Proces uboju należy przeprowadzać z zachowaniem warunków higieny pomieszczeń ubojni oraz sprzętu. Urządzenia i narzędzia powinny być każdorazowo sterylizowane w celu uniknięcia zakażeń wtórnych. Znaczną rolę w tym przypadku odgrywa także higiena osobista pracowników ubojni. Prawidłowość przeprowadzenia zabiegów ubojowych decyduje o wartości i jakości mięsa. Oszałamianie musi być na tyle skuteczne, aby zwierzęta nie odzyskały świadomości przed kluciem i wykrwawianiem. Czynności przy powłokach zewnętrznych, wytrzewianie i toaleta końcowa mają znaczący wpływ na stan mikrobiologiczny tusz, zwłaszcza zakażenie bakteriami *Salmonella* i *Escherichia coli*.

Po śmierci w mięśniach zwierząt rzeźnych dochodzi do wielu przemian chemicznych, biochemicznych i mikrobiologicznych. Stopień zaawansowania tych przemian oraz prawidłowość ich przebiegu stanowią o jakości produktu finalnego, którym jest mięso. Rozpad węglowodanów i jego produkty są prekursorami procesu zakwaszenia mięsa. Proces ten w dużej mierze decyduje nie tylko o wartości technologicznej, ale także o cechach organoleptycznych mięsa, takich jak: smakowość, kruchość i barwa.

W mięsie po uboju dochodzi do zmian jego wodochłonności. Bezpośrednio po uboju mięso charakteryzuje się wysoką wodochłonnością, natomiast w miarę następowania stężenia pośmiertnego wodochłonność ulega znacznemu obniżeniu. Ponowny jej wzrost następuje jednocześnie z rozpoczęciem dojrzewania poubojowego. Dojrzewanie mięsa jest procesem decydującym o cechach sensorycznych surowca, takich jak kruchość i soczystość. Proces ten polega na oddziaływaniu enzymów zawartych w mięsie na białka z wytworzeniem produktów kształtujących cechy organoleptyczne. Szybkość procesu dojrzewania zależy od temperatury otoczenia i zachodzi szybciej wówczas, gdy temperatura jest wyższa

Mięso jako produkt wymaga do jego przechowywania zastosowania temperatur chłodniczych lub zamrażalniczych, które spowalniają rozwój mikroflory przedłużając tym samym trwałość przechowywanego mięsa.

Czynniki wymienione powyżej łącznie decydują o finalnej jakości mięsa. Nieprawidłowości zaistniałe chociażby na jednym z etapów produkcji mięsa mogą wpłynąć na jego przydatność na tyle negatywnie, iż mimo prawidłowego przebiegu pozostałych procesów, gotowy produkt będzie wykazywał gorszą jakość.

**BIBLIOGRAFIA**

- Dyrektywa Rady 93/119/WE z 22.12.1993 w sprawie ochrony zwierząt podczas uboju lub zabijania.
- Hać-Szymańczuk E. 2012.** *Czynniki sprzyjające rozwojowi mikroflory w mięsie i produktach mięsnych*, „Gospodarka Mięsna”, nr 3, s. 36–39.
- Jurczak M.E. 2004.** *Towaroznawstwo produktów zwierzęcych. Ocena jakości mięsa*, wyd. 3, Wyd. SGGW, Warszawa.
- Kasprzyk A. 2008.** *O jakości mięsa wieprzowego słów kilka*, „Trzoda Chlewna”, nr 06, s. 47–49.
- Kolczak T. 2007a.** *Barwa mięsa*, „Gospodarka Mięsna”, nr 09, s. 12–16.
- Kolczak T. 2007b.** *Retencja wody w mięsie*, „Gospodarka Mięsna”, nr 10, s. 30–35.
- Kolczak T. 2007c.** *Kruchość mięsa*, „Gospodarka Mięsna”, nr 11, s. 8–11.
- Kolczak T. 2007d.** *Smakowitość mięsa*, „Gospodarka Mięsna”, nr 12, s. 2–28.
- Maliszewski J. 2007.** *Mikroflora mięsa i przetworów*, <http://www.wedlinydomowe.pl/articles.php?id=954&page=>.
- Mucha A., Różycki M., Blicharski T. 2007.** *Użytkowość tuczna, rzeźna i rozplodowa loch zarodowych rasy PBZ w zależności od genotypu RYR1*, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 34(2), s. 151–165.
- Niedźwiedz J., Cierach M. 2009.** *Przemiany poubojowe a mięso wysokiej jakości*, „Gospodarka Mięsna”, nr 4, s. 14–16.
- Nowak D. 2009.** *Kruchość mięsa wołowego i metody jej poprawy*, „Przemysł Spożywczy”, nr 3, s. 38–41.
- Nowak M. 2005.** *Rola kalpain w procesie kruszenia mięsa*, „Żywność. Nauka, Technologia, Jakość”, nr 1(42), s. 5–17.
- Olszewski A. 2007.** *Technologia przetwórstwa mięsa*, wydanie drugie, WNT, Warszawa.
- Palka R. 2007.** *O humanitarnym uboju świń słów kilka*, „Gospodarka Mięsna”, nr 1, s. 12–14.
- Piotrowski E. 2007.** *Technika i technologia uboju trzody chlewnej na zmodernizowanej linii*, „Gospodarka Mięsna”, nr 4, s. 12–14.
- Pisula A., Florowski T. 2007.** *Działania niezbędne do podjęcia w hodowli i przetwórstwie wynikające z konieczności zapewnienia wysokiej jakości mięsa i przetworów mięsnych; część II: Wpływ czynników ubojowych i przetwórczych na jakość mięsa i przetworów mięsnych*, „Informator Masarski”, nr 07, s. 41–47.
- Pisula A., Florowski T. 2008.** *Zmiany ilościowe i jakościowe mięsa w trakcie jego pozyskiwania i przetwarzania; część I: Wpływ czynników przyżyciowych*, „Gospodarka Mięsna”, nr 2, s. 8–14.
- Prost E. 2006.** *Zwierzęta rzeźne i mięso – ocena i higiena*, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin.
- Schwarz T., Nowicki J., Jelonek M. 2007.** *Porównanie użytkowości rozplodowej ras WBP i PBZ w warunkach produkcji wielkotowarowej*, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 34(2), s. 165–169.
- Skrodzki J. 2009.** *Czynniki decydujące o wartości mięsa tuczników*, <http://www.odr.zetobi.com.pl/zwierz/trzoda/trz007.html>.
- Słowiński M. 2006.** *Jakość i bezpieczeństwo mięsa i przetworów mięsnych*, „Mięso i Wędliny”, nr 6, s. 24–29.

**Tereszkiewicz K., Ruda M., Molenda P. 2006.** *Wpływ czasu obrotu przedubojowego na wartość rzeźną i jakość mięsa tuczników*, [http://ptz.utp.edu.pl/streszczenia/H\\_Trzody.pdf](http://ptz.utp.edu.pl/streszczenia/H_Trzody.pdf).

**Wajda S. 2007.** *Produkcja mięsa z tusz loch*, „Gospodarka Mięсна”, nr 6, s. 16–19.

## STRESZCZENIE

Cykl produkcji mięsa to szereg etapów występujących zarówno za życia, jak i po śmierci zwierzęcia. Ważne są tutaj cechy osobnicze takie jak rasa i genotyp oraz płeć i wiek zwierząt w momencie uboju. W mięsie zwierząt mogą występować wady charakterystyczne dla danej rasy, takie jak PSE u trzody chlewnej. Wiek ubijanych zwierząt ma znaczący wpływ na teksturę i smakowitość pozyskiwanego mięsa. Mięso młodych sztuk jest z reguły delikatniejsze, jaśniejsze, łatwiej strawne i mniej otłuszczone w porównaniu z mięsem zwierząt starych. Istotne z punktu widzenia jakości mięsa jest stosowanie głodówki przedubojowej. Ma ona na celu opróżnienie przewodu pokarmowego z treści, a także nadmiaru drobnoustrojów. Po śmierci w mięśniach zwierząt rzeźnych dochodzi do wielu przemian chemicznych, biochemicznych i mikrobiologicznych. Stopień zaawansowania tych przemian oraz prawidłowość ich przebiegu stanowią o jakości produktu finalnego, którym jest mięso. Mięso jako produkt wymaga do przechowywania temperatur chłodniczych lub zamrażalniczych. Temperatury chłodnicze i zamrażalnicze spowalniają rozwój mikroflory, przedłużając tym samym trwałość przechowywanego mięsa.

**SŁOWA KLUCZOWE:** jakość mięsa, czynniki przyżyciowe, czynniki poubojowe

## SUMMARY

Meat production cycle is a series of stages taking place both before and after animals' death. Individual features such as race, genotype, age and gender of the animal at slaughter are important. Defects of meat characteristic to a given race such as PSE for swine. The age of the slaughtered animals has significant influence on the texture and flavour of the obtained meat. Meat from young animals is usually more delicate, lighter in colour, easier digestible and with less fat deposits in comparison to meat from older animals. A significant factor influencing meat quality is the use of a pre-slaughtering hunger. It is aimed to empty the digestive tract and the content and the excess of microorganisms. After death muscular tissue undergoes many chemical, biochemical and microbiological transformations. The extent of these transformations and their correctness bring about the quality of the final product i.e. meat. Meat as a product requires to be stored in cooling or freezing temperatures. Cooling and freezing temperatures moderate micro flora development and thus prolong stored meat's life (durability).

**KEY WORDS:** meat quality, pre-slaughter factors, post-slaughter factors