



**Aktualna
wartość dietetyczna
WIEPRZOWINY,
jej znaczenie w diecie
i wpływ na zdrowie
konsumentów**

**Opracowanie
wyników badań laboratoryjnych**



Aktualna wartość dietetyczna **WIEPRZOWINY,** jej znaczenie w diecie i wpływ na zdrowie konsumentów

Praca zbiorowa pod kierunkiem:

dr. inż. Tadeusza Blicharskiego

*Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”
Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk*

Opracowana przez zespół Autorów:

prof. zw. dr hab. n. med., dr h.c. mult. Piotr Książek

Uniwersytet Medyczny w Lublinie

prof. dr hab. Edward Pospiech

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

prof. dr hab. Władysław Migdał

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

dr hab. Artur Józwik

Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk

dr inż. Ewa Poławska

Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk

dr inż. Dariusz Lisiak

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, Oddział w Poznaniu

Współpraca:

dr inż. Anna Hammermeister

Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”

mgr inż. Agnieszka Warda

Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”

Warszawa 2013

Sfinansowano ze środków Funduszu Promocji Mięsa Wieprzowego



Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”

ul. Ryżowa 90, 02-495 Warszawa

Tel.: 22 882 82 03

Fax: 22 723 00 83

Opracowanie jest dostępne
na stronie internetowej **www.polsus.pl**

Nakład:

3000 egzemplarzy

Zdjęcia:

Zbiory „POLSUS”

Fotolia.com

Skład, łamanie, druk:

Studio Graficzne Agnieszki i Grzegorza Głowienka s.c.

Spis treści

Wstęp	7
1. Charakterystyka białek mięsa	21
1.1. Występowanie białek w żywności	22
1.2. Klasyfikacja białek mięsniowych	24
1.2.1. Białka sarkoplazmy	25
1.2.2. Białka miofibrylarne	28
1.2.3. Białka łącznotkankowe	34
2. Znaczenie mięsa wieprzowego w diecie człowieka i jego wpływ na zdrowie konsumenta	
Mięso jako żywność prozdrowotna	37
3. Jakość wieprzowiny i możliwości jej kształtowania	47
3.1. Przydatność kulinarna i przetwórcza mięsa wieprzowego z uwzględnieniem wad	48
3.1.1. Charakterystyka mięsa normalnej jakości (RFN)	48
3.1.2. Wady mięsa	49
3.1.2.1. Mięso wodniste	50
3.1.2.2. Mięso kwaśne	51
3.1.2.3. Mięso ciemne, typu DFD	53
3.1.2.4. Inne wady mięsa	54
3.1.3. Czynniki powodujące wady mięsa	55
3.1.4. Metody identyfikacji wad mięsa	56
3.2. Możliwości eliminacji występowania wad mięsa (zabiegi hodowlane/przyzyciowe) i poprawy jego jakości poprzez stosowanie odpowiednich zabiegów związanych z transportem zwierząt i przetwórstwem mięsa	62
3.2.1. Przetwarzanie mięsa wodniste	63
3.2.2. Przetwarzanie mięsa DFD	65
3.3. Podsumowanie	68
4. Opracowanie wyników badań laboratoryjnych	69
4.1. Metodyka badań	70
4.2. Ocena użyteczności rzeźnej i jakość mięsa	72
4.3. Skład chemiczny	77
4.4. Składniki mineralne	89
4.5. Witaminy B	95
4.6. Frakcja lipidowa	106
4.6.1. Profil kwasów tłuszczowych	106
4.6.2. Zawartość kwasów tłuszczowych	122
4.6.3. Cholesterol	124
4.6.4. Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach	125
4.7. Kaloryczność	128
4.7.1. Wartość energetyczna schabu	128
4.7.2. Wartość energetyczna schabu bez omięsnej – mięso odtuszczone	129
4.7.3. Wartość energetyczna szynki	130
4.7.4. Wartość energetyczna łopatki	131
4.7.5. Wartość energetyczna karkówki	132
4.7.6. Wartość energetyczna żeberka	133
4.7.7. Wartość energetyczna boczku	134
4.8. Podsumowanie	136
Literatura	138
Aneks	145

AKTUALNA WARTOŚĆ DIETETYCZNA

MNIEJ TŁUSZCZU

Dwukrotnie mniejsza niż dotychczas uważano zawartość tłuszczu w mięsie, które przez konsumentów oraz specjalistów od żywienia człowieka postrzegane jest jako tłuste, np. boczek czy żeberka. Szczególnie boczek, który jeszcze 20 lat temu zawierał około 50% tłuszczu, w efekcie selekcji zwierząt i poprawy ich mięsności zmienił swoje proporcje i dziś ma średnio o 15% mniej tłuszczu.

KORZYSTNY PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH

Wieprzowina w porównaniu z mięsem wołowym charakteryzuje się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych: niższą zawartością kwasów nasyconych – SFA (tzw. „złego” tłuszczu) i znacznie wyższą zawartością wielonienasyconych kwasów PUFA (tzw. „dobrego” tłuszczu), a więc i korzystniejszą proporcją kwasów PUFA/SFA.

KORZYSTNA PROPORCJA KWASÓW OMEGA-6 DO OMEGA-3

W porównaniu z mięsem drobiowym wieprzowina, pomimo niższej całkowitej zawartości PUFA, charakteryzuje się znacznie korzystniejszą proporcją kwasów omega-6 i omega-3. Proporcja kwasów omega-6 do omega-3 w wieprzowinie, niezależnie od wyrębu, wynosi poniżej 10:1, a w mięsie drobiowym 20:1.

MNIEJ CHOLESTEROLU

Poziom cholesterolu jest zbliżony we wszystkich elementach tuszy wieprzowej, ale jego zawartość jest mniejsza niż dotychczas podawano w literaturze. W porównaniu z normami amerykańskimi USDA polski boczek zawiera mniej cholesterolu o 41%, żeberka o 57% a łopatka, szynka i schab o 31 – 35%. **Wieprzowina w porównaniu z mięsem drobiowym zawiera mniej cholesterolu (0,54 wobec 0,58 – 0,74 g/kg).**

MNIEJ KALORII

Wartość energetyczna wieprzowiny zmniejszyła się znacząco w efekcie poprawy umięśnienia świń oraz ich lepszego żywienia i utrzymania zgodnie z wymogami dobrostanu. Dla wszystkich elementów tuszy średnie wartości kaloryczności podawane do tej pory były znacząco wyższe w stosunku do wartości stwierdzonych w niniejszym doświadczeniu. **Aktualnie 100 g schabu dostarcza 152 kcal, a 100 g szynki tylko 118 kcal! Dla porównania 100 g tuszki kurczaka to 158 kcal.**

WIEPRZOWINY

**NAJNOWSZE
WYNIKI
BADAN**



CENNE ŹRÓDŁO WITAMIN

Wieprzowina jest cennym źródłem witaminy E. Jest jej dwa razy więcej niż dotychczas sądzono. Witaminy B₆ jest najwięcej w karkówce. Im większa mięsność, tym więcej witaminy B₁.

WARTOŚCIOWE ŹRÓDŁO DOBRZE PRYSWAJALNEGO ŻELAZA

Wyniki badań wskazują, że żelazo z mięsa wchłania się w 20 – 50%, natomiast z produktów roślinnych w 1 – 8%. Poza wątrobę, najbardziej bogatą w żelazo, spośród wszystkich elementów tuszy wieprzowej najwięcej żelaza zawiera karkówka (6,25 mg/100 g). Dla porównania w powszechnie zalecanym szpinaku żelazo występuje w ilości 3,57 mg/100 g, a jego przyswajalność jest zaledwie na poziomie 1%.

MAŁO SOLI

Wieprzowina ma niską zawartość sodu (0,33 – 0,58 g/kg) w porównaniu z wołowiną (0,74 g/kg) i drobiem (0,77 g/kg). Dlatego można proponować ją jako składnik diety przy nadciśnieniu tętniczym.

WYSOKA JAKOŚĆ MIĘSA

Aktualnie kulinarne mięso wieprzowe nie zawiera zbędnego tłuszczu, ma prawidłową różowoczerwoną barwę, jest delikatne i kruche, a optymalny poziom tłuszczu śródmięśniowego (IMF) korzystnie kształtuje jego smak, zapach i soczystość.

LEPSZA WARTOŚĆ ODŻYWCZA

Wartość odżywcza i prozdrowotna mięsa wieprzowego uległa znacznej poprawie przez ostatnie 20 lat. Na początku lat 90. średnia mięsność tuczników kształtowała się na poziomie tylko 43%! Obecnie zawartość mięsa w tuszy wynosi średnio 57%. Jest to efekt systematycznej pracy hodowlanej nad poprawą mięsności tuczników. Obecnie wieprzowina nie ustępuje pod względem wartości odżywczych innym rodzajom mięs.

METODYKA BADAŃ

MATERIAŁ DO BADAŃ

Badaniami objęto 120 tusz wieprzowych pochodzących od świń mieszańców ras wbp x pbz, o znanym i udokumentowanym pochodzeniu, wyprodukowanych zgodnie z założeniami Krajowego Programu Hodowlanego i według planowanych kojarzeń. Materiał do analiz pobierano od zwierząt sklasyfikowanych do 3 klas mięsności, tj. S, E i U. Dla każdej klasy pobrano próby od 40 sztuk z następujących elementów: boczek bez kości, karkówka, łopatka, schab z kością, szynka, żeberka oraz schab bez kości, tkanki łącznej i tłuszczowej okalającej mięsień (tzw. schab odtłuszczony).

ANALIZY

W każdym z elementów określono podstawowy skład chemiczny, zawartość składników mineralnych, cholesterolu, witamin z grupy B, A i E oraz kwasów tłuszczowych. Dla każdego elementu tuszy wieprzowej obliczono wartość energetyczną.

CEL BADAŃ

Celem badań było wykazanie, że wartości charakteryzujące wieprzowinę pod względem odżywczym prezentowane dotychczas w literaturze są już nieaktualne, bowiem przez ostatnie 20 lat jej wartość w tym zakresie uległa znacznej poprawie. **Mięso wieprzowe bez obaw może zająć ważne miejsce w codziennej diecie.**

**NAJNOWSZE
WYNIKI
BADAŃ**



Wstęp

Według danych GUS w 2012 roku statystyczny Polak zjadał rocznie około 71 kg mięsa i podrobów, w tym 39,2 kg wieprzowiny, 1,6 kg wołowiny, 26,1 kg mięsa drobiowego, 0,2 kg mięsa króliczego, 0,025 kg gęsiny oraz około 13,5 kg ryb. W roku 2013 notowano symptomy spadku produkcji i podaży wieprzowiny i ocenia się, że jej spożycie wyniesie ok 36,0 kg na mieszkańca. Prognozowany jest wzrost spożycia wieprzowiny w roku 2014 do poziomu 37,0 kg. Spożycie mięsa w Unii Europejskiej kształtowało się na poziomie 96 kg, z tendencją spadkową spożycia wołowiny i wieprzowiny. Według prognoz Komisji Europejskiej spożycie wieprzowiny w 2013 r. wyniesie ok. 30,8 kg na mieszkańca, a w roku 2014 wzrośnie do 31,0 kg. Spożycie mięsa wołowego w roku 2013 osiągnie poziom 10,6 kg a w roku 2014 – 10,7 kg na mieszkańca. Spożycie mięsa drobiowego w roku 2013 jest szacowane na 21,2 kg a w 2014 na 21,3 kg na mieszkańca. Rekordzistami pod względem spożycia mięsa byli Hiszpanie, którzy zjadali rocznie 134 kg i Duńczycy – około 110 kg, natomiast najmniej mięsa spośród wysoko rozwiniętych krajów europejskich jedzą Szwedzi – 81,6 kg, Finowie – 71,1 kg. Dane statystyczne pokazują, że spożycie wieprzowiny w Polsce wynosiło około 39,0 kg, podczas gdy w tym czasie długowieczni Hiszpanie zjadali rocznie 66,1 kg wieprzowiny, Duńczycy 64,2 kg, Niemcy 53,3 kg, Austriacy 59,5 kg, Portugalczycy 46,4 kg, Belgowie 43,5 kg. Niewiele mniej wieprzowiny od nas jedzą Francuzi 37,9 kg, Włosi 36,9 kg, Irlandczycy 36,1 kg i Szwedzi 34,7 kg.

Pojawiające się często stwierdzenia, że główną przyczyną krótszego życia Polaków jest jedzenie dużej ilości mięsa, a szczególnie wieprzowiny, są więc niezgodne z prawdą. Średnia długość życia Polek w 2009 roku wynosiła 80,1 a Polaków 71,5 lat, podczas gdy średnia długość życia kobiet w Europie wynosiła w tym czasie 82,2 lat, natomiast mężczyzn 75 lat. Najdłużej żyją kobiety we Francji – 85 lat, Italii – 84,4 lat oraz w Hiszpanii – 83,8 lat, natomiast mężczyźni najdłużej żyją w Szwecji – 79,1 lat, Italii – 78,8 lat i na Cyprze – 78,3 lat. Biorąc pod uwagę długość życia i średnie roczne spożycie mięsa można wyliczyć, że w ciągu swojego życia Polak zjada średnio: 1 opasa wołowego, 35 świń, 900 kurczaków, 46 indyków, 15 kaczek, 7 królików, 1,5 gęsi i około 1000 kg ryb.

Kolejna teza mówi, że jemy zbyt dużo tłuszczu, bo mięso naszych zwierząt jest zbyt tłuste. Badania prowadzone w Katedrze Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie pokazują, że zawartość tłuszczu w schabie wieprzowym wynosi 1,19 – 1,52%, w szynce 1,35 – 1,84%, w mięsie drobiowym od 0,6 – 0,9% (mięśnie piersiowe) do 4,0 – 5,6 w mięśniach uda, a w combrach króliczych 0,5 – 0,9%. Na podstawie tych wyników należałoby mó-

wić o chudym mięsie, porównywalnym z mięsem spotykanym w innych krajach europejskich.

Mięso traktowane jest jako pokarm prestiżowy, świadczący o zamożności społeczeństwa. F.M. Lappe (1982) nazwała powszechne adorowanie mięsa w USA „amerykańską religią Wielkiego Befsztuka”. Produkty mięsne są powodem do narodowej dumy. Dla Włochów takimi wyrobami są: szynka parmeńska (prosciutto di Parma), coppa, pancetta, salami Milano, Felino, Napoli, Vetricina, szynka San Daniele, kiełbasy chorizo, pepperoni, dla Hiszpanów szynki Jamon, Serano, dla Francuzów szynka Bayonne, dla Węgrów salami PICK i HERZ, dla Chorwatów szynka prsut, dla Serbów ćevapčić i pljeskavica, dla Islandczyków Hangikjöt – przysmak z mięsa jagnięcego lub baraniego, a dla Amerykanów pemikan – suszone mięso, głównie wołowe. Produkty te w większości przypadków posiadają banderole, opakowania w narodowych barwach i są sztandarowymi, eksportowymi, rozpoznawalnymi na całym świecie towarami. A czym my możemy się pochwalić? Dziwnie wstydziliśmy się naszych produktów. Kiedyś sztandarowymi polskimi produktami były szynka „Krakus – Polish Ham”, suszona kiełbasa krakowska. Powoli próbujemy zainteresować świat kiełbasą lisecką, polskimi szynkami, kiełbasami. A mamy tyle niepowtarzalnych, regionalnych produktów, na które czeka świat, jak: półgęski, kumpia, kindziuk, udziec ze świni złotnickiej lub puławskiej, kiszki i wątrobianki, salcesony czy nawet smalec i skwarki. Na włoskich i hiszpańskich targach produktów regionalnych spotyka się smalec z różnymi dodatkami i skwarki jako ekstra regionalne i niepowtarzalne produkty.

Mięso jest niezbędnym składnikiem diety człowieka ze względu na niepowtarzalny skład chemiczny, wartość odżywczą oraz zawartość pełnowartościowego białka o korzystnych proporcjach aminokwasów. Białka są głównym składnikiem tkanki mięśniowej i przeciętnie stanowią 15 – 24% masy tkanki mięśniowej zwierząt rzeźnych. Białko mięsa zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne, niezbędne do syntezy białek ustrojowych (fenyloalaninę, izoleucynę, leucynę, lizynę, metioninę, treoninę, tryptofan, walinę).

Mięso, szczególnie pochodzące z dużych zwierząt rzeźnych i określane jako czerwone, jest źródłem wielu cennych substancji o charakterze odżywczym, w tym przede wszystkim pełnowartościowych białek. O ile jednak mięso pozyskiwane z drobiu (ono często określane jest jako białe) czy przeżuwaczy jest z reguły akceptowane, poza wyjątkowymi sytuacjami związanymi z osobami deklarującymi się jako wegetarianie, o tyle w przypadku mięsa świń sytuacja wygląda zupełnie inaczej.

Białko zawarte w mięsie umożliwia wzrost, rozwój organizmu, odbudowę komórek, odporność na choroby, gojenie ran, stymuluje procesy myślowe zachodzące w mózgu. Niedobór białka powoduje niedożywienie typu kwashiorkor charakteryzujące się zahamowaniem wzrostu, dojrzewania, hipalbuminemią, apatią, brakiem łaknienia, nacieczeniami tłuszczowymi wątroby oraz zmianami skórnymi przypominającymi pelagrę. Niedobory białkowe są szczególnie niebezpieczne dla kobiet w ciąży oraz dzieci – dlatego dla tych osób niewskazana jest dieta wegetariańska. W życiu płodowym i u niemowląt niedożywienie białkowe hamuje rozwój psychofizyczny oraz powoduje obniżenie odporności, zwiększając podatność na choroby. Tak więc niedobór mięsa w diecie może być przyczyną wielu różnych chorób i zaburzeń. Mięso ma istotne znaczenie w żywieniu ludzi chorych. Każda choroba, bez względu na to jakiego układu czy też narządu dotyczy, powoduje upośledzenie i nieprawidłowości funkcjonowania organizmu. Dieta pacjenta powinna być tak dobrana, aby dodatkowo nie obciążała już osłabionego chorobą organizmu. Każda dysfunkcja wiąże się z koniecznością zastosowania diety łatwostrawnej. Mięsa podawane w stanach chorobowych muszą być również łatwostrawne, aby miały pozytywne działanie i mogły być w odpowiednim stopniu przyswojone. Do mięs łatwostrawnych tzw. dietetycznych lub „mięś białych” zaliczamy: mięso drobiowe (brojlery kurze, indyki), mięso królicze i cielęcinę. Zaleca się mniej mięsa czerwonego, ze względu na dużą zawartość aminokwasów aromatycznych i metioniny, które negatywnie wpływają na funkcjonowanie uszkodzonej wątroby. Prawdą jest, że obok pozytywnego wpływu, mięso może mieć również niekorzystne działanie w niektórych jednostkach chorobowych. Mięso w dużych ilościach jest ciężkie do strawienia i przyswojenia dla człowieka. Układ trawienny *homo sapiens* nie jest przystosowany do takiej ilości białka, jaka jest spożywana dziś przez zamożne społeczeństwa. Brak aktywności oksydazy moczanowej, enzymu pomocnego w inaktywacji produktów ubocznych trawienia mięsa, o wiele mniejsze stężenie kwasu żołądkowego u ludzi niż u drapieżników sprawiają, że dieta człowieka, składająca się w około 50% z pokarmów mięsnych jest dla układu pokarmowego bardzo obciążająca. Część białka spożytego nie zostaje przyswojona i podlega procesom gnilnym w jelicie grubym, przy udziale bakterii gnilnych. Powoduje to wytwarzanie dużej ilości substancji toksycznych w jelitach, głównie amin, które następnie przenikają przez ścianki jelit do krwiobiegu i docierają do wątroby. Ta wydalą te substancje z żółcią do jelita i mamy do czynienia z tzw. enterohepatycznym krążeniem toksyn albo autotoksyfikacją – samo zanieczyszczaniem się organizmu.

Mięso jest bogatym źródłem specyficznych aminokwasów, które przechodzą przez barierę krew/płyn mózgowo-rdzeniowy. Tryptofan, fenyloalanina, kwas glutaminowy są prekursorami neuroprzekazników regulujących funkcjonowanie centralnego układu nerwowego, których poziom sekrecji wpływa m.in. na stan emocjonalny i nastrój. W obrębie mózgu fenyloalanina przekształcana jest w L-tyrozinę, a ta w dopaminę, noradrenalinę i adrenalinę. Dopamina, noradrenalina i adrenalina stymulują centralny układ nerwowy, wpływając na zwiększenie wydolności psychofizycznej, poprawę pamięci, zdolności koncentracji, skrócenie czasu reakcji (poprawa refleksu) i łagodzenie stanów depresyjnych, co może istotnie poprawiać samopoczucie. Fenyloalanina znajduje się w pokarmach zawierających dużo białka, takich jak: mięso, jaja, ryby, mleko, ser. W mniejszych ilościach fenyloalaninę można spotkać w produktach zbożowych, warzywach i owocach. L-tyrozyna znajduje się w produktach bogatych w białko, tj. w mięsie, drobiu, owocach morza, fasoli, soczewicy. Tryptofan przekształcany jest w serotoninę, która posiada działanie hamujące centralny układ nerwowy – zmniejsza napięcie nerwowe i podatność na stres – działa uspokajająco i relaksująco, powodując spowolnienie reakcji, uczucie sytości po posiłku i sen. Źródłem tryptofanu są: soja, kasza manna, mięso drobiowe, sery żółte, banany, nasiona słonecznika, mleko. Kwas glutaminowy przekształca się w kwas gamma-aminomasłowy GABA, który należy do neurotransmiterów hamujących i wywołuje podobny efekt co serotonina. Źródłem kwasu glutaminowego jest mięso królicze, wołowina. Zatem relaksująco działają potrawy z mięsa drobiowego i króliczego.

Wieprzowina jest kojarzona negatywnie pod względem właściwości prozdrowotnych, mimo że dzisiejsze świnie, to już nie te same zwierzęta, które jeszcze stosunkowo niedawno dostarczały dużych ilości mięsa tłustego i tłuszczu. Sytuacja ta zmieniła się radykalnie w latach dziewięćdziesiątych. Podstawową przyczyną tych zmian były badania i różnego rodzaju raporty wskazujące na potrzebę nowych działań, zarówno w hodowli, jak i produkcji żywca wieprzowego. Ich konsekwencją miał być inny surowiec (w tym mięso i tłuszcz), otrzymywany ze świń. Globalizacja, która dotyczy również produkcji zwierzęcej skutkuje tym, że obecnie hodowcy są w stanie uzyskać świnie, których grubość pokładów słoniny (głównego źródła tłuszczu znajdującego się na grzbiecie) jest już mała, a czasami wręcz podobna do grubości podskórnej wyściółki tłuszczowej, jaka może wystąpić u innych gatunków zwierząt, które nie mają słoniny w ogóle.

Tłuszcz w ciele świń odkłada się w największym stopniu w postaci tłuszczu zapasowego podskórnego (62%) oraz w mniejszym stopniu w postaci tłuszczu

międy mięśniowego (24%) i śródmięśniowego (13%) (Mourot i in., 1995; Kuhn i in., 1997). W zależności od genotypu tłuszcz podskórny może stanowić nawet do 70 – 75% tłuszczu całkowitego (Kouba i in., 1999; Monziols i in., 2005). Zawartość tłuszczu śródmięśniowego i między mięśniowego decyduje o jakości i wartości odżywczej mięsa. Tłuszcz ten stanowi bowiem integralną część mięsa i jest trudny do oddzielenia i usunięcia, w przeciwieństwie do tłuszczu podskórnego. Tłuszcz między mięśniowy odkładany jest z różną intensywnością w poszczególnych wyrębach tuszy: 18% w boczku, 9% w karkówce, 7% w schabie i 4% w szynce (Monziols i in., 2005).

Odpowiednie odtuszczenie i profil kwasów tłuszczowych decydują o właściwościach prozdrowotnych i pożądanym cechach organoleptycznych mięsa wieprzowego. Z punktu widzenia konsumentów na szczególną uwagę zasługuje tłuszcz śródmięśniowy, którego zawartość, w zależności od mięśnia, wynosi 1,5 – 4% (Verbeke i in., 1999). Choć jego procentowy udział w tłuszczu całkowitym jest niewielki i wynosi około 13% (Mourot i in., 1995) jest on szczególnie ważny, gdyż odpowiada za cechy kulinarno-smakowe mięsa.

W tkance tłuszczowej w komórkach tłuszczowych (adipocytach) gromadzone są tłuszcze. W suchej masie tkanki tłuszczowej, w tym i tłuszczu śródmięśniowego, znajduje się około 90% lipidów, z czego 95% stanowią triacyloglicerole, 1 – 2% diacyloglicerole, 0,25% fosfolipidy i 0,25% cholesterol. Zawartość poszczególnych frakcji jest zróżnicowana w zależności od mięśnia (Cava i in., 2003). Poszczególne frakcje różnią się między sobą składem kwasów tłuszczowych, jednak z punktu widzenia konsumenta największe znaczenie dla zdrowia człowieka mają kwasy tłuszczowe (ang. *fatty acids* – FA) we frakcji triacylogliceroli oraz cholesterol. Naturalne FA zawierają w swoim łańcuchu 4 – 26 atomów węgla. Tłuszcz wchodzący w skład tkanek zwierząt zawiera jednak kwasy tłuszczowe posiadające 12 – 24 atomy węgla. Z punktu widzenia prozdrowotnej jakości mięsa dla człowieka, najistotniejszy jest podział FA na nasycone kwasy tłuszczowe (ang. *saturated fatty acids* – SFA) i nienasycone kwasy tłuszczowe (ang. *unsaturated fatty acids* – UFA), w tym jednonienasycone (ang. *monounsaturated fatty acids* – MUFA) i wielonienasycone (ang. *polyunsaturated fatty acids* – PUFA).

Tkanka tłuszczowa świń żywionych dietą bez dodatku olejów zawiera znacznie więcej kwasów tłuszczowych z grupy SFA (30 – 47%) niż PUFA (6 – 25%), (Lizardo i in., 2002). Spośród kwasów z grupy SFA w największej ilości występuje kwas palmitynowy (C 16:0; 20 – 30 g/kg) i stearynowy (C 18:0; 10 – 15 g/kg). Kwasy tłuszczowe z grupy SFA, w przeciwieństwie do PUFA, nie są wrażliwe na

utlenianie, dlatego odpowiednia ich ilość decyduje o pożądanej jakości sensorycznej i trwałości produktów (Janik i Barowicz, 1998; Warnants i in., 1999). Proporcja kwasów PUFA/SFA uznawana jest powszechnie za wskaźnik jakości tłuszczu w odniesieniu do zdrowia człowieka.

Wśród kwasów MUFA w największej ilości występuje kwas oleinowy (C 18:1; 400 – 500 g/kg), w znacznie mniejszej palmitooleinowy (C 16:1; 20 – 30 g/kg) (Lizardo i in., 2002).

W grupie kwasów PUFA najwięcej jest kwasu linolowego, C18:2n-6 (LA), od 120 do 170 g/kg (Enser i in., 1996; Pascual i in., 2007). Kolejnym bardzo ważnym kwasem tłuszczowym z grupy PUFA jest kwas α -linolenowy, C18:3 n-3 (ALA). Kwas linolowy i linolenowy w tłuszczu świń są pochodzenia egzogenego, gdyż w organizmie ssaków nie są syntetyzowane. Zostają one wchłonięte z przewodu pokarmowego (jelito cienkie), a następnie odłożone w tkankach lub wykorzystane do syntezy długołańcuchowych kwasów tłuszczowych, takich jak kwas: arachidonowy (AA), eikozapentaenowy (EPA) i dozozaheksaenowy (DHA), które biorą udział w syntezie hormonów tkankowych jak: prostaglandyny, prostacykliny, tromboksany i leukotrieny. Konkurencja pomiędzy kwasami LA i ALA o enzymy lipogeniczne determinuje, który z eikosanoidów jest syntetyzowany w organizmie (Aro, 2003; Harris i in., 2006). Proporcja kwasów tłuszczowych z rodziny omega-6 (LA, AA) do omega-3 (ALA, EPA, DHA) jest uznawana za marker ryzyka chorób serca i układu krążenia (Harris i in., 2006).

W porównaniu z mięsem wołowym, wieprzowina charakteryzuje się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych: niższą zawartością kwasów SFA i wyższą zawar-



tością PUFA, a więc i proporcją kwasów PUFA/SFA. W odniesieniu do mięsa drobiowego na uwagę zasługuje fakt, iż wieprzowina, pomimo niższej całkowitej zawartości PUFA, charakteryzuje się znacznie korzystniejszą proporcją kwasów omega-6 i omega-3 (Crespo & Esteve-Garcia, 2002; Guillevic i in., 2009; Sarries i in., 2009; Juarez i in. 2010 i 2011; Strakova i in., 2010; Raj i in., 2010).

Spośród tych trzech rodzajów mięsa wieprzowina więc ma najlepsze właściwości prozdrowotne i powinna być zalecana w żywieniu człowieka, szczególnie u osób z nadwagą, cukrzycą i chorobami układu krążenia.

Negatywny „image” wieprzowiny pogłębia prawie powszechna ignorancja znanych praw związanych z formowaniem się złogów tłuszczu i składu kwasów tłuszczowych w nim zawartych. Bardzo często pomija się powszechnie znane zjawisko wskazujące, że w przypadku zwierząt monogastrycznych zachodzi bardzo daleko idąca możliwość kształtowania składu kwasów tłuszczowych tłuszczu poprzez żywienie, a także to, że w wyniku zabiegów selekcyjno-hodowlanych można bardzo ograniczyć nie tylko grubość słoniny, ale i zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięsie. Warto przy tym zaznaczyć, że skład tłuszczu śródmięśniowego istotnie różni się od tłuszczu wyścielającego jamy ciała lub stanowiącego okrywą tłuszczową (słonina). Ten pierwszy z wymienionych ma z reguły bardzo korzystny skład kwasów tłuszczowych, ponieważ zawiera dużo tzw. kwasów omega-3 (zwanych także n-3). Zjawisko to stwierdza się w przypadku tłuszczu śródmięśniowego bydła, którego tłuszcz wyścielający jamy ciała zawiera przeważającą ilość kwasów tłuszczowych nasyconych (Nuernberg i in., 2001, 2005a i b). Ciekawym do odnotowania jest fakt, że w Australii, gdzie bydło i owce przez większą część roku przebywają na łąkach i konsumują trawę, 43% długołańcuchowych kwasów tłuszczowych nienasyconych n-3 spożywanych przez Australijczyków pochodzi z mięsa tych zwierząt, a 48% z mięsa ryb. Informacja ta jest istotna z powodu dwóch zjawisk. Tłuszcz śródmięśniowy mięsa przeżuwaczy zawiera więc dużo nienasyconych kwasów tłuszczowych, i mimo że Australijczycy spożywają z reguły chudą wołowinę i baraninę, to prawie 6-krotnie większe spożycie mięsa ww. zwierząt niż tłustych ryb sprawia, że mięso przeżuwaczy może być znaczącym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych o prozdrowotnym charakterze (Howe i in., 2006 i 2007).

Praktycznie można byłoby pokusić się na pozyskanie ze świń tłuszczu podobnego w składzie do tłuszczu drobiowego, czy nawet rybiego (skrajność) (Pikul, 1996). Problem jednak polega na tym, że skład tłuszczu rzutuje na jego walory kulinarne i trwałość. O ile można spotkać wyroby wykonane z boczku lub słoniny,

to w zasadzie nie spotyka się wykonanych z tłuszczu drobiowego, nie wspominając już o tranie z ryb. Zagospodarowując taki surowiec na cele kulinarne trzeba byłoby wziąć pod uwagę dużą podatność tego surowca na utlenianie, ze względu na liczną obecność nienasyconych kwasów tłuszczowych, co w przypadku surowca wieprzowego jest znacznie ograniczone.

To co jest najczęściej krytykowane w wieprzowinie, tj. tłuszcz w niej zawarty, pełni również inne niezwykle cenne funkcje zarówno pod względem zdrowotnym jak i smakowym. Jego zdrowotność polega na tym, że dostarcza bardzo dużo energii, której potrzebujemy w codziennej pracy. W zasadzie każdy składnik naszego pokarmu, tj. białko, tłuszcz czy cukrowce dostarcza energii, ale traktowanie białka jako głównego źródła energii byłoby stratą substancji mających wartości budulcowe i przeznaczanych na cele rozwojowe organizmu. Normy żywieniowe przyjmują, że ilość energii pozyskiwanej z naszego pożywienia powinna pochodzić w ok. 51 – 60% od cukrowców (najlepiej złożonych), tłuszcze powinny dostarczać około 27 – 35% energii, a białka tylko w granicach 10 – 12%. Ze spalania tych ostatnich związków uzyskuje się tylko 70% energii. Udział białek zwierzęcych w dziennej racji pokarmowej może wahać się od $\frac{1}{3}$ do $\frac{3}{4}$, przy czym te pierwsze wartości zalecane są dla dzieci, a większy udział wskazany jest w diecie dorosłych ludzi (*Praca zbiorowa pod redakcją J. Gawęckiego i T. Mossor-Pietraszewskiej, 2004*).

Pomijając tłuszcz jako źródło energii, którą w przypadku ludzi możemy pozyskać także i z innych źródeł, nawet bardziej smacznych – cukrów, choć cukry proste są wskazywane jako jedna z „białych śmierci”, obok soli i tzw. „białego pieczywa”, to tłuszcz pochodzenia zwierzęcego pełni jeszcze szereg ważnych funkcji metabolicznych w organizmie i powinien być zawarty w naszej diecie. Te role do wypełnienia wiążą się z udziałem w budowie błon komórkowych i białej istoty mózgu, pełnienia funkcji nośnika dla witamin za życia zwierzęcia, a w przypadku składnika pokarmu – związków zapachowych wzmacniających percepcję kulinarną, a przez to podnoszących jego wartość.

Należy zweryfikować powtarzane bezmyślnie stereotypy o szkodliwości cholesterolu. Zawartość cholesterolu w mięsie waha się w granicach 40 – 85 mg/100 g w zależności od rodzaju mięsa. Najwięcej cholesterolu znajduje się w podrobach od 100 do 380 mg/100 g (w zależności od rodzaju podrobu i zwierzęcia, z którego pochodzi). Omawiając właściwości lipidów znajdujących się w mięsie należy wspomnieć o L-karnitynie, która odgrywa dużą rolę w procesie rozkładu i spalania tłuszczu w komórkach. L-karnityna jest wytwarzana w wątrobie a do jej syntezy potrzebne są witaminy (C, PP, B₆) oraz żelazo. Podstawowym źródłem L-karnityny jest mięso.

Cholesterol jest lipidem z grupy steroidów, zaliczanym także do alkoholi alicyklicznych, będący substratem w procesie syntezy hormonów steroidowych, kwasów żółciowych oraz koprosterolu. W odróżnieniu od lipidów cholesterol nie ulega zmydlaniu, pozostając jako tzw. frakcja niezmydlająca się. Występuje we wszystkich komórkach kręgowców i wraz z fosfolipidami bierze udział w budowie błony komórkowej oraz jej stabilizacji. W organizmach zwierzęcych znaczna część cholesterolu występuje w postaci estrów z kwasami tłuszczowymi, zwłaszcza w miejscach patologicznego stłuszczenia (np. w stłuszczonej wątrobie gęsi) lub w mięśniach dystroficznych. Cholesterol tworzy również z białkami kompleksy o charakterze hydrofilowym. Jego cząsteczka posiada wiązania podwójne i dlatego ulega łatwo autooksydacji. Produkty utleniania cholesterolu są mutagenne, kancerogenne, aterogenne. Wyróżniamy lipoproteiny o wysokiej gęstości HDL i niskiej gęstości LDL. Lipoproteidy o niskiej gęstości transportują cholesterol do komórek ustrojowych, m.in. do nabłonka naczyń tętniczych, gdzie w pewnych warunkach może on odkładać się na ściankach tętnic w postaci blaszek miażdżycowych. Z tego względu cholesterol LDL nazywany jest „złym cholesterolem”. Cholesterol zawarty we frakcji HDL transportuje cholesterol z naczyń tętniczych do wątroby, ma działanie ochronne, przeciwmiażdżycowe i nazywany jest „dobrym cholesterolem”. W przypadku żywności podział na „dobry i zły cholesterol” nie istnieje. We wszystkich produktach cholesterol jest tym samym związkiem. Najwięcej cholesterolu wśród produktów spożywczych zawierają: mózg, żółtka jaj, nerki, wątroba. Należy pamiętać, że cholesterol jest substancją trwałą, nieulegającą zniszczeniu pod wpływem ogrzewania lub przechowywania. Cholesterol jest produktem niezbędnym do funkcjonowania organizmu, gdyż odgrywa kluczową rolę w wielu procesach. Trudno wyobrazić sobie dalsze trwanie gatunku ludzkiego bez cholesterolu.

Z tłuszczem występującym w wieprzowinie związana jest obecność witamin z grupy A, D, E, K. Spośród witamin rozpuszczalnych w tłuszczach w dostępnej literaturze znaleźć można dane dotyczące zawartości w mięsie wieprzowym witaminy E (0,24 mg/100 g) oraz łącznie witamin D₂ i D₃ (0,6 µg/100 g).

Zawartość witaminy z grupy B w mięsie wieprzowym wynosi: B₁ – 0,72, B₂ – 0,23, B₃ – 4,4 i B₆ – 0,52 mg/100 g oraz B₁₂ – 0,55 – 0,91 µg/100 g (Esteve i in., 2002; Lombardi-Boccia i in., 2005; USDA, 2013). Na tle innych gatunków zwierząt wyróżnia się 4-5 krotnie wyższą zawartością tiaminy (witaminy B₁). Jest to witamina rozpuszczalna w wodzie, odgrywająca zasadniczą rolę w procesach oddychania tkankowego, głównie w przemianie węglowodanów, jest częścią

składową koenzymu karboksylazy (pirofosforanu tiaminy). Wzmaga czynność acetylocholiny, hamuje esterazę cholinową, działa synergicznie z tyroksyną i insuliną, pobudza wydzielanie hormonów gonadotropowych. Tiamina przyspiesza gojenie się ran i wykazuje działanie uśmierzające ból. W tkankach zwierzęcych jest reprezentowana głównie przez swoją formę koenzymatyczną – TPP, która stanowi 80% ogólnej puli tej witaminy. W świecie roślinnym dominuje wolna tiamina.

Objawami niedoboru witaminy B₁ są zaburzenia czynności centralnego układu nerwowego: osłabienie, zmęczenie, oczopląs, zaburzenia pamięci, koncentracji, depresja, a także niewydolność krążenia: przyspieszona akcja serca, powiększenie wymiarów serca, obrzęki kończyn górnych i dolnych, oraz zaburzenia ze strony przewodu pokarmowego: utrata łaknienia, nudności, wymioty, biegunki, bóle brzucha, brak apetytu, spadek wagi.

W przypadku silnej awitaminozy B₁ może wystąpić choroba beri-beri, objawiająca się zaburzeniami pracy neuronów i włókien mięśniowych, co powoduje bóle kończyn, osłabienie mięśni, drżenie, niewydolność układu krążenia.

Odżywiając się normalnie nie można doprowadzić do niedoboru witaminy B₁. Problemem jest niedobór wit. B₁ wywołany spożywaniem alkoholu.

Wieprzowina, wołowina i mięso drobiowe charakteryzują się podobną zawartością potasu, wapnia i magnezu (2,2 – 2,9 K, 0,12 Ca i 0,22 – 0,27 Mg g/kg). W porównaniu z mięsem drobiowym i wołowym wieprzowina charakteryzuje się obniżoną zawartością sodu (0,75 wobec 0,6 g/kg) oraz wyższą zawartością fosforu i selenu (2,25 w porównaniu z 1,8 P g/kg i 0,3 – 0,4 wobec 0,18 – 0,27 Se mg/kg). W mięsie wieprzowym znajduje się wyższa zawartość żelaza (0,014 g/kg) w porównaniu z mięsem drobiowym (0,009 g/kg), ale niższa niż w wołowinie (0,026 g/kg) (Paul & Southgate, 1978; Driskell i in., 2011; Tomovic i in., 2011; USDA, 2013).

Zwłaszcza żelazo ma szczególną rolę w diecie człowieka. Żelazo występuje w białkach: hemoglobinie, cytochromach i mioglobinie. Zadaniem hemoglobiny wchodzącej w skład czerwonych ciałek krwi, jest pobieranie tlenu do krwi z płuc i transport do tkanek organizmu. Mioglobina odpowiedzialna jest za magazynowanie tlenu w mięśniach poprzecznie prążkowanych, a więc tych, których praca zależy od woli człowieka. Natomiast cytochromy – najogólniej ujmując – wspomagają proces wytwarzania energii komórkowej (oddychania komórkowego).

Zdaniem niektórych badaczy, mięso czerwone może być dobrym źródłem żelaza, nawet przy niskim jego spożyciu przez mężczyzn i kobiety. Jeszcze lepsze efekty uzyskano poprzez trawienie wołowej hemoglobiny, wytwarzając polipeptyd

zawierający żelazo hemowe, który może być używany w przypadku potrzeby fortyfikacji żywności, przeciwdziałając niedoborom żelaza u konsumentów (In i in., 2002). Jeszcze inne rozwiązanie wykorzystujące krew, ale o odwrotnym efekcie, polega na pozyskaniu wolnej globiny pozbawionej barwy i zastosowanie jej jako substytutu tłuszczu w produktach mięsnych (Viana i in., 2005).

Szczególnie niebezpieczny jest niedobór żelaza dla kobiet ciężarnych i karmiących. Wpływa on bezpośrednio na niekorzystny przebieg ciąży, może skutkować poronieniem lub przedwczesnym porodem. Przy niedoborze żelaza zwiększa się także umieralność okołoporodowa noworodków, ich waga urodzeniowa jest mniejsza oraz zwiększa się ich podatność na infekcje. Niedostateczna podaż żelaza jest jedną z głównych przyczyn niedokrwistości (anemii). Dienne zapotrzebowanie zdrowego człowieka na żelazo wynosi od 10 do 20 mg.

Ze względu na zawartość żelaza artykuły spożywcze możemy ogólnie podzielić na: produkty o niskiej zawartości żelaza (ok. 1 mg/100 g) – np. mleko, ziemniaki, owoce; produkty o średniej zawartości żelaza (1 – 4 mg/100 g) – np. drób, mięso wieprzowe, kasze, warzywa; produkty o wysokiej zawartości żelaza (4 mg/100 g) – np. podroby, mięso cielęce i wołowe, warzywa strączkowe. Ilość żelaza w mg na 100 g wybranych popularnych produktów żywnościowych wynosi: wątroba wieprzowa 18,7, wątroba wołowa 9,4, fasola biała 6,9, płatki owsiane 3,9, wołowina – polędwica 3,1, cielęcina, karkówka wieprzowa nawet 5 – 6, łopatka wieprzowa 2,9. Według H. Kunachowicz i in. (2011) przyswajalność żelaza w układzie pokarmowym jest bardzo zróżnicowana. Żelazo z tkanek zwierzęcych jest



wchłaniane przez organizm w 20 – 50%, zaś żelazo z produktów roślinnych tylko w 1 – 8%. Z badań wynika, że wchłanianie żelaza z ryżu i szpinaku wynosi tylko 1%, z kukurydzy 3%, z sałaty 4%, a z pszenicy 5%. Natomiast wchłanianie żelaza z ryb wynosi już 11%, z wątroby 12 – 14%, z wieprzowiny blisko 20%, a z mięsa cielęcego ok. 22%. Wysoka przyswajalność żelaza z czerwonego mięsa wynika z tego, że łatwo przyswajalne dla człowieka jest żelazo dwuwartościowe obecne w pokarmach pochodzenia zwierzęcego. Swą dwuwartościowość osiąga dzięki tzw. chemicznym wiązaniom hemowym ze specyficznymi białkami tkanki mięśniowej i krwi – mioglobina i hemoglobina. Łatwo widocznym wyróżnikiem obecności mioglobiny i hemoglobiny jest odpowiednio kolor różowy lub czerwony tkanki mięsnej. Dlatego najlepszym źródłem żelaza są potrawy zwierzęce o tym kolorze – szczególnie wątroba cielęca i wieprzowa, czerwone mięso wołowe, czerwone elementy mięsa wieprzowego, zwłaszcza karkówka, a także polędwica cielęca itp. Ogólnie w pokarmach pochodzenia zwierzęcego ok. 40 – 50% obecnego tam żelaza występuje w dobrze przyswajalnej postaci hemowej. Jednak w procesie trawienia tracimy zwykle połowę tego zasobu i udokumentowana średnia przyswajalność żelaza hemowego z produktów zwierzęcych wynosi ok. 20%. Niska przyswajalność żelaza z pokarmów roślinnych dotyczy także szpinaku, ponieważ szpinak zawiera tylko 3,57 mg/100 g, a ponadto przyswajalność jest zaledwie na poziomie 1%.

Nie wszyscy wiedzą, że każdy z nas w pewnym stopniu stosuje rewelacyjnie prosty i efektywny sposób zwiększenia przyswajalności żelaza niehemowego. Jest nim umiejętność łączenia potraw mięsnych z wybranymi warzywami, produktami zbożowymi, nasionami roślin strączkowych itp. Robimy to na co dzień intuicyjnie – tak jakbyśmy wiedzieli, że w mięsie ssaków, drobiu i ryb znajduje się potęgujący przyswajalność żelaza roślinnego czynnik mięsny – zwany z angielska *meat factor*. Czynnik ten znacząco zwiększa wchłanianie żelaza niehemowego z produktów roślinnych. Należy też pamiętać, że dieta wegetariańska oraz nieracjonalne odchudzanie się zmniejsza drastycznie pulę żelaza zapasowego w ustroju, co może spowodować niedokrwistość. Niedobór żelaza zagraża również sportowcom uprawiającym tzw. sporty wytrzymałościowe (długie biegi, chód, kolarstwo itp.), w tym zwłaszcza osobom starszym uprawiającym takie sporty. Najważniejsze zasady diety zwiększającej poziom żelaza w organizmie, to spożywanie odpowiednio dużo chudego mięsa, wątroby, chudych gatunków wędlin. Jest to źródło żelaza dobrze przyswajanego przez organizm.

W Polsce kampania związana z poszukiwaniem żywności o cechach prozdrowotnych lub funkcjonalnej jest tak jednostronna, jakby nie istniały dowody na

to, że i mięso, w tym wieprzowe, może być źródłem związków, które takie cechy mogą wykazywać, i jedzenie wieprzowiny może być korzystne dla naszego zdrowia (Biesalski, 2005).

W rozważaniach dotyczących niekorzystnego wpływu spożywania mięsa na zdrowie wskazuje się na powiązania jego spożywania z chorobami naczyń, w tym szczególnie naczyń wieńcowych serca, występowaniem zawałów lub zatorów związanych między innymi z nadmierną krzepliwością krwi czy też różnego rodzaju chorobami nowotworowymi, w tym głównie raka piersi, odbytu i prostaty (Potter i in., 1993; Howe i in., 1997). Zastrzeżenia te pojawiają się równie często jak prace, które udowadniają, że albo popełniano błędy w doborze materiału badawczego (jednoczesna analiza wpływu mięsa i przetworów mięsnych mimo ich istotnego zróżnicowania pod względem bezpieczeństwa prozdrowotnego), albo oceniano zależności między całkowitą zawartością tłuszczu, bez uwzględnienia jego składu pod względem rodzaju kwasów tłuszczowych lub też pomijano wpływ pozostałych składników diety i innych czynników, które mogły wpłynąć negatywnie na uzyskany wynik. Wskazując często na zagrożenia płynące ze spożywania mięsa, pochodzące z różnych źródeł (Robinson, 2002) i na zwiększanie się udziału składników roślinnych w naszych posiłkach, w tym szczególnie obiadowych lub lunchowych, zauważono ciekawą zależność. Na przykład w Wielkiej Brytanii przy zmniejszającym się zaufaniu do mięsa czerwonego i zmniejszającymi się jego zakupami, częstotliwość zachorowań na raka odbytnicy, który wskazuje się jako najczęstszy skutek spożywania mięsa, wzrosła (Verbeke i in., 2007). Czy nie można poddać w wątpliwość poprawności wyników poprzednich badań wskazujących na przyczyny wywołujące choroby nowotworowe z powodu spożywania mięsa? Zwiększająca się jego konsumpcja dla dużej grupy ludzi, szczególnie z krajów rozwijających się (Delgado, 2003; Speedy, 2003), nie musi być jedyną przyczyną chorób, które niekiedy określa się jako cywilizacyjne, mimo że się to sugeruje (Cross i in., 2007; Williamson i in., 2005).

O potrzebie zmian w składzie podstawowym mięsa i przetworów z niego otrzymywanych, szczególnie odnośnie ich frakcji tłuszczowej, wiedzą zarówno producenci żywca, jak i przetwórcy mięsa. Celem ich działań jest więc taka zmiana żywca, aby zawierał jak najmniej tłuszczu, a mięso z niego otrzymywane było źródłem składników bioaktywnych i funkcjonalnych, posiadając właściwości prozdrowotne, przy przestrzeganiu określonych norm żywieniowych. Te działania prowadzone są w oparciu o wyniki badań sugerujące, co w naszej codziennej diecie może mieć wpływ negatywny, a co pozytywny.



1.

Charakterystyka białek mięsa

1.1. Występowanie białek w żywności

Oceniając wieprzowinę, należy podkreślić informację o dużej zawartości białka w tym mięsie. Ciekawych porównań pod względem zawartości białka między mięsem czerwonym, pochodzącym z pięciu gatunków zwierząt dokonał Florowski (2011). Porównania dotyczyły mięsa świń, bydła, owiec, kóz i królików. Mimo pewnego zaskoczenia odnośnie zawartości białka w mięsie królików, co do otrzymanej wartości średniej (22,2%), choć dość często zawartość białka w tym mięsie jest wyższa (Maj i in., 2012), to z tych danych wynika, że zawartość białka w mięśniu najdłuższym grzbietu tuczników była najwyższa. Wynosiła ona 22,4% przy wartościach minimalnych 19,0 i maksymalnych – 24,5%. Biorąc pod uwagę, że zestawienie to, mimo że objęto nim dużą liczbę prac, nie musi gwarantować powtórzenia wyniku, wskazuje jednak, że mięso świń jest bardzo dobrym źródłem tego najcenniejszego składnika naszego pożywienia pod względem wartości biologicznej i odżywczej. Stwierdzenie to jest także ważne przy porównaniach z mięsem drobiowym, a nawet bydła, które też zwykle odbierane są jako bardzo chude. Zbiorcze dane przedstawione przez Kijowskiego i Tomaszewską-Gras (2004) bazujące na opracowaniach z lat 1999 (USDA) i 2002 (Gornowicz i Dziadek, 2002) wskazują, że średnie wartości wynoszą ponad 23,2 i 23,5%, odpowiednio dla mięsa z piersi kurcząt i indyków. W przypadku mięśni nóg, które też często wykorzystywane są jako elementy kulinarne, zawartość białka jest już niższa (16,1 – 20,1%) i bardzo mocno zależy od zawartości tłuszczu. Niedawne badania Kowalskiej i in. (2012) wskazują, że zawartość białka w mięśniach ud wynosiła 19,56%.

Podobnie można odnieść się do porównań zawartości białka w przypadku mięsa bydła. Praca Iwanowskiej i in. (2010a) oraz przegląd literaturowy dokonany przez Iwanowską i Pospiecha (2010) wskazują, że w mięśniu najdłuższym grzbietu bydła średnia zawartość białka, nawet w przypadku ras mięsnych lub ich krzyżówek z innymi rasami, wynosi około 21%, będąc podobnie jak przy poprzednich porównaniach bardzo zależna od zawartości tłuszczu w mięsie.

Ogólnie uznaje się, iż białka zwierzęce występujące zarówno w surowcach zwierzęcych (mięso, ryby, mleko i jaja), jak i ich przetworach posiadają wysoką wartość odżywczą. Białka produktów roślinnych (m.in. zbóż, roślin strączkowych, warzyw) posiadają natomiast zwykle niższą wartość, co jest wynikiem gorzej zbilansowanego składu aminokwasowego, względnie niekiedy brakiem określonych

aminokwasów, w tym szczególnie egzogennych, które muszą być dostarczone z pożywieniem człowiekowi.

W Polsce wśród produktów pochodzenia zwierzęcego bogatych w białko szczególną rolę odgrywa mięso zwierząt lądowych, w mniejszym zaś stopniu zwierząt wodnych. W spożyciu mięsa dominuje u nas wieprzowina (ok. 38 kg/rok), choć spożycie mięsa drobiu jest ciągle rosnące (>25 kg/rok), a wołowiny spada, mimo że jest na najniższym poziomie (< 2,0 kg/rok) od szeregu lat.

Białko określa się jako najważniejszy składnik pokarmowy, wymagany do utrzymania życia. Nie ma możliwości zastąpienia go innym składnikiem. Białko to zasadniczy element służący do budowy wszystkich tkanek, a odpowiednia jego ilość decyduje o stanie zdrowia. W wyniku spożywania białka w niewielkich ilościach lub o słabej jakości, czynność komórek zostaje upośledzona, z czego wynika zwiększona podatność na zakażenia i choroby. Spożywanie diety niskobiałkowej przez długi czas hamuje wzrost, wywołuje rozpad oraz zużycie własnych tkanek ustroju. Nie ma wtedy możliwości ich odnowy. Za duża ilość białka w diecie przyczynia się do gromadzenia zbyt dużej ilości produktów ich rozpadu. Obserwuje się wzrost stężenia mocznika i potasu (obciążenie dla nerek), a także fosforu we krwi. Jeżeli nerki są niewydolne – prowadzi to do zakwaszenia ustroju.

Organizm ludzki nie posiada zdolności tworzenia rezerw białka. W przypadku stanów niedoboru w diecie źródło białka stanowią prawie wyłącznie mięśnie. Stąd też pojawiają się różne diety odchudzające. Istotnym czynnikiem wpływającym na wykorzystanie przez ustrój człowieka białek pożywienia jest strawność. Wynika ona z ich struktury, a także obecności różnych innych składników w danym surowcu lub produkcie spożywczym. Strawność białek pochodzenia zwierzęcego jest zwykle wyższa od białek pochodzenia roślinnego.

Współcześnie rola białek nabiera nowego znaczenia. Wiążą się one z pojęciami nutrigenomiki i proteomiki. Pierwsze z tych pojęć łączy problematykę związaną z odżywianiem i jego efektami w zależności od genomu organizmu człowieka. Drugie odnosi się do badań białek, począwszy od ich identyfikacji w danym surowcu, następnie w żywności z niego otrzymanej, kończąc na określeniu roli, jaką mogą spełniać dla zdrowia człowieka. Wraz z metabolomiką, te dwie dyscypliny wiedzy stanowią swoistą platformę, która w sposób racjonalny umożliwia ocenę wpływu odżywiania na organizm człowieka. Coraz częściej zwraca się jednak jeszcze uwagę na aspekt psychiczny konsumpcji żywności.

Przystępując do omówienia najważniejszych białek mięsa, warto zwrócić uwagę na to, że niezależnie od gatunku różnicowanie ich jest bardzo małe i w skali

makro, któremu odpowiada ten opis, jest prawie niezauważalne, co nie znaczy, że nie występujące. Najczęściej związane jest ono z różnymi polimorfizmami, które mogą odnosić się nie tylko do jednego gatunku, ale czasem do wielu z nich. Stanowi ono nawet podstawę do rozróżniania gatunkowego mięsa, o czym będzie wspomniane w dalszej części opracowania. Zróżnicowanie między mięsami pochodzącymi z różnych gatunków jest natomiast widoczne w skali makro. Wskazuje to, że białka stanowią doskonały materiał budulcowy dla różnych organizmów, swą budową i funkcjonowaniem dostosowują się do poziomu rozwoju określonej grupy zwierząt. Można wskazać na analogię z budownictwem domów. Mimo bardzo podobnych cegieł użytych do budowy, zróżnicowanie domów wynika przede wszystkim z gustów architekta, budowniczego i inwestora.

Przedstawienie budowy i właściwości wszystkich białek mięśniowych, które składają się na „proteom” zwierząt gospodarskich jest trudne ze względu na ich olbrzymią różnorodność zarówno w budowie, działaniu, jak i funkcjach, które pełnią. Stąd też uwaga zostanie zwrócona jedynie na najważniejsze białka i omówiona zostanie ich rola w kształtowaniu jakości zarówno surowca, jak i produktów z niego wytworzonych.

1.2. Klasyfikacja białek mięśniowych

Białka mięśniowe najczęściej dzieli się na trzy grupy: sarkoplazmatyczne, miofibrylarne i łącznotkankowe. Te ostatnie nazywane są także białkami stromy lub zrębu. Pod względem funkcji są podobne do niektórych białek cytoszkieletu z grupy białek miofibryli, aczkolwiek szybkość ich przemian po uboju jest znacznie mniejsza niż białek miofibryli.

Większość białek sarkoplazmy jest ekstrahowana z mięsa roztworami soli o stosunkowo małym stężeniu ($< 0,2$ M). W tych warunkach białka miofibrylarne i zrębu nie rozpuszczają się. Są one ekstrahowane przez bardziej stężone roztwory soli. Proces ten ułatwia wstępna degradacja natywnych białek zrębu oraz białek cytoszkieletowych zaliczanych do grupy białek miofibrylarnych. W tych warunkach zdenaturowane białka miofibryli i sarkoplazmy pozostają nierozpuszczone. Można je rozpuścić w rozcieńczonych roztworach ługów lub kwasów. Stroma, w nich nierozpuszczalna, jest białkową pozostałością. Rozpuszczalność białek może ulegać zmianom a czynnikiem będącym najczęściej tego przyczyną jest uprzednia ich degradacja, której podłoże ma najczęściej charakter enzymatyczny.

1.2.1. Białka sarkoplazmy

Pod względem ilościowym białka sarkoplazmy są drugą grupą białek mięśniowych. Ich udział w ogólnej ilości białek w mięśniach waha się w granicach 30 – 35%. Rozpuszczają się w wodzie i słabych roztworach soli. Z reguły charakteryzują się małą masą cząsteczkową. W ich skład wchodzi różnorodność białek, które dzieli się na: enzymatyczne, barwników (chromoproteiny) mięśni i krwi pozostałej po niepełnym wykrwawieniu oraz na białka związane z lipoproteinami i kwasami nukleinowymi.

Najważniejszymi spośród nich są białka o charakterze enzymów i chromoproteinowe. Enzymy uczestniczące w przemianach węglowodanów stanowią około 70% ogólnej masy białek sarkoplazmy. Uczestniczą one nie tylko w rozkładzie glikogenu, jak np. fosforylaza glikogenu czy dehydrogenaza aldehydu 3-fosfoglicerynowego (GAPDH), ale rozkładają również polisacharydy związane z białkami, np. β -glukoronidaza rozkładająca połączenia sacharydowe w kolagenie. Niektóre z nich są wskaźnikami jakości mięsa lub produktów z niego wytwarzanych, np. dehydrogenaza kwasu mlekowego, transaminaza glutaminianowa, kinaza kreatyny, GAPDH oraz fosforylaza. Ich określona zawartość, a czasami aktywność we krwi lub we frakcji sarkoplazmatycznej mięśnia, świadczy o kierunku przemian metabolicznych organizmu i aktywności zwierzęcia. Niektóre z tych enzymów są uznawane za wskaźniki procesów, których nie są bezpośrednimi sprawcami. Przykładem jest GAPDH, której ilość zmniejszająca się po uboju uważana jest za wskaźnik procesu kruszenia mięsa oraz wyrobów peklowanych długodojrzewających. Udział w tym procesie, potwierdzony wynikami wielu badań, mają kalpainy i katepsyny, główne proteolityczne enzymy mięsa. Katepsyny znajdują się w lizosomach, z których są uwalniane po uboju. Od nazwy tych organelli komórkowych pochodzi ich druga nazwa „enzymy lizosomalne”. Jest ona używana równie często jak katepsyny. Obecnie szczególnie dużą uwagę zwraca się na kalpainy. Należą one do enzymów umiejscowionych wewnątrz włókna mięśniowego (wszędobylskie). Ich aktywacja zachodzi pod wpływem jonów wapnia. Rola kalpain w degradacji białek sprowadza się do dokonywania ograniczonej destrukcji struktur białkowych, w tym przede wszystkim do naruszenia struktur cytoszkieletu, a także innych, jak np. ww. lizosomów. Ich działanie może być jednym ze wstępnych etapów w procesie rozkładu struktur mięsa przez inne enzymy, w tym katepsyny. Kalpainom i katepsynom zawdzięczamy procesy dojrzewania mięsa, w tym szczególnie polepszania się jego kruchości.

Coraz większą uwagę zwraca się na białka opiekuńcze, określane również jako białka szoku cieplnego. Jest to dość liczna grupa białek a ich funkcjonowanie związane jest z procesami renaturacji lub degradacji białek zdenaturowanych albo uszkodzonych przez stresowe czynniki. Chronią inne białka przed zmianą struktury, czyli agregacją i/lub denaturacją, zapobiegając apoptozie. Mogą ograniczać powstawanie rodników oksydacyjnych. Ich masa cząsteczkowa jest bardzo zróżnicowana. Mogą występować w sarkoplazmie, jądrach i mitochondriach. Szczególną uwagę zwracają Hsp70, Hsp40 i Hsp27, Hsp20, Hsp27 i $\alpha\beta$ -krystalina. Ich różną zawartość w mięśniach można zaobserwować jako wynik zróżnicowanego traktowania zwierząt przed ubojem czy nawet krótko po nim (np. w przypadku zastosowania zabiegu elektrostymulacji wykorzystywanego do polepszania kruchości mięsa).

Szczególną rolę w ochronie przed stresem antyoksydacyjnym w mięśniach pełni peroksyredoksyna. Białka te biorą udział także w przenoszeniu sygnałów w komórkach, ich proliferacji i apoptozie. Ciekawym białkiem pod względem swych funkcji jest enolaza. Występuje ona jako białko glikolizy i szoku cieplnego. W kompleksie utworzonym przez GAPDH, kinazę fosfoglicerynianową i mutazę fosfoglicerynianową bierze udział w wytwarzaniu ATP.



Do chromoprotein występujących w mięsie zalicza się podstawowy jego barwnik, tj. mioglobinę, a ponadto cytochromy i hemocjaniny oraz barwnik krwi – hemoglobinę. Zawartość barwników w mięśniach zależy głównie od pochodzenia gatunkowego i rodzaju mięśnia, a także od stopnia wykrwawienia zwierzęcia. Barwa mięsa może ulec zmianie w wyniku procesów utleniania lub utlenowania barwników. Niekiedy zmiany te mogą powodować istotniejsze różnice między mięśniami niż powoduje to zmienność w zawartości w nich barwnika. Tłuszcz i ścięgna również wpływają na barwę mięsa, zwykle powodując jej rozjaśnienie. Zawartość mioglobiny decyduje o charakterze procesów metabolicznych zachodzących w mięśniach. Im bardziej czerwone, tym przemiany w mięśniach mają charakter bardziej tlenowy. Im mniej – beztlenowy. Czynnikiem związanym z barwą mięśni jest głównie gatunek zwierzęcia. W ramach gatunku, mięśnie aktywniej pracujące za życia (np. kończyn) zawierają więcej mioglobiny i są ciemniejsze, a mięśnie biorące mniejszy udział w ruchu (np. piersiowe, m. najdłuższy grzbietu i łędźwi) – jaśniejsze. Glikoliza zachodzi najszybciej w mięśniach drobiu, a najwolniej w mięśniach bydła. Szybkość glikolizy może wpłynąć na barwę mięsa. Gwałtowna – powoduje znaczne rozjaśnienie barwy, czego wyrazem są wysokie wartości jasności barwy „L” przy obiektywnych jej pomiarach. Konsekwencją takich przemian może być szara barwa mięśni przy ich ekspozycji na działanie światła i tlenu. Szarzenie mięśni może być także wynikiem innych procesów. Sprzyja mu denaturacja białek w mięsie wodnistym.

Mioglobina, w normalnych warunkach przechowywania mięsa, określana również jako deoksymioglobina, cechuje się czerwonym zabarwieniem. Proces jej utlenowania, który związany jest z addytywnym wiązaniem tlenu atmosferycznego powoduje, że barwa mięsa staje się jaskrawoczerwona. Wówczas zwykle obserwuje się w tkance mięśniowej znaczne ilości oksymioglobiny, która jest utlenowaną formą mioglobiny. Żelazo, podstawowy składnik jej grupy prostetycznej, zachowuje w tych warunkach swoją dwuwartościowość. Dla współczesnej technologii mięsa ww. przekształcenia mioglobiny są bardzo pożądane. Stosując różne metody pakowania surowego mięsa, np. w zmodyfikowanej atmosferze, uwzględnia się niewielki dodatek tlenu do jej składu. Obecność tlenu umożliwia powstawanie oksymioglobiny i powoduje, że oferowane mięso ma atrakcyjny wygląd. Utlenianie mioglobiny, które w odróżnieniu od utlenowania wiąże się ze zmianą wartościowości żelaza z poziomu Fe^{2+} do Fe^{3+} , prowadzi do wytworzenia metmioglobiny (MMb) charakteryzującej się barwą szarobrunatną, nieatrakcyjną dla konsumenta. Powstaje ona zarówno z oksymioglobiny, jak i deoksymioglo-

biny. W miarę postępujących procesów utleniania zwiększa się jej udział i jeśli przekroczy około 40% wszystkich pochodnych mioglobiny, wówczas barwa mięsa staje się brunatnoszara. Powyższe świadczy o zaawansowanych procesach przechowalniczych mięsa i zmniejsza jego wartość jako towaru. Powstawaniu MMb sprzyja temperatura. Im wyższa, tym szybciej zachodzi proces brązowienia. W następstwie cieplnej denaturacji MMb przekształca się w metmiochromogen. Powstawaniu utlenionych, brązowych barwników w mięsie, poddanym obróbce cieplnej, zapobiega się poddając je peklowaniu.

Niekiedy, podczas przechowywania mięsa i wyrobów mięsnych, barwniki ulegają niekorzystnym przemianom, zmniejszając wartość kulinarną i przetwórczą mięsa. Najczęstszą wadą jest zielenienie. Jest ono obserwowane jako skutek znacznie zaawansowanego procesu rozkładu autolitycznego i związane jest z reakcjami mioglobiny z grupami tiolowymi białek. Nie zawsze jednak zielona barwa musi być oznaką zepsucia. Pojawia się również na plastrach wędlin i jest pochodną nadmiernego namnożenia się bakterii kwasu mlekowego. Jej pojawienie się jest wadą i produkt nie może być przedmiotem obrotu i spożycia.

1.2.2. Białka miofibrylarne

Najliczniejszą grupą białek mięśniowych są białka miofibrylarne. Obejmują one co najmniej 4 grupy białek, tj. białka skurczu, regulujące, cytoszkietowe i linii Z. Ich udział w ogólnej ilości białek w mięśniach wynosi 50 – 55%, choć są również dane o większej o 5 punktów procentowych ich ilości. Białka miofibrylarne, poza cytoszkietowymi, są rozpuszczalne w stężonych roztworach soli o sile jonowej $\mu=0,25 - 1,0$ i pH około 7,0 lub w rozpuszczalnikach organicznych, aczkolwiek są od tego wyjątki, np. miozynę można wyekstrahować już roztworami NaCl lub KCl o stężeniu powyżej 0,15 M/dm³. Niezdegradowane białka cytoszkietowe można wyekstrahować, stosując tylko rozpuszczalniki organiczne. Produkty ich degradacji można natomiast ekstrahować już roztworami soli nieorganicznych. Na rozpuszczalność białek wpływa wiele czynników, ale przede wszystkim zależy ona od temperatury, co również wpływa na właściwości funkcjonalne izolowanych białek. Niektóre z nich, jak np. α -aktynina i cap Z rozpuszczają się w roztworach o niższej sile jonowej, ale dopiero po ekstrakcji z miofibryli i białek je wiążących.

Białka cytoszkietowe są grupą białek miofibrylarnych będących rusztowaniem sarkomeru. Łączą włókno mięśniowe z błoną komórkową, a także poszczególne

miofilamenty, struktury sarkomerów i włókna mięśniowego ze sobą. Uważa się, że destrukcja białek cytoszkieletowych, wkrótce po uboju, wpływa w istotny sposób na procesy kruszenia mięsa i jego wodochłonność. One decydują o głównych właściwościach funkcjonalnych mięsa.

Spośród białek miofibrili najczęściej wymienia się: miozynę, aktynę, kompleks troponiny, tropomiozynę, α -aktyninę, titinę, nebulinę i desminę. Ilościowo jest ich znacznie więcej, o czym świadczą wyniki licznych badań informujące o identyfikacji nowych białek i pełnionych przez nie funkcjach, a także o odkrytych właściwościach białek poznanych już wcześniej. Wykazano, że wiele nowo odkrytych białek ma istotny wpływ na prawidłowe przyżyciowe funkcjonowanie mięśni i reakcję zwierząt na określone zjawiska, jak np. na stres decydujący o kierunku i rozmiarach procesów zachodzących na krótko przed ubojem lub po nim, a w następstwie o przebiegu procesów poubojowych związanych ze skurczem mięśni i/lub dojrzewaniem.

Najważniejszym białkiem tkanki mięśniowej i miofibrili, odpowiedzialnym za proces skurczu mięśnia, jest miozyna. Była jednym z pierwszych białek, które odkryto i poznano jego właściwości. Składa się z 6 podjednostek, tj. dwóch łańcuchów ciężkich i czterech lekkich. Pierwsze tworzą pałeczkę, a drugie – główki miozyny. Na filament miozynowy, zwany także filamentem grubym, składa się ponad 200 cząsteczek miozyny i jest wśród innych podstawowym białkiem generującym skurcz mięśnia. Trypsyna umożliwia podział tego filamentu na lekką i ciężką meromiozynę. Ciężka meromiozyna jest zlokalizowana w główkach miozyny i wykazuje aktywność ATP-azy. Oznacza to, że hydrolizuje ATP i umożliwia łączenie się filamentów miozyny i aktyny. To dzięki tej reakcji zachodzi skurcz mięśnia i sprawia, że wkrótce po uboju mięsień twardnieje. Rozpad tego kompleksu, w powiązaniu z przemianami innych białek i związków powoduje, że mięso staje się kruche. Aktywność ATP-azy miofibrilarnej jest największa w mięśniach, w których glikoliza zachodzi szybciej. Gwałtowne procesy rozkładu węglowodanów mogą jednak prowadzić do jej denaturacji.

Miozyna jest białkiem decydującym o takich właściwościach technologicznych mięsa, jak: zdolność wiązania i utrzymywania wody, zdolność żelowania i emulgowania. Jej stosowanie jako dodatku (procesy restrukturyzacji mięsa) polepsza ww. cechy. Wpływa ona również na kruchość mięsa, a jej wpływ zależy od stopnia kontrakcji filamentów aktyny i miozyny oraz ich form polimorficznych. Przy dłuższych filamentach prawdopodobnie zachodzi ich mniejsza interakcja, co sprawia, że proces skurczu jest słabszy. Zdolność żelowania miozyny uzależniona jest od

siły jonowej roztworów będących środowiskiem reakcji. Żele twarde i sprężyste tworzą się przy niskiej sile jonowej ($\mu=0,15 - 0,25$ w odróżnieniu od środowiska o sile jonowej $\mu=0,6$). Miozyna w mięśniach o włóknach jasnych tworzy żele twardsze niż w mięśniach czerwonych. Jest to również uwarunkowane temperaturą denaturacji tego białka, która ze względu na jego heterogenny skład jest zróżnicowana i może, w zależności od warunków środowiska, zachodzić dwu- lub trzyetapowo. Jest to jednak proces skomplikowany i uzależniony nie tylko od stężenia soli, wartości pH, rodzaju włókien, z których miozyna pochodzi, ale również od tego, czy miozyna występuje oddzielnie czy w postaci aktomiozyny.

Miozyna wykazuje polimorfizm i dotyczy on zarówno jej łańcuchów ciężkich (MHC), jak i lekkich (MLC). Polimorfizm tych pierwszych istotnie wpływa na szybkość przemian poubojowych w mięsie i jego jakość. W oparciu o polimorfizm MHC rozróżnia się cztery podstawowe typy włókien w mięśniach szkieletowych u dojrzałych osobników, tj. I, 2a, 2x i 2b. Włókna typu I należą do wolnokurczliwych oksydatywnych, 2b – do szybko kurczliwych glikolitycznych, natomiast 2a i 2x – do włókien szybko kurczliwych pośrednich oksydatywno-glikolitycznych. Im większa jest liczba włókien typu 2b, tym gorsza może być jakość mięsa. Zwykle towarzyszy temu pogorszenie kruchości, często jako konsekwencja procesów denaturacji miozyny. Mięso uzyskane od świń podatnych na stres, tj. obarczonych genem RYR1 najczęściej charakteryzuje się dużą ilością tych włókien. W mięśniach szkieletowych bydła ich obecności zazwyczaj się nie wykrywa. Wyjątek stanowi bydło rasy blonde d'Aquitaine, przy czym nawet w odniesieniu do tej rasy nie obserwuje się ich obecności u wszystkich zwierząt.

Polimorfizm łańcuchów lekkich miozyny wykorzystywany jest do identyfikacji gatunkowej mięsa. Okazuje się, że są one bardzo stabilne i w oparciu o ich rozdziały za pomocą elektroforezy dwukierunkowej (2DE) można rozróżnić pochodzenie gatunkowe zarówno mięsa surowego, jak i wyrobów poddanych ogrzewaniu.

Aktyna jest drugim białkiem spośród miofibryli występującym w największej ilości. Może mieć postać globularną (G-aktyna) lub fibrylną (F-aktyna). W tej ostatniej formie występuje w mięśniach szkieletowych. Reaguje z wieloma białkami (np. tropomoduliną i nebuliną) i wpływa na organizację cząsteczek i strukturę mięsa. Z tego względu zaliczana jest też do białek cytoszkieletu. Zwiększa stabilność cieplną miozyny, tworząc kompleks aktomiozynowy (ogranicza jej denaturację w mięsie PSE). Nie żeluje, lecz wytrąca się z roztworu. W postaci aktomiozyny uczestniczy w tworzeniu żelu. Zwiększenie udziału aktyny w stosunku do miozyny

powoduje zmniejszenie sprężystości żelu. Ulega denaturacji w temperaturze ok. 75 – 80°C, co stanowi jedną z najwyższych temperatur, w jakiej białka miofibrilarnie ulegają temu procesowi.

Najnowsze wyniki badań wskazują na możliwość dynamicznej zmiany długości aktyny jako filamentu cienkiego, co ma mieć związek z aktywnością mięśnia za życia zwierzęcia. Różna długość aktyny w różnych mięśniach może mieć wpływ na jej interakcję z miozyną i siłę skurczu mięśnia, a następnie szybkość jego kruszenia po uboju. W tym procesie uczestniczą nebulina, białko cytoszkieletu stanowiące rusztowanie dla aktyny i tropomodulina. To ostatnie białko ma pełnić funkcję ograniczającą wydłużanie filamentu aktyny od strony linii M. Białko cap Z ogranicza aktynę od strony dysku Z i mocuje ją w jego strukturze. Coraz częściej identyfikowane w żelach 2DE fragmenty aktyny świadczą o prawdopodobnym rozpadzie kompleksu aktomiozyny, a więc wystąpieniu czynnika sprawczego procesu kruszenia mięsa obok degradacji białek cytoszkieletu.



Troponina i tropomiozyna należą do białek regulujących procesy skurczu mięśni. Przesuwanie się tropomiozyny wzdłuż miofilamentów aktynowych na skutek wiązania lub uwalniania jonów wapnia przez troponinę, powoduje odstanianie lub maskowanie aktywnych miejsc aktyny, które uczestniczą w wiązaniu z miozyną. Tropomiozyna pogarsza zdolność żelowania żeli aktomiozynowych i miozyny. W skład troponiny wchodzi trzy podjednostki, tj. troponina T (Tn-T), C (Tn-C) i I (Tn-I), spośród których szczególne znaczenie przypisuje się pierwszej z wyżej wymienionych. Jej rozpad po uboju jest przyjmowany za wskaźnik procesów degradacyjnych włókna mięśniowego.

Białkiem o największej masie cząsteczkowej występującym we włóknie mięśniowym jest titina. Należy ona do białek cytoszkieletu. Jej synonimem jest konektyna, która to nazwa jest używana głównie w odniesieniu do mięsa drobiu. Titina jest białkiem wielomodulowym, zawiera część elastyczną, umiejscowioną w strefie I sarkomeru stanowiącą o ciągłości sarkomeru przy jego napinaniu. Częsteczki titiny są bardzo długie ($>1 \mu\text{m}$) i łączą filamenty miozynowe z linią Z, wiążąc w ten sposób połowę długości sarkomeru od linii Z do M. Z uwagi na wielkość tego białka jest ono uznawane za trzeci filament sarkomeru. Titina uczestniczy w procesie powstawania sarkomeru. Część stanowiąca rusztowanie dla miozyny jest z nią zespolona i nieruchoma. Uważa się, że degradacja titiny, podobnie jak i innych białek cytoszkieletowych, prowadzi do zwiększenia kruchości mięsa, a także sprawia, że dostęp soli do takich białek jak miozyna i/lub aktomiozyna jest większy, przez co wpływa ona na wodochłonność mięsa. Białka cytoszkieletowe ulegają degradacji przez kalpajny. Szczególnie podatny na proteolizę jest region titiny w pobliżu linii Z. Typ włókien mięśniowych wpływa na szybkość rozpadu białek cytoszkieletowych. W mięśniach o przewadze włókien ciemnych, o powolnym przebiegu procesu skurczu, rozpad titiny jest zwykle wolniejszy niż w jasnych włóknach. Podobne zjawisko obserwuje się w przypadku gwałtownej glikolizy, typowej dla mięsa PSE, która znacznie ogranicza proces proteolizy titiny, jak i innych białek cytoszkieletu.

Białkiem podobnym do titiny jest nebulina. Stanowi ona filament podporowy dla aktyny. Występuje w mięśniach szkieletowych. Nie stwierdzono jej obecności w mięśniu sercowym. Ma znacznie mniejszą masę cząsteczkową niż titina (600 – 900 kDa, wobec ponad 3000 kDa w przypadku titiny). Szybkość rozkładu nebuliny jest większa niż titiny i porównywalna do degradacji desminy oraz troponiny T. Od szeregu lat zwraca się uwagę na białko o bardzo podobnych właściwościach i funkcjach jak nebulina, tj. nebulette o masie cząsteczkowej 107 kDa. Jest ono

izoformą nebuliny i ulega ekspresji w mięśniu sercowym. Nebulette bierze udział w mocowaniu aktyny do dysku Z. Nebulina jest filamentem podporowym dla cienkiego filamentu, w skład którego wchodzi między innymi aktyna.

Do białek cytoszkieletu zalicza się jeszcze wiele innych białek, m.in.: desminę, filaminę, syneminę, dystrofinę, talinę, archiwillinę i winkulinę. Stanowią one strukturę tzw. filamentów pośrednich i kostamerów. Kostamery są odpowiedzialne za połączenie miofibryli z sarkolemą. Na białka te, w tym szczególnie na desminę, zwraca się uwagę, gdyż ich proteoliza po uboju ma wpływ na wielkość wycieku z mięsa. Nie bez znaczenia dla tego procesu są oczywiście inne czynniki, jak: szybkość spadku pH, zmiany siły jonowej w przestrzeniach komórkowych mięśnia oraz procesy oksydacji zachodzące na poziomie molekularnym białek.

Białkiem cytoszkieletowym występującym w niewielkiej ilości jest paratropomiozyna. Zwrócono na nią uwagę w latach 90. minionego stulecia, gdyż wykazuje większe powinowactwo do miejsc wiążących miozynę na aktynie w stosunku do samej miozyny i prawdopodobnie dlatego przyczynia się do rozpadu kompleksu aktomiozynowego, w dużej mierze odpowiedzialnego za kruchość mięsa. Reakcja ta mogłaby stanowić podstawę nieenzymatycznego procesu kruszenia mięsa, o ile taki proces zachodzi po uboju w mięśniach.

Ważną strukturą sarkomeru jest linia Z. Zbudowana jest ona z szeregu białek, spośród których najważniejszym jest α -aktynina. Wyniki badań wykazały, że należy ona do rodziny białek spektrynowych, do której, poza spektrynami, zaliczana jest i dystrofina. W mięśniach poprzecznie prążkowanych występują dwie podjednostki α -aktyniny, z których związaną z mięśniami szkieletowymi jest tylko α -aktynina-2. W dysku Z znajduje się jeszcze dużo innych białek, jak np. białko cap Z, zeugmatyna, miotylin, miomezyna, teletonina, kalcyneuryna, miozenina, obskuryna i zysyna. Wiele z nich poznano stosunkowo niedawno i ich rola oraz funkcje są nadal badane. W większości przypadków mają one charakter cytoszkieletu. Biorą udział w mocowaniu innych białek w linii Z. Niektóre z nich uczestniczą w różnych reakcjach organizmu, jak np. w przewodzeniu sygnału i/lub w reagowaniu na stres, którym może być wysoka temperatura, albo napinanie mięśnia.

Uważa się, że uwalnianie α -aktyniny z dysku Z może przyczyniać się do zwiększenia kruchości mięsa, a także jego wodochłonności. Włókna mięśniowe o zróżnicowanej charakterystyce histologicznej różnią się w organizacji dysku Z i jego szerokości. Włókna wolnokurczące się, oksydatywne, mają szerszą linię niż włókna jasne, które ulegają szybszej proteolizie. Ważną rolę w utrzymaniu ciągłości sarkomeru odgrywają białka linii Z. Uwagę zwraca-

cają białka będące w jej pobliżu. Ich rola polega na kotwiczeniu w strukturze dysku Z takich białek cytoszkieletu, jak titiny, desminy czy dystrofiny, a także białek stanowiących jej strukturę, jak np. białek informacyjnych (cypher proteins 1 i 2) oraz miozeniny (myozenin), (Morzel i in., 2004). Te pierwsze z wymienionych białek mają pełnić funkcję utrzymywania w strukturze linii Z białka α -akty-niny, wskazywanego już od bardzo dawna za podstawowe dla dysku Z. Podobną funkcję przypisuje się miozeninie, aczkolwiek może ona wiązać jeszcze γ -filaminę lokalizowaną w pobliżu linii Z. Proteoliza tych dwóch białek jest prawdopodobnie związana z osłabieniem linii Z (Ho i in., 1996; Papa i in., 1996) i procesem kruszenia mięsa podczas jego dojrzewania, co obserwowano w doświadczeniach *in vitro*, oceniając uwalnianie z tej struktury α -akty-niny (Goll i in., 1991; Robert i in., 1999).

1.2.3. Białka łącznotkankowe

Białka łącznotkankowe reprezentowane są głównie przez: kolagen, elastynę i retikulinę. Zbudowane są z nich przede wszystkim włókniste struktury tkanki łącznej. Białka zrębu stanowią od 1,5 do ok. 10% wszystkich białek w mięsie. Najważniejszym z nich jest kolagen, który określa się jako białko strukturalne istoty pozakomórkowej, zawierające jedną lub więcej domen o budowie potrójnej helisy. Dotychczas zidentyfikowano ponad 20 genetycznie odrębnych typów kolagenu, które ze względu na wspólne cechy budowy i wytwarzane struktury można podzielić na kilka grup. W śródmięśniowej tkance łącznej zwierząt rzeźnych zidentyfikowano 7 typów kolagenu: I, III, IV, V, VI, XII i XIV. W dojrzałym mięśniu szkieletowym, w największych ilościach występuje kolagen typu I i III, pozostałe typy (IV, V, VI, XII, XIV, a także XV i XIX) są w nim obecne już w znacznie mniejszych ilościach. Kolagen typu I nadaje włóknom stabilność, a typu III zapewnia włóknom rozciągliwość i sprężystość. Kolagen typu I i III wchodzi w skład namięsnej (*epimysium*), typ I, III i V znajduje się w omięsnej (*perimysium*), a typ I, III, IV i V – w śródmięsnej (*endomysium*). Kolagen typu VI tworzy natomiast strukturę mikrowłókien. Omięsna (*perimysium*) stanowi ok. 90% tkanki łącznej i jest jej największą frakcją. Elastyna dominuje w więzadle karkowym, a retikulina w śledzionie i gruczołach chłonnych. Mięśnie różnią się między sobą nie tylko zróżnicowanym udziałem omięsnej, lecz również średnicą włókien kolagenowych, ich organizacją, przestrzennym ułożeniem i zawartością włókien elastynowych.

W świeżej tkance mięśniowej znajduje się zwykle, w przeliczeniu na białko, około 1 – 2% kolagenu, a w przypadku mięśni bardzo ścięgniętych nawet 4 – 6%. Jest ona zależna od wieku, rodzaju mięśnia i sposobu odżywiania.

Rola kolagenu w mięśniu sprowadza się do wzmacniania struktury tkanek, w czym odgrywa on szczególną rolę za życia zwierzęcia. Stąd też mięśnie bardzo aktywne za życia zwierzęcia mają go więcej niż te, których udział w pracy był mniejszy. Istotną rolę w kształtowaniu kruchości mięsa ma jednak nie tylko ilość kolagenu, ale i jego usieciowanie oraz zmiany zachodzące w nim w trakcie przechowywania po uboju. Powyższe dotyczy różnego rodzaju połączeń wewnątrz- i międzycząsteczkowych, w pierwszej kolejności sieciujących tropokolagen, następnie pojedyncze włókienka kolagenu, a w końcu struktury, które otaczają włókna kolagenu. Silnie usieciowany kolagen o stabilnych połączeniach jest przyczyną niepożądanego nadmiernego kurczenia się mięsa (nawet do 75%), większego wycieku i twardości. Słabe połączenia występujące w mięsie pochodzącym od młodych zwierząt (zawierające pewne ilości pro- i tropokolagenu) szybko ulegają rozpadowi, mięso jest kruche i nie traci dużo wody. Na stopień usieciowania kolagenu duży wpływ ma wiek zwierzęcia. Wraz z zaawansowaniem wieku zwierząt struktura kolagenu w ich mięśniach staje się coraz bardziej oporna na działanie czynników endo- i egzogennych. Powyższe zjawisko dotyczy wszystkich gatunków zwierząt gospodarskich, aczkolwiek procesy te zachodzą szybciej u świń aniżeli u bydła. Mięso drobiu także zawiera kolagen. Z wyjątkiem jednak ptactwa osiągającego duże rozmiary dojrzałego zwierzęcia, w wyniku długiego okresu wychowu (np. strusi), oddziaływanie kolagenu na kruchość jest znikome i w zasadzie już następnego dnia po uboju mięśnie są kruche.

Połączenia między łańcuchami kolagenu ulegają rozpadowi z różnych przyczyn. Najczęstszą stanowi proteoliza. Ich rozpad może zachodzić także w wyniku oddziaływania czynników fizycznych, np. powstających kryształów lodu przy zamrażaniu. Zmiany te są szczególnie widoczne po około 14 dobach przechowywania mięsa w chłodni, a więc stosunkowo późno po uboju i zależą one od rodzaju mięśnia. Pęknięcia powstają, zarówno w namięsnej (*epimysium*), jak i w omięsnej (*perimysium*). Ponieważ jednak ponad 90% śródmięśniowych włókien kolagenowych jest zlokalizowane w omięsnej (*perimysium*), dlatego jego struktura ma duży wpływ na twardość mięsa i różnice w kruchości różnych mięśni tej samej tuszy zwierzęcej można łączyć głównie z grubością i zawartością omięsnej (*perimysium*) w mięśniach. Pewną rolę w osłabieniu struktury kolagenu odgrywają proteoglikany i glikoproteiny, które są integralną składową strukturą włókien kola-

genowych. Jednym z nich jest dekorina, która otaczając kolagen, chroni go przed proteolizą. Dopiero po jej degradacji kolagen może być podatniejszy na proteolizę. Rozkładem proteoglikanów tłumaczy się również zmiany poubojowe w kolagene prowadzące do obniżenia temperatury jego skurczu. Osłabienie struktury tego białka powodują również lizosomalne glikozydazy.

Poza odmiennym składem aminokwasowym, masą cząsteczkową i miejscem występowania, zasadnicza różnica między kolagenem a elastyną sprowadza się do ich właściwości fizykochemicznych, w tym głównie do temperatury denaturacji i skurczu. Przyjmuje się, że kolagen denaturuje w temp. 65°C. Temperatura denaturacji i skurczu jest wyższa, gdy zwiększa się stopień usieciowania kolagenu oraz przy zwiększeniu zawartości proliny i hydroksyproliny, typowych aminokwasów tkanki łącznej. Temperatura skurczu kolagenu w mięsie ssaków jest wyższa od temperatury skurczu kolagenu w mięsie ryb. Bardzo duży wpływ na nią ma stopień jego uwodnienia. Szybkość ogrzewania i zawartość wody w środowisku otaczającym mięso decyduje znacząco o zmianach, jakim kolagen ulega podczas obróbki cieplnej mięsa. Im więcej wody i powolniejszy proces ogrzewania, tym więcej powstaje żelatyny i mięso jest kruchsze. Stąd też mięso „ścięgniste” nie nadaje się do krótkotrwałych zabiegów termicznych (smażenie, grillowanie), ale w pełni nadaje się do duszenia i gotowania.

Elastyna jest głównym białkowym składnikiem ścięgien, więzadeł oraz ścian naczyń krwionośnych. Występuje również w skórze i płucach. Jej zawartość w mięsie jest z reguły niewielka, ale bywa również istotnie zróżnicowana. Mięsień najdłuższy grzbietu zawiera tego białka poniżej 2% białek tkanki łącznej, podczas gdy w mięśniu półścięgnistym może być go nawet 37%. W tkance łącznej mięśni stanowi ona mniej niż 5% składników fibrylarnych. Stąd też jej rola w kształtowaniu kruchości jest istotnie mniejsza niż kolagenu. Elastyna ulega rozpuszczeniu przy ogrzewaniu powyżej 100°C a najlepiej rozpuszcza się w temperaturze 121°C. Większość tkankowych enzymów mięsa nie hydrolizuje elastyny. Jest ona jednak łatwo rozkładana pod wpływem enzymów roślinnych: ficyny, bromelainy i papainy oraz elastazy pochodzenia bakteryjnego.

Z punktu widzenia wartości odżywczej kolagen należy do niewielu białek, które nie zawierają wszystkich aminokwasów egzogennych. Brak w nim tryptofanu oraz cysteiny, którą to organizm ludzki może sam wytwarzać. Preparaty kolagenu są jednak dość często stosowane w schorzeniach układu kostnego, ale najczęściej w kosmetyce do regeneracji skóry.



2.

**Znaczenie mięsa
wieprzowego
w diecie człowieka
i jego wpływ na zdrowie
konsumenta**

**Mięso jako żywność
prozdrowotna**

Białka pozyskiwane z pokarmu stanowią przede wszystkim element budulcowy. Ponieważ zawierają je głównie mięśnie, stąd też w zasadzie w przypadku wszystkich gatunków zwierząt użytkowanych na cele żywieniowe, podstawowym kierunkiem doskonalenia ich hodowli, a następnie produkcji jest zwiększanie mięsności. Mięśność polskich świń nie jest jeszcze tak wysoka jak w przypadku wielu krajów Europy Zachodniej, choć wg Zintegrowanego Systemu Rolniczej Informacji Rynkowej przy średniej masie tusz na poziomie 90 kg wynosiła ona 56,5% w roku 2012. Przyczyn tego zjawiska jest wiele, a najważniejszą stanowi przede wszystkim jeszcze stosunkowo słabo zorganizowana produkcja trzody, rozliczanie dostawców trzody za masę żywego zwierzęcia, bez rozliczeń za mięsność, rozdrobniony i mało profesjonalny chów i doskonalenie żywca w Polsce.

Wieloletnie prace zmierzające do otrzymania w Polsce świń, które miałyby wysoką mięsność i jednocześnie określaną jako optymalną zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) można ocenić, że w zasadzie nie zostały uwieńczone sukcesem, mimo że niektóre z doświadczeń zapowiadały się obiecująco. Mięśność świń z hodowli zarodowej jest na bardzo wysokim poziomie, ale znacząca część produkcji tuczników oparta jest o remont loszek z własnego chowu, bez jakiegokolwiek oceny mięsności. Jeszcze pod koniec lat dziewięćdziesiątych, w przypadku stosowania w krzyżowaniach świń polskich [polskiej białej zwistouchej (pbz) i wielkiej białej polskiej (wbp)] ze świnią rasy duroc, uznanej w świecie jako rasę przekazującą w sposób istotny IMF (Channon i in., 2004), uzyskano zawartość IMF na poziomie ok. 4 – 5% (Grzeškowiak, 1999). Wówczas jednak w mięsie mieszańców dwóch ww. ras polskich zawartość IMF wahała się w przedziale ok. 3 – 4% (średnia 3,36%). Najnowsze dane wskazują, że jego zawartość w mięsie tych ras rzadko już przekracza 2% (Jankowiak i in., 2010; Orzechowska i in., 2012), a najczęściej obserwuje się mięso o zawartości IMF w przedziale 1,4 – 1,8%. Ciekawą obserwacją wynikającą z badań Orzechowskiej i in. (2012) jest to, że mimo dość istotnego zróżnicowania mięsności tusz, różnice w zawartości tłuszczu pomiędzy grupami mięsności są niewielkie. Przy zawartości mięsa w tuszy w przedziale 55 – 60% ponad 36% świń charakteryzuje się zawartością tłuszczu śródmięśniowego powyżej 2%, która to wartość bywa uznawana przez niektórych badaczy jako wskaźnik mięsa dobrej jakości, choć opinie na ten temat są podzielone i wg Ellis (2006) zawiera się on w przedziale 1,8 – 2,6%, a zdaniem Fernandez i in. (1999) zawartość tłuszczu akceptowana przez konsumentów to nawet do 3,5%. Tak wysoką zawartość tłuszczu sugeruje się jako zalecaną w przypadku wieprzowiny pozyskiwanej w ramach niektórych systemów gwaran-

tujących dobrą jakość mięsa. Można jednak spotkać opinie, że konsumenci, wiedząc o zagrożeniach, jakie wynikają ze spożycia dużej ilości tłuszczu i związanej z tym ilości energii w posiłku, gotowi są rezygnować z mięsa marmurkowego na rzecz bardzo chudego. Walory sensoryczne, które gwarantowała większa zawartość tłuszczu próbuje się zapewnić, stosując bardziej urozmaicone przyprawy i/lub dodatek oleju, który będzie nośnikiem dla tych nowych smaków.

Potwierdzeniem tych uwag mogą być wyniki badań odnośnie zawartości tłuszczu w rasach najczęściej importowanych do Polski celem podniesienia mięsności pogłowia naszych świń. Zawartość tłuszczu w mięsie świń landrace (L) i yorkshire (Y), ich mieszańców (LxY) czy nawet mieszańców z rasą duroc [(LxY)xD] bardzo często zawiera się w przedziale od ok. 1,79 do 2,23%, choć bywa jeszcze niższa (Grześ i in., 2005; Łyczyński i in., 2004 i 2006; Koćwin-Podsiadła i in., 2004).

Jeszcze stosunkowo niedawno liczone się z tym, że krzyżowanie naszych nielicznych rodzimych świń, w tym ras określanych jako prymitywne, może nieść zwiększenie zawartości tłuszczu śródmięśniowego. Okazało się, że zawartość tłuszczu w mięsie tych ras bywa już niska a krzyżowanie z dzikiem czy rasą duroc nie daje tak dużego efektu (Kasprzyk, 2012), jak to było w przypadku doświadczeń Grześkowiak (1999). Prace nad możliwością zwiększenia zawartości tłuszczu śródmięśniowego bez zwiększania grubości słoniny jednak trwają, a najlepszym przykładem dobrych efektów, które można osiągnąć jest szwajcarski program hodowlany, w którym ta cecha włączona została do indeksu selekcyjnego. Dzięki temu udało się zwiększyć zawartość tego tłuszczu zarówno u świń rasy wielkiej białej, jak i landrace (Blicharski i Hammermeister, 2006).

Zwrócenie uwagi na niską zawartość tłuszczu w mięsie świń wynika z faktu, że bardzo często zalecając rezygnację z jedzenia wieprzowiny, wskazuje się na jej przetłuszczenie, co jak widać nie odpowiada już obecnej sytuacji. Ponadto, te dane wskazują, że choć średnia zawartość tłuszczu w mięsie świń jest wyższa niż w mięsie bydła czy drobiu, to wielkości te są już bardzo niskie i w zasadzie zalecane ze względu na potrzebę utrzymania walorów sensorycznych mięsa na poziomie akceptowalnym przez konsumenta.

Podsumowując, można więc stwierdzić, że mięśnie świń wykorzystywane najczęściej na cele kulinarne i przerobowe, zawierają podobną ilość białka jaką stwierdza się w innych gatunkach mięsa. Powyższe stanowi podstawę do wyciągnięcia wniosku pojawiającego się coraz częściej w literaturze (Li i in., 2005; Hodgson i in., 2006 i 2007), że brak istotnych różnic prozdrowotnych ze spożywania chudego mięsa czerwonego w porównaniu z mięsem drobiowym, a nawet ryb, co

może budzić nawet pewne zdziwienie. Nie zaprzecza to znanym powszechnie faktom, że w tuszy świńskiej znajdują się tzw. elementy zasadnicze, zwane także częściami ciętymi, które posiadają mniejszą zawartość białka, a większą tłuszczu. Największymi spośród nich są: słonina, boczek, podgardle i pachwina, których łączny udział, w zależności od rasy lub krzyżowania, może wynosić z mięsem klasy II, które powstaje w wyniku wykrawania tych elementów, nawet ponad 30%. Przy tuszach ze świń o wysokiej mięsności wartość ta może być mniejsza nawet o 25%. Ostatnie z ww. elementów zwykle są wykorzystywane w przetwórstwie, choć to samo dotyczy także słoniny, którą rzadko, ale można spotkać w sprzedaży jako element kulinarny, podobnie jak boczek. Chcąc prowadzić prozdrowotny tryb odżywiania, zalecane byłoby bardzo ograniczone ich spożywanie. Przyjmuje się bowiem, że jeśli wartość energetyczna pochodząca z tłuszczu zwierzęcego przekracza 30% ogólnej ilości energii jaką dostarcza nam dieta, wówczas zagrożenie z tytułu chorób, prowadzące nawet do zejść śmiertelnych, bardzo wzrasta. Jest to zasada, którą przy rozsądnym odżywianiu powinno się mieć na uwadze.

Wieprzowina lokuje się bardzo dobrze przy porównaniach wartości biologicznej białek i wykorzystania białka netto mięsa i produktów pochodzenia zwierzęcego. Wskaźniki te są zwykle wyższe dla niej w porównaniu z mięsem bydła i drobiu, aczkolwiek różnice te są niewielkie. Wg danych zawartych w opracowaniu Pikula i in. (2003) wartość biologiczna białka w przypadku mięsa świń wynosi 80%, wołowiny – 70 – 75% a drobiu – 77%. Wskaźnik wykorzystania białka netto (NPU) dla wieprzowiny jest znowu najwyższy – 78%, a dla pozostałych dwóch gatunków wynosi odpowiednio 68 – 73% i 75%. Jeszcze ciekawsze wyniki uzyskali Austriacy, którzy żywiąc chudą wieprzowiną grupę 40 osób w wieku 20 – 60 lat, obu płci, przez 2 miesiące, 3 razy w tygodniu po 120 – 150 g, zaobserwowali u nich redukcję tzw. złego cholesterolu (frakcji LDL), a zwiększenie dobrego – HDL. We krwi zaobserwowano wzrost poziomu cynku i witaminy B₁ (Żak, 2006).

Wysoka wartość odżywcza białek mięsa wieprzowego i podobna ich zawartość w chudym mięsie porównywanych gatunków zwierząt nie oznacza, że walory kulinarne tych mięs są takie same i sposób postępowania z mięsem po uboju, związany z przygotowaniem na cele kulinarne, jest też taki sam.

Zasadnicza różnica sprowadza się do szybkości przemian poubojowych mięsa, w tym szczególnie do uzyskania tzw. stanu mięsa dojrzałego. W przypadku mięsa drobiu pozyskiwanego z kurcząt w zasadzie następnego dnia po uboju otrzymuje się mięso kruche. Dłuższego czasu wymaga dojrzewanie mięsa indyków czy strusi. Jest to cecha, na którą zwraca się szczególną uwagę przy kulinarnym wykorzysty-

waniu mięsa, w tym szczególnie mięsa czerwonego. W przypadku wieprzowiny uzyskanie mięsa kruchego wymaga przechowywania jej przez okres ok. 4 do 6 dni. Jeszcze dłużej proces dojrzewania trwa w przypadku mięsa bydła. Nasze doświadczenia wskazują, że nawet mięso pochodzące z ras wybitnie mięsnych dojrzewa długo. W przypadku bydła minimalny czas pozwalający na uzyskanie mięsa kruchego wynosi ponad 10 dni (Iwanowska i in., 2010b i 2011), a ten bywa cytowany jako standardowy w przypadku wołowiny (Dransfield i in., 1981).

Czynniki, które determinują przydatność kulinarną mięsa są podobne do tych, które oddziałują na jego skład chemiczny, jakkolwiek jest ich jeszcze więcej ze względu na fakt, że postępowanie poubojowe może istotnie zmienić przebieg zmian poubojowych i w konsekwencji jego walory kulinarne i przetwórcze. Obok więc wpływu genotypu zwierząt związanego z gatunkiem, typem użytkowym, rasą i linią hodowlaną, która już zwykle precyzyjnie odpowiada określonej kombinacji genów, cechy kulinarne mięsa będą zależały także od płci, wieku, masy ciała, stopnia umięśnienia i otłuszczenia zwierzęcia, żywienia i warunków środowiskowych w jakich ono przebywało do momentu dostarczenia do zakładów mięsnych oraz od postępowania z mięsem po uboju zwierząt. Istotny wpływ na skład chemiczny mięsa, jak i jego przydatność kulinarną ma również część tuszy, z której dany element lub porcja mięsa zostały wykrojone. W przypadku bydła znaczne przyspieszenie procesów dojrzewania można uzyskać stosując różne zabiegi tenderyzacyjne, których wykorzystanie w przypadku pozostałych gatunków może być ograniczone. To ograniczenie związane jest z szybkością procesu glikolizy, głównych zmian jakie zachodzą w mięsie podczas tzw. stężenia poubojowego. W mięsie drobiu proces stężenia pośmiertnego ulega zakończeniu w przeciągu kilku pierwszych, 3 – 4 godzin po uboju. W przypadku wieprzowiny może trwać od około 24 do 36 – 48 godzin, a w przypadku wołowiny – nawet dłużej, choć zwykle przyjmuje się jego zakończenie około 48 godzin po uboju (Takahashi i in., 1995; Takahashi, 1996). Zabiegi przyspieszające proces dojrzewania mięsa powodują najczęściej przyspieszenie glikolizy. Odnosi się to szczególnie do zabiegu elektrostymulacji, choć również kondycjonowanie mięsa w podwyższonej temperaturze ma ten sam skutek. O ile w przypadku wołowiny przyspieszenie glikolizy może mieć korzystny wpływ na jakość mięsa (Iwanowska, 2012) i zmniejszać koszty jego wytworzenia, bo przechowywanie mięsa w chłodni jest kosztownym zabiegiem, to w przypadku wieprzowiny może prowadzić do powstawania wady wodnistości (George i in., 1980; Taylor i Tantikov, 1989). Stąd też, o ile są stosowane tego typu zabiegi, są one przeprowadzane przy zachowaniu nieco odmiennych warunków początkowych tego procesu.

Walory kulinarne mięsa wieprzowego w stosunku do pozostałych mięs związane są nie tylko ze strukturą mięsa. Bardzo ważnym atrybutem mięsa jest także jego barwa. Konsumenci, oceniając przydatność mięsa zwracają na nią szczególną uwagę, gdyż jest ona wyznacznikiem jakości. Jej zmiany mogą świadczyć także, w określonym rozmiarze, o świeżości mięsa.

Wieprzowina ma barwę różowo-czerwoną i zawdzięcza ją stosunkowo niewielkiej ilości mioglobiny (w granicach 0,7 do 1,1 mg/1g). Jej ilość jest prawie 4 do 7 razy mniejsza niż w przypadku wołowiny i około 2-krotnie większa niż w mięśniach kurcząt, szczególnie w mięśniach piersiowych. Konsumenci z reguły poszukują mięsa jasnego, ale odpowiadającego danemu gatunkowi. Stąd też, kupując drób czy wieprzowinę nikt nie żąda barwy typowej dla wołowiny. Ważne jest, aby barwa wskazywała na świeżość mięsa, co uzyskuje się stosując specjalne techniki jego ekspozycji w ladach chłodniczych, a także różne metody pakowania aktywnego lub w specjalnej atmosferze zabezpieczającego przed utlenianiem barwników i szybką jej zmianą.

Z barwą mięsa wiąże się jednak zawartość nie tylko barwników, ale i mikroelementów. Mioglobina zawdzięcza swą barwę temu, że zawiera jony żelaza. Im ciemniejsza barwa, tym jest ich więcej. Obok tej funkcji, jony żelaza mogą katalizować procesy oksydacyjne. Ogrzewanie powoduje z reguły ich uwolnienie i wówczas stymulują utlenianie tłuszczu. Przemiany oksydacyjne w przypadku IMF wzmagają obecność w nim dużej ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych. Spośród trzech najczęściej porównywanych gatunków mięso drobiowe zawiera ich najwięcej, stając się najbardziej podatnym na procesy utleniania. Chcąc uniknąć tych niepożądanych przemian, należy unikać przechowywania mięsa gotowanego.

Właściwości mięsa wieprzowego zarówno kulinarne, jak i przetwórcze ulegają ciągłemu doskonaleniu, co jest konsekwencją postępu hodowlanego i w produkcji żywca. Ostatnie lata przyniosły w tym zakresie duży progres. Podobne zjawiska obserwuje się również w przypadku innych gatunków zwierząt. Warty zwrócenia uwagi jest jednak to, że coraz częściej analizuje się łączny wpływ czynników genetycznych i środowiskowych. Ich interakcja ma bowiem bardzo duży wpływ na końcową jakość surowca. Szybki postęp rokuje ocenę polimorfizmów czy stosowanie mikromacierzy, dzięki którym możliwa jest ocena oddziaływania nie pojedynczego, ale jednocześnie wielu genów na daną cechę (Ciobanu i in., 2004; Krzęcio i in., 2005; Kamiński i in., 2010; Gou i in., 2012; Hamill i in., 2012). Tego typu postępowanie nabiera znaczenia, gdy poszukiwania nowych

genów głównych podobnych do genu podatności na stres są coraz trudniejsze, wskazując tym samym, że kształtowanie jakości mięsa jest złożonym procesem.

Przy omawianiu walorów kulinarnych i przerobowych mięsa wieprzowego celowym jest wskazanie, jak dietetycy dokonują porównań różnych produktów spożywczych. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie wskaźnika jakości żywieniowej. Stosując go w stosunku do wieprzowiny, jest ona oceniana z reguły bardzo dobrze. Dotyczy to zarówno ilości białka, które w nim występuje, jak i rodzaju kwasów tłuszczowych frakcji lipidowej. Dla białek mięsa świń, drobiu i bydła wskaźnik ten wynosi powyżej 1. Oznacza to, że stopień w jakim wieprzowina, pokrywając zapotrzebowanie energetyczne człowieka, zaspokaja jednocześnie jego zapotrzebowanie na białko, jest właściwy.

Podobnie wygląda ocena białek mięsa pod względem zawartości aminokwasów egzogennych, czyli takich, których organizm ludzki nie jest w stanie sam wytworzyć. Mięsa pochodzące od wszystkich porównywanych gatunków zwierząt posiadają je w wymaganej ilości.

Przy analizie białek zwierzęcych zwraca się uwagę, że zawierają one 2 – 3 razy więcej aminokwasów siarkowych oraz tryptofan i cysteinę, których białka roślinne prawie nie zawierają. Jednocześnie jednak wskazuje się, że metionina może ulegać demetylacji do homocysteiny. Ten związek stanowi czynnik ryzyka miażdżycy tętnic wieńcowych, mózgowych i obwodowych. Może być też przyczyną zmian zakrzepowych. Podwyższone stężenie homocysteiny we krwi oraz choroby układu sercowo-naczyniowego występują stosunkowo często u osób starszych. Przyczyn powstawania homocysteiny jest wiele. Proces ten może być uwarunkowany zarówno genetycznie, jak i przez czynniki, które można byłoby określić jako środowiskowe. Te ostatnie obejmują przede wszystkim dietę, stosowane leki, choroby sprzyjające demetylacji, alkohol i palenie papierosów. Okazuje się jednak, że mięso zawiera czynniki w postaci kwasu foliowego, witaminy B₂, B₆ i B₁₂ regulujące ten proces. Można więc przyjąć, że wieprzowina, która jest bogatym źródłem witamin z grupy B, może być czynnikiem sprzyjającym w zachowaniu prawidłowego metabolizmu metioniny i homocysteiny.

Prozdrowotne działanie mogą wykazywać także określone aminokwasy zawarte lub otrzymywane z mięsa. Arginina może wywoływać efekt przeciwwakrzepowy, powodując zmniejszenie się agregacji i przyczepności trombocytów, zmniejszenie przyczepności monocytów i poszerzenie się naczyń krwionośnych (Phang i in., 2011). Jest ona prekursorem tlenku azotu, istotnego dla normalnego funkcjonowania śródbłonna. Niski poziom tlenku azotu prowadzi do jego dysfunkcji, co

z kolei może spowodować powstawanie stanu protrombotycznego (powstawanie zakrzepów krwi i udarów). Właściwy poziom argininy eliminuje tego typu zjawiska. Stąd też spożywanie mięsa może zmniejszać ryzyko chorób naczyniowych (McAfee i in., 2010).

Niektórzy przyjmują, że mięso jako bogate w białko a bardzo ubogie w cukrowce, należy do żywności o niskim wskaźniku glikemicznym. Powyższe sprawia, że może być ono uważane za korzystne z punktu widzenia zdrowotnego dla ludzi, szczególnie jeśli uwzględnimy fakt, że u wielu z nich obserwuje się tendencje do otyłości, rozwoju cukrzycy czy powstawania nowotworów. Niedawno wykazano również, że konsumpcja dużej ilości białek, przy zachowaniu niskocukrowej diety, pozwala na szybsze zmniejszanie się masy ciała (odchudzanie) w stosunku do sytuacji, gdy zastosuje się dietę podobną pod względem energetycznym, ale ubogą w białko (Layman i in., 2008). Rozwiązanie to, aczkolwiek jest ciekawym, stanowi dość duże obciążenie dla nerek i nie jest szczególnie zalecane. Stosownie bowiem do zaleceń EFSA wielkość spożycia białka powinna wynosić dla osób dorosłych 0,83 g/kg masy ciała/dzień (*Scientific opinion on dietary reference values for protein, 2012*). Ponadto, biorąc pod uwagę dalsze zalecenia prozdrowotne odnoszące się do spożycia białka z mięsa proponuje się, aby spożywać przede wszystkim chude mięso, w tym również z ryb, w określonych ilościach, zwracając uwagę między innymi na stan zdrowia konsumenta i ograniczenia jakie ten stan może narzucać (Gawęcki, 2004).

Warto pamiętać jednak o tym, że niebezpieczeństwo dla konsumenta stwarza zwykle nie nadmiar białka lub mięsa, a przede wszystkim ich niedobór w diecie. W przetwórstwie mięsa tak steruje się produkcją, aby zawartość białka w gotowym wyrobie wynosiła około 12% (Pałka i in., 2010). Powyższe dotyczy najpopularniejszych wyrobów. Ich paleta jest olbrzymia, a brak przepisów prawnych sprawia, że jedynym ograniczeniem obligującym producenta do przestrzegania tego warunku jest deklaracja na opakowaniu, która wskazuje na zawartość białka w produkcie i jego pochodzenie. Powyższe wiąże się z przepisami dotyczącymi znakowania żywności, które są prawnie regulowane i ich przestrzeganie kontrolowane. Można przyjąć, że wyroby bardziej szlachetne, podsuszane i wędzone zawierają więcej białka. Rozdrobnienie produktu, aczkolwiek niekoniecznie, stwarza możliwość zastosowania określonych dodatków, spośród których mogą one zawierać białka pochodzenia zarówno zwierzęcego, jak i roślinnego (McCarty i in., 2001; Pyczk i in., 2007). Ich zastosowanie jest związane ze spełnieniem określonych funkcji technologicznych i tzw. dobrą praktyką produkcyjną. Najczęściej

odnosi się do zwiększenia wiązania poszczególnych kawałków mięsa, kształtowania jednolitego farszu i prawidłowej struktury produktu, stosowania pre- i probiotyków, uzyskania pożądanego profilu sensorycznego, a także nadania produktowi cech wartości dodanej w postaci uzyskania przez wyrób określonych właściwości funkcjonalnych, w tym zwiększających jego cechy prozdrowotne. Niektóre z tych działań są bardzo ciekawe i obiecujące pod względem zdrowotnym. Szczególna uwaga zwracana jest na produkty surowe, dojrzewające produkowane z zastosowaniem probiotyków. Uważa się, że mogą one dostarczać peptydów, których działanie będzie pomocne w zachowaniu naszego zdrowia (Arihara i Ohata, 2010).

Mięso może być źródłem tych związków nie tylko w wyniku jego spożywania, ale również poprzez wytwarzanie określonych preparatów z mięsa. Najprostsze z nich stanowią wyselekcjonowane frakcje białek, które mogą być wykorzystane przy produkcji innych wyrobów. Przykładem takich produktów mogą być preparaty żelatyny czy miofibryli, które pozwalają na tworzenie nowych wyrobów poszukiwanych przez konsumentów (Bressler, 2009; Zhang i in., 2013). Duże zastosowanie ma także plazma krwi, która bywa stosowana jako emulgator do otrzymywania piany czy żelowania (Ofori i Hsieh, 2011). Jest ona także dostarczycielem wysokowartościowych białek, głównie albumin, globulin i fibrynogenu. Wytrącone związki plazmy krwi w postaci fibrynogenu i trombiny są wykorzystywane przy otrzymywaniu restrukturyzowanych produktów mięsnych, stanowiąc środek wiążący (Toldrá i in., 2012). Podobne rezultaty uzyskuje się, stosując uboczne surowce rzeźne, jak np. wątrobę, która poza tym jest bardzo cennym źródłem witamin. Wadą tej grupy surowców jest duża zawartość w nich cholesterolu, sięgająca niekiedy nawet 500 mg/100 g.

Od wielu lat trwają badania, zakrojone na szeroką skalę, związane z produkcją bioaktywnych peptydów. Najczęściej mają one zastosowanie przy zwalczaniu nadciśnienia, chorób naczyń wieńcowych serca, jego zawałów i udarów mózgu. Bioaktywne peptydy pozyskiwane są między innymi przez hydrolizę białek mięśni szkieletowych, jak np. miozyny, tropomiozyny, troponiny, aktyny i kolagenu (Ver-cruysse i in., 2005). Spośród wielu peptydów, jakie można pozyskać w wyniku hydrolizy białek mięsa niewiele wykazuje bioaktywne właściwości. Najczęściej dotyczą one aktywności w zwalczaniu nadciśnienia, wykazują cechy antyoksydantów lub opioidową aktywność (Arihara i Ohata, 2010). Jednym z najważniejszych bioaktywnych peptydów jest konwertaza angiotensyny, która bierze udział w układzie renina – angiotensyna – aldosteron, kontrolując między innymi zarówno objętość krążącej krwi, jak i jej ciśnienie. W tym procesie bardzo istotną rolę

pełnią inhibitory ww. enzymu, które redukują ciśnienie krwi. Peptydy wykazujące te właściwości zarówno *in vitro*, jaki i *in vivo* (w postaci leków dla ludzi) udało się uzyskać na razie jedynie z ryb (Kawasaki i in., 2000) i fermentowanego mleka (Seppo i in., 2003). Peptydy uzyskane z mięsa najczęściej podlegają degradacji zanim osiągną system naczyniowy i stąd też nie można ich praktycznie zastosować, choć czynione są próby nad ich enkapsulacją i w ten sposób zabezpieczeniem ich właściwego działania. Pozostaje jednak jeszcze jeden problem, choć o mniejszym znaczeniu. Peptydy te są gorzkie. Można mieć nadzieje, że oba te problemy uda się pokonać, stosując otoczkowanie otrzymywanych peptydów.

Podczas procesów przetwórczych stosuje się różnego rodzaju zabiegi, które niekiedy budzą kontrowersje, mimo że są dopuszczone przez organy sanitarne i prawo gwarantujące bezpieczeństwo żywności. Największe zastrzeżenia dotyczą procesów peklowania, wędzenia czy stosowania pewnych zabiegów obróbki cieplnej, w tym szczególnie grillowania. Niosą one ryzyko powstawania związków, które mogą stwarzać ryzyko dla zdrowia, jak np. nitrozoamin, heterocyklicznych amin aromatycznych i węglowodorów wielopierścieniowych. Prowadzone od wielu lat badania i zmiany w technologiach produkcji oraz urządzeniach stosowanych w produkcji przetwórczej mięsa sprawiają, że ryzyko negatywnego oddziaływania uzyskanych wyrobów, związanego z ich konsumpcją, maleje lub jest całkowicie eliminowane. Nie negując jednak całkowicie tego wpływu, choć w większości wypadków może mieć on charakter hipotetyczny, Światowa Fundacja Badań nad Rakiem (WCRF, 2007) zaleca ograniczenia w spożyciu przetworów mięsnych, wskazując jednak przy tym, że spożywanie mięsa czerwonego, i to w ilości do 500 g/tydzień/osobę, nie niesie ryzyka zachorowania. Ciekawe spostrzeżenie jakie wynika z tego oświadczenia związane jest z tym, że organizacja ta traktuje w nim wszystkie mięsa jednakowo. Dodatkowo jednak zwraca uwagę na potrzebę ograniczenia spożywania przetworów mięsnych. Stwierdzenie to odnosi się przede wszystkim do obserwacji światowego rynku przetworów z mięsa. Można przyjąć, że ta sytuacja nie w pełni dotyczy Polski. Wskazane jest jednak czytanie etykiet wszystkich produktów spożywczych, w tym przetworów z mięsa w szczególności i dokonywanie wyboru, zwracając uwagę głównie na potrzeby prozdrowotne naszego organizmu.



3.

Jakość wieprzowiny i możliwości jej kształtowania

3.1. Przydatność kulinarna i przetwórcza mięsa wieprzowego z uwzględnieniem wad

Jak wspomniano na początku tego opracowania, mięso jest źródłem wielu cennych substancji o charakterze odżywczym, w tym przede wszystkim pełnowartościowych białek. Jego wartość można porównywać do mleka lub jaj, aczkolwiek gama produktów, które można otrzymać z mięsa jest prawie nieskończona. Wynika to z bogactwa świata zwierzęcego i twórczej inwencji ludzi, którzy zajmując się wykorzystaniem kulinarnym lub przetwórczym mięsa mogą dostarczać produkty od bardzo prostych po bardzo wymyślne dzieła swojej kuchni. Okazuje się jednak, że jakość mięsa może być zróżnicowana. Wynika to przede wszystkim z czynników, które wymieniono już uprzednio, i które determinują przydatność kulinarną mięsa. W przypadku wieprzowiny, obok mięsa normalnej jakości (RFN), którego właściwości sprawiają, że może być wykorzystywane bez żadnych kłopotów zarówno do celów kulinarnych, jak i przetwórczych, spotyka się mięso o obniżonej jakości, określane też jako mięso z wadami (Orzechowska i in., 1996; Florowski i Pisula, 2006; Florowski i in., 2006; Pisula i Florowski, 2005; Pospiech i Montowska, 2011; Pospiech i in., 2011). W tym wypadku chodzi głównie o mięso ze zmianami wywołanymi procesami, które mają miejsce albo na krótko przed ubojem lub bezpośrednio po nim, i które utrudniają uzyskanie wyrobów takich samych lub podobnych jak przy przetwarzaniu mięsa RFN.

3.1.1. Charakterystyka mięsa normalnej jakości (RFN)

Jakość mięsa ocenia się, stosując sprawdziany sensoryczne, mające z natury rzeczy charakter subiektywny, jednak z reguły akceptowany przez nabywców mięsa, jak i wyróżniki obiektywne, które stosuje się głównie w badaniach naukowych. Niektóre z nich znajdują coraz częściej zastosowanie w praktyce.

Mięso normalnej jakości cechuje się czerwoną lub jasno-czerwoną barwą, której intensywność w dużym stopniu zależy od gatunku żywca, z którego pochodzi. Posiada ono połysk, który nie jest kojarzony z dużym wyciekaniem soku mięśniowego, ale jeśli wystąpi, to tylko w minimalnych ilościach. Barwa jest trwała i nie podlega szybkiemu szarzeniu podczas kontaktu z powietrzem. Mięso to ma charakterystyczny, specyficzny zapach, lekko kwaśny smak, a jego plasty

związłą teksturę. Z reguły jego przetłuszczenie jest małe. Mięso o takich wyróżnikach określane jest jako normalne i w anglojęzycznej literaturze nazywane skrótowo jako RFN od angielskich słów: *red* (czerwone), *firm* (zwarne, jędrne) i *normal* (normalne). Niedawne badania Oddziału Technologii Mięsa i Tłuszczu Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego wskazują, że jakość naszej wieprzowiny nie jest zła. Odsetek świń, u których stwierdza się mięso RFN ciągle wzrasta (Pospiech i Lisiak, 2012), przy niewielkim udziale wad określanych jako wodnistość (4,1%) lub nadmierne pociemnienie typowe dla wady DFD (ok. 2%).

3.1.2. Wady mięsa

Oprócz mięsa RFN są również wadliwe, zarówno z punktu widzenia przydatności przetwórczej, jak i kulinarnej. Spośród nich szczególną uwagę zwracają: mięso wodniste określane skrótem PSE od trzech angielskich słów *pale*, *soft*, *exudative* – jasne, delikatne, ciekące, następnie mięso kwaśne opisywane kilkoma skrótami (ASE – *acid*, *soft*, *exudative* [kwaśne, miękkie, ciekące], AM – *acid meat* [mięso kwaśne], AE – *acid exudative* [kwaśne, ciekące]) oraz mięso ciemne DFD (*dark*, *firm*, *dry* – ciemne, twarde, suche).

Ponadto w literaturze opisano również inne odchylenia jakości mięsa, m.in. RSE (*reddish*, *soft*, *exudative* – czerwonawe, delikatne, ciekące), PFN (*pale*, *firm*, *normal* – jasne, twarde, normalne), PFD (*pale*, *firm*, *dry* – jasne, twarde, suche) oraz RFE (*red*, *firm*, *exudative* – czerwone, twarde i ciekące) (Briskey, 1964; Wirth, 1972; Krzywicki, 1972; Park i in., 1975; Pospiech, 1982; Wal i in., 1988; Kanda i Kancchika, 1992; Kauffman i in., 1993; Warner, 1994; Blicharski i in., 1995; Koćwin-Podsiadła i in., 1995 i 2006; Kauffman, 1996; Pospiech i in., 1998; Sośnicki i in., 1998).

W odniesieniu do wieprzowiny często jako wadę wymienia się tzw. knurzy zapach mięsa związany z obecnością męskiego hormonu płciowego, tj. testosteronu i pochodzący od niewykastrowanych męskich osobników. Przeciwdziałanie tej wadzie uwarunkowane jest przez odpowiednie postępowanie podczas tuczu świń, względnie przez praktykę weterynaryjną. Przy słabo wyrażonym knurzym zapachu mięso to można wykorzystać jedynie jako dodatek, w ilości ok. 10%, w produkcji wyrobów surowych fermentowanych, np. kiełbas typu salami, a więc wyrobów konsumowanych wyłącznie na zimno.

Niekiedy jako wadę mięsa wymienia się jego luźną teksturę. Najczęściej jej przyczyną jest zwiększona obecność w tłuszczu nienasyconych kwasów tłuszczowych. Zjawisko to dotyczy przede wszystkim tłuszczu świń, który można stosunkowo łatwo zmieniać, stosując odpowiednie żywienie. Podobne zjawisko występuje coraz częściej u bydła, którego tłuszcz jest modyfikowany przez skarmianie paszą wzbogacaną w nienasycone kwasy tłuszczowe.

Charakteryzując wady mięsa, uwaga zostanie zwrócona na przyczyny ich występowania i metody rozpoznawania, a także na właściwości decydujące o przydatności kulinarnej i przetwórczej oraz możliwości zapobiegania im i/lub zagospodarowania mięsa wadliwego.

3.1.2.1. Mięso wodniste

Najwcześniej rozpoznaną wadą mięsa jest jego wodnistość, oznaczana przez skrót PSE. Ta wada mięsa jest kojarzona ze zwiększoną podatnością świń na stres. W latach 70. minionego stulecia tę podatność rozpoznawano za pomocą testu halotanowego, którego wiarygodność nie była jednak pełna. W 1991 r. wskazano na mutację punktową w genie receptora rianodyny (RYR1) jako przyczynę wady PSE i powiązanie jej z hipertermią złośliwą występującą w przypadku syndromu stresowego. Było to pierwsze rozpoznanie wady mięsa wskazujące na możliwość selekcji świń w celu eliminacji tej wady w oparciu o test genetyczny. Mutacja w tym genie związana jest z nieprawidłowościami w funkcjonowaniu kanału wapniowego retikulum sarkoplazmatycznego mięśni szkieletowych. Polega na zakłóceniu w przemieszczaniu się jonów Ca^{2+} z i do retikulum sarkoplazmatycznego. Występujące po uboju przyspieszenie ich sekrecji sprzyja zwiększeniu szybkości glikolizy i powstawaniu wady wodnistości. Konsekwencją przyspieszonej glikolizy jest szybkie zmniejszanie się zawartości związków energetycznych w mięśniach, w tym przede wszystkim ATP i glikogenu, a następnie gwałtowne zakwaszenie jako konsekwencja przebiegu beztlenowych przemian cukrowców. Szybkie zakwaszenie tkanki mięśniowej bezpośrednio po uboju, gdy temperatura w tuszy jest jeszcze wysoka (nawet powyżej 40°C) sprawia, że białka mięśniowe ulegają denaturacji. Podlegają jej zarówno białka miofibryli, w tym szczególnie miozyna, jak i białka sarkoplazmy. Denaturacja białek połączona z ich wytrącaniem, szczególnie białek sarkoplazmy na miofibrylach, prowadzi do zmniejszenia wodochłonności mięsa i rozjaśnienia barwy, która szybko szarzeje. Jest

to konsekwencją przejścia mioglobiny przez oksymiglobinę do metmioglobiny. Denaturacja białek sprawia, że zwiększa się ilość wody wolnej w tkance i zwiększa się przewodnictwo elektryczne mięśni. Pomiar zakwaszenia i przewodności elektrycznej mięsa są wykorzystywane do identyfikacji tej wady. Dla wprawnego klasyfikatora odróżnienie mięsa wodnistej (PSE) od normalnego (RFN – *red, firm, normal*) i ciemnego (DFD – *dark, firm, dry*) po wyglądzie, tj. po barwie, nie stanowi dużego problemu.

Mutacja w genie RYR1 występuje na chromosomie 6, w pozycji 1843 łańcucha DNA i polega na zastąpieniu w nukleotydach zasady pirymidynowej cytozyny (C) – tyminą (T). W wyniku tej zamiany występują dwa allele (występowanie w tym samym miejscu kilku różnych sekwencji DNA stanowiących oddzielny wariant). Allel C jest dominujący, a allel T jest recesywny i odpowiada za nadwrażliwość na stres. Istnienie dwóch alleli sprawia, że mogą występować dwie homozygoty: CC lub TT oraz heterozygota CT. Pierwsza z homozygot związana jest z dobrą jakością mięsa, druga – z wodnistością. W przypadku heterozygoty cechy wodnistości, przynajmniej z punktu widzenia teorii, będą występować w połowie populacji. Należy bowiem mieć na uwadze, że wodnistość, związana z przyspieszoną poubojową glikolizą i stresem, może zostać wywołana również złymi warunkami środowiska. Stąd też zarówno w przypadku heterozygot, jak i homozygot można uzyskać mięso RFN lub PSE. Końcowy efekt jest bowiem wynikiem szeregu oddziaływań, w których genetyka i środowisko wzajemnie na siebie oddziałują.

Gen RYR1 ma charakter plejotropowy, tzn. jednocześnie oddziałuje na kilka cech użytkowych. Wywiera on korzystny wpływ na rozwój tkanki mięśniowej i zawartość mięsa w tuszy, dlatego nazywany jest również genem mięsności. Obok negatywnego oddziaływania na cechy jakości mięsa (powstawanie wady PSE) oraz na jego przydatność technologiczną i konsumpcyjną, gen ten pogarsza również wyniki użytkowości rozptodowej. Stwierdza się go najczęściej u świń rasy pietrain, aczkolwiek u świń tej rasy spotyka się również osobniki wolne od niego.

3.1.2.2. Mięso kwaśne

Mięso kwaśne charakteryzuje się przede wszystkim bardzo dużymi ubytkami masy powstającymi podczas jego ogrzewania. Z reguły jest to mięso nieco bardziej kruche w porównaniu z mięsem normalnej jakości. Ponadto jego barwa nie zawsze jest jednorodna, często wyraźnie jaśniejsza od mięsa normalnej jakości.

Gdy bezpośrednio po uboju niemożliwe jest wykonanie obiektywnych pomiarów pH, mięso kwaśne jest często klasyfikowane jako PSE.

Szybkość glikolitycznych przemian w mięśniach skutkująca mięsem kwaśnym jest wolniejsza niż w przypadku mięsa PSE, ale większa niż w mięsie RFN. Wartość pH w zakresie 5,8 – 6,0 osiągana jest zwykle po około 2 – 3 h od momentu uboju. Jednak najistotniejsze jest to, że końcowe zakwaszenie mięsa jest głębokie, najczęściej w pobliżu wartości pH 5,4, a nawet niższe i przyjęto je uważać za główną przyczynę dużych wycieków soków tkankowych z tego mięsa. Odróżnianie mięsa kwaśnego od normalnego i wodnistego nie jest jednak najłatwiejsze. Najdokładniejsze jest oznaczenie potencjału glikolitycznego (PG), które jednak nie jest testem ani łatwym, ani szybkim. Wartość PG, zwykle już powyżej 130 – 150 $\mu\text{mol/g}$ wskazuje na kwaśne mięso, choć najpewniej jest, gdy wartość potencjału wynosi powyżej 200 $\mu\text{mol/g}$. Wartość PG powyżej 130 – 150 $\mu\text{mol/g}$ oznacza się także w mięśniach świń obciążonych genem podatności na stres. Ponieważ oznaczanie PG jest bardzo pracochłonne, stąd dla praktyki, przy identyfikacji wad mięsa, proponuje się metody kojarzące najczęściej pomiary wartości pH i przewodności elektrycznej (PE). Żadna z dostępnych klasyfikacji jakości mięsa nie stosuje pomiarów PG.

Uważa się, że wystąpienie objawów mięsa kwaśnego związane jest z genem RN^- . Hipoteza jego istnienia jest wynikiem francuskich badań, w których wykryto ten gen w oparciu o wyniki analizy segregacji. Mutacja odpowiadająca fenotypowi RN^- jest typowa dla świń rasy hampshire i mieszańców z tą rasą. Określenie oddziaływania tego genu w sposób pewny jest dokonywane nie w oparciu o określoną mutację DNA, a fenotypowo, czyli w oparciu o wielkość PG mięsa.

Gen odpowiedzialny za powstawanie mięsa kwaśnego próbowano zidentyfikować już wielokrotnie. Najbliższej identyfikacji było odkrycie mutacji w genie PRKAG3 , kodującym podjednostkę $\gamma 3$ kinazy białkowej aktywowanej przez AMP (AMPK). Inaktywuje ona syntazę glikogenu, spełniającą kluczową rolę w enzymatycznej regulacji przemian glikogenu. Mutacja znajduje się na 15 chromosomie i polega na podstawieniu w kodonie 200 guaniny przez adeninę. Identyfikacja w locus PRKAG3 dotyczy trzech alleli: rn^+ , RN^- i rn^* . W przypadku pierwszego z tych alleli walina jest zastąpiona przez argininę (199V-200R) i to zastąpienie oznacza się skrótowo 200R. Przy drugim – walina zastępuje kwas glutaminowy (199V-200Q; 200Q), a w ostatnim z nich izoleucyna zastępuje argininę (199I-200R; I199V). W przypadku świń wolnych od genu mięsa kwaśnego występuje allel rn^+ (200R). Takie mięso cechuje się normalną jakością. Obecność allelu rn^* w genotypie świń

jest związana z mniejszą zawartością glikogenu, niższym potencjałem glikolitycznym oraz wyższym pH połędwicy i szynki niż ma to miejsce w przypadku nosicieli allelu rn^+ . Allel ten stwierdzono zarówno u świń ras: hampshire, large white, landrace, bergshire, duroc i u dzika.

Zakłada się również, że cechy mięsa kwaśnego mogą wynikać nie z pojedynczej mutacji 200Q, ale być również efektem oddziaływania zespolonego, tzw. haplotypu (kombinacji alleli). Jak dotąd nie udało się jednak wskazać ani na określoną mutację, ani na haplotyp odpowiadający wyłącznie za cechy mięsa kwaśnego. Okazało się również, że nie wszystkie przypadki związane z dużymi wyciekami są związane z występowaniem mięsa kwaśnego. Mięso charakteryzujące się wysokim potencjałem glikolitycznym można stwierdzić również u świń niebędących mieszańcami z rasą hampshire, jak np. landrace, jej mieszańców z rasą yorkshire i duroc, choć zjawisko to spotyka się rzadko. Ponadto zwiększony wyciek stwierdza się nie tylko, gdy wartość PG wynosi powyżej $130 \mu\text{mol/g}$, ale i gdy wielkość ta jest mniejsza (Sieczkowska i in., 2010a i b).

3.1.2.3. Mięso ciemne, typu DFD

Rzadko spotykaną wadą mięsa świń jest mięso DFD. Jest ona jednak typowa dla mięsa bydła. Cechuje je ciemna barwa bardzo oraz duża wodochłonność i lepkość, szczególnie bezpośrednio po uboju. Ta duża lepkość znajduje odzwierciedlenie w określeniu tego mięsa w literaturze niemieckiej – mięso lepiące się „leimiges Fleisch”. Ma ono bardzo wysokie pH (zwykle powyżej 6,0) utrzymujące się na tym poziomie od momentu uboju przez cały okres przechowywania. Charakteryzuje je niezwykle duża wodochłonność. Z przetwórczego punktu widzenia, szczególnie w odniesieniu do wytwarzania drobnorozdrobnionych (emulgowanych) kiełbas parzonych, jest wysoce korzystne i cenione. Jest ono jednak bardzo podatne na mikrobiologiczny rozkład, co uważane jest za główną wadę tego mięsa eliminującą je z obrotu jako surowiec kulinarny. Mimo, że skrót DFD zawiera określenie „twarde”, to odnosi się ono głównie do odczucia przy dotyku mięsa surowego. Mięso to jest natomiast bardzo kruche po obróbce cieplnej z udziałem wody (gotowanie, duszenie, ew. pieczenie). Satysfakcjonująca kruchość jest prawdopodobnie pochodną dużej aktywności kalpain przy wysokim pH mięsa, które powodują zaawansowaną degradację jego struktur tkankowych. Ponadto z uwagi na bardzo wysokie pH turgor włókien mięśniowych jest bardzo duży, sprzyjając kruchości mięsa DFD.

Podstawową przyczyną powstawania mięsa DFD jest nieprawidłowe, nierzadko niehumanitarne traktowanie zwierząt przed ubojem, długotrwały stres oraz nadmiernie długa głodówka. Wada ta występuje w mięsie uzyskiwanym od zwierząt transportowanych luzem (bez uwiązywania) lub w niekorzystnych warunkach (długi dystans, upał, nieodpowiedzialna, „brawurowa” jazda, pochodzenie z różnych stad itp.). Humanitarne traktowanie zwierząt przed ubojem, tj. zachowanie ich dobrostanu, zarówno podczas załadunku i wyładunku ze środków transportu, w czasie przewożenia do rzeźni, jak i przedubojowego magazynowania, eliminuje lub istotnie ogranicza powstawanie tego odchylenia jakości mięsa.

3.1.2.4. Inne wady mięsa

Dane przedstawiane w literaturze źródłowej wskazują na występowanie jeszcze innych wad mięsa, takich jak: RSE, PFN, PFD i RFE. Na pierwszą z ww. wad zwrócono uwagę w USA w latach 90. minionego wieku. Mięso RSE miało cechy pośrednie między RFN a PSE i jego obecność stwierdzano zarówno w tuszach świń obarczonych genem podatności na stres, jak i wolnych od niego. Prawdopodobnie jest to więc tzw. mięso częściowo wodniste.

Wady PFN i PFD opisali po raz pierwszy Japończycy (Kanda i Kancchika, 1992). Jasna barwa mięsa w zasadzie nie jest wadą, ponieważ konsumenci, z reguły, preferują mięso jasne. Stąd rozpatrywanie tych klas jakości mięsa jako wadliwych jest dyskusyjne. Na ogół bardzo jasna barwa jest kojarzona z mięsem PSE, które szybko szarzeje. Powyższe sprawia, że spośród kryteriów identyfikacji mięsa wodniste, instrumentalny pomiar jasności barwy nie jest w pełni wiarygodnym wyróżnikiem jakości mięsa. Dlatego stosuje się dodatkowe kryteria związane z pomiarem jasności barwy. Najczęściej jest to czas napromieniania próbek mięsa powodujący zszarzenie barwy pod wpływem atmosferycznego tlenu.

Wada RFE odnosi się do mięsa świń, które charakteryzuje się bardzo dużym wyciekiem soków tkankowych, tj. nawet powyżej 12% po 9. dobach chłodniczego przechowywania, przy pozostałych cechach podobnych do mięsa RFN (Kocwin-Podsiadła i in., 2006). Mięso RFE stwierdza się w tuszach świń o dużej mięsności, których PG może być niski lub wysoki. Jego występowanie prawdopodobnie jest związane ze skurczem chłodniczym, skutkującym dużym wyciekiem soków tkankowych, których dynamika narastania w czasie przechowywania mięsa w chłodni odpowiada opisom dla mięsa RFE.

Opisując wady mięsa, często zadawane jest pytanie, czy mają one jeszcze praktyczne znaczenie, szczególnie przy bardzo rozwiniętych technologiach przerobu mięsa. Technologie te zdają bardzo dobrze egzamin podczas produkcji wyrobów masowych, o bardzo dużej wydajności. Tam znaczenie wad maleje. Gdy wytwarza się tzw. produkty szlachetne, charakteryzujące się małą wydajnością produkcyjną, wady mięsa utrudniają tę produkcję.

3.1.3. Czynniki powodujące wady mięsa

Przyczyny najczęściej występujących wad mięsa dzieli się na przed- i poubojowe. Do czynników przedubojowych zalicza się genetyczne i środowiskowe. Czynniki genetyczne związane są głównie z występowaniem różnego rodzaju mutacji, w tym w genach: RYR1, RN⁻, PRKAG3, kalpastatyny, HFABP (gen tłuszczu śródmięśniowego), miogeniny i miostatyny, a także w mutacjach związanych ze szlakiem glikolizy (np. PKM2 – gen kinazy pirogronianowej) oraz transportu określonych metabolitów (np. GLUT4 – gen związany z transportem glikozy).

Występowanie wadliwości mięsa jest gatunkowo zróżnicowane. Przyczyna tkwi głównie w metabolizmie włókien mięśniowych. U bydła dominują mięśnie o tlenowym metabolizmie, a u świń o metabolizmie beztlenowym. Stąd też w mięsie świń typowe są wady związane z poubojową szybką beztlenową glikolizą, skutkującą mięsem PSE a dla wołowiny – mięsem DFD.

Oddziaływanie czynników środowiskowych jest wielokierunkowe i uwarunkowane, m. in. przez rodzaj, ilość i jakość skarmianej paszy oraz przez warunki chowu i tuczu zwierząt. Ilość podawanej paszy jest pochodną wieku i genotypu, a znacząco ważnymi czynnikami są zawartość w niej białka i energii. Zwykle wraz ze zwiększającym się wiekiem zwierząt, zapotrzebowanie na ww. składniki ulega zmianie, podobnie jak zmienia się metabolizm zwierząt. W wyniku tego może nastąpić zwiększenie podatności na stres i częstości występowania wad mięsa. W tuszach świń o większej masie zwykle rzadziej stwierdza się wady, co prawdopodobnie jest skutkiem ich większej adaptacji do środowiska. Szczególnie oddziaływanie środowiska jest pochodną warunków chowu i tuczu żywca rzeźnego. Mięso uzyskiwane od świń chowanych na otwartych przestrzeniach, w pobliżu łąk i pastwisk, gdzie gro pożywienia zdobywają one same, odznacza się specyficznymi cechami organoleptycznymi, doskonale uwypuklonymi przy przerobie na wyroby surowe, peklowane. Ww. technologia jest praktykowana w fermach świń

iberyjskich. Inny efekt uzyskiwano, stosując tucz świń metodą „Tropik”. Mięso z nich uzyskiwane było bardzo jasne, co było skutkiem bardzo dużego udziału w paszy produktów pochodnych mleka. Odchyleniom barwy towarzyszyła często wodnistość mięsa. Prawdopodobną przyczyną gorszej jakości mięsa były niestandardowe warunki tuczu świń ograniczające ich przemieszczanie się oraz wysoka temperatura i wilgotność w chlewni.

Większą częstość występowania wad mięsa stwierdza się wówczas, gdy obrót żywcem odbywa się w zmiennych lub ekstremalnych warunkach temperaturowych (szczególnie niebezpieczna jest wysoka temperatura otoczenia) a także, gdy zwierzęta są transportowane na dalekie odległości, co wiąże się z nadmiernym wygłodzeniem zwierząt przed ubojem. Powyższe nie dotyczy standardowej głódówki przedubojowej, która ma zapewnić lepsze warunki wykonywania czynności ubojowych, w tym szczególnie związanych z wytrzewianiem tusz. Wyniki badań sugerują także, że głódówka przedubojowa zmniejsza przepuszczalność membran komórkowych, czyniąc mięso bardziej opornym na rozkład gnilny. Głódówka przedubojowa w istotnym stopniu związana jest z organizacją skupu zwierząt i ich transportem do rzeźni oraz czasem uwarunkowanym przez tzw. przedubojowy odpoczynek w rzeźni.

Niekiedy rozważa się, które z ww. czynników są ważniejsze: genetyczne czy środowiskowe. Dotychczasowe obserwacje wskazują, że w okolicznościach, w których postęp w doskonaleniu hodowli żywca nie jest na odpowiednio wysokim poziomie, wówczas rola czynnika genetycznego jest bardzo duża. Dobór odpowiednich ras, linii hodowlanych czy ostatecznie określonych genotypów do produkcji żywca rzeźnego, jest podstawowym czynnikiem decydującym o efektywności produkcji zwierzęcej. Jeśli jednak selekcja hodowlana jest już na bardzo wysokim poziomie, to wówczas dalszy postęp w produkcji zwierząt wiązać należy z doskonaleniem oddziaływania czynników środowiskowych.

3.1.4. Metody identyfikacji wad mięsa

Mimo tego, że są znane i stosowane liczne metody umożliwiające identyfikację wad mięsa, to ciągle są opracowywane i udostępniane nowe: szybsze, precyzyjniejsze i pewniejsze, w tym przede wszystkim umożliwiające ich identyfikację w warunkach przemysłowych. Najdoskonalszym rozwiązaniem byłoby uzyskanie informacji dotyczącej jakości mięsa w momencie pomiaru miąższości, czyli ok.

30 min po uboju, co aktualnie nadal jeszcze nie jest możliwe w odniesieniu do całej tuszy. Można jednak takie badania prowadzić, stosując ocenę wybranych mięśni, szczególnie tych ważnych z punktu widzenia ekonomicznego i użytkowego.

Współcześnie, najczęściej stosowanymi metodami identyfikacji wad mięsa, przede wszystkim proponowanymi dla praktyki przemysłowej są pomiary:

- wartości pH,
- przewodności elektrycznej (PE),
- barwy, w tym szczególnie jasności barwy.

Najczęściej stosuje się pomiary wartości pH i PE. W Polsce, już pod koniec lat 60., zaproponowano klasyfikację jakości mięsa ukierunkowaną na najważniejsze wówczas jego wady, tj. na mięso PSE i DFD. Wyróżniano wtedy również mięso częściowo wodniste, dążąc do możliwie najprecyzyjniejszej klasyfikacji jakościowej mięsa po uboju, a przez to również do kształtowania jego jakości. Stwierdzenie w połowie lat 80. występowania mięsa kwaśnego, utrudniło rozpoznawanie wad. Nadal brak jest szybkiej metody precyzyjnej identyfikacji kwaśnego mięsa. Istniejące systemy klasyfikacji jakościowej mięsa sugerują, że precyzyjna identyfikacja wad mięsa wymaga przeprowadzenia oceny w dwóch terminach po uboju. Najlepiej, gdy dokonuje się pomiaru w krótkim czasie po uboju (np. 45 min, 90 min lub po 2 – 3 h) oraz po wychłodzeniu tusz (zwykle po ok. 16 – 48 h od momentu uboju). Rozwiązania proponujące pomiary w krótkim czasie po uboju, ale dopiero po oznaczeniu miąższości, są trudne z powodów organizacyjnych. Wykonanie pomiarów po wychłodzeniu jest mniej kłopotliwe. Mierzenie w dwóch terminach umożliwia wyeliminowanie mięsa PSE przez pomiar wartości pH określonej jako pH_1 (standardem jest pomiar 45 min po uboju), a następnie po 24 h, po których możliwe jest wyeliminowanie pozostałych wad. Te pomiary potwierdzą uzyskane wcześniej wyniki odnośnie klasyfikacji mięsa PSE, a ponadto pozwolą na wydzielenie mięsa DFD oraz mięsa z dużym wyciekami, które może być mięsem kwaśnym, związanym z fenotypem RN^- lub ewentualnie innego pochodzenia. Pomocniczą funkcję w tej klasyfikacji spełnia pomiar przewodności elektrycznej, którego wykonanie nie jest czaso- i pracochłonne. Przykładowa klasyfikacja jakości mięsa świń, uwzględniająca najczęstsze wady i oparta o pomiary pH i przewodności elektrycznej zawarta jest w tabeli 1.

Tabela 1.

Ocena jakości mięsa świni w oparciu o pomiar pH i przewodności elektrycznej (PE)

Kryterium oceny	Grupy jakościowe mięsa			
	RFN mięso normalnej jakości	PSE mięso wodniste	DFD mięso ciemne	ASE mięso kwaśne
pH₁	>5,8	≤5,8	*	**
pH₂	>5,5 (niekiedy może być nieco niższe)	≤5,5 (niekiedy może być nieco wyższe)	≥6,0	≤5,5 (rzadko może być nieco wyższe)
PE1 (mS/cm) (około 1,5 godz. po uboju)	<8	≥8	<4 (zwykle niższe)	<8
PE2 (mS/cm) (po wychłodzeniu tusz – ok. 24 godz. po uboju)	<8	≥8	<4 (zwykle niższe)	≥8

* - nie definiuje się jako wartość kryterialną, ale zwykle jest powyżej 6,0;

** - nie definiuje się jako wartość kryterialną, ale zwykle jest >5,8, między 5,9 a 6,3

Znana jest również propozycja klasyfikacji wydzielająca mięso charakteryzujące się dużym wyciekaniem, tj. RFE na podstawie pomiaru pH po 24 h ($5,5 < \text{pH} < 5,7$) i wartości PE po 2 h od uboju ($>4,5$ mS/cm). Wyniki najnowszych badań wskazują jednak, że mięso o dużym wycieku jest stwierdzane również, gdy wartości PE są niższe od ww. wartości 4,5 mS/cm, co oznacza, że kryteria detekcji mięsa o dużym wycieku wymagają korekty. Ich zdefiniowanie, obok wyjaśnienia przyczyn powstawania, byłoby bardzo pomocne w identyfikacji takiego surowca i przeciwdziałaniu jego występowaniu.

Jakość mięsa ocenia się precyzyjnie metodami biochemicznymi i/lub fizykochemicznymi. Najczęściej oznacza się aktywność: enzymów szlaku glikolitycznego (kinaza fosfokreatyny, fosfataza, dehydrogenaza mleczanowa, fosforylaza glikogenu, fosfogliceromutaza, kinaza pirogronianowa, amyl- α -1,6-glukozydaza), białek o charakterze enzymów, np. ATP-azy miofibrylarnej. Oznacza się również zawartość związków dostarczających energię, w tym szczególnie związanych z przemianami cukrowców, jak np. glikogenu, glukozo-6-fosforanu, kwasu mlekowego itp. Szybką metodą identyfikacji wad mięsa jest pomiar stosunku nukleotydów IMP do ATP, tj. wartość „R”. Oznaczenie wartości „R” dokonuje się 45 min po uboju wraz z pomiarem pH, co umożliwi rozróżnienie mięsa PSE od DFD i RFN. Ponieważ występowanie wady wodnistości mięsa wiąże się z zakłóceniem metabolizmu świni wykonuje się również oznaczenie w surowicy krwi aktywności aminotransferaz.

Jakość mięsa dobrze charakteryzuje oznaczenie wodochłonności i barwy mięsa. Wodochłonność oznacza się, np. metodą Graua i Hamma, obciążając próbki mięsa, umieszczone na bibule filtracyjnej, odważnikiem o określonej masie przez określony czas, po czym planimetruje się powierzchnię powstałego nacieku soków tkankowych (wody), i po wielkości której wnioskuje się o wodochłonności mięsa. Odmianą ww. metody jest użycie kawałka bibuły o standardowej porowatości (np. firmy Whatman) i o uprzednio oznaczonej masie, którą kładzie się na próbkę mięsa na ustalony czas i następnie określa wodochłonność na podstawie oznaczenia masy wody przez nią zaabsorbowanej.

Modyfikacją ww. metody (bibułowej) jest wirowanie, w standardowych warunkach, próbki mięsa o znanej masie i oznaczenie objętości lub masy odwirowanych soków tkankowych.

Wyznacznikiem wodochłonności jest również pomiar wielkości wycieku swobodnego z mięsa lub też wielkości ubytków cieplnych z mięsa z dodatkiem lub bez dodatku soli.

Najważniejszymi dla poprawności i dokładności oznaczeń ww. metodami są: termin pobrania próby, stopień naruszenia ciągłości struktury tkanki mięśniowej (mięso mielone lub kawałek mięsa), ułożenie włókien, rozmiar (wielkość, masa) próby, rodzaj i ilość soli, temperatura obróbki cieplnej względnie szybkość jej wzrostu.

Spośród nowszych rozwiązań stosowanych do identyfikacji mięsa wadliwego należy wymienić spektroskopię w bliskiej podczerwieni NIR. Tą metodą można wyizolować ze stada świń nosicieli genu RN⁻ i wolnych od tej mutacji. Spektrofotometr dokonuje odczytu odbicia fal w zakresie od 400 do 2500 nm. Największe różnice między ww. grupami świń obserwuje się dla fal o długości 1430 – 1462 oraz 1880 – 2000, co jest związane z absorpcją wody przez tkankę. Pomiaru wspomaganego są przez specjalne oprogramowanie. Szczególnie przydatne w tym zakresie są sieci neuronowe.

Do oceny wadliwości mięsa stosuje się również konduktometryczne pomiary przewodności elektrolitów, w oparciu o zależność konduktancji elektrolitycznej od stężenia elektrolitu. Szczególnie dobre wyniki uzyskuje się, mierząc opór włókien mięśniowych, gdy przepływa przez nie prąd stały, wskazując stopień integralności/destrukcji komórek mięśniowych. Bezpośrednio po uboju wskaźnik *Py* jest wysoki (85 – 95) i zmniejsza się w miarę postępującego procesu dojrzewania mięsa (<10). Oznaczenie *Py* jest rekomendowane przede wszystkim do rozróżniania mięsa PSE od RFN. Najwyższe wartości współczynnika korelacji między

wartością pH mierzoną 45 min po uboju, uzyskuje się dla pomiarów P_y przeprowadzanych po 2 h i po 20 min, aż do 12 h od uboju. Korelacja zmniejsza się wraz z upływem czasu, podobnie jak i do innych wskaźników jakości mięsa, np. wielkości wycieku, jasności barwy, siły cięcia czy zawartości tłuszczu śródmięśniowego. Wartości tego wskaźnika mierzone po 5, 12 i 24 h od uboju różnicują tylko mięso wodniste od normalnego.

Do oceny i rozróżniania wad mięsa znajduje zastosowanie również spektroskopia impedancyjna. Pomiar sprowadza się do analizy reakcji badanego materiału na pobudzenie małym sygnałem elektromagnetycznym w szerokim paśmie częstotliwości i analizę tej odpowiedzi. Jest on wykorzystywany do oceny zmian struktury mięsa prowadzących do zjawiska określanego niekiedy jako ciastowatość. Wada ta występuje najczęściej przy produktach surowych, peklowanych poddawanych suszeniu i utrudnia plasterkowanie wyrobów z mięsa.

Postęp w biochemii i analityce sprawia, że współcześnie jest coraz więcej metod różnicujących mięso wadliwe od RFN. Ich pojawianie się związane jest z metabolomiką i proteomiką, które obok transkryptomiki stanowią główne obszary genomiki funkcjonalnej. Pozwalają one głębiej wnikać w mechanizm powstawania wad mięsa i stanowią ważne narzędzie w doskonaleniu żywca, co skutkuje lepszą jakością surowca mięsnego.

Jakość mięsa można także przewidywać. Najlepszym narzędziem przewidywania jakości są badania oparte na reakcji PCR, które identyfikują mutacje genetyczne sprzyjające pojawianiu się określonych wad. Należy jednak pamiętać, że występowanie mutacji jest tylko wskaźnikiem, że wada może pojawić się, gdy zaistnieją warunki do jej wystąpienia. Zdarza się bowiem, że wodnistość mięsa stwierdza się w mięsie świń wolnych od mutacji w genie RYR1, podobnie jak duże wycieki nie muszą wynikać z dużego potencjału glikolitycznego mięśni.

Znacznie trudniejsza jest ocena oddziaływania genów kalpastatyny oraz odpowiedzialnych za ilość tłuszczu śródmięśniowego. Dla określonych genotypów ich wpływ na cechy determinujące jakość i/lub ilość mięsa jest możliwy do zidentyfikowania. W populacjach masowych, typowych dla produkcji żywca, często bez ścisłego nadzoru genetycznego i kontroli warunków środowiskowych, stwierdzenie tego oddziaływania jest w zasadzie niemożliwe.

Odrębnym zagadnieniem związanym z oddziaływaniem genetycznym jest wskazanie na geny determinujące ilość mięsa lub tłuszczu w tuszy, choć ich wpływ nie musi się ograniczać do tego tylko oddziaływania i może mieć związek również z określonymi cechami jakości mięsa (np. RYR1).

Oceniając przyszłość metod klasyfikacji jakości mięsa, szczególnie co do ich możliwości wykorzystania w praktyce, zakłada się, że doskonalenie metod oceny będzie prowadzone w dwóch kierunkach. Pierwszy odnosi się do poszukiwania markerów jakości mięsa, a drugi do opracowania metod określających „poziom/wielkość” tej cechy. Im metoda będzie szybsza i nieinwazyjna, tym szansa jej praktycznego wykorzystania będzie większa. Zwiększanie skali produkcji przez, np. zwiększenie wielkości ubojów do rzędu kilku tysięcy na dobę w jednym zakładzie sprawia, że w przyszłości bardziej skomplikowane, a co za tym idzie droższe, ale i precyzyjniejsze urządzenia, będą mogły mieć zastosowanie do szacowania jakości mięsa po uboju i sortowania surowca do dalszego wykorzystania. Przykładem takiego rozwiązania jest coraz częstsze stosowanie tomografii komputerowej jako nieinwazyjnej metody oceny stopnia zasolenia szynek oraz do oceny mięsnoci zarówno tusz, jak i pojedynczych elementów rozbioru zasadniczego.



Możliwości eliminacji występowania wad mięsa (zabiegi hodowlane/przyżyciowe) i poprawy jego jakości poprzez stosowanie odpowiednich zabiegów związanych z transportem zwierząt i przetwórstwem mięsa

Wady mięsa są przyczyną ograniczenia jego kulinarnego i przetwórczego wykorzystania. Są one, w odniesieniu do mięsa kulinarnego, nietatwe do wyeliminowania, chociaż nie niemożliwe. Proces przetwórczy jest skuteczniejszy i może doprowadzić nawet do całkowitego wyeliminowania niekorzystnego oddziaływania określonej wady.

Wybór technologii wykorzystania wadliwego mięsa zależy przede wszystkim od rodzaju wady, której skutki występowania zamierza się usunąć. Postępowanie z mięsem o obniżonej jakości może być również zróżnicowane w zależności od terminu po uboju, w którym możliwe jest podjęcie działań ograniczających skutki występowania wady oraz, czy produkt ma charakter tzw. wyrobu wysokowydajnego, czy też odpowiadającego standardom wysokiej jakości. Przedstawione poniżej sposoby postępowania odnoszą się przede wszystkim do wyrobów tej ostatniej grupy.

Technologie zmierzające do zagospodarowania mięsa wodnistego mają na celu przede wszystkim zwiększenie wodochłonności (zmniejszenia wycieku) i polepszenie struktury mięsa. Podobne działania podejmowane są przy „uszlachetnianiu” mięsa kwaśnego. W przypadku mięsa DFD główne działania zmierzają do obniżenia wartości pH oraz zastosowania zabiegów prowadzących do ograniczenia rozwoju drobnoustrojów. Jeśli duże wycieki z mięsa nie są związane z wadami PSE i mięsem kwaśnym, rozważa się możliwość modyfikacji systemu wychładzania tusz, o czym wspomniano przy opisie mięsa RFE i zjawiska skurczu chłodniczego. Badania przeprowadzone w warunkach przemysłowych na mięsie pochodzącym od świń mieszańców z rasą hampshire (obecność genu RN⁻) i wolnych od tego genu wykazały, że szybkie wychładzanie pogarszało jakość mięsa dobrej jakości, a polepszało jakość mięsa kwaśnego (Miszczuk, 2009).

3.2.1. Przetwarzanie mięsa wodniste

Szczególnie niekorzystną i niepożądaną wadą jakości jest mięso wodniste. Współcześnie znane są już jednak procesy technologiczne umożliwiające znaczne ograniczenie skutków tej wady i przyczyn jej powstawania.

Jednym z możliwych działań zaradczych jest zastosowanie krótko po uboju odpowiedniej dawki kwaśnego węgla sodu. Gdy zabieg ten zastosuje się po wychłodzeniu tusz, wówczas wielkość wycieku zmniejszy się, ale odchylenia barwy mięsa na przekroju pozostają.

Powstawaniu mięsa wodniste można przeciwdziałać, stosując intensywne schładzanie tusz. Pierwszym jego etapem jest tzw. szok chłodniczy, który przeprowadza się zwykle w temperaturze poniżej 0°C, często nawet ok. -32°C. Przy cienkiej słoninie, co jest zjawiskiem typowym u świń o wysokiej mięsności (klasa E < 12 mm), zabieg ten może prowadzić do wystąpienia skurczu chłodniczego, podobnie jak w przypadku mięsa bydła i/lub owiec. Stąd też niekiedy sugeruje się rezygnację ze stosowania tego systemu wychładzania w stosunku do tusz świń o wysokiej mięsności.

Zabiegi, które ograniczają wadę wodnistości można zróżnicować w zależności od przeznaczenia mięsa na cele kulinarne lub przetwórcze oraz uwzględniając przetwarzanie dużych elementów (porcji mięsa) i/lub mięsa rozdrobnionego.

W przypadku mięsa kulinarnego, poddawanego obróbce w dużych porcjach, np. kotletów, wielkość ubytków masy można ograniczyć, stosując panierowanie.

Zwykle przy smażeniu lub grillowaniu mięsa normalnej jakości przez 3,5 – 5 min w temp. 170°C, wielkość ubytków wynosi średnio ok. 25 do 27%. Stosując panierowanie, można zmniejszyć je do około 4%. W przypadku identycznego postępowania, zastosowanego wobec mięsa PSE, te wielkości znajdują się w przedziale odpowiednio 29 – 32% oraz ok. 7%. Oznacza to, że ubytki masy z mięsa PSE będą w dalszym ciągu większe niż z mięsa RFN. Są one jednak już kilkakrotnie mniejsze, gdy mięso jest panierowane. Podobne zależności uzyskuje się przy obróbce mięsa DFD i wynoszą one odpowiednio 19 – 21% i ok. 3%. Dodatkową korzyścią, oprócz zmniejszenia ubytków, jest również zatrzymanie substancji smakowo-zapachowych, które wyciekłyby podczas ogrzewania.

Działania zmierzające do ograniczenia skutków występowania wadliwego mięsa, podczas przetwórczego zagospodarowywania mięsa rozdrobnionego/mielonego, sprowadzają się najczęściej do: przeciwdziałania ubytkom masy, polep-

szenia struktury i barwy mięsa oraz ograniczenia procesów oksydacji, które z reguły w większym natężeniu stwierdza się w mięsie wadliwym. Zabiegi związane z ograniczeniem ubytków masy odnoszą się do:

- stosowania różnego rodzaju środków zwiększających wiązanie wody i uczestniczących w restrukturyzowaniu mięsa, o właściwościach żelujących, zagęszczających i stabilizujących (np. agar, pektyna, żelatyna, skrobia i jej pochodne, karageny, alginiany, guma arabska, guma guar, mączka chleba świętojańskiego i in.) i/lub zwiększających pH w kierunku zasadowym, które sprzyja zwiększaniu zdolności wiązania wody (np. fosforany, węglany, substancje buforujące),
- regulacji temperatury i czasu obróbki cieplnej, z uwzględnieniem konieczności zachowania określonych wymogów sanitarno-higienicznych, jak np. uzyskania wewnątrz batonu temp. 72°C celem zniszczenia mikroflory patogenicznej,
- stosowania niezbyt intensywnego, rozluźniającego masowania, które zwiększy wiązanie wody, choć przy dużym zaawansowaniu wady PSE może być wręcz szkodliwe, gdyż struktura mięsa PSE jest najczęściej już „delikatna”,
- przetwarzania mięsa PSE wraz z mięsem DFD przy produkcji kiełbas kutrowanych, drobnorozdrobnionych, parzonych, a mięsa PSE i normalnego, przy wytwarzaniu kiełbas surowych fermentowanych.

Zmieniając temperatury dogrzania i czas trwania obróbki cieplnej, należy również zwrócić uwagę na szybkość tych procesów. Wyciek ogranicza bardzo szybkie ogrzewanie skutkujące denaturacją białek podostłonkowych lub warstw powierzchniowych wyrobów. Dane doświadczalne informują, że 20% udział mięsa PSE w zestawie surowcowym kiełbas parzonych produkowanych z mięsa bydłowego nie zwiększa ubytków masy finalnego produktu.

Karageny są dodatkami funkcjonalnymi uczestniczącymi w kształtowaniu tekstury wyrobów wyprodukowanych z udziałem mięsa PSE w ich zestawie surowcowym. Warto zwrócić uwagę, że stosowanie jego nadmiaru może jednak prowadzić do powstania bardzo ścisłej struktury wyrobu ograniczającej, np. jego straty przy krojeniu, ale powodującej większe wycieki z mięsa na skutek wyciskania wody.

W celu ograniczenia niekorzystnego wpływu mięsa PSE na barwę wyrobów mięsnych zaleca się:

- przetwarzanie mięsa PSE z dodatkiem mięsa normalnego lub DFD,
- stosowanie dodatku: barwiących preparatów krwi, kurkuminy, czerwieni Allura i koszenilowej, betainy,
- zastosowanie substancji podwyższających wartość pH.

Przy stosowaniu barwników należy zadbać o ich możliwie jak najlepsze rozpuszczenie, np. w solance nastrzykowej, co zapewni jednolitą barwę wyrobu. Zwiększenie, powyżej 50%, udziału mięsa wodnistego w zestawie surowcowym kielbas surowych fermentowanych, spowoduje wydłużenie procesu barwotwórczego.

Wyniki badań wskazują, że w solonym mięsie wodnistym i/lub kwaśnym procesy oksydacji zachodzą szybciej niż w mięsie normalnym. Ten niepożądany proces można ograniczać w zasadzie w dwojaki sposób. Najprostszym, aczkolwiek nie zawsze możliwym rozwiązaniem, jest poddanie mięsa soleniu przed rozpoczęciem procesu wychładzania. Proces ten określa się przerobem mięsa „na ciepło”. Zjawisko spowolnienia obserwowane jest zarówno w mięśniach jasnych i ciemnych. Solenie mięśni wychłodzonych wiąże się z większą ich oksydacją.

Przetwarzanie mięsa „na ciepło” sprzyja również zmniejszeniu ubytków termicznych mięsa. Ubytki masy są mniejsze niż wówczas, gdyby ten zabieg przeprowadzono po wychłodzeniu, niezależnie od jakości mięsa, a więc zarówno, gdy obróbce poddaje się mięso RFN, PSE i kwaśne. Korzystny efekt przerobu mięsa „na ciepło” związany jest ze szczególnym oddziaływaniem soli na proces kontrakcji. Sól (2%) dodana do mięsa uzyskanego bezpośrednio po uboju, blokuje powstawanie mostków między miozyną i aktyną oraz znacząco spowalnia przemianę glikogenu do kwasu mlekowego, przyczyniając się do zwiększenia wodochłonności mięsa. Efekt ten zostaje zachowany nawet wówczas, gdy zasolone mięso podda się zamrożeniu lub liofilizacji.

Podane sposoby zagospodarowania mięsa wodnistego można w dużej mierze zastosować również w odniesieniu do mięsa kwaśnego. Problem polega jedynie na rozpoznaniu tej wady, co jest trudniejsze niż w przypadku wodnistości, szczególnie gdy mięso do przerobu uzyskuje się po wychłodzeniu.

3.2.2. Przetwarzanie mięsa DFD

Podstawowym problemem związanym z tą wadą mięsa jest jego duża podatność na rozwój mikroflory proteolitycznej i w związku z tym szybkie psucie. Stąd też wszelkie zabiegi mające na celu ograniczenie negatywnego oddziaływania tej wady sprowadzają się do zastosowania preparatów zwiększających zakwaszenie mięsa. Zjawisko to można osiągnąć stosunkowo prosto poprzez zastosowanie nastrzyku kwasem mlekowym, który jest kwasem naturalnie w nim występującym. Proces zakwaszania można osiągnąć poprzez zastosowanie kultur starterowych

podczas produkcji wędlin surowych. Oczywiście jest, że stosując kultury bakteryjne konieczny jest dodatek cukru do farszu. Rodzaj dodanego cukru będzie wpływał na dynamikę jego przemian. Im bardziej złożony tym wolniejszy proces jego fermentacji i zakwaszenia mięsa.

Innym zabiegiem, który potencjalnie jest możliwy do zastosowania, jest użycie soli peklujących ze zwiększonym dodatkiem azotynu. Proces ten, aczkolwiek ograniczy rozwój mikroflory, nie jest jednak najlepszym rozwiązaniem, gdyż dąży się do ograniczenia ilości azotynu w procesie peklowania lub nawet eliminacji tego procesu z przetwórstwa.

Wysoka wartość pH mięsa ogranicza proces przenikania soli w przypadku soleńia tradycyjnego. Proces wnikanania soli do mięsa można przyspieszyć na wiele sposobów. Najprostszym jest zastosowanie nastrzyku, który zapewni nie tylko szybkie dotarcie soli do centrum kawałków mięsa, ale spowoduje również szybsze wyrównanie stężenia soli na całym jego przekroju. Proces ten przyspieszy zastosowanie masowania, którego intensywność i czas zależą będzie od rodzaju wyrobu. Im później proces ten będzie zastosowany, tym ostrożniej powinno się go przeprowadzać. Mięso DFD jest bowiem potencjalnie bardzo kruche, co wynika z wysokiej w nim aktywności enzymów proteolitycznych naruszających jego strukturę.

Spośród wielu sposobów przetwarzania mięsa DFD wymienia się jeszcze wykorzystanie go do produkcji razem z mięsem PSE i RFN. W pierwszym wypadku uzyskuje się dodatkowy efekt, gdyż zagospodarowaniu podlega inne mięso o obniżonej jakości. Najlepszy efekt można uzyskać jednak tylko wówczas, gdy produkcja dotyczy przetworów z mięsa rozdrobnionego.

Opisane powyżej zabiegi wskazują, że zagospodarowując mięso o obniżonej jakości najlepsze efekty uzyskuje się, gdy zniszczy się jego strukturę tkankową. Wady mięsa są jednak typowe dla najszlachetniejszych mięśni, których masa jest duża. Dlatego dążeniem technologa i producenta żywca powinno być pozyskiwanie mięsa pozbawionego wad. Dzisiejszy stan wiedzy w zakresie hodowli i produkcji zwierząt oraz technologii przetwórstwa mięsa pozwala na ograniczenie skutków występowania wszystkich wad, prowadząc niekiedy nawet do ich eliminacji. Mając doskonały żywiec, można tak prowadzić dalsze działania związane z jego obrotem i ubojem, że wady mięsa nie będą występowały. W uzyskaniu takich efektów pomocnymi stają się różnego rodzaju szkolenia, w jakich producenci żywca mogą wziąć udział czy literatura dotycząca metod wychowu zwierząt, zasad organizacji hodowli i ekonomiki produkcji zwierzęcej. W ostatnim czasie gwarancją uzyskania mięsa wieprzowego wolnego od wad jakości, a równocześnie o doskonałych walorach smakowo-zapa-

chowach, jest produkcja w systemach jakości żywności, np. w systemie PQS (Pork Quality System). Proces produkcji został tu ujęty kompleksowo „od pola do stołu” i obejmuje etap produkcji pierwotnej (hodowlę i produkcję trzody chlewnej), obrót przedubojowy i przetwórstwo. Opracowane standardy postępowania na każdym z tych etapów wpływają na końcową jakość produktu i gwarantują uzyskanie mięsa wieprzowego o szczególnej, wysokiej jakości, w sposób naturalny, bez poprawiania jego walorów w końcowej fazie produkcji. Mięso wyprodukowane w Systemie PQS charakteryzuje się szeregiem korzystnych parametrów (m.in. barwą, pH, IMF czy wodochłonnością), które zwiększają jego trwałość, przydatność kulinarną i przetwórczą oraz smakowitość i atrakcyjność dla konsumentów. Produkcja w Systemie odbywa się z poszanowaniem zasad dobrostanu i ochrony środowiska naturalnego.

Ważną rolę w produkcji żywca zaczynają odgrywać przepisy, które wydawane są zarówno przez Unię Europejską, jak i u nas w kraju. Określają one warunki wychowu zwierząt z uwzględnieniem zasad dobrostanu. Obejmują także zasady związane z opieką weterynaryjną, obrotem żywcem, wskazując na warunki transportu, czas jego trwania oraz wymagania w stosunku do środków transportu



i zagęszczenia w nich zwierząt. Przepisy te są coraz bardziej rozbudowywane i dotyczą coraz to nowych obszarów związanych z produkcją zwierzęcą. Ich przestrzeganie egzekwowane przez różne służby agencji rolnej czy organa weterynaryjne może przynieść poprawę w jakości żywca, co z kolei powinno znaleźć odzwierciedlenie w jakości mięsa.

Odpowiednie postępowanie może sprzyjać lepszemu wykorzystaniu mięsa, zwiększając paletę nowych produktów o prozdrowotnym charakterze i o mniejszym stopniu chemizacji. Działania te będą więc korzystne zarówno dla zakładu, jak i konsumenta otrzymującego mięso oraz jego przetwory o najwyższej jakości.

3.3. Podsumowanie

Mięso jest ważnym składnikiem diety człowieka, bogatym w wiele związków odżywczych o właściwościach prozdrowotnych. Wieprzowina, jeśli rozpatruje się mięso pochodzące z chudych elementów, stanowi równie cenne źródło składników odżywczych w porównaniu z innymi gatunkami mięs czerwonych (np. wołowiną), jak i określonych jako „białe” (np. mięso z kurcząt). Doskonalenie produkcji mięsa świń, przy rozwoju nauk żywieniowych, może pozwolić nam w przyszłości na bardziej precyzyjne kształtowanie naszej diety, uwzględniając wszelkie za- i kontrargumenty związane ze spożywaniem mięsa i/lub określonych jego składników, gwarantując nam prawidłowy rozwój i zachowanie zdrowia, stosownie do naszych zadań i aktywności życiowej.





4.

Opracowanie wyników badań laboratoryjnych

4.1. Metodyka badań

Badaniami objęto 120 tusz wieprzowych pochodzących od świń mieszańców ras wbp x pbz, o znanym i udokumentowanym pochodzeniu, wyprodukowanych zgodnie z założeniami Krajowego Programu Hodowlanego i według planowanych kojarzeń. Świnie utrzymywano w Gospodarstwie Rolno-Hodowlanym we Wroniu k. Wąbrzeźna, w woj. kujawsko-pomorskim w jednakowych warunkach środowiskowych gwarantujących odpowiedni poziom dobrostanu, zgodny z wymogami *Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 lutego 2010 r. w sprawie wymagań i sposobu postępowania przy utrzymywaniu gatunków zwierząt gospodarskich, dla których normy ochrony zostały określone w przepisach Unii Europejskiej* (Dz. U. Nr 56 poz. 344 z późn. zm.). W całym okresie tuczu stosowano jednakowe żywienie paszą pełnoporcjową zapewniającą pełne pokrycie zapotrzebowania na składniki pokarmowe i energię.

Uboje przeprowadzono w okresie od stycznia 2013 r. do kwietnia 2013 r. w Zakładzie Mięsnym Olewnik w Sierpcu w woj. mazowieckim. Podstawowe badania przeprowadzono w ww. zakładzie oraz w Zakładzie Mięsnym Olewnik-Bis w Świerczynku k. Drobiną, również w woj. mazowieckim. Masę tusz ustalono na podstawie pomiarów dokonywanych za pomocą wagi umieszczonej na linii ubojowej, 45 min po rozpoczęciu czynności ubojowych. W tym samym czasie określono procentową zawartość mięsa w tuszy przy wykorzystaniu aparatu UltraFom 300. Na linii ubojowej określono stopień zakwaszenia (pH_{45}) oraz przewodność elektryczną tkanki mięśniowej (LF_{45}). Pomiary powtórzono po 24 godzinach od chwili uboju.

Na wychłodzonych tuszach dokonano pomiaru grubości tkanki tłuszczowej za pomocą suwmiarki.

W Zakładzie Mięsnym Olewnik-Bis pobrano również materiał do dalszych analiz od zwierząt sklasyfikowanych do 3 klas mięsności, tj. S, E i U wg klasyfikacji EUROP (*Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1308/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. ustanawiające wspólną organizację rynków produktów rolnych oraz uchylające Rozporządzenie Rady (EWG) nr 922/72, (EWG) nr 234/79, (WE) nr 1037/2001 i (WE) nr 1234/2007*). Dla każdej klasy pobrano próby od 40 sztuk z następujących elementów: boczek bez kości, karkówka, łopatka, schab z kością, szynka, żeberka, schab (mięsień najdłuższy grzbietu) bez kości, tkanki łącznej i tłuszczowej okalającej mięsień w celu określenia w każdym z wyrębów zawartości: podstawowych składników chemicznych, składników mine-

ralnych, cholesterolu, witamin B, A i E oraz kwasów tłuszczowych. Metodyka ww. badań została określona w dalszej części pracy – przy omawianiu poszczególnych wyników. Na podstawie wyników badań dokonano obliczenia kaloryczności poszczególnych elementów, zgodnie z przelicznikami zalecanymi przez FAO (1971).

W Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, Oddział Technologii Mięsa i Tłuszczu w Poznaniu przeprowadzono ocenę sensoryczną gotowanego schabu oraz siłę cięcia, wodochłonność i parametry barwy. Metodyka ww. analiz została określona przy omawianiu poszczególnych wyników.

Uzyskane wyniki porównane zostały z amerykańskimi normami USDA (2013) oraz z krajowymi danymi literaturowymi z lat 90. (Łoś-Kuczera i in., 1990) i nowszymi (Kunachowicz i in., 2011), które są powszechnie przytaczane, a na ich podstawie budowana jest hipoteza o szkodliwym wpływie konsumpcji mięsa wieprzowego na zdrowie ludzi. Niniejsze opracowanie ma na celu wykazanie, że wartości charakteryzujące wieprzowinę prezentowane w literaturze krajowej są już nieaktualne, bowiem w wyniku intensywnej pracy hodowlanej zdecydowanie zmniejszyło się odfuszczenie tusz wieprzowych i wzrosła w nich zawartość chudego mięsa, a to sprawia że mięso wieprzowe jest nieślusnie traktowane jako zbyt tłuste i niezdrowe w diecie człowieka.



4.2. Ocena użytkowości rzeźnej i jakość mięsa

Tabela 1. Wartość rzeźna badanych tuczników w zależności od klasy mięsności

Wyszczególnienie		Klasa mięsności			Razem/Średnio
		S	E	U	
Udział danej klasy mięsności w populacji badanych świń		19,2	53,1	27,7	100,0
Masa tuszy, kg	Śr.	92,6 ^U	91,8 ^U	98,8 ^{S,E}	93,9
	SD	6,67	6,89	8,44	7,87
Mięsność, %	Śr.	60,9 ^{E,U}	57,8 ^{S,U}	53,1 ^{S,E}	57,1
	SD	0,70	1,38	1,36	3,01
Grubość słoniny w punkcie KIII, mm	Śr.	12,5 ^U	15,6 ^U	23,4 ^{S,E}	17,2
	SD	3,86	4,71	5,81	6,35
Grubość słoniny w punkcie KII, mm	Śr.	9,2 ^U	11,6 ^U	18,8 ^{S,E}	13,1
	SD	2,90	4,20	3,90	5,33
Grubość słoniny w punkcie KI, mm	Śr.	16,4 ^U	18,8 ^U	28,5 ^{S,E}	21,0
	SD	4,54	5,47	5,04	7,00
Grubość mięśni pośladkowych, mm	Śr.	76,6 ^{E,U}	72,4 ^S	70,6 ^S	72,7
	SD	5,14	5,27	7,41	6,22
Grubość słoniny na grzbiecie, mm	Śr.	16,3 ^U	18,3 ^U	24,9 ^{S,E}	19,8
	SD	4,60	4,56	3,80	5,44
Grubość słoniny nad topatką, mm	Śr.	34,0 ^U	38,2 ^U	44,5 ^{S,E}	39,1
	SD	5,50	5,45	10,05	7,90
Średnia grubość słoniny z 5 pomiarów, mm	Śr.	17,7 ^U	20,5 ^U	28,0 ^{S,E}	22,0
	SD	3,49	4,08	4,01	5,52

S, E, U – różnice wysoko istotne statystycznie ($P \leq 0,01$)

Średnia masa tusz w doświadczeniu wynosiła 93,9 kg (tab. 1) i była większa o 3,9 kg od średniej krajowej z 2012 roku (ZSRIR). Zaobserwowano statystycznie wysoko istotne różnice pomiędzy klasami. Świnie z najbardziej tłustej klasy U były wyraźnie cięższe od pozostałych zwierząt. Tendencja ta była obserwowana również przez wielu innych autorów (Daszkiewicz i Wajda, 2002 i 2004; Rybarczyk, 2008; Litwińczuk i in., 2005).

Średnia mięśność tuczników w doświadczeniu wynosiła 57,1% i była większa o 0,5 pp. od średniej krajowej publikowanej w Zintegrowanym Systemie Rolniczej Informacji Rynkowej (ZSRIR) z roku 2012. Przyczyną takiego stanu był zwiększony udział klas S i U w badanej populacji. W porównaniu ze średnią krajową z 2012 roku (ZSRIR) udział klasy S był większy o 3,4 pp., a klasy U o 5,2 pp. Udział tuczników klasy E w niniejszym doświadczeniu był mniejszy o 4 pp. od wielkości wyznaczonej dla populacji masowej (ZSRIR, 2012).

Pomiary grubości stoniny są wskaźnikiem bardzo silnie skorelowanym z mięśnością, dlatego też w doświadczeniu odnotowano statystycznie wysoko istotne różnice we wszystkich punktach pomiarowych stoniny w poszczególnych klasach. Tuczniki z klasy U posiadały wyraźnie grubszą stoninę w porównaniu z pozostałymi zwierzętami. Różnice pomiędzy klasą S i E są zauważalne, ale nieistotne statystycznie. Grubość mięśni pośladkowych, czyli odległość od dogłowej części mięśnia *gluteus medius* do kanału rdzenia kręgowego, wykorzystywana jako wskaźnik przy ocenie umięśnienia metodą ZP, również wykazuje statystycznie wysoko istotne różnice pomiędzy klasami. W badaniach Strzeleckiego i in. (2008) przy mięśności tuczników 54,9% grubość stoniny punkcie KII była o 3,5 mm większa i wynosiła 16,6 mm, na grzbiecie była większa o 3,4 mm (23,2), a na łopatce mniejsza o 0,7 mm (38,4). Natomiast Grześkowiak i in. (2010) dla świń o mięśności 56,3% uzyskali grubość stoniny nieznacznie większą: dla punktu KII – 14,6 mm; grzbiecie 26,6 mm, a łopatki – 36,1 mm. Średnia grubość stoniny z 5 pomiarów była większa od uzyskanej w niniejszym badaniu o 0,7 mm.

Dwoma podstawowymi wskaźnikami określającymi jakość mięsa w tuszach jest pH oraz przewodność elektryczna. W doświadczeniu użyto pehametru firmy Sydel z elektrodą sztyletową Metler Toledo oraz konduktometru LF-Star. Badania prowadzono na linii ubojowej ok. 45 minut po oszołomieniu zwierząt oraz po wychłodzeniu tuszy, przed przystąpieniem do czynności rozbiorowych w zakładzie (ok. 24 godziny po uboju).

Tabela 2.

Średnie wartości pH i przewodności elektrycznej badanych tusz w zależności od klasy mięsności

Badana cecha		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
pH _{45min}	Śr.	6,56	6,69	6,63	6,65
	SD	0,276	0,266	0,204	0,256
Przewodność elektryczna 45min, mS/cm	Śr.	3,6	3,7	3,6	3,6
	SD	0,48	0,50	0,57	0,51
pH _{24h}	Śr.	5,82	5,87	5,82	5,85
	SD	0,134	0,133	0,106	0,128
Przewodność elektryczna 24 h, mS/cm	Śr.	3,6	3,8	3,4	3,6
	SD	0,73	1,17	0,73	1,00

Uzyskane wyniki wskazują, że świnię charakteryzowały się bardzo dobrą jakością mięsa. Biorąc pod uwagę wartość pH i przewodności elektrycznej, można stwierdzić, że surowiec ocenianych w doświadczeniu tusz spełniał kryteria mięsa normalnego (Pospiech i in., 2011). W żadnym przypadku nie stwierdzono wad mięsa PSE, ASE oraz DFD. W populacji masowej częstotliwość występowania takich wad wynosiła w 2010 roku w przypadku mięsa PSE – 4,6%, a DFD – 2% (Praca zbiorowa pod redakcją T. Blicharskiego i A. Hammermeister, 2013).

Jakość mięsa jest kształtowana również przez zespół czynników sensorycznych. Smakowitość mięsa jest cechą sensoryczną, na którą składają się odczucia smakowe i zapachowe. Podczas oceny sensorycznej zwraca się często uwagę także na inne wrażenia czuciowe, m.in. konsystencję, temperaturę i kwasowość (Kończak, 2007). Ocena sensoryczną gotowanego schabu przeprowadzono w skali 1 – 5 pkt, określając zapach, soczystość, kruchość i smakowitość. Ocena barwy prowadzono, stosując skalę od 1 do 5 pkt (1 pkt – barwa jasnoczerwona, 5 pkt – ciemnoczerwona), a marmurkowatość – stopień przetłuszczenia mięśnia – określono według wzorców kanadyjskich i amerykańskich, wykorzystując skalę od 1 do 4 pkt (1 pkt – nieznaczne przetłuszczenie, 4 pkt – silne przetłuszczenie).

Tabela 3.

Ocena sensoryczna mięsa gotowanego (schabu) badanych tuczników w zależności od klasy mięsności, pkt

Badana cecha		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
Zapach	Śr.	4,49	4,44	4,52	4,48
	SD	0,136	0,187	0,175	0,177
Kruchość	Śr.	4,19	4,13	4,24	4,17
	SD	0,352	0,311	0,320	0,323
Soczystość	Śr.	4,08 ^U	4,16 ^U	4,35 ^{S,E}	4,19
	SD	0,365	0,245	0,239	0,287
Smakowitość	Śr.	4,32	4,30	4,41	4,33
	SD	0,222	0,248	0,205	0,235
Barwa	Śr.	2,63	2,60	2,70	2,63
	SD	0,414	0,332	0,399	0,368
Marmurkowość	Śr.	2,17	2,39	2,46	2,37
	SD	0,616	0,542	0,622	0,585

S, E, U – różnice wysoko istotne statystycznie ($P \leq 0,01$)

Średnia ocena sensoryczna, za wyjątkiem soczystości, nie różniła się istotnie statystycznie między poszczególnymi klasami (tab. 3). Należy jednak dodać, że dla każdego parametru klasa U cechowała się największymi wartościami. Szczególnie jest to widoczne w przypadku soczystości, gdzie uzyskane różnice były statystycznie wysoko istotne. Spowodowane jest to prawdopodobnie tym, że zawartość mięsa w tuszy jest ujemnie skorelowana z zawartością tłuszczu śródmięśniowego, co niewątpliwie wpływa na jakość sensoryczną mięsa. Wrażenia soczystości, kruchości, smakowitości i zapachu wykazywały tendencję do pogarszania w miarę wzrostu procentowej zawartości mięsa w tuszy. Podobne wyniki uzyskała Czarniecka-Skubina i in. (2007) oraz Jaworska i in. (2007), którzy dowiedli, że ocena sensoryczna mięsa gotowanego wykazała statystycznie istotnie większą smakowitość mięsa najbardziej przetłuszczonego oraz jego najwyższą ocenę pod względem zapachu i barwy.

Cechy fizyczne mięsa zostały przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4. Cechy fizyczne mięsa badanych tuczników w zależności od klasy mięsności

Badana cecha		Klasa mięsności			Średnio
		S	E	U	
Siła cięcia, N	Śr.	135,1 ^u	116,9	102,9 ^s	116,7
	SD	33,05	31,83	32,29	33,78
Wodochłonność (WHC), %	Śr.	35,2	34,3	34,4	34,5
	SD	2,24	2,65	2,26	2,47
L*	Śr.	47,5	47,5	46,7	47,3
	SD	1,60	2,94	2,79	2,68
a*	Śr.	5,6	5,3 ^u	5,8 ^e	5,5
	SD	1,21	0,94	0,87	1,00
b*	Śr.	1,5	1,3	1,5	1,4
	SD	0,75	1,06	0,76	0,93

S, E, U – różnice wysoko istotne statystycznie ($P \leq 0,01$)
s, e, u – różnice istotne statystycznie ($P \leq 0,05$)

Pomiar siły cięcia gotowanego mięsa wykonano za pomocą urządzenia ZWICK Roell ZO.5 z przystawką Warner-Bratzlera. Wodochłonność (WHC) mięsa oznaczano metodą bibułową wg Graua i Hamma (1952). Pomiaru barwy mięsa dokonano za pomocą aparatu Minolta Matters CR 400, wyznaczając parametry składowe barwy w systemie L*a*b*. Zaobserwowano wysoko istotne statystycznie różnice pomiędzy klasami tylko dla siły cięcia ($P \leq 0,01$) oraz istotne statystycznie dla składowej barwy czerwonej ($P \leq 0,05$) (wartości dodatnie). Wyniki z pomiarów siły cięcia potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia dotyczące kruchości sensorycznej oznaczonej w niniejszym doświadczeniu.

Ilość niutonów potrzebna do przecięcia walca mięsa o średnicy 1 cala była najmniejsza dla klasy U, a największa dla najbardziej mięsnej klasy S. Wartości te są większe od uzyskanych w doświadczeniu Lisiaka i in. (2013), gdzie siła cięcia wahała się w zakresie od 86 N do 103 N.

Barwa i wodochłonność mięsa badanych tusz charakteryzowały się przeciętnymi wartościami, często spotykanymi przy ocenie wieprzowiny normalnej jako-

ści. Lisiak i in. (2013) w swych badaniach uzyskali wartości jasności barwy L* w zakresie od 43,4 do 44,9 w zależności od badanej grupy. Natomiast Szulc i in. (2012) oraz Grześkowiak i in. (2009) w badaniach nad świnia złotnicką uzyskali wartości L* odpowiednio 46,4 i 48,0. Wodochłonność, czyli zdolność mięsa do utrzymania wody, wskazuje na przydatność mięsa do przerobu. W doświadczeniu osiągnęła ona wartość 34,5%, przy czym nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupami. Jest to wartość podobna do wyników uzyskanych przez Borzutę i in. (2007) – 35,0 – 36,4, którzy badali jakość mięsa mieszańców czterorasowych. W badaniach prowadzonych przez Szulc i in. (2012) WHC osiągnęła wartość 32,6%, a w pracy Grześkowiak i in. (2007) – 32,7%.

4.3. Skład chemiczny

Analizę składu fizykochemicznego wykonano zgodnie z procedurą badawczą obowiązującą w Laboratorium Jakości Surowców i Produktów Pochodzenia Zwierzęcego oraz Pasz Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu, z wykorzystaniem spektrometru bliskiej podczerwieni FT-NIR i zwalidowanych kalibracji. Wszystkie parametry składu fizykochemicznego, tj.: woda (water), tłuszcz (fat), białko (protein), popiół (ash) oraz kolagen (connective tissue protein) wykonano w tych samych warunkach środowiskowych, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 7218:2008 *Mikrobiologia żywności i pasz. Wymagania ogólne i zasady badań mikrobiologicznych*.

Parametry składu fizykochemicznego wykonano dla poszczególnych wyrębów, tj. boczku, żeberka, łopatki, karkówki, szynki, schabu bez omięsnej (mięsień *Longissimus dorsi*) oraz schabu z omięsnią.

Uzyskane w doświadczeniu wyniki charakteryzujące badane mięso wieprzowe pod względem podstawowego składu przedstawiono w tabelach 1 – 7 oraz na wykresach 1 – 7. Wykresy opisują procentową zmianę badanego parametru (dla wszystkich analizowanych wyrębów tuszy) pomiędzy poszczególnymi klasami mięsności, tj. S, E i U. Dla badanych cech przedstawiono różnice między wynikami właściwymi dla klas S wobec E (S/E), U wobec E (U/E) oraz U wobec S (U/S), przyjmując za poziom wyjściowy 100%. Wszystkie odchylenia poniżej lub powyżej 100% świadczą o procentowych zmianach danego parametru w obrębie porównywanych grup mięsności. W przypadku, gdy różnicy nie wykazano, słupek ma wysokość 100%.

Tabela 1. Skład podstawowy **boczku** w zależności od klasy mięsności (Śr. ± SD)

Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIĄŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	55,25	25,53	15,04	0,52	2,45
	± SD	6,49	8,08	2,21	0,27	0,39
E	Śr.	55,13	25,59	15,08	0,46	2,45
	± SD	6,44	7,91	1,83	0,23	0,43
U	Śr.	45,87	37,18	12,54	0,32	2,85
	± SD	7,23	9,21	1,91	0,19	0,39

Tabela 2. Skład podstawowy **żeberek** w zależności od klasy mięsności (Śr. ± SD)

Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIĄŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	58,46	23,27	14,91	0,60	2,08
	± SD	4,37	5,58	1,42	0,19	0,27
E	Śr.	54,87	28,13	13,88	0,54	2,62
	± SD	4,77	6,33	1,34	0,25	2,77
U	Śr.	50,69	33,12	13,11	0,40	2,32
	± SD	5,34	6,54	1,06	0,20	0,23

Tabela 3.Skład podstawowy **topatki** w zależności od klasy mięsności (Śr. ± SD)

Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIAŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	71,19	7,07	19,09	1,20	1,35
	± SD	2,66	3,25	3,01	0,12	0,28
E	Śr.	71,85	6,34	19,87	1,18	1,34
	± SD	2,99	3,56	1,41	0,13	0,28
U	Śr.	69,60	9,09	18,90	1,12	1,50
	± SD	3,76	4,68	1,68	0,13	0,29

Tabela 4.Skład podstawowy **karkówki** w zależności od klasy mięsności (Śr. ± SD)

Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIAŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	64,75	15,35	16,60	0,81	1,88
	± SD	3,95	4,88	1,74	0,17	0,33
E	Śr.	63,79	16,90	15,74	0,87	1,98
	± SD	3,45	4,40	1,33	0,63	0,23
U	Śr.	63,25	17,18	16,19	0,75	2,03
	± SD	3,68	4,58	1,63	0,20	0,31

Tabela 5. Skład podstawowy **szynki** w zależności od klasy mięsności (Śr. ± SD)

Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIAŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	73,63	3,30	21,92	1,25	1,00
	± SD	1,58	1,95	1,07	0,10	0,26
E	Śr.	73,86	3,02	22,16	1,27	1,01
	± SD	1,32	1,43	0,93	0,08	0,22
U	Śr.	73,28	3,60	22,03	1,26	1,01
	± SD	1,22	1,47	0,84	0,06	0,19

Tabela 6. Skład podstawowy **schabu bez omięsnej** w zależności od klasy mięsności (Śr. ± SD)

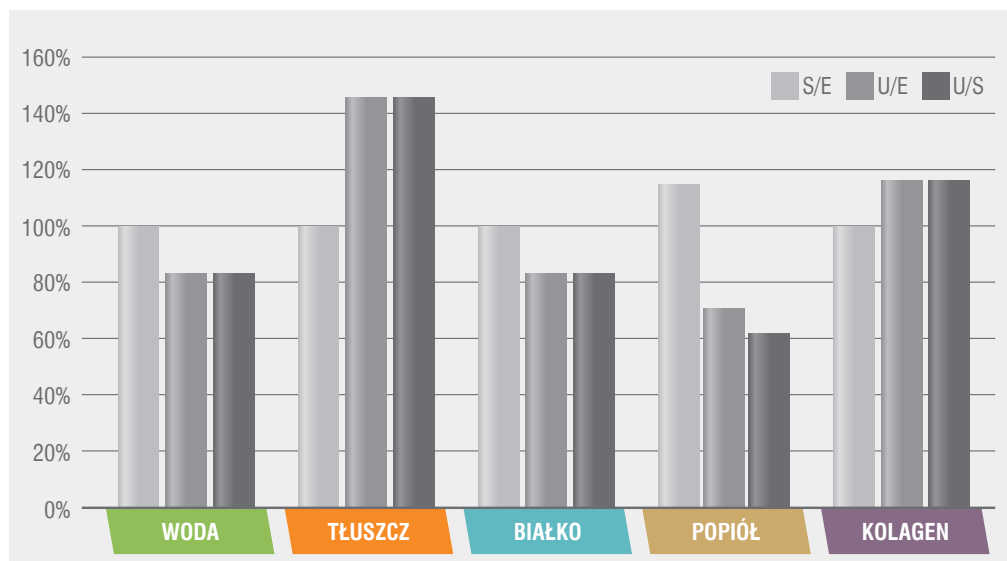
Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIAŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	73,08	1,72	23,38	1,30	0,98
	± SD	2,39	0,58	1,38	0,10	0,38
E	Śr.	72,25	1,92	22,54	1,25	1,05
	± SD	2,68	0,56	1,31	0,09	0,29
U	Śr.	72,52	2,13	23,05	1,28	0,96
	± SD	2,36	0,39	1,28	0,12	0,31

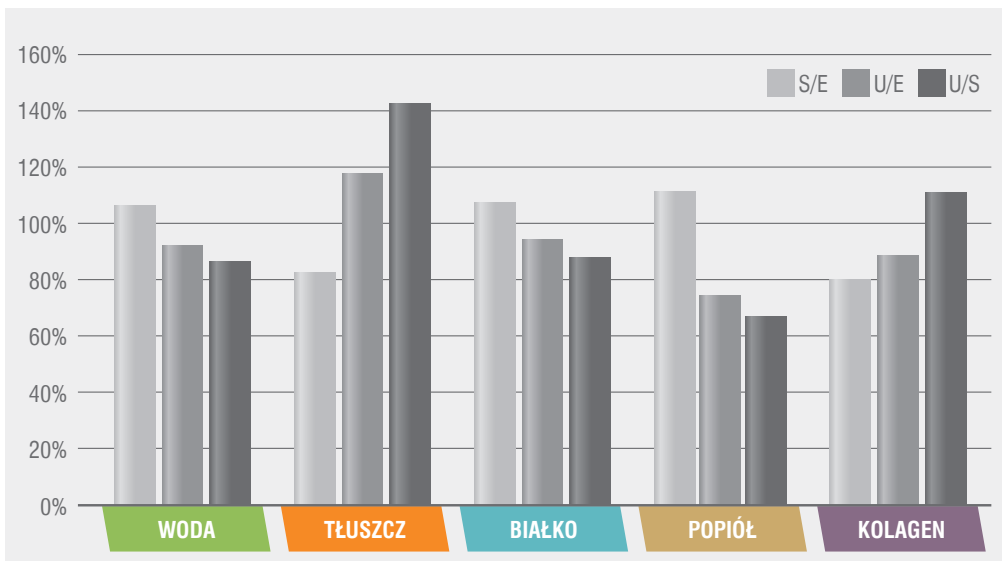
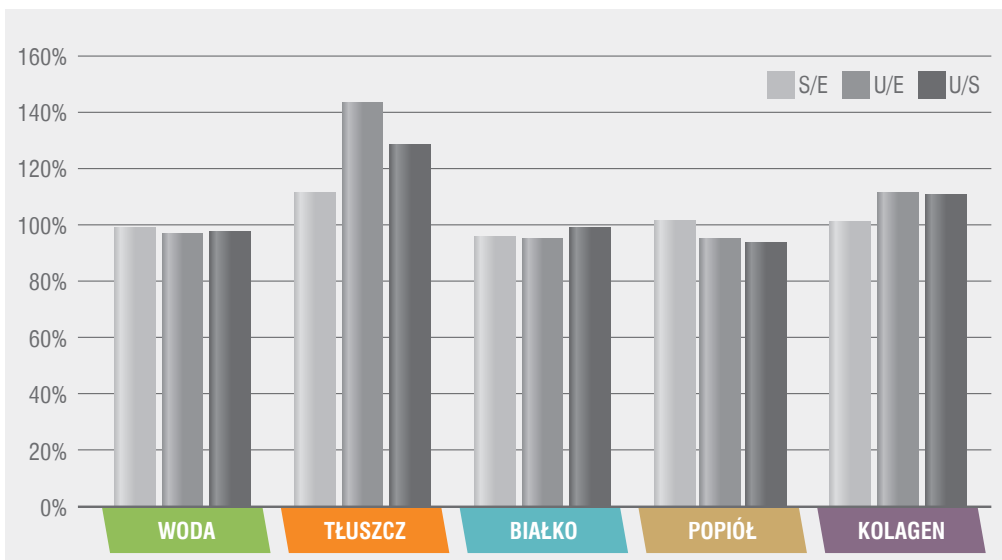
Tabela 7.

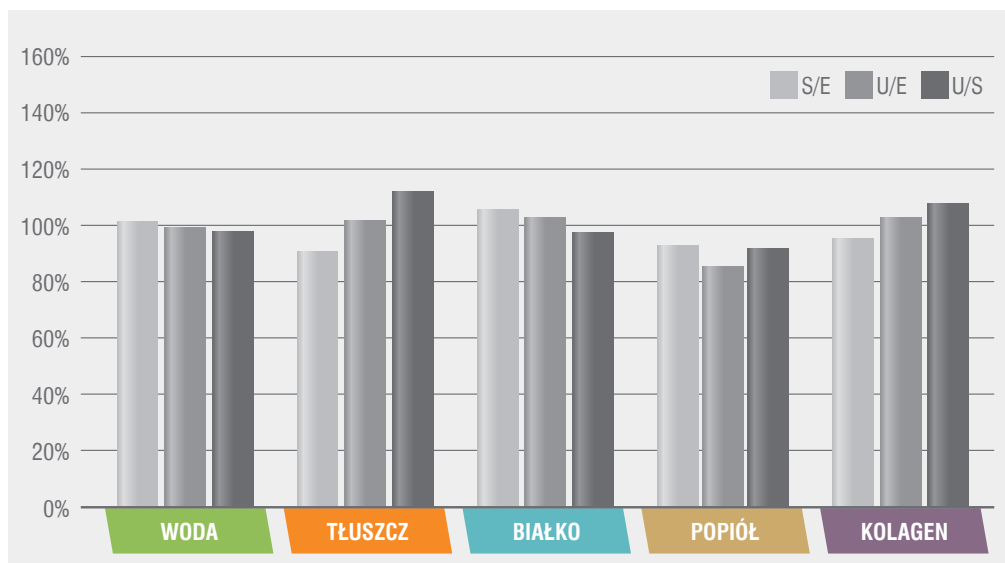
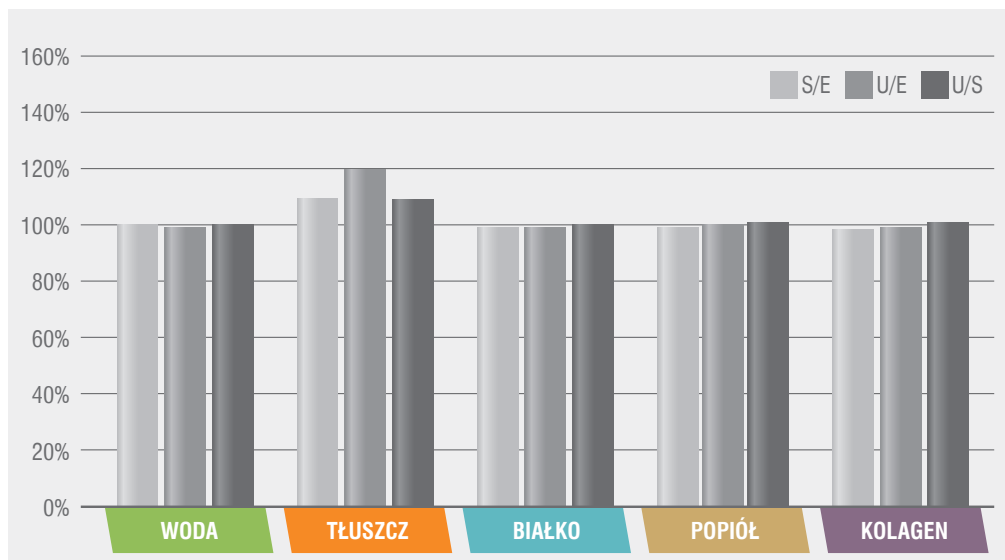
Skład podstawowy **schabu z omięsną** w zależności od klasy mięsności (Śr. \pm SD)

Klasa mięsności		Parametry fizykochemiczne wyrażone w %				
		WODA (Water)	TŁUSZCZ (Fat)	BIAŁKO (Protein)	POPIÓŁ (Ash)	KOLAGEN (Connective tissue protein)
S	Śr.	70,32	6,38	21,91	1,23	1,27
	\pm SD	3,44	4,61	2,40	0,19	0,41
E	Śr.	68,23	8,74	20,69	1,07	1,36
	\pm SD	2,81	3,83	2,17	0,15	0,38
U	Śr.	69,24	7,97	20,99	1,18	1,29
	\pm SD	2,95	3,85	1,61	0,19	0,35

Wykres 1.

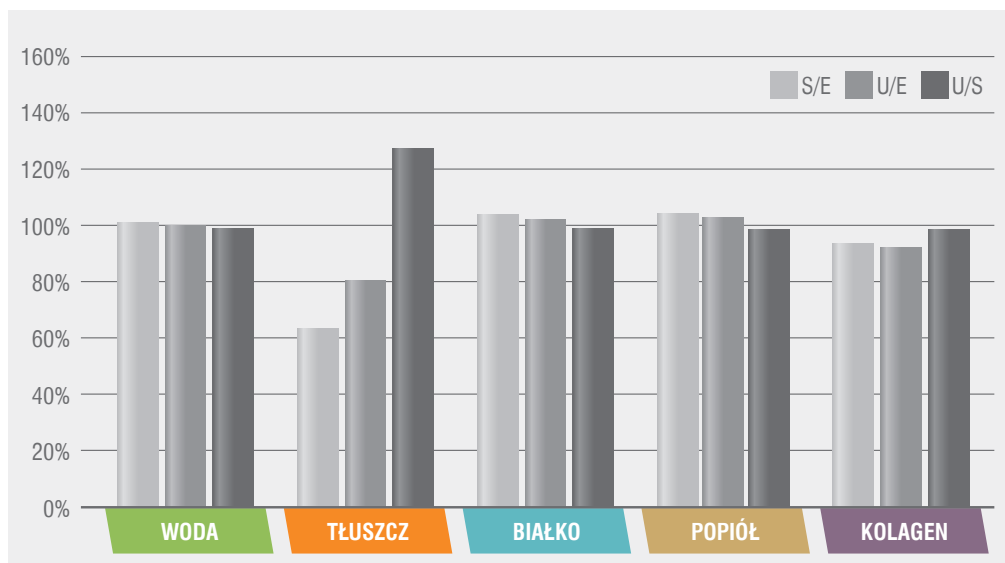
Procentowa zmiana składu podstawowego **boczku** w zależności od klasy mięsności

Wykres 2.Procentowa zmiana składu podstawowego **żeberek** w zależności od klasy mięsności**Wykres 3.**Procentowa zmiana składu podstawowego **łopatki** w zależności od klasy mięsności

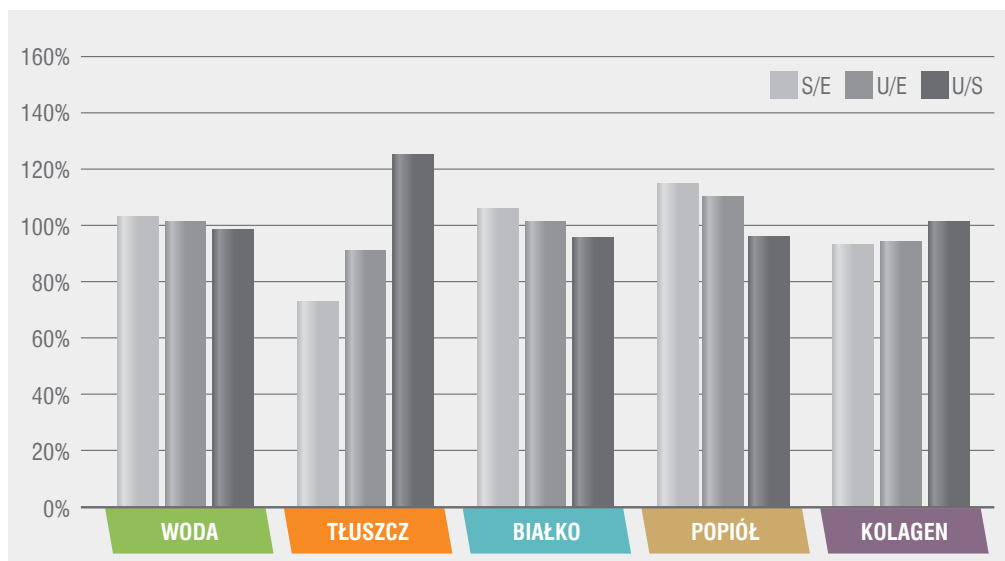
Wykres 4.Procentowa zmiana składu podstawowego **karkówki** w zależności od klasy mięsności**Wykres 5.**Procentowa zmiana składu podstawowego **szynki** w zależności od klasy mięsności

Wykres 6.

Procentowa zmiana składu podstawowego **schabu bez oміęsnej** w zależności od klasy mięsności

**Wykres 7.**

Procentowa zmiana składu podstawowego **schabu z oміęsną** w zależności od klasy mięsności



Analizując skład podstawowy poszczególnych wyrębów, stwierdzono różnice w kształtowaniu się jego składników w zależności od klasy mięsności, ale również wykazano duże różnice osobnicze.

Zawartość procentowa wody jest dominującym składnikiem powiązany ściśle z innymi składnikami, w tym szczególnie z białkami.

Najmniejszą zawartość wody w poszczególnych wyrębach stwierdzono w boczku dla klasy mięsności U, tj. 45,87% (tab. 1). Największą natomiast stwierdzono w szynce dla klasy mięsności E 73,86% (tab. 5). Po przeprowadzeniu analizy statystycznej nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości wody w mięsie dla poszczególnych wyrębów w podziale na klasy mięsności S, E i U. Zawartość tego składnika w boczku, w zależności od klasy mięsności, była największa w klasie S, a najmniejsza w klasie U, odpowiednio 55,25% i 45,87%. W związku z dużymi różnicami osobniczymi nie potwierdzono statystycznie różnic pomiędzy badanymi klasami mięsności, pomimo różnicy dochodzącej do 18% pomiędzy osobnikami klas U/S i U/E (wykres 1).

Podobne trendy jak dla zawartości wody w boczku wykazano dla żeberek (wykres 2), gdzie najmniejszą zawartość wykazano dla klasy U a największą dla klasy S, odpowiednio 50,69% i 58,46%. Mimo występowania różnic pomiędzy poszczególnymi klasami mięsności nie potwierdzono ich statystycznie.

W zależności od klas mięsności procentowa zawartość wody była stabilna i nie wykazywała różnic dla pozostałych wyrębów, tj. łopatki (około 70%), karkówki (64%), szynki (73%) oraz schabu bez omięsnej (73%) i schabu z omięsną (69%) (wykres 3 – 7).

Wcześniejsze badania wykazały, że zawartość procentowa wody podlega największym wahaniom (Kołożyn-Krajewska i Sikora, 2004).

Badania Litwińczuka i in. (2005) wykazały, że mięso z tusz pochodzących z różnych klas handlowych wykazywało statystycznie istotne różnice w składzie chemicznym. Mięso pochodzące z mięśnia najdłuższego grzbietu tusz zakwalifikowanych do klas E i U odznaczało się najmniejszą zawartością suchej masy wynoszącą średnio 26,47 i 26,45% w porównaniu z tuszami z klas o mniejszej mięsności (R – 26,90%, O – 26,87% i P – 27,53%).

Zgodnie z oczekiwaniami, średnia zawartość tłuszczu w poszczególnych wyrębach różniła się istotnie od 1,72% w schabie bez omięsnej do 37,18% w boczku (tab. 1 – 7). Wykazano również różnice w zależności od klasy mięsności w poszczególnych wyrębach. Stwierdzono, że największa procentowa zawartość tłuszczu wystąpiła w klasie mięsności U dla boczku i wynosiła 37,18% (tab. 1). Pomimo wyraźnych zmian osobniczych w procentowej zawartości tego parametru wartości odżywczej mięsa, można także stwierdzić, iż u zwierząt zaliczanych do klasy mięsności S i E, zawartość tłuszczu w boczku była znacząco mniejsza i wynosiła odpowied-

nio 25,53% i 25,59% (wykres 1). Podobną tendencję stwierdzono dla żeberek (wykres 2) oraz łopatki (wykres 3), gdzie klasa mięsności U charakteryzowała się największą średnią zawartością tłuszczu, odpowiednio 33,12% (tab. 2) i 9,09% (tab. 3). W zależności od klasy mięsności, najmniejszą zawartością tłuszczu – średnio 23%, charakteryzowały się żeberka klasy S (tab. 2).

W łopatce (tab. 3) podobnie jak w poprzednich wyrębach, największa zawartość procentowa tłuszczu charakteryzowała zwierzęta zaliczone do klasy U (9%). Mniejsze zawartości procentowe tłuszczu w tym wyrębie stwierdzono u zwierząt zaliczonych do klasy E (6,34%) oraz S (7,07%).

Średnia zawartość procentowa tłuszczu dla karkówki była wyrównana pomiędzy poszczególnymi klasami mięsności S, E, U (wykres 4) i wynosiła 15,35%, 16,90% oraz 17,18% (tab. 4). Podobnie jak uprzednio wykazano duże zróżnicowanie w obrębie badanych zwierząt.

Szynka charakteryzowała się średnią zawartością procentową tłuszczu od 3,02% do 3,60% dla poszczególnych klas mięsności (tab. 5). W zależności od klasy mięsności S, E, U średnia zawartość tłuszczu w schabie bez omięsnej wynosiła odpowiednio 1,72%, 1,92% i 2,13% (tab. 6). Pomimo stwierdzenia zmian w średniej zawartości tłuszczu w zależności od klasy mięsności, statystycznie nie została potwierdzona ze względu na duże zróżnicowanie poszczególnych osobników. Podobną tendencję jak dla schabu bez omięsnej (wykres 6) w zawartości procentowej tłuszczu wykazano dla schabu z omięsną (wykres 7) i wynosiła ona 6,38%; 8,74% oraz 7,97% (tab. 7).

We wcześniejszych badaniach wykazano, że mięsień najdłuższy grzbietu pozyskany z tusz zakwalifikowanych do najniższej klasy (EUROP) zawierał więcej tłuszczu (4,19%) w stosunku do mięsa tuczników z pozostałych klas (2,35 – 2,80%). Litwińczuk i in. (2002) wykazali, że mięsień najdłuższy grzbietu charakteryzował się procentową zawartością tłuszczu od 2,85% w klasie E do 3,60% w klasie P, natomiast dla mięśnia czterogłowego uda od 1,70% do 3,00%, odpowiednio dla klasy E i P.

Wykazano, że zawartość tłuszczu jest odwrotnie proporcjonalna do zawartości wody. Może to wpływać na zmiany w poziomie kwasów tłuszczowych oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach oraz w wodzie.

Średnia zawartość procentowa białka różniła się w zależności od wyrębu mięsa wieprzowego. Najmniejszą zawartość wykazywał boczek oraz żeberka (tab. 1 – 2), średnio około 14%. Największą natomiast zawartość procentową białka stwierdzono w schabie bez omięsnej, około 23% (tab. 6).

Zawartość procentowa białka, podobnie jak i wyżej opisywane parametry, tj. zawartość procentowa tłuszczu oraz wody wykazywała dużą zmienność osobniczą.

Analizując wyniki pod względem klasy mięsności dla poszczególnych wyrębów, nie stwierdzono istotnych różnic w zawartość procentowej białka (wykres 1 – 7).

Procentowa zawartość białka jest jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących wartość odżywczą mięsa wieprzowego. Zwierzęta posiadające 50% zawartości mięsa w tuszy (według klasyfikacji EUROP) wykazują zbliżoną średnią zawartość procentową białka w poszczególnych wyrębach. Mięso wieprzowe tych klas ma zatem wysoką wartość odżywczą, gdyż charakteryzuje go duża zawartość ilościowa i jakościowa cennych białek, co sprawia, że trudno jest je zastąpić innym pokarmem, chcąc zachować prawidłową dietę.

Analizując dane, pod względem średniej zawartości procentowej białka oraz wody, potwierdzono zależność tych dwóch parametrów. Wcześniejsze badania wykazały, iż wodę w mięśniach utrzymują białka a zdolność hydratacji jest jednym z najważniejszych parametrów technologicznych (Tyszkiewicz i in., 2008). Ze względu na rodzaj sił utrzymujących wodę w mięsie można ją zróżnicować na hydratacyjną i strukturalną.

Inne badania wykazują, że zdolność wiązania wody zależy ściśle od budowy histologicznej mięsa. Włókna o większej średnicy gorzej utrzymują wodę. Natomiast na grubość włókien mięśniowych wpływa wiele czynników, między innymi płeć, gatunek, rasa. Największy jednak wpływ ma wiek i przyrost masy ciała (Sośnicki i Domański, 1983; Szymański i in., 2002). Badania Daszkiewicza i Wajdy (2002) wykazały, że wraz ze spadkiem mięsności istotnie zwiększała się zawartość suchej masy, jak również udział białka i tłuszczu.

Średnia zawartość składników mineralnych w postaci popiołu wykazywała istotne zróżnicowanie w zależności od poszczególnych wyrębów. Najmniejszą zawartość popiołu, odpowiednio 0,43% i 0,51%, dla badanych klas S, E, U wykazywały wyręby o największej zawartości tłuszczu, czyli boczki i żeberka (tab. 1 – 2). Największa średnia zawartość popiołu została stwierdzona dla schabu bez omięsnej oraz szynki, odpowiednio 1,28% i 1,26% (tab. 5 – 6).

Ze względu na klasyfikację mięsności tusz wieprzowych stwierdzono istotne różnice pomiędzy klasą U oraz klasami o największej mięsności, tj. S i E dla boczku oraz żeberka (wykres 1 – 2). Najmniejszą średnią zawartość popiołu stwierdzono dla klasy mięsności U, która była mniejsza od klasy S o 38% i 33%, odpowiednio dla boczku i żeberka (tab. 1 – 2). Podobny trend stwierdzono, porównując klasy mięsności U oraz E, gdzie odpowiednio wykazano spadek o 29% i 26% (wykres

1 – 2). Analizując wyniki zawartości procentowej popiołu dla pozostałych wyrębów, tj. łopatki, karkówki, szynki oraz dla dwóch rodzajów schabów bez i z omięsną (wykres 3 – 7), nie stwierdzono istotnych różnic w zależności od klasy mięsności tusz. Wcześniejsze badania Kortza i in. (2002) wykazały, że zawartość procentowa popiołu zmniejsza się w miarę spadku mięsności tusz wieprzowych. Wśród makroelementów i mikroelementów oddziałujących na procentową zawartość popiołu wpływ ma potas, fosfor, chlor, sód i magnez. Jednak z punktu widzenia wartości odżywczej najważniejszym pierwiastkiem w mięsie jest żelazo, ze względu na jego wysoką zawartość oraz na łatwość wchłaniania (Kortz i in., 2002).

Procentowa zawartość kolagenu w poszczególnych wyrębach wykazywała istotną zmienność. Stwierdzono, że największą średnią procentową zawartość kolagenu wykazywały wyręby o największej zawartości tłuszczu, tj. boczek oraz żeberka, odpowiednio 2,58% i 2,34% (tab. 1 – 2). Najmniejszą jego zawartość stwierdzono natomiast dla schabu bez omięsnej oraz szynki od 0,96% do 1,05% (tab. 5 – 6). W pozostałych wyrębach, tj. karkówce, łopatce i schabie z omięsną (tab. 3 – 4, 7) średnie zawartości kolagenu kształtowały się odpowiednio 1,96%, 1,40% i 1,30%. Nie stwierdzono istotnych różnic w zależności od klasy mięsności tusz. Stwierdzono natomiast trend wykazujący, że zawartość procentowa białka jest ujemnie skorelowana z zawartością kolagenu. Trend ten szczególnie uwidocznił się dla boczku (wykres 1), żeberka (wykres 2) oraz karkówki (wykres 4).

Kolagen uznawany jest za białko niepełnowartościowe ze względu na brak tryptofanu oraz małą zawartość aminokwasów siarkowych i aromatycznych, co wpływa na obniżenie wartości odżywczej mięsa. Pomimo, że w tkance mięśniowej jest niewiele kolagenu, ma on istotny wpływ na jakość mięsa, w tym szczególnie na jego kruchość (Janicki i Buzafa, 2013). Mięśnie zawierające dużą ilość tkanki łącznej, zbudowanej przede wszystkim z kolagenu i elastyny, wykazują na ogół większą twardość, tzn. mniejszą kruchość (Domaradzki i in., 2010). Najmniejsza zawartość kolagenu w najcenniejszych kulinarnie wyrębach, takich jak schab oraz szynka, potwierdza wcześniejsze badania Domaradzkiego i in. (2010) i Janickiego i Buzafy (2013). Wykazały one, iż wyręby te wykazują również większą wartość odżywczą. Badania Kotczaka (2008) wskazują, że wartość biologiczną i odżywczą białka mięsa determinuje zawartość śródmięśniowej tkanki łącznej. Morfologia, skład i ilość śródmięśniowej tkanki łącznej zmieniają się w zależności od typu mięśnia, rasy i wieku zwierzęcia. Duże różnice w ocenie elementów kulinarnych, np. będące odzwierciedleniem konsumenckiej preferencji jakościowej, wynikają głównie z różnej zawartości śródmięśniowej tkanki łącznej.

Nie potwierdzono wcześniejszych wyników badań, że wraz ze spadkiem mięsności istotnie zwiększała się zawartość suchej masy, jak również udział białka i tłuszczu (Daszkiewicz i Wajda, 2002).

Może to być związane z tym, iż zawartość tłuszczów w mięsie jest obecnie mniejsza niż kilka lat temu, ponieważ uzyskany postęp hodowlany u zwierząt umożliwił ograniczenie przenikania tłuszczu do mas mięśniowych.

Z uwagi na duży wpływ białek łącznotkankowych na kruchość mięsa, szczególną uwagę zwraca się na zawartość w nim kolagenu. Jego większa zawartość w mięśniu może sprzyjać zwiększeniu twardości. W przyszłości kolagen powinien być podstawowym parametrem włączonym do oceny wartości odżywczej i przydatności technologicznej mięsa wieprzowego.

4.4. Składniki mineralne

W poszczególnych wyrębach mięsa wieprzowego dokonano analizy wybranych składników mineralnych, takich jak sód (mg/kg), potas (g/kg), żelazo (mg/100 g) i cynk (mg/kg). Analizy wykonano w Krajowym Laboratorium Pasz Instytutu Zootechniki – Państwowego Instytutu Badawczego w Lublinie metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej FAAS, w oparciu o procedurę badawczą własną opracowaną na podstawie normy PN-EN ISO 6869:2002 „Pasze – Oznaczenie zawartości wapnia, miedzi, żelaza, magnezu, manganu, potasu, sodu i cynku”.

Zawartość sodu w poszczególnych wyrębach wykazywała duże zróżnicowanie. Najmniejszą średnią zawartość stwierdzono dla schabu bez omięsnej (352,98 mg/kg), natomiast największą dla boczku (585,34 mg/kg) (tab. 1 i 6). Najwyższy średni poziom sodu, wyliczony na podstawie danych z poszczególnych badanych klas (tab. 1 – 2), w wyrębach o najwyższej zawartości procentowej tłuszczu był w boczku i żeberkach, odpowiednio 561 i 534 mg/kg. W badanych wyrębach nie stwierdzono istotnych różnic w zależności od klasy mięsności. Stwierdzono zbliżony jego poziom w boczku oraz żeberkach w klasach S i E. Wykazano, że poziom sodu był niższy w klasie U w porównaniu z klasą S i E. Podobną tendencję stwierdzono dla karkówki. W schabie zarówno z omięsną, jak i bez omięsnej najmniejszą zawartość sodu stwierdzono natomiast dla klasy S.

Zawartość potasu wykazywała również istotną zmienność w zależności od poszczególnych wyrębów. Średnia zawartość potasu (około 2,7 g/kg) wyliczona

z poszczególnych klas S, E i U była najmniejsza dla boczku oraz żeberek. Największa natomiast koncentracja potasu wykazana została w szynce oraz schabie – powyżej 3,95 g/kg. W karkówce oraz łopatce stwierdzono odpowiednio 3,45 i 3,82 g/kg. W zależności od klasy mięsności tusz wieprzowych w boczku oraz żeberkach najniższy poziom potasu wykazano, podobnie jak dla sodu, w klasie U (tab. 1 – 2). Procentowa zmiana zawartości sodu oraz potasu w tych wyrębach wykazywała podobne tendencje (wykres 1 – 2). W schabie bez omięsnej oraz z omięsną wykazano, że klasa o największej mięsności charakteryzowała się najwyższym poziomem potasu w tkance mięśniowej, odpowiednio 4,05 oraz 3,99 mg/kg (tab. 6 – 7). W pozostałych badanych wyrębach, tj. łopatce, szynce i karkówce wykazano, że klasa mięsności U charakteryzowała się niższym poziomem potasu w porównaniu z pozostałymi badanymi klasami, tj. S i E (tab. 3 – 5). Pomimo występowania zróżnicowania w poziomie sodu i potasu w zależności od klasy mięsności, nie stwierdzono istotnych różnic między nimi. Przeprowadzone badania wykazują, że zawartość potasu i sodu powiązana jest z poziomem tłuszczu oraz zawartością wody. Pierwiastki te odpowiadają głównie za poziom soli w mięsie, zatem bardziej preferowane są wyręby o mniejszej ich zawartości.

Poziom żelaza w mięsie wieprzowym kształtował się średnio od 3 do 6,25 mg/100 g. Najmniejszą średnią wyliczoną zawartość, tj. 3,03 i 3,15 mg/100 g, na podstawie danych z poszczególnych klas mięsności (tab. 6 – 7), stwierdzono odpowiednio dla schabu bez omięsnej i z omięsną. Najwyższy poziom żelaza stwierdzono natomiast w karkówce 6,25 mg/100 g (tab. 4). W zależności od klasy mięsności, w schabie najwyższy poziom tego pierwiastka wykazywało mięso zaklasyfikowane do klasy U. W karkówce natomiast klasa mięsności U wykazywała najniższy poziom tego pierwiastka (tab. 4). W łopatce oraz szynce, podobnie jak w pozostałych wyrębach, w zależności od klasy mięsności zmiany w poziomie żelaza były nieistotne.

Średnia zawartość cynku w boczku, żeberkach, szynce oraz badanych schabach, wyliczona z danych dla poszczególnych klas S, E i U (tab. 1 – 2, 5 – 7) była wyrównana i nie wykazywała istotnych zmian. Istotnie większą średnią zawartość tego pierwiastka stwierdzono dla łopatki i karkówki, powyżej 30 mg/kg (tab. 3 – 4). Klasa mięsności nie wpływała na zawartość cynku w badanych wyrębach.

Tabela 1.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w **boczku** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	582,78	2,97	3,93	19,01
	$\pm SD$	76,23	0,56	0,99	4,95
E	Śr.	585,35	2,73	3,45	18,00
	$\pm SD$	81,11	0,50	0,59	3,42
U	Śr.	513,87	2,43	3,73	16,87
	$\pm SD$	64,18	0,39	0,62	3,37

Tabela 2.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w **żeberkach** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	555,73	2,96	5,38	20,65
	$\pm SD$	49,98	0,43	1,27	4,16
E	Śr.	557,53	2,72	5,00	19,17
	$\pm SD$	54,47	0,42	1,36	3,16
U	Śr.	489,95	2,50	5,15	19,36
	$\pm SD$	53,53	0,43	1,14	3,94

Tabela 3.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w łopacie w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	489,13	3,75	5,79	30,06
	$\pm SD$	39,87	0,28	1,64	4,75
E	Śr.	452,23	3,99	4,50	29,99
	$\pm SD$	64,63	0,26	1,26	3,96
U	Śr.	459,46	3,73	5,66	30,52
	$\pm SD$	39,14	0,37	1,25	5,90

Tabela 4.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w karkówce w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	465,03	3,55	6,31	29,98
	$\pm SD$	37,79	0,41	0,90	5,30
E	Śr.	465,40	3,54	6,36	31,78
	$\pm SD$	45,29	0,33	1,71	6,68
U	Śr.	437,72	3,25	6,07	32,39
	$\pm SD$	29,86	0,32	1,18	6,03

Tabela 5.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w **szynce** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	438,70	4,01	4,17	16,30
	$\pm SD$	50,77	0,40	1,13	3,31
E	Śr.	448,07	4,04	4,36	19,58
	$\pm SD$	39,64	0,30	1,68	3,78
U	Śr.	427,32	3,82	4,17	16,83
	$\pm SD$	35,19	0,27	1,47	3,31

Tabela 6.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w **schabie bez omięsnej** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	352,98	4,05	2,88	14,10
	$\pm SD$	38,09	0,30	0,60	2,32
E	Śr.	399,17	3,93	2,86	16,52
	$\pm SD$	45,82	0,33	0,61	2,83
U	Śr.	373,45	3,93	3,37	15,03
	$\pm SD$	37,84	0,18	0,96	2,02

Tabela 7.

Średnia zawartość ($\bar{X} \pm Sd$) badanych pierwiastków w **schabie z omięsną** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość pierwiastków			
		SÓD mg/kg	POTAS g/kg	ŻELAZO mg/100 g	CYNK mg/kg
S	Śr.	378,50	3,99	2,94	15,38
	$\pm SD$	36,43	0,24	0,58	2,98
E	Śr.	414,90	3,91	3,18	17,38
	$\pm SD$	39,65	0,27	2,01	2,85
U	Śr.	390,03	3,93	3,34	16,35
	$\pm SD$	36,27	0,18	0,97	3,64

Wołowina i jagnięcina są jednym z najbogatszych źródeł minerałów – żelaza i cynku, bowiem 100 gramów tego mięsa zapewnia co najmniej jedną czwartą dziennego zapotrzebowania dorosłego człowieka (Kotczak, 2008). Żelazo w mięsie występuje głównie w postaci hemu, który jest dobrze wchłaniany. Kompleks ten pozwala na lepsze zwiększenie absorpcji żelaza z mięsa. Podobnie wchłanianie cynku z diety bogatej w białka zwierzęcego jest większe niż z pokarmów roślinnych, dlatego u wegetarian obserwowane jest zwiększone zapotrzebowanie w diecie na ten pierwiastek nawet o 50%. Czerwone mięso jest również dobrym źródłem selenu, gdyż 100 gramów mięsa pokrywa ponad 20% dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek. Prawdopodobne jest, że poziom selenu w mięsie będzie mieć znaczący wpływ na wartość odżywczą oraz walory prozdrowotne, które mogą być związane z czynnikami środowiskowymi, takimi jak np. żywienie. Chude mięso ma niską zawartość sodu, co przejawia się stosunkiem potasu do sodu, który jest pięciokrotnie większy. Zawartość miedzi w mięsie surowym wynosi od 0,055 do 0,190 mg/100 g dla wołowiny i cielęciny, 0,090 do 0,140 mg/100 g w jagnięcinie, a 0,190 do 0,240 mg/100 g w baraninie, natomiast średnia zawartość w mięsie wieprzowym, np. w karkówce, wynosi około 0,08 mg/100 g.

4.5. Witaminy B

Analizę zawartości witamin z grupy B, tj. tiaminy (B_1), pirydoksyny (B_6) i ko-balaminy (B_{12}) wykonano w Laboratorium Jakości Surowców i Produktów Pochodzenia Zwierzęcego oraz Pasz Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu przy użyciu zestawów immunochemicznych, z wykorzystaniem 96-dołkowych płytek z dedykowanymi przeciwciałami. Zawartość witamin z grupy B określono dla poszczególnych wyrębów, tj. boczku, żeberka, łopatki, karkówki, szynki, schabu bez omięsnej oraz schabu z omięsną i wyrażono w ng/g tkanki mięśniowej.

Uzyskane w doświadczeniu wyniki, charakteryzujące mięso wieprzowe pod względem badanych witamin, przedstawiono w tabelach 1 – 7 oraz na wykresach 1 – 7.

Stwierdzono różnice w zawartości analizowanych witamin dla poszczególnych wyrębów oraz w zależności od klasy mięsności. Wykazano również duże różnice osobnicze, które wpływały na poziom istotności statystycznej.

Najwyższy poziom tiaminy (witaminy B_1) wykazano dla schabu bez omięsnej (tab. 6), który wynosił średnio dla wszystkich badanych klas mięsności 4,92 ng/g tkanki. Najniższy natomiast poziom witaminy B_1 stwierdzono dla szynki (tab. 5), który wynosił odpowiednio 2,05 ng/g. W pozostałych wyrębach najniższy poziom witaminy B_1 wykazywała łopatka (tab. 3), gdzie średnia wyliczona na podstawie danych uzyskanych z poszczególnych klas S, E i U wynosiła 2,9 ng/g. Poszczególne średnie wyliczone dla badanych wyrębów, takich jak schab z omięsną, żeberka oraz karkówka wykazały bardzo zbliżone wartości tiaminy, odpowiednio 3,15; 3,39 i 3,48 ng/g tkanki mięśniowej (tab. 2, 4, 7). W zależności od klasy mięsności tusz wieprzowych stwierdzono, że najwyższy poziom badanej witaminy wykazywał boczek zaklasyfikowany do klasy S (średnio 5,04 ng/g), który był wyższy od pozostałych grup o ponad 35% (klasa E 3,16 i U 3,31 ng/g, tab. 1). Ze względu na zbyt duże zróżnicowanie osobnicze nie potwierdzono jednak istotnych różnic pomiędzy badanymi klasami mięsności. Analizując dane statystyczne, stwierdzono odwrotny trend w zawartości tiaminy w zależności od klas mięsności dla karkówki i boczku (wykres 1, 4). W wyrębach karkowych stwierdzono najmniejszą zawartość witamin B_1 w klasie S (średnio 2,79 ng/g), która była średnio mniejsza o 30% w porównaniu z klasą E (4,06 ng/g) i U (3,58 ng/g) (tab. 4). Podobny przeciwstawny trend w zawartości witaminy B_1 w zależności od klas mięsności stwierdzono dla szynki (wykres 5) oraz z schabu z omięsną (wykres 7). Stwier-

dzono, że najwyższy poziom tiaminy w szynce wykazywały zwierzęta zaklasyfikowane do klasy U (2,49 ng/g) (tab. 5), który był wyższy od klasy S (2,21 ng/g) i E (1,47 ng/g). Natomiast w schabie z omięsną stwierdzono, że zwierzęta z klasy U wykazywały najniższy poziom witaminy B₁ (2,10 ng/g) (tab. 7), który był średnio niższy o około 45% w stosunku do klasy E (4,75 ng/g) i 35% dla klasy S (2,59 ng/g). Stwierdzono również różnice w zawartości tiaminy w zależności od klasy mięsności występujące w schabie bez omięsnej. Zwierzęta zaliczone do klas mięsności powyżej 55% mięsa w tuszy wykazywały największą zawartość witaminy B₁ w porównaniu z klasą U, średnio o ponad 47% (wykres 6). Dla łopatki oraz żeberka nie stwierdzono różnic w poziomie witamin B₁ w zależności od klas mięsności (wykres 2 – 3).

Tiamina jest pochodną pirymidyny rozpuszczalną w wodzie, która po wchłonięciu w dwunastnicy jest przekształcana w difosforan. Pełni funkcję koenzymu w cyklu Krebsa. Bierze udział w powstaniu rybozy, niezbędnej w syntezie kwasów nukleinowych i uczestniczy w biosyntezie kwasów tłuszczowych. Tiamina jest również niezbędna w przemianach energetycznych i podczas odnowy struktur białkowych na poziomie komórkowym, co przekłada się na prawidłowe funkcjonowanie całego ustroju (Małecka i in., 2006).

Witamina B₆ (pirydoksyna) bierze udział w przemianie aminokwasów, ułatwia ich rozkład, przemianę tłuszczów i węglowodanów, umożliwia magazynowanie energii, a także uczestniczy w tworzeniu enzymów i hormonów. Zawartość tej witaminy w badanych wyrębach mięsa wieprzowego wykazywała duże zróżnicowanie. Największą zawartość witaminy B₆ stwierdzono w karkówce (tab. 4), gdzie średnia wyliczona dla wszystkich badanych klas mięsności wynosiła 27,62 ng/g tkanki mięśniowej. Najmniejszą zawartość tej witaminy, tj. na poziomie około 6 ng/g (tab. 6 – 7) stwierdzono w schabie zarówno z omięsną, jak i bez omięsnej. W pozostałych wyrębach zawartość pirydoksyny kształtowała się średnio dla klas S, E i U od 8,92 ng/g w szynce (tab. 5), przez 13,55 i 19,83 ng/g w boczkach i żeberkach (tab. 1 – 2) do 24,20 ng/g w łopatce (tab. 3).

W zależności od klasy mięsności tusz wieprzowych najmniejszą zawartość witaminy B₆ stwierdzono w schabie bez omięsnej (tab. 6) dla klasy S (4,30 ng/g tkanki mięsnej), która była o ok. 40% mniejsza w porównaniu z pozostałymi klasami E i U (wykres 6). W schabie z omięsną (tab. 7) natomiast wykazano, że najwyższy poziom pirydoksyny występuje w klasie E (8,09 ng/g) i jest wyższy od pozostałych klas o około 40% (wykres 7). W łopatce (tab. 3), podobnie jak w schabie bez omięsnej (tab. 6), najniższy poziom witaminy B₆ stwierdzono dla

mięsa zaklasyfikowanego do klasy S (20,43 ng/g) i był średnio o 20% niższy niż w pozostałych badanych klasach mięsności (wykres 3 i 6). Jednak zbyt duże zróżnicowanie osobnicze badanych zwierząt nie pozwoliły na potwierdzenie statystyczne tych różnic. W pozostałych badanych wyrębach nie stwierdzono istotnych różnic. Wartości pirydoksyny w zależności od klasy mięsności w szynce (tab. 5) kształtowały się średnio 7,89 – 9,66 ng/g badanej tkanki mięśniowej, dla boczku oraz żeberek odpowiednio 12,40 – 15,12 ng/g oraz 18,21 – 20,90 ng/g (tab. 1 – 2). Najwyższy poziom witaminy B₆ stwierdzono w karkówce, który kształtował się średnio od 26,38 i 26,50 ng/g (tab. 4) w klasach o największej mięsności badanych tusz (E i S) do 29,99 ng/g w klasie U. Większa zawartość witaminy B₆ w diecie ludzi hamuje procesy neurodegeneracyjne oraz wpływa na prawidłowe funkcjonowanie układu serotonergicznego (Bender, 1999).

Podobnie jak inne witaminy z grupy B, witamina B₁₂ bierze udział w przemianie węglowodanowej, białkowej, tłuszczowej i w innych procesach biochemicznych. Wpływa na energetyczną przemianę materii, dzięki czemu ma wpływ na wzrost i pracę mięśni, ułatwia przemianę żelaza, tłuszczu oraz pobudza apetyt (Kośmider i Czaczyk, 2010). Zawartość witaminy B₁₂ w badanych wyrębach mięsa wieprzowego wykazała zbliżone wartości, mimo to najwyższy jej poziom stwierdzono w boczku, średnio około 0,11 ng/g badanej tkanki (tab. 1). W pozostałych wyrębach zawartość witaminy B₁₂ kształtowała się średnio na poziomie od 0,04 w żeberkach (tab. 2) przez 0,05 w schabie bez omięsnej (tab. 6) do 0,06 ± 0,015 ng/g w pozostałych badanych wyrębach, tj. w łopatce, karkówce, szynce i schabie z omięsną (tab. 3 – 5 i 7). W zależności od klasy mięsności największe różnice stwierdzono w boczku, gdzie zwierzęta zaklasyfikowane do klasy S wykazywały najwyższy jej poziom (0,13 ng/g), który był wyższy o około 30% od pozostałych badanych klas E i U (wykres 1). Analizując dane statystyczne, stwierdzono w łopatce (tab. 3, wykres 3) i w schabie z omięsną (tab. 7 i wykres 7) podobny trend wskazujący, że klasa mięsności U wykazuje najniższy poziom w porównaniu z pozostałymi badanymi klasami, tj. S i E. Dla pozostałych wyrębów poziom kobalaminy kształtował się odpowiednio od 0,04 ng/g dla żeberek, 0,06 ng/g dla karkówki, 0,06 ± 0,01 ng/g dla szynki oraz 0,04 – 0,05 ng/g dla schabu bez omięsnej (tab. 2, 4 – 6). Średni poziom witaminy B₁₂ w tych wyrębach był bardzo wyrównany.

Zawartość witamin z grupy B w badanym mięsie była uwarunkowana nie tylko klasą mięsności i badanymi wyrębami, ale również zależała od zmienności osobniczej.

Tabela 1.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. \pm Sd) w **boczku** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	5,04	13,15	0,13
	\pm SD	3,48	3,34	0,09
E	Śr.	3,16	15,12	0,10
	\pm SD	3,10	4,57	0,04
U	Śr.	3,31	12,40	0,10
	\pm SD	3,01	4,27	0,06

Tabela 2.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. \pm Sd) w **żeberkach** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	3,64	20,90	0,04
	\pm SD	1,93	6,85	0,01
E	Śr.	3,54	18,21	0,04
	\pm SD	1,57	8,26	0,01
U	Śr.	2,98	20,34	0,04
	\pm SD	0,86	4,98	0,02

Tabela 3.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. ± Sd) w **łopatce** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	2,90	20,43	0,06
	± SD	1,52	6,86	0,03
E	Śr.	2,60	27,49	0,08
	± SD	1,65	8,18	0,02
U	Śr.	3,18	24,66	0,05
	± SD	1,68	7,45	0,02

Tabela 4.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. ± Sd) w **karkówce** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	2,79	26,50	0,06
	± SD	1,25	7,34	0,02
E	Śr.	4,06	26,38	0,06
	± SD	1,39	9,25	0,01
U	Śr.	3,58	29,99	0,06
	± SD	1,30	7,39	0,02

Tabela 5.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. \pm Sd) w **szynce** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	2,21	7,89	0,06
	\pm SD	1,20	3,98	0,02
E	Śr.	1,47	9,66	0,07
	\pm SD	0,68	4,58	0,03
U	Śr.	2,49	9,20	0,06
	\pm SD	1,10	4,43	0,02

Tabela 6.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. \pm Sd) w **schabie bez omięsnej** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	5,82	4,30	0,04
	\pm SD	4,56	1,76	0,01
E	Śr.	5,84	7,46	0,05
	\pm SD	3,16	2,50	0,02
U	Śr.	3,11	6,07	0,05
	\pm SD	1,33	3,23	0,01

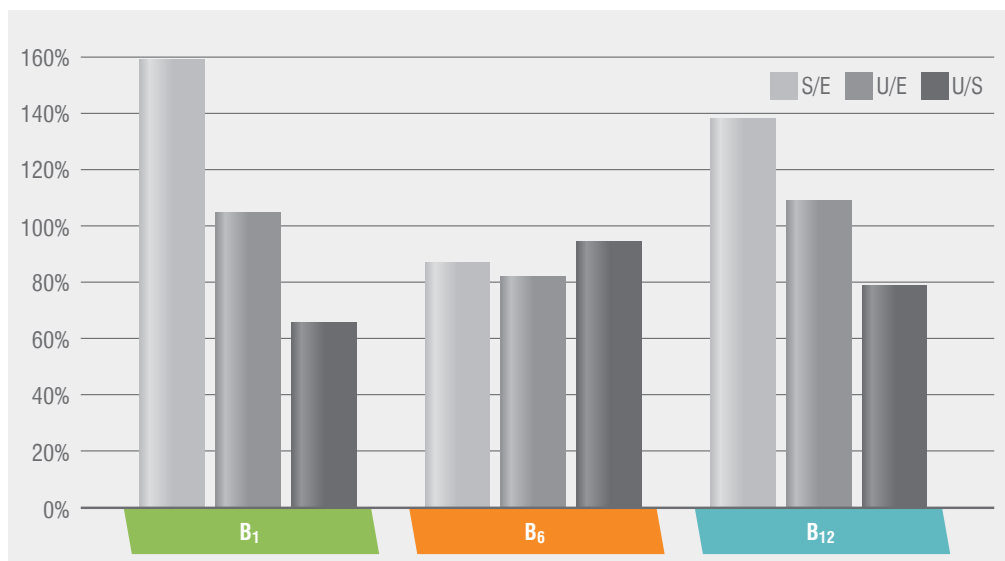
Tabela 7.

Średnia zawartość witamin z grupy B (Śr. \pm Sd) w **schabie z omięsną** w zależności od klasy mięsności

Klasa mięsności		Zawartość witamin ng/g tkanki		
		B ₁ (tiamina)	B ₆ (pirydoksyna)	B ₁₂ (kobalamina)
S	Śr.	2,59	4,88	0,06
	\pm SD	1,83	2,33	0,03
E	Śr.	4,75	8,09	0,09
	\pm SD	2,02	2,00	0,01
U	Śr.	2,10	4,98	0,05
	\pm SD	1,24	2,63	0,03

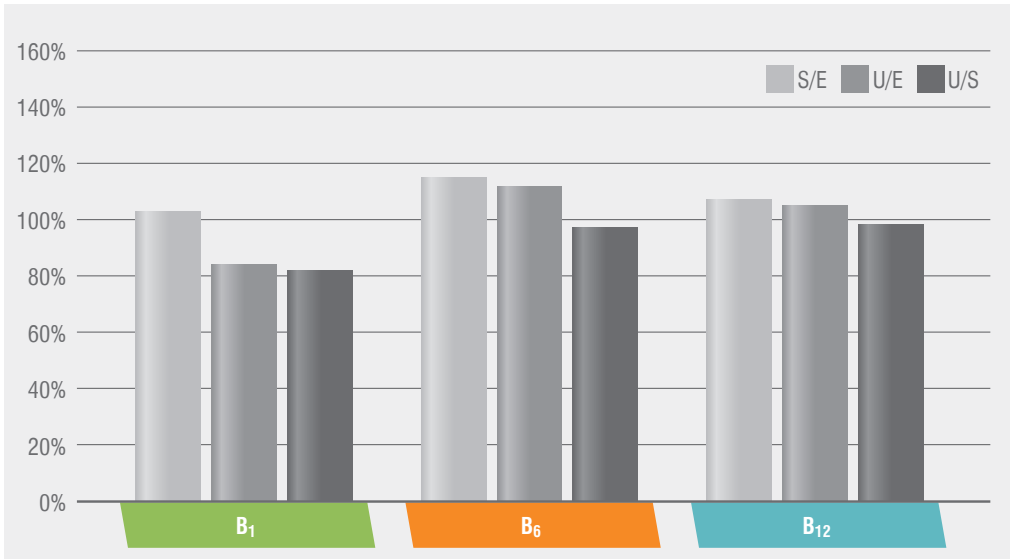
Wykres 1.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **boczk** w zależności od klasy mięsności



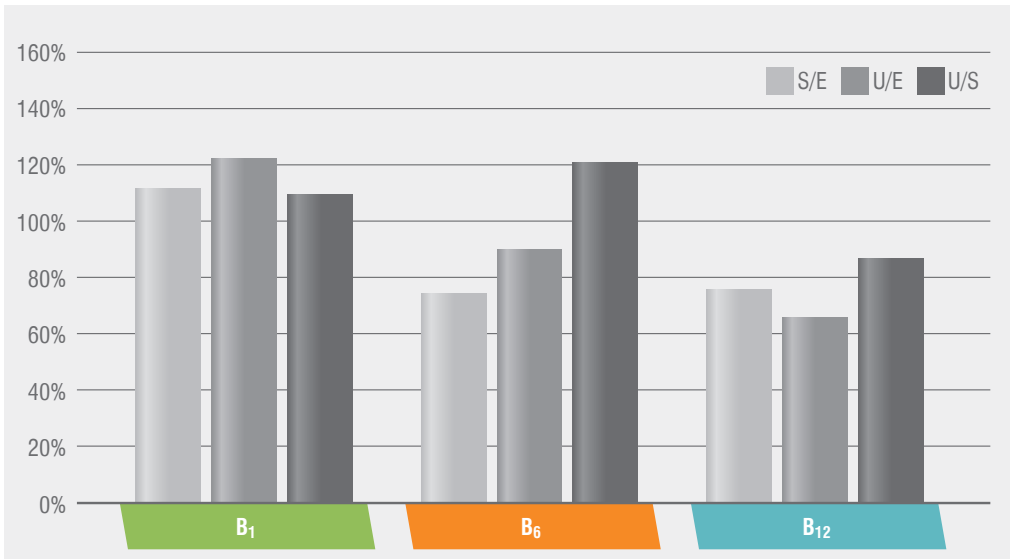
Wykres 2.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **żeberkach** w zależności od klasy mięsności



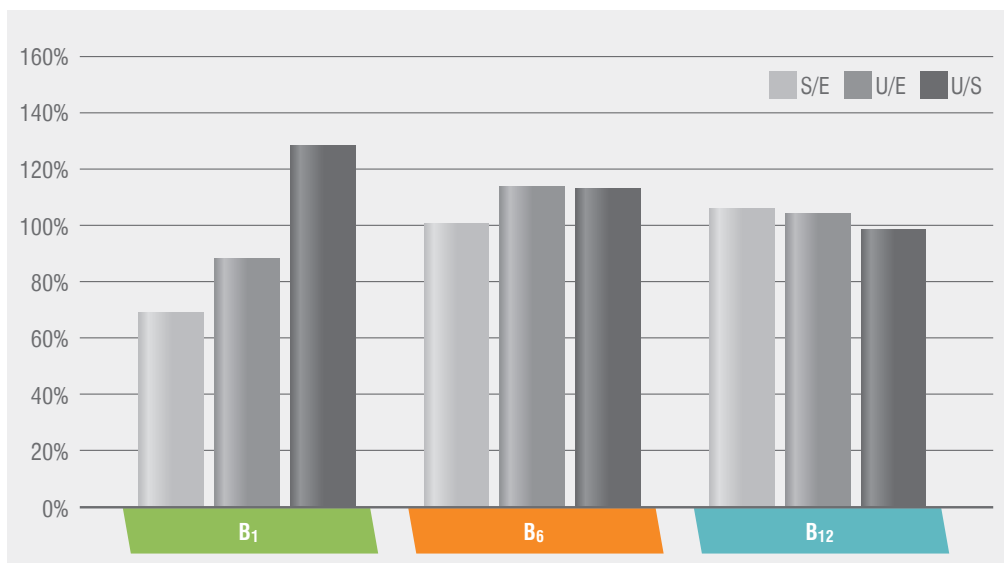
Wykres 3.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **łopatce** w zależności od klasy mięsności



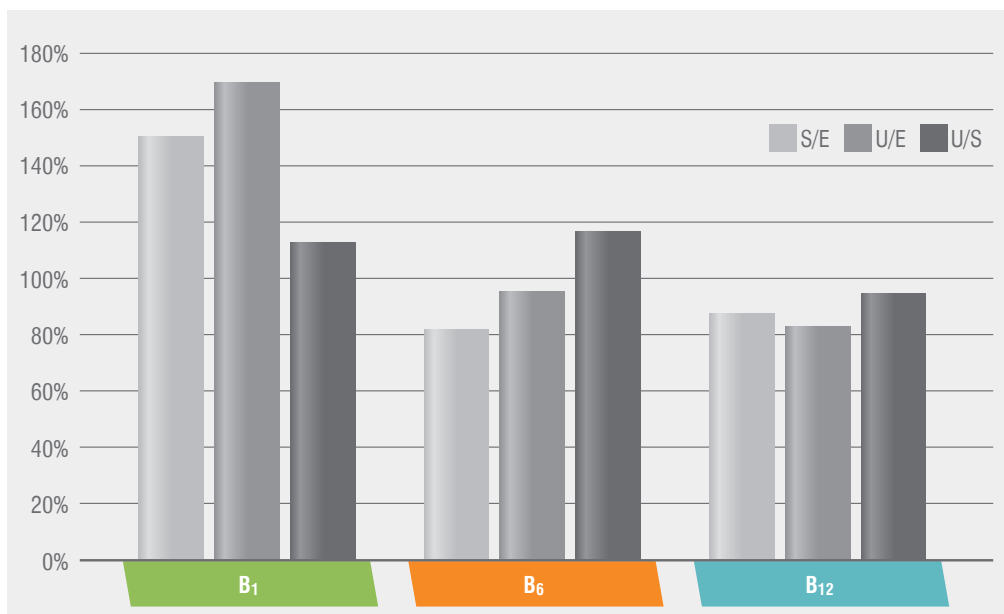
Wykres 4.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **karkówce** w zależności od klasy mięsności



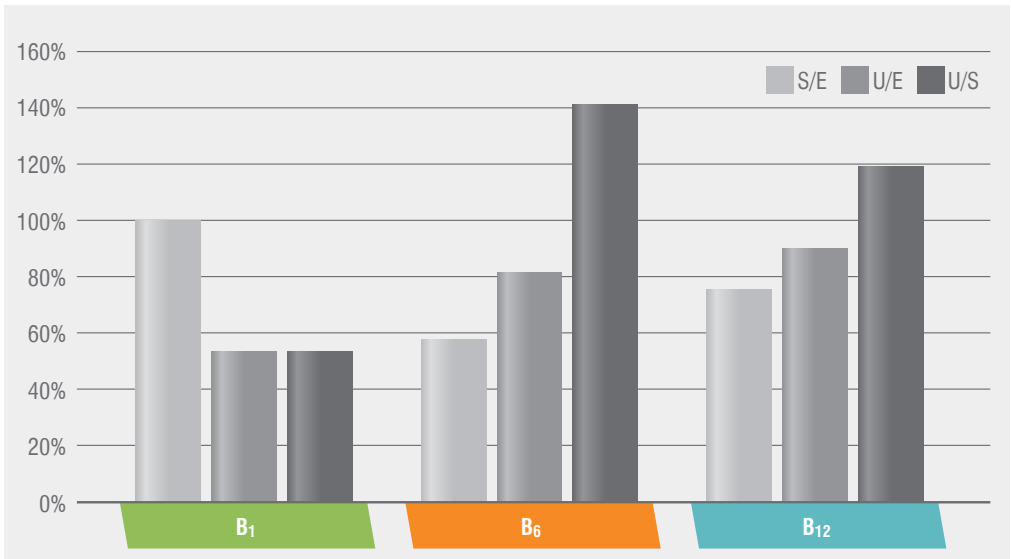
Wykres 5.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **szynce** w zależności od klasy mięsności



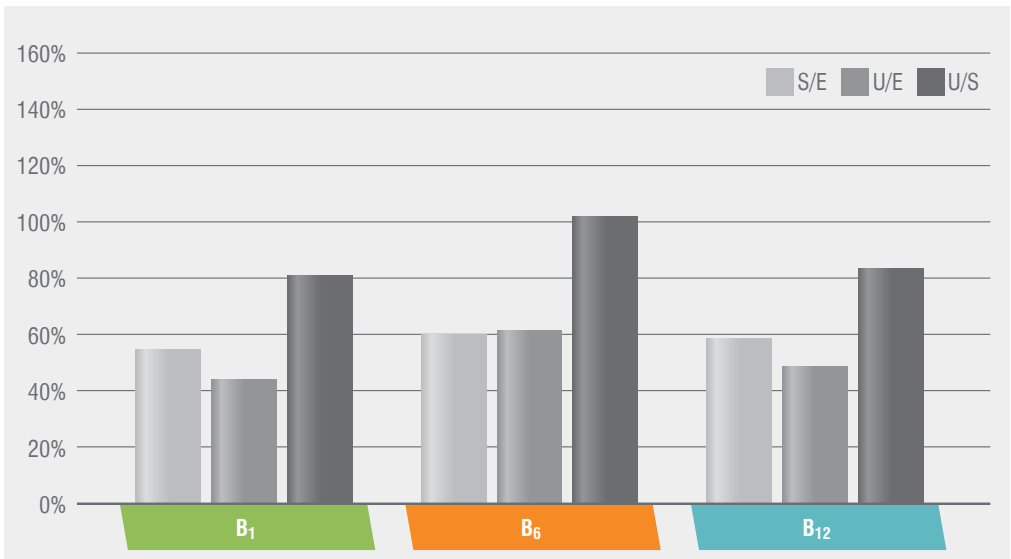
Wykres 6.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **schabie bez omyśnej** w zależności od klasy mięsności



Wykres 7.

Procentowa zmiana zawartości witamin z grupy B w **schabie z omyśną** w zależności od klasy mięsności





4.6. Frakcja lipidowa

4.6.1. Profil kwasów tłuszczowych

Profil kwasów tłuszczowych dla poszczególnych wyrebów został określony w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu metodą estrów metyloowych (Folch i in., 1957) z wykorzystaniem chromatografii gazowej. Profil kwasów tłuszczowych wyrażony został jako % FAME – procent estrów metyloowych kwasów tłuszczowych.

W tabeli 1. przedstawiony został profil kwasów tłuszczowych (FA) w boczku w zależności od klasy mięsności zwierząt. Nie stwierdzono wpływu mięsności tuszy na profil FA boczku.



Tabela 1.

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w boczku w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
\leq C12:0	Śr.	0,88	0,98	0,90
	SD	0,50	0,46	0,48
C14:0	Śr.	1,80	1,67	1,69
	SD	0,47	0,38	0,37
C16:0	Śr.	27,15	27,12	27,30
	SD	2,11	1,99	1,84
C16:1	Śr.	3,30	3,37	3,38
	SD	0,73	0,72	0,75
C18:0	Śr.	16,37	15,96	16,48
	SD	1,25	1,08	1,21
C18:1 n-9	Śr.	33,90	33,84	33,28
	SD	1,72	1,62	1,65
C18:1 n-7	Śr.	3,28	3,40	3,48
	SD	1,02	1,19	0,99
C18:2 n-6	Śr.	8,69	9,05	8,42
	SD	0,99	0,96	1,29
C18:3 n-3	Śr.	0,53	0,49	0,66
	SD	0,28	0,19	0,32
C20:4 n-6	Śr.	0,89	0,85	0,97
	SD	0,41	0,39	0,44
C20:5 n-3	Śr.	0,57	0,49	0,52
	SD	0,19	0,22	0,21
C22:6 n-3	Śr.	0,56	0,61	0,42
	SD	0,29	0,36	0,26
inne	Śr.	2,09	2,18	2,50
	SD	2,08	2,17	2,21
Σ n-6	Śr.	9,58	9,90	9,39
	SD	1,09	1,02	1,28
Σ n-3	Śr.	1,65	1,59	1,60
	SD	0,47	0,49	0,42
Σ PUFA	Śr.	11,23	11,49	10,99
	SD	1,30	1,07	1,38
Σ MUFA	Śr.	40,48	40,61	40,14
	SD	1,79	1,97	1,84
Σ SFA	Śr.	46,20	45,73	46,37
	SD	2,17	2,06	2,12
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,24	0,25	0,24
	SD	0,03	0,03	0,03
Σ n-6/ Σ n-3	Śr.	6,41	6,85	6,22
	SD	2,50	2,18	1,59

W tabeli 2. zaprezentowany został profil FA żeberek w zależności od klasy mięsności. Ze względu na dużą zmienność nie stwierdzono dla nich istotnych statystycznie różnic pomiędzy profilem FA z różnych klas mięsności. Zaobserwowano jednak tendencję do mniejszej procentowej zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA), głównie kwasu oleinowego (C18:1n-9) wraz ze wzrostem mięsności tuszy. Zaobserwowano również, iż wraz ze wzrostem mięsności tuszy wzrasta zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), głównie z rodziny omega-6, tj. kwasu linolowego (LA, C18:2n-6) i arachidonowego (AA, C20:4n-6) oraz kwasu z rodziny omega-3, tj. kwasu linolenowego (ALA, C18:3n-3). Wzrost zawartości procentowej wymienionych FA skutkowało wzrostem całkowitej zawartości PUFA, przez co wpłynęło na polepszenie proporcji kwasów wielonienasyconych i nasyconych (PUFA/SFA) z 0,24 w żeberkach klasy E i U do 0,31 w klasie S.



Tabela 2.

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w żeberkach w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
\leq C12:0	Śr.	2,58	2,24	2,08
	SD	1,21	1,03	1,05
C14:0	Śr.	1,82	2,13	1,77
	SD	0,34	0,80	0,62
C16:0	Śr.	23,64	24,46	24,31
	SD	1,11	1,23	0,96
C16:1	Śr.	2,63	2,65	2,59
	SD	0,30	0,58	0,36
C18:0	Śr.	16,45	16,49	16,64
	SD	1,43	1,20	0,98
C18:1 n-9	Śr.	33,57	35,01	36,02
	SD	2,08	2,12	1,64
C18:1 n-7	Śr.	3,05	2,99	2,93
	SD	0,33	0,35	0,38
C18:2 n-6	Śr.	10,34	8,50	8,08
	SD	1,64	1,78	1,05
C18:3 n-3	Śr.	1,93	1,60	1,73
	SD	0,31	0,51	0,51
C20:4 n-6	Śr.	1,00	0,77	0,72
	SD	0,20	0,21	0,18
C20:5 n-3	Śr.	0,25	0,26	0,23
	SD	0,09	0,11	0,09
C22:6 n-3	Śr.	0,04	0,05	0,05
	SD	0,04	0,07	0,04
inne	Śr.	2,68	2,84	2,84
	SD	1,33	1,95	1,43
Σ n-6	Śr.	11,35	9,27	8,80
	SD	1,77	1,82	1,09
Σ n-3	Śr.	2,23	1,92	2,00
	SD	0,30	0,49	0,47
Σ PUFA	Śr.	13,58	11,19	10,81
	SD	1,97	2,03	1,36
Σ MUFA	Śr.	39,25	40,65	41,55
	SD	2,35	2,07	1,64
Σ SFA	Śr.	44,49	45,32	44,80
	SD	2,45	2,54	2,02
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,31	0,25	0,24
	SD	0,05	0,05	0,03
Σ n-6/ Σ n-3	Śr.	5,11	5,17	4,68
	SD	0,60	1,73	1,40

W tabeli 3. przedstawiony został profil FA w łopatce w zależności od klasy mięsności zwierząt. Nie zaobserwowano żadnych różnic w profilu FA łopatki w zależności od klasy mięsności tuszy. Warty jednak podkreślenia jest fakt, że w łopatce nie stwierdzono (poniżej progu wykrywalności chromatografu) obecności długołańcuchowych PUFA z rodziny omega-3, tj. kwasu eikozapentaenowego (EPA, C20:5n-3) i dokozaheksaenowego (DHA, C22:6n-3).



Tabela 3.

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w łopacie
w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	1,47	1,45	1,53
	SD	0,26	0,27	0,27
C16:0	Śr.	23,22	23,50	23,09
	SD	2,13	2,45	2,39
C16:1	Śr.	2,53	2,47	2,52
	SD	0,26	0,22	0,24
C18:0	Śr.	15,78	15,87	14,98
	SD	1,72	2,15	2,21
C18:1 n-9	Śr.	42,25	41,26	41,70
	SD	2,49	2,72	3,28
C18:1 n-7	Śr.	3,79	3,57	3,59
	SD	0,59	0,56	0,58
C18:2 n-6	Śr.	7,51	7,61	7,60
	SD	2,06	1,63	1,61
C18:3 n-3	Śr.	0,97	0,97	0,99
	SD	0,43	0,37	0,44
C20:4 n-6	Śr.	0,02	0,01	0,02
	SD	0,03	0,02	0,04
inne	Śr.	2,06	2,87	3,58
	SD	1,76	2,44	2,59
Σ n-6	Śr.	7,52	7,62	7,61
	SD	2,06	1,64	1,61
Σ n-3	Śr.	0,97	0,97	0,99
	SD	0,43	0,37	0,44
Σ PUFA	Śr.	8,49	8,59	8,60
	SD	2,38	1,91	1,98
Σ MUFA	Śr.	48,57	47,31	47,80
	SD	2,56	2,73	3,25
Σ SFA	Śr.	40,88	41,24	40,01
	SD	3,19	3,34	2,70
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,21	0,21	0,22
	SD	0,07	0,05	0,05
Σ n-6/ Σ n-3	Śr.	8,28	12,62	8,42
	SD	2,36	3,99	2,09

W tabeli 4. przedstawiono profil FA w karkówce w zależności od klasy mięsności tuszy. Zaobserwowano tendencję, iż wraz ze wzrostem mięsności tuszy wzrasta zawartość kwasu LA z 8,9 w karkówce klasy U, do 9,3 w karkówce klasy E i 9,9 w karkówce klasy S. Karkówka klasy S wykazuje tendencję do większej zawartości procentowej kwasu DHA, co może mieć znaczenie z punktu widzenia konsumentów. Kwas DHA jest szczególnie zalecany w żywieniu dzieci oraz kobiet w ciąży, gdyż sprzyja odpowiedniemu rozwojowi układu nerwowego płodu i młodych organizmów. Karkówka klasy S może być więc źródłem tego kwasu w diecie.



Tabela 4.

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w karkówce w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	4,04	4,40	4,10
	SD	0,51	0,83	0,80
C16:0	Śr.	20,74	21,96	21,30
	SD	1,50	1,54	1,47
C16:1	Śr.	2,50	2,42	2,44
	SD	0,44	0,25	0,29
C18:0	Śr.	16,39	16,23	16,85
	SD	1,58	1,80	1,38
C18:1 n-9	Śr.	34,19	34,77	34,40
	SD	1,95	1,84	2,09
C18:1 n-7	Śr.	3,21	3,18	3,22
	SD	0,26	0,33	0,31
C18:2 n-6	Śr.	9,87	9,32	8,86
	SD	1,37	1,23	1,08
C18:3 n-3	Śr.	1,56	1,55	1,57
	SD	0,29	0,27	0,31
C20:4 n-6	Śr.	1,19	1,19	1,24
	SD	0,36	0,25	0,34
C20:5 n-3	Śr.	0,35	0,35	0,35
	SD	0,10	0,13	0,12
C22:6 n-3	Śr.	0,07	0,01	0,01
	SD	0,06	0,02	0,01
inne	Śr.	2,73	2,24	2,74
	SD	1,00	1,50	1,66
Σ n-6	Śr.	11,06	10,51	10,10
	SD	1,49	1,27	1,18
Σ n-3	Śr.	1,93	1,90	1,92
	SD	0,30	0,31	0,32
Σ PUFA	Śr.	12,99	12,41	12,02
	SD	1,47	1,34	1,26
Σ MUFA	Śr.	39,89	40,37	40,06
	SD	2,12	1,97	2,05
Σ SFA	Śr.	44,39	44,98	45,18
	SD	2,41	2,06	1,70
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,29	0,28	0,27
	SD	0,05	0,04	0,03
Σ n-6/ Σ n-3	Śr.	5,92	5,69	5,41
	SD	1,55	1,25	1,12

W tabeli 5. zaprezentowano profil FA w szynce w zależności od klasy mięsności tuszy. Nie stwierdzono żadnych różnic w profilu FA pomiędzy badanymi szynkami. Podobnie jak w przypadku łopatki, nie stwierdzono zawartości kwasów EPA i DHA.



Tabela 5

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w szynce w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	1,65	1,63	1,63
	SD	0,15	0,17	0,14
C16:0	Śr.	23,11	23,11	23,19
	SD	2,22	1,83	1,69
C16:1	Śr.	2,44	2,46	2,46
	SD	0,23	0,22	0,21
C18:0	Śr.	15,67	15,60	15,41
	SD	1,29	1,66	1,50
C18:1 n-9	Śr.	36,89	37,48	36,10
	SD	2,58	2,03	3,79
C18:1 n-7	Śr.	3,48	3,47	3,48
	SD	0,25	0,26	0,27
C18:2 n-6	Śr.	7,96	7,93	8,54
	SD	1,14	1,13	1,35
C18:3 n-3	Śr.	0,96	0,95	0,97
	SD	0,17	0,30	0,27
C20:4 n-6	Śr.	0,46	0,46	0,45
	SD	0,08	0,10	0,10
inne	Śr.	2,80	2,39	3,18
	SD	2,56	2,12	4,52
$\Sigma n-6$	Śr.	8,42	8,39	8,99
	SD	1,14	1,14	1,37
$\Sigma n-3$	Śr.	0,96	0,95	0,97
	SD	0,17	0,30	0,27
Σ PUFA	Śr.	9,38	9,35	9,96
	SD	1,15	1,25	1,50
Σ MUFA	Śr.	42,81	43,40	42,05
	SD	2,60	2,00	3,68
Σ SFA	Śr.	45,01	44,86	44,81
	SD	2,19	2,47	2,12
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,21	0,21	0,22
	SD	0,03	0,03	0,03
$\Sigma n-6/ \Sigma n-3$	Śr.	9,04	9,64	9,69
	SD	2,07	5,46	2,17

W tabeli 6. zaprezentowano profil FA w schabie z omięsną w zależności od klasy mięsności tuszy. Wraz ze wzrostem mięsności tuszy zaobserwowano tendencję do większej zawartości procentowej kwasów z rodziny omega-6, tj. LA i AA oraz z rodziny omega-3, tj. EPA i DHA. Zaobserwowano również niekorzystną tendencję do zmniejszania się zawartości procentowej kwasu ALA (C18:3n-3).



Tabela 6.

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w schabie z omięsną w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
\leq C12:0	Śr.	1,39	1,22	1,26
	SD	0,51	0,51	0,55
C14:0	Śr.	1,95	1,99	1,92
	SD	0,27	0,33	0,21
C16:0	Śr.	24,79	25,11	24,91
	SD	0,91	0,83	1,01
C16:1	Śr.	2,82	3,01	2,85
	SD	0,43	0,39	0,43
C18:0	Śr.	15,15	14,76	14,74
	SD	1,01	1,05	0,84
C18:1 n-9	Śr.	37,26	37,66	38,22
	SD	2,36	1,38	1,56
C18:1 n-7	Śr.	3,55	3,64	3,60
	SD	0,35	0,37	0,46
C18:2 n-6	Śr.	9,08	8,77	8,47
	SD	1,79	0,99	1,15
C18:3 n-3	Śr.	1,38	1,53	1,64
	SD	0,56	0,53	0,48
C20:4 n-6	Śr.	1,18	1,10	1,04
	SD	0,57	0,52	0,42
C20:5 n-3	Śr.	0,32	0,25	0,26
	SD	0,13	0,09	0,12
C22:6 n-3	Śr.	0,39	0,21	0,30
	SD	0,34	0,15	0,22
inne	Śr.	0,73	0,73	0,80
	SD	0,62	0,60	0,62
Σ n-6	Śr.	10,26	9,88	9,51
	SD	2,13	1,22	1,32
Σ n-3	Śr.	2,10	2,00	2,20
	SD	0,59	0,54	0,51
Σ PUFA	Śr.	12,35	11,87	11,71
	SD	2,38	1,28	1,44
Σ MUFA	Śr.	43,63	44,32	44,67
	SD	2,80	1,75	2,14
Σ SFA	Śr.	43,29	43,08	42,82
	SD	1,41	1,38	1,43
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,29	0,28	0,27
	SD	0,06	0,03	0,03
Σ n-6/ Σ n-3	Śr.	5,24	5,45	4,80
	SD	1,91	2,16	2,71

W tabeli 7. przedstawiono profil FA w schabie bez ościowej w zależności od klasy mięsności tuszy. Zaobserwowano tendencję, iż wraz ze wzrostem mięsności tuszy maleje zawartość kwasu oleinowego oraz wzrasta zawartość kwasów PUFA z rodziny omega-6, w tym kwasu LA i AA. Takie zmiany w zawartości FA mogą prowadzić do niekorzystnego wzrostu proporcji kwasów omega-6 i omega-3 (n-6/n-3).



Tabela 7.

Profil kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) w schabie bez omięsnej w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	2,39	2,12	2,26
	SD	0,42	0,67	0,40
C16:0	Śr.	24,07	24,71	24,63
	SD	0,99	1,26	1,20
C16:1	Śr.	2,67	2,88	2,98
	SD	0,31	0,56	0,38
C18:0	Śr.	15,04	15,22	14,89
	SD	1,09	1,42	1,25
C18:1 n-9	Śr.	36,00	37,28	37,20
	SD	2,62	2,10	2,07
C18:1 n-7	Śr.	3,71	3,73	3,94
	SD	0,40	0,42	0,47
C18:2 n-6	Śr.	9,18	8,40	8,20
	SD	1,65	1,62	1,33
C18:3 n-3	Śr.	1,25	1,28	1,26
	SD	0,48	0,39	0,51
C20:4 n-6	Śr.	1,93	1,44	1,67
	SD	0,60	0,87	0,63
C20:5 n-3	Śr.	0,15	0,14	0,15
	SD	0,05	0,04	0,04
C22:6 n-3	Śr.	0,34	0,32	0,30
	SD	0,11	0,08	0,08
inne	Śr.	1,31	0,91	1,01
	SD	2,03	0,95	1,66
Σ n-6	Śr.	11,11	9,84	9,86
	SD	1,84	2,12	1,84
Σ n-3	Śr.	1,73	1,74	1,71
	SD	0,48	0,38	0,49
Σ PUFA	Śr.	12,84	11,58	11,57
	SD	1,75	2,09	1,85
Σ MUFA	Śr.	42,38	43,88	44,12
	SD	2,86	2,38	2,27
Σ SFA	Śr.	43,46	43,63	43,29
	SD	1,90	1,52	1,77
Σ PUFA/ Σ SFA	Śr.	0,30	0,27	0,27
	SD	0,05	0,05	0,05
Σ n-6/ Σ n-3	Śr.	7,30	6,01	6,34
	SD	4,29	2,33	2,52

Z punktu widzenia konsumenta najciekawsze może być jednak porównanie poszczególnych wyrębów. Porównanie zawartości procentowej poszczególnych kwasów tłuszczowych zaprezentowano w tabeli 8. na średnich dla trzech badanych klas mięsności z poszczególnych wyrębów. Na tle innych wyrębów boczek wykazuje tendencję do największej zawartości kwasu palmitynowego (C16:0), która kształtuje się na poziomie 27%, podczas gdy w pozostałych wyręba wynosi 22 – 25%. Boczek wykazuje również największą zawartość kwasu palmitooleinowego (C16:1), tj. 3,4% w porównaniu z 2,5 – 2,9% w pozostałych wyrębach. W boczku zaobserwowano również 2 i 3-krotnie mniejszą ($P \leq 0,05$) zawartości kwasu ALA. Wyjątkowo interesujący jest fakt, iż stwierdzono istotne statystycznie różnice w procentowej zawartości kwasów EPA i DHA. Boczek charakteryzował się największą zawartością EPA – 0,51%, w porównaniu z 0,25 – 0,35% w żeberkach, karkówce i schabie z omięsną, 0,14% w schabie bez omięsnej oraz zawartością poniżej 0,01% (próg wykrywalności chromatografu) w łopatce i szynce. Również procentowa zawartość DHA w boczku była największa – 0,55% w porównaniu z 0,29 – 0,32% w obu rodzajach schabu i 0,3 – 0,5% w karkówce i żeberkach. Wynik ten, choć niespodziewany, może sugerować, że zarówno naukowcy, jak i konsumenci powinni zweryfikować hipotezę, iż każdy wyręb zaliczany do tzw. „wyrębów tłustych” jest niezdrowy pod względem zawartości prozdrowotnych kwasów omega-3. Ten aspekt wymaga jednak dalszych badań naukowych.

Na tle innych wyrębów łopatka wieprzowa charakteryzuje się największą zawartością kwasów MUFA, w tym kwasu oleinowego oraz najmniejszą zawartością kwasów z rodziny omega-6, w tym kwasu LA i AA. Zaobserwowano również następujące tendencje: największą procentową zawartością LA charakteryzuje się karkówka, ALA żeberka, karkówka i schaby, a AA schab bez omięsnej. Pod względem zawartości kwasów z rodziny omega-6 i omega-3 oraz całkowitej zawartości PUFA najgorzej wypada łopatka i szynka wieprzowa. W tych wyrębach obserwowano również tendencję do najmniejszej proporcji PUFA/SFA. Należy tu jednak podkreślić, że w żadnym z wyrębów proporcja ta nie spełniała zaleceń WHO i była poniżej zalecanej wartości, tj. $> 0,4\%$. Warty podkreślenia jest fakt, iż wszystkie wyręby, niezależnie od klasy mięsności, zawierały $< 50\%$ SFA. W odniesieniu do proporcji n-6/n-3 największą, a więc i najmniej pożądaną, obserwowano w łopatce i szynce (średnio 10%) i boczku (7%), korzystniejszą w żeberkach, karkówce i schabach (5 – 6%), spośród tych ostatnich wartość ta zbliżała się do zalecanej, tj. poniżej 4 – 5%.

Tabela 8.

Porównanie profilu kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) **wybranych wyrębów**, średnia z 3 klas mięsności

Kwasy tłuszczowe		Wyręby						
		boczek	żeberka	łopatka	karkówka	szynka	schab z omiesną	schab bez omiesnej
\leq C12:0	Śr.	0,94	2,26	nd	nd	nd	1,28	nd
	SD	0,47	1,08				0,52	
C14:0	Śr.	1,70	1,97	1,47	4,25	1,63	1,96	2,21
	SD	0,39	0,70	0,27	0,78	0,16	0,28	0,56
C16:0	Śr.	27,18	24,26	23,33	21,54	23,13	24,96	24,56
	SD	1,96	1,17	2,37	1,58	1,86	0,91	1,21
C16:1	Śr.	3,36	2,63	2,50	2,44	2,45	2,91	2,87
	SD	0,73	0,48	0,23	0,31	0,22	0,42	0,48
C18:0	Śr.	16,19	16,53	15,60	16,44	15,56	14,86	15,09
	SD	1,17	1,18	2,11	1,66	1,54	0,98	1,31
C18:1 n-9	Śr.	33,69	35,02	41,58	34,55	36,97	37,75	37,01
	SD	1,66	2,14	2,85	1,94	2,78	1,76	2,24
C18:1 n-7	Śr.	3,40	2,99	3,62	3,20	3,48	3,60	3,79
	SD	1,10	0,35	0,58	0,31	0,26	0,39	0,44
C18:2 n-6	Śr.	8,80	8,74	7,59	9,29	8,11	8,75	8,49
	SD	1,10	1,76	1,70	1,26	1,22	1,30	1,58
C18:3 n-3	Śr.	0,55 ^c	1,70 ^a	0,98 ^b	1,56 ^a	0,96 ^b	1,53 ^a	1,27 ^{ab}
	SD	0,26	0,49	0,40	0,28	0,27	0,52	0,44
C20:4 n-6	Śr.	0,89	0,80	0,02	1,20	0,46	1,10	1,60
	SD	0,41	0,22	0,03	0,30	0,10	0,50	0,78
C20:5 n-3*	Śr.	0,51 ^a	0,25 ^{ab}	nd	0,35 ^{ab}	nd	0,27 ^{ab}	0,14 ^b
	SD	0,21	0,10		0,12		0,11	0,05
C22:6 n-3*	Śr.	0,55 ^a	0,05 ^c	nd	0,03 ^c	nd	0,29 ^b	0,32 ^b
	SD	0,33	0,06		0,04		0,24	0,09
inne	Śr.	2,25	2,81	2,92	2,48	2,69	0,75	1,01
	SD	2,15	1,70	2,41	1,48	3,06	0,60	1,42
Σ n-6	Śr.	9,69	9,53	7,60	10,50	8,57	9,85	10,09
	SD	1,13	1,86	1,71	1,32	1,23	1,55	2,04
Σ n-3	Śr.	1,60	2,00	0,98	1,91	0,96	2,09	1,73
	SD	0,47	0,47	0,40	0,31	0,27	0,54	0,43
Σ PUFA	Śr.	11,30	11,54	8,58	12,41	9,53	11,95	11,82
	SD	1,22	2,10	2,01	1,37	1,33	1,68	2,01
Σ MUFA	Śr.	40,45	40,64	47,69	40,19	42,90	44,26	43,66
	SD	1,90	2,15	2,88	2,01	2,73	2,20	2,51
Σ SFA	Śr.	46,00	45,01	40,82	44,92	44,87	43,05	43,50
	SD	2,10	2,39	3,16	2,04	2,31	1,40	1,66
Σ PUFA / Σ SFA	Śr.	0,25	0,26	0,21	0,28	0,21	0,28	0,27
	SD	0,03	0,05	0,06	0,04	0,03	0,04	0,05
Σ n-6 / Σ n-3	Śr.	6,58	5,02	10,59	5,66	9,54	5,17	6,35
	SD	2,10	1,49	26,07	1,28	4,19	2,30	2,87

nd – zawartość poniżej progu wykrywalności chromatografu 0,01%;

a,b,c – wartości w wierszach różnią się istotnie ($P \leq 0,05$); *analiza statystyczna z 5 wyrębów

4.6.2. Zawartość kwasów tłuszczowych

Do obliczeń zawartości kwasów tłuszczowych w poszczególnych wyrębach wykorzystano zawartość tłuszczu ogółem oraz odpowiedni współczynnik charakterystyczny dla mięsa wieprzowego, który wyraża średni udział kwasów tłuszczowych w mięsie wieprzowym. W literaturze, w zależności od źródła, wartość tego współczynnika wynosi od 0,85 do 0,9. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto wartość średnią współczynnika wynoszącą 0,9.

W tabeli 1. przedstawiono zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych oraz grup kwasów tłuszczowych wyrażoną w mg kwasu na 100 g wyrębu. Ze względu na dużą zmienność w obrębie grup danych (klas mięsności) szczegółowe wyniki zamieszczone zostały w aneksie, a w dalszej części podrozdziału omówione zostały jedynie wyniki dotyczące średniej zawartości FA w wyrębach. Wyniki te porównane zostały z bazą składników pokarmowych norm amerykańskich USDA. W normach Instytut Żywności i Żywienia z poprzednich lat nie było danych dotyczących zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w wieprzowinie.

Zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych jest ściśle związana z zawartością tłuszczu w wyrębach. Warto tu jednak podkreślić, że powszechnie uważane za niezdrowe elementy tuszy, takie jak boczek czy lubiane, choć postrzegane jako nadmiernie tłuste, żeberka, mogą być źródłem wartościowych kwasów tłuszczowych, takich jak EPA i DHA.

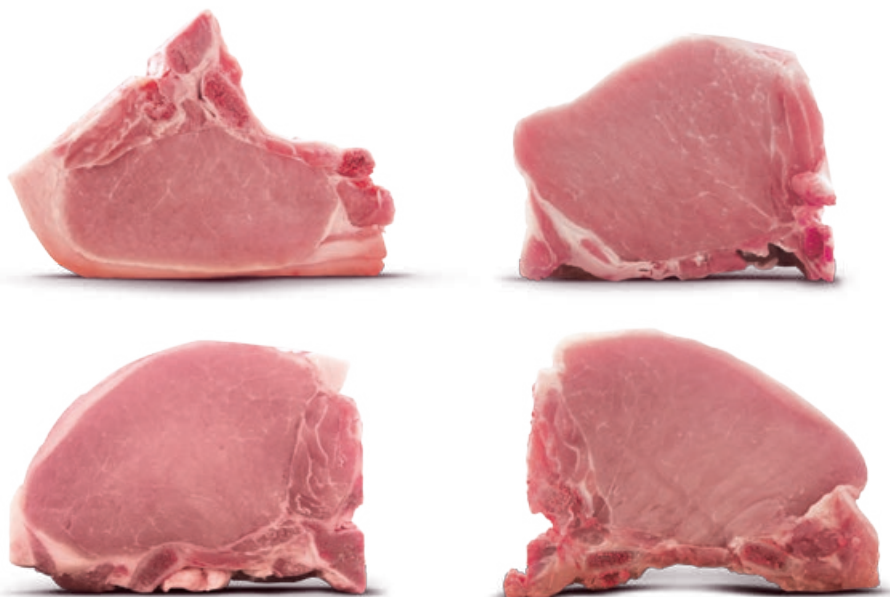


Tabela 1.

Porównanie profilu kwasów tłuszczowych (% FAME, średnia \pm SD) **wybranych wyrębów**, średnia z 3 klas mięsności

Kwasy tłuszczowe		Wyręby						
		boczek	żeberka	łopatka	karkówka	szynka	schab z omiesną	schab bez omiesnej
\leq C12:0	Śr.	246	560	nd	nd	nd	77	nd
	SD	154	280				42	
C14:0	Śr.	444	500	100	631	48	126	64
	SD	160	231	58	230	26	65	70
C16:0	Śr.	7225	6154	1563	3202	687	1655	751
	SD	2460	1675	783	941	354	951	727
C16:1	Śr.	886	662	170	360	72	193	86
	SD	341	207	95	102	36	114	89
C18:0	Śr.	4298	4178	1047	2427	460	980	464
	SD	1456	1119	546	690	239	560	451
C18:1 n-9	Śr.	8939	8915	2820	5119	1097	2509	1145
	SD	2960	2573	1519	1460	562	1458	1119
C18:1 n-7	Śr.	924	751	244	474	103	235	111
	SD	488	208	131	141	51	125	105
C18:2 n-6	Śr.	2318	2154	518	1371	239	574	236
	SD	748	542	293	424	120	338	213
C18:3 n-3	Śr.	146	427	65	230	28	107	43
	SD	88	171	41	74	16	85	49
C20:4 n-6	Śr.	238	197	nd	178	13	67	38
	SD	139	66		69	7	36	35
C20:5 n-3	Śr.	138	64	nd	51	nd	17	4
	SD	83	32		23		11	4
C22:6 n-3	Śr.	142	13	nd	nd	nd	18	9
	SD	116	19				17	8
inne	Śr.	625	708	208	363	84	46	27
	SD	701	492	237	275	117	45	45
Σ n-6	Śr.	2557	2351	518	1549	252	640	274
	SD	829	580	294	473	126	363	242
Σ n-3	Śr.	426	504	65	282	28	142	56
	SD	210	183	41	88	16	101	59
Σ PUFA	Śr.	2982	2855	583	1831	281	783	330
	SD	975	721	330	544	140	457	298
Σ MUFA	Śr.	10749	10328	3234	5953	1272	2937	1342
	SD	3625	2909	1734	1682	647	1691	1308
Σ SFA	Śr.	12213	11391	2737	6659	1331	2838	1316
	SD	4062	3014	1377	1877	682	1598	1267

nd – zawartość poniżej progu wykrywalności chromatografu 0,01%

W normach USDA boczek (pork, fresh, belly, raw nr. 10005) zawiera 2-krotnie więcej tłuszczu, dlatego też ilościowo zawiera 2-krotnie więcej kwasów SFA

i PUFA w porównaniu z wynikami prezentowanymi w niniejszym opracowaniu. Co ciekawe, w normach USDA boczek nie zawiera w swoim składzie kwasów EPA i DHA, a zawartość kwasu AA jest średnio 2-krotnie mniejsza (140 mg/100 g).

Ze względu na zróżnicowany w Polsce i USA sposób rozbioru tusz wieprzowych, wyrębem najlepiej odpowiadającym polskim żeberkom jest tzw. „spareribs” (pork, fresh, spareribs, separable lean and fat, raw, nr. 10088). Badane żeberka, przy porównywalnej zawartości tłuszczu, charakteryzują się większą zawartością kwasów SFA i MUFA, natomiast mniejszą zawartością PUFA w porównaniu z żeberkami zaprezentowanymi w normach USDA. Warto jednak podkreślić, iż badane żeberka zawierają znacznie więcej kwasu ALA i AA, choć nie LA, co powoduje, iż mają lepszą prozdrowotną proporcję kwasów omega-6 i omega-3.

W normach USDA łopatka (pork, fresh, shoulder whole, separable lean and fat, raw, nr.10070) zawiera dwukrotnie więcej tłuszczu i poszczególnych kwasów tłuszczowych w porównaniu z łopatką w niniejszych badaniach. W normach amerykańskich brak jest odnośnika dla wyrębu jakim jest polska karkówka.

Według norm USDA szynka (pork, fresh, leg/ham, whole, separable lean and fat, raw, nr. 10008) jest ponad 5-krotnie bardziej tłustym wyrębem (18,9 g/100 g) w porównaniu z szynką w niniejszych badaniach (średnio 3,3 g/100 g) i zawiera w swoim składzie odpowiednio więcej poszczególnych kwasów tłuszczowych, z wyjątkiem kwasów AA, którego wartości są podobne.

Dla badanych schabów brak jest bezpośrednich odnośników w normach USDA, jednak zbliżone wyręby (pork, fresh, loin, tenderloin, lean and fat, raw nr. 10218 i lean only, raw, nr.10060) mają podobną zawartość tłuszczu, kwasów tłuszczowych MUFA, PUFA i SFA.

Wartym podkreślenia jest fakt, iż w żadnym z wyrębów przedstawionych w normach USDA nie stwierdzono obecności długołańcuchowych PUFA, w przeciwieństwie do wyników zaprezentowanych w niniejszym opracowaniu.

4.6.3. Cholesterol

Zawartość cholesterolu została oznaczona w Instytucie Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu. Zmydlanie i ekstrakcja tłuszczu z tkanki mięśniowej zostały wykonane zmodyfikowaną metodą Folcha i in. (1957) a ilościowe określenie zawartość cholesterolu zostało prowadzone zmodyfikowaną kolorymetryczną metodą Liebermanna-Burchardta (Strzeżek i Wołos, 1997).

W tabeli 1. przedstawiono zawartość cholesterolu (mg/100 g) w badanych wyrębach w zależności od klasy mięsności tuszy. Nie stwierdzono wpływu mięsności tuszy na zawartość cholesterolu w wyrębach. Nie stwierdzono również różnic w zawartości cholesterolu pomiędzy poszczególnymi wyrębami tuszy. W normach USDA boczek zawiera o 41%, żeberka 57%, łopatka, szynka i schab 31 – 35% i karkówka 19% więcej cholesterolu niż wyręby prezentowane w niniejszym opracowaniu.

Tabela 1. Zawartość cholesterolu w badanych wyrębach w zależności od klasy mięsności, mg/100 g

Wyręby		Klasa mięsności			Średnio
		S	E	U	
Boczek	Śr.	50,49	52,06	48,94	50,89
	SD	11,72	10,26	9,82	10,45
Żeberka	Śr.	51,49	51,50	50,38	51,19
	SD	9,40	9,79	7,66	9,12
Łopatka	Śr.	54,52	53,14	53,66	53,55
	SD	9,67	10,17	8,44	9,57
Karkówka	Śr.	51,41	55,56	51,65	53,66
	SD	8,98	11,19	8,62	10,24
Szynka	Śr.	53,77	53,89	54,67	54,08
	SD	9,65	9,31	11,36	9,90
Schab z omięsną	Śr.	50,97	47,33	49,51	49,04
	SD	6,66	5,18	7,15	6,38
Schab bez omięsnej	Śr.	52,65	52,27	52,09	52,29
	SD	7,10	7,00	7,63	7,15

4.6.4. Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

Oznaczenie witamin rozpuszczalnych w tłuszczach wykonano metodą chromatografii cieczowej w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki-Państwowego Instytutu Badawczego w Aleksandrowicach k. Krakowa.

Dane literaturowe wskazują, iż wieprzowina jest uboga w witaminę A (USDA, 2013) lub w ogóle nie stwierdza się jej obecności w mięsie (Kunachowicz i in., 2011; USDA, 2009). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono śladowe ilości witaminy A w wyrębach. Średnio największą zawartość witaminy A stwierdzono w boczku (0,34 $\mu\text{g/g}$) i żeberkach (0,28 $\mu\text{g/g}$), mniejszą w karkówce (0,17 $\mu\text{g/g}$)

i najmniejszą w łopatce i schabie z omięsną (odpowiednio 0,7 i 0,6 $\mu\text{g/g}$), tab. 1. W analizie statystycznej nie analizowano wyników dla szynki i schabu, gdyż w wielu próbach zawartość witaminy A była poniżej progu wykrywalności. W najnowszych danych zawartych w bazie USDA (2013) również boczek charakteryzuje się największą zawartością witaminy A, chociaż wartość tam prezentowana jest 10-krotnie większa w porównaniu z wynikiem uzyskanym w niniejszych badaniach. Może to wynikać z faktu, iż w amerykańskich badaniach boczek zawierał ponad dwukrotnie więcej tłuszczu (53%). Według norm USDA (2013) karkówka i łopatka zawierają 2 $\mu\text{g/g}$ witaminy A, natomiast w pozostałych wyrębach nie stwierdzono tej witaminy.

W niniejszych badaniach nie stwierdzono wpływu klasy mięsności tuszy na zawartość witaminy A w poszczególnych wyrębach.

Tabela 1.

Zawartość witaminy A ($\mu\text{g/g}$) (średnia \pm SD) w badanych wyrębach w zależności od klasy mięsności

Wyręby		Klasa mięsności			Średnio*
		S	E	U	
Boczek	Śr.	0,33	0,34	0,34	0,34 ^a
	SD	0,11	0,07	0,06	0,07
Żeberka	Śr.	0,27	0,29	0,28	0,28 ^a
	SD	0,06	0,05	0,05	0,05
Łopatka	Śr.	0,07	0,07	0,07	0,07 ^b
	SD	0,02	0,02	0,02	0,02
Karkówka	Śr.	0,17	0,17	0,16	0,17 ^{ab}
	SD	0,05	0,03	0,03	0,04
Szynka	Śr.	nd/0,07	nd/0,04	nd/0,05	nd/0,05
	SD	0,08	0,02	0,03	0,04
Schab z omięsną	Śr.	0,07	0,06	0,06	0,06 ^b
	SD	0,03	0,03	0,03	0,03
Schab bez omięsnej	Śr.	nd/0,04	nd/0,05	nd/0,05	nd/0,05
	SD	0,01	0,02	0,02	0,02

nd – zawartość poniżej progu wykrywalności chromatografu 0,01%;

a,b,c – wartości w kolumnie różnią się istotnie ($P \leq 0,05$); *analiza statystyczna z 5 wyrębów

W tabeli 2. przedstawiono zawartość witaminy E ($\mu\text{g/g}$) w badanych wyrębach w zależności od klasy mięsności tuszy. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy zawartością witaminy E w wyrębach pozyskanych z różnych klas mięsności. Największą zawartość witaminy E stwierdzono w tzw. „tłustych” wyrę-

bach tuszy, tj. karkówce, boczku i żeberkach (odpowiednio 10,2; 9,1 i 9,5 $\mu\text{g/g}$), mniejszą w łopatce (7,0 $\mu\text{g/g}$), a najmniejszą w szynce i obu schabach (średnio 5,3 $\mu\text{g/g}$). W doniesieniu do wcześniejszych danych z lat 90. ubiegłego wieku i pierwszej dekady XXI wieku publikowanych przez Instytut Żywności i Żywienia (Łoś-Kuczera i in., 1990; Kunachowicz i in., 2011), wyniki niniejszych badań wskazują, iż obecnie wieprzowina charakteryzuje się większą zawartością witaminy E. W porównaniu z wcześniejszymi wynikami zawartość tej witaminy w wyrębach jest średnio 2-krotnie większa: w boczku 9,11 wobec 4,8 $\mu\text{g/g}$; w żeberkach 9,47 wobec 2,0 $\mu\text{g/g}$; w łopatce 7,01 wobec 4,0 $\mu\text{g/g}$; w karkówce 10,21 wobec 4,0 $\mu\text{g/g}$, w szynce 5,41 wobec 3,0 $\mu\text{g/g}$ i schabie 5,26 wobec 2,3 $\mu\text{g/g}$. Jeszcze większe różnice w zawartości witaminy E widoczne są między wynikami niniejszych badań, a danymi publikowanymi w normach USDA, co może jednak wynikać ze zróżnicowanego podziału tuszy w Polsce i USA. Jednak wszystkie badania potwierdzają największą zawartość witaminy E w boczku. W najnowszych badaniach USDA (2013) również żeberka zawierają stosunkowo dużo tej witaminy, co potwierdzają zaprezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki.

Tabela 2.

Zawartość witaminy E ($\mu\text{g/g}$) (średnia \pm SD) w badanych wyrębach w zależności od klasy mięsności

Wyręby		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
Boczek	Śr.	9,52	8,92	9,19	9,11 ^a
	SD	1,97	1,81	2,38	2,01
Żeberka	Śr.	9,04	9,62	9,47	9,47 ^a
	SD	1,62	2,28	2,22	2,15
Łopatka	Śr.	7,26	6,75	7,36	7,01 ^{ab}
	SD	1,71	1,39	1,50	1,50
Karkówka	Śr.	11,07	9,95	10,15	10,21 ^a
	SD	1,77	2,40	1,85	2,18
Szynka	Śr.	5,71	5,18	5,65	5,41 ^b
	SD	1,13	1,05	1,16	1,11
Schab z omięsną	Śr.	5,00	5,41	5,14	5,26 ^b
	SD	1,18	1,39	1,35	1,34
Schab bez omięsnej	Śr.	4,67	5,24	5,05	5,08 ^b
	SD	1,11	1,40	1,09	1,28

a,b – wartości w kolumnie różnią się istotnie ($P \leq 0,05$)

4.7. Kaloryczność

Wartość energetyczną (kaloryczność) wybranych wyrębów obliczono w Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego Oddziału Technologii Mięsa i Tłuszczu w Poznaniu, posługując się średnimi współczynnikami przeliczeniowymi dla białka, tłuszczu i węglowodanów zalecanymi przez FAO (1971), przyjmując że: **1 g białka odpowiada 17 kJ (4 kcal), 1 g tłuszczu – 37 kJ (9 kcal) i 1 g węglowodanów – 17 kJ (4 kcal)**. Ze względu na śladowe ilości węglowodanów występujących w dojrzałym mięsie wieprzowym, do analizy przyjęto jedynie zawartość tłuszczu i białka, jako przeliczniki pozyskiwania energii. Wartość energetyczną wyrażono w kcal i kJ w 100 g produktu.

4.7.1. Wartość energetyczna schabu

Pobrana próba stanowiła fragment mięśnia najdłuższego grzbietu wraz z omięsną i przylegającą do niej tkanką tłuszczową oraz mięśniami umiejscowionymi wzdłuż kręgołupa, zwaną przez rzeźników „warkoczem”. Próbką ta jest odzwierciedleniem występującego w handlu elementu zwanego schabem bez kości lub w przypadku porcjowania jako kotlet schabowy. W tabeli 1. przedstawiono wartości energetyczne schabu z uwzględnieniem klas mięsności.

Tabela 1. Wartość energetyczna **schabu** w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
kcal	Śr.	139	157	155	152
	SD	20,9	33,8	29,6	30,1
kJ	Śr.	580	657	650	633
	SD	87,7	141,6	124,1	126,1

Średnia kaloryczność schabu wynosiła 152 kcal (633 kJ). Jest to wynik mniejszy o 13% od dotychczas podawanego w Polsce. Jak podaje Kunachowicz i in. (2011) średnia wartość energetyczna schabu surowego z kością wynosi 174 kcal/727 kJ. Natomiast wyniki prezentowane w normach USDA bardziej odbiegają od wartości

otrzymanych w tym doświadczeniu. Amerykański schab (pork, fresh, loin) posiada wartość energetyczną na poziomie 198 kcal, czyli o 24% większą w porównaniu z wynikami niniejszej pracy.

Warto zwrócić uwagę, że najnowsze wartości energetyczne prezentowane w opracowaniu Kunachowicz i in. (2011) są identyczne z prezentowanymi w roku 1990 r. (Łoś-Kuczera i in., 1990), co oznacza, że na przestrzeni 22 lat nie zostały one zaktualizowane. Tymczasem jak podaje Lisiak i in. (2012), mięsność tuczników w Polsce w latach 1994 – 2012 zmieniła się i wzrosła z 43% do 57%, co równocześnie oznacza zmniejszenie odtuszczenia tuczników.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że energetyczność schabu różni się w zależności od klasy umięśnienia świń. Klasy E i U są bardzo wyrównane, natomiast klasa S, jako wybitnie mięsna, posiada znacznie mniejszą kaloryczność. Związane jest to przede wszystkim z rozbudową mięśnia najdłuższego grzbietu (*musculus longissimus dorsi*) oraz zanikiem tkanki tłuszczowej, zarówno pomiędzy włóknami mięśniowymi (tłuszcz śródmięśniowy), jak i pomiędzy poszczególnymi mięśniami (tłuszcz międzymięśniowy).

4.7.2. Wartość energetyczna schabu bez omięsnej – mięso odtuszczone

Ten element nie występuje w sprzedaży detalicznej, jednakże przeprowadzono taką analizę w celu wykazania koncentracji energii w mięsie pozbawionym błon i złogów tłuszczu. Bardzo często podczas obróbki kulinarnej usuwane są te fragmenty tkanek, aby obniżyć ilość spożywanego tłuszczu, przez co stosowane wskaźniki wartości odżywczych stają się nieprzydatne do obliczeń rzeczywistego spożycia kalorii.

Tabela 2. Wartość energetyczna **mięsa odtuszczonego** w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
kcal	Śr.	111	128	119	122
	SD	13,8	26,8	20,8	24,0
kJ	Śr.	463	535	497	511
	SD	57,7	112,2	87,2	100,6

Średnia kaloryczność mięsa odtuszczonego wynosiła 122 kcal (511 kJ), tab. 2. W tabelach wartości odżywczych (Kunachowicz i in., 2011) nie występuje taki element. Jedynym wskaźnikiem, z który można porównać analizowane mięso odtuszczone jest stosowany przez normy USDA:

- pork, fresh, loin, whole, separable lean only, raw – 143 kcal
- pork, fresh, leg (ham), whole, separable lean only, raw – 136 kcal
- pork, fresh, composite of trimmed retail cuts (leg, loin, shoulder), separable lean only, raw – 134 kcal.

Oznacza to, że jeżeli taki element jak schab oczyścimy z tkanki tłuszczowej oraz przylegających błon, to wartość energetyczna dla tego rodzaju mięsa obniży się do poziomu 122 kcal.

4.7.3. Wartość energetyczna szynki

Tabela 3. Wartości energetyczne **szynki** w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			Średnio
		S	E	U	
kcal	Śr.	120	116	119	118
	SD	16,3	11,7	9,9	12,3
kJ	Śr.	500	486	497	492
	SD	68,3	48,9	41,7	51,4

Szynka jest elementem handlowym, który na przestrzeni ostatnich lat uległ największym zmianom. Praca hodowlana, której głównym celem było przyspieszenie tempa wzrostu świń oraz ograniczenie ilości odkładanej tkanki tłuszczowej, spowodowała istotną zmianę w pokroju całego zwierzęcia, a szczególnie szynki jako jednego z najcenniejszych elementów kulinarnych i przetwórczych. Ponadto na półkach sklepowych element ten jest sprzedawany jako odkostniony, pojedynczy mięsień lub grupa mięśni wraz z omięsną, pozbawiony skóry i tłuszczu podskórnego oraz złogów tłuszczu międzymięśniowego. Ma to bardzo istotne znaczenie przy określaniu energetyczności mięsa. W niniejszych badaniach otrzymano wynik 118 kcal/492 kJ, czyli mniejszy od wartości jakie uzyskano dla schabu. Tymczasem w literaturze szynka przedstawiana była jako element bardzo tłusty. W latach 90. w 100 g szynki surowej oznaczono 264 kcal/1103 kJ, czyli ponad dwukrotnie

więcej niż obecnie. Współczesne tabele wartości odżywczych tylko nieznacznie zostały zmodyfikowane, tzn. podają wartość 261 kcal/1094 kJ. Natomiast według norm amerykańskich szynka zawiera 245 kcal, a szynka odtłuszczona, która najbardziej odpowiada asortymentowi sprzedawanemu w sklepach, 136 kcal. Oznacza to, że polskie tabele wartości odżywczych ponad dwukrotnie zawyżają wartość energetyczną elementu handlowego jakim jest szynka.

Ze względu na fakt, że przy sprzedaży mięśnie są selekcyjonowane i oczyszczane z tłuszczu, ilość tłuszczu pozostawionego przy mięśniach ma znacznie większe znaczenie dla kaloryczności, niż mięsności tucznika. O ile w niniejszych badaniach zawartość kalorii wahała się od 91 do 170 kcal, to przynależność tuszy do klasy mięsności EUROP nie miały żadnego wpływu na wynik.

4.7.4. Wartość energetyczna łopatki

Łopatka jako element handlowy, choć mniej wartościowy, jest zbliżony swoją budową i przydatnością technologiczno-handlową do szynki. W sprzedaży detalicznej łopatka wieprzowa również jest przedstawiana jako mięsień lub grupa mięśni (mniejszych i często podzielonych na drobniejsze kawałki), odkostnionych i odtłuszczonych z omięsną i przylegającymi niekiedy mniejszymi złożami tłuszczu międzymięśniowego.

Tabela 4. Wartość energetyczna łopatki w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
kcal	Śr.	146	140	154	145
	SD	27,3	27,1	35,2	30,0
kJ	Śr.	609	587	645	608
	SD	114,2	113,7	147,6	125,6

Średnia wartość energetyczna łopatki wynosi 145 kcal/608 kJ (tab. 4). Podobnie jak w przypadku szynki, dokładność oczyszczenia ze złożeń tłuszczowych ma dużo większe znaczenie przy oznaczaniu kaloryczności elementu niż klasy umięśnienia tuczników w systemie EUROP. Jakkolwiek oznaczone wartości w sposób istotny różnią się od tych do tej pory stosowanych. Na początku lat 90.

dla łopatki wyliczono 259 kcal/1085 kJ, czyli o 114 kcal więcej, a w 2011 r. 257 kcal/1094 kJ, czyli o 112 kcal więcej. Normy USDA, chociaż bazujące na podstawie danych pochodzących od tuczników o innym pokroju, podają mniejsze wartości energetyczne w porównaniu ze stosowanymi do tej pory wskaźnikami polskimi. Wynika to z odmiennego sposobu pozyskiwania tego elementu. Łopatka (pork, fresh, shoulder, whole, separable lean and fat, raw) dostarcza organizmowi ludzkiemu 236 kcal, natomiast łopatka odtłuszczona (pork, fresh, shoulder, whole, separable lean only, raw) 148 kcal.

4.7.5. Wartość energetyczna karkówki

Karkówka jako element handlowy jest bardzo poszukiwanym przez konsumentów elementem, szczególnie w okresie wiosenno-letnim. Duża zawartość tłuszczu międzymięśniowego sprawia, że mięso po podaniu obróbce termicznej (zwłaszcza grillowaniu) pozostaje soczyste i kruche.

Tabela 5. Wartość energetyczna karkówki w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
kcal	Śr.	196 ^{s,u}	217 ^s	217 ^s	213
	SD	33,0	36,2	33,8	35,6
kJ	Śr.	822 ^{s,u}	907 ^s	907 ^s	890
	SD	138,2	151,6	141,5	149,2

s,e,u – różnice istotne statystycznie (P≤0,05)

Średnia kaloryczność karkówki wynosiła 213 kcal/890 kJ (tab. 5). W porównaniu z wartościami odżywczymi stosowanymi dotychczas w Polsce, nastąpiła istotna zmiana. Zarówno w roku 1990, jak i 2011 Instytut Żywności i Żywienia określił energetyczność tego elementu na poziomie odpowiednio 270 i 267 kcal. Oznacza to obniżenie poziomu kalorii o ponad 20%. Element ten w Polsce jest sprzedawany w całości lub porcjowany, bez możliwości oczyszczenia z tłuszczu. Głównym czynnikiem wpływającym na zawartość mięsa i tłuszczu jest klasa umięśnienia tuczników. Karkówka z klasy S (wybitnie mięsnej) charakteryzowała się mniejszą o ponad 10% zawartością kalorii w porównaniu z karkówkami z klas o mniejszej mięsności. Różnica ta była istotna statystycznie.

4.7.6. Wartość energetyczna żeberek

Żeberka, podobnie jak karkówka są elementem handlowym bogatym w tłuszcz międzymięśniowy i śródmięśniowy, a w związku z tym poszukiwany przez miłośników grillowania. Skutkiem wysokiej zawartości lipidów jest duża koncentracja energii.

Tabela 6. Wartość energetyczna **żeberek** w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			
		S	E	U	Średnio
kcal	Śr.	256 ^{E,U}	306 ^{S,U}	351 ^{S,E}	309
	SD	51,3	47,4	57,7	60,2
kJ	Śr.	1070 ^{E,U}	1280 ^{S,U}	1471 ^{S,E}	1293
	SD	214,8	198,4	241,5	252,4

S,E,U – różnice wysoko istotne statystycznie ($P \leq 0,01$)

Zawartość energii w żeberkach zależy w szczególny sposób od klasy handlowej całej tuszy. Różnice dla poszczególnych klas S, E i U są wysoko istotne statystycznie. Oznacza to, że ten sam element uzyskany od zwierząt z różnych klas mięsności posiada znacząco różną kaloryczność. W niniejszych badaniach różnica między klasą S i U wyniosła średnio 95 kcal. Nie bez znaczenia jest fakt bardzo dużego odchylenia standardowego pomiędzy wartościami, co świadczy o tym, że pojedyncze obserwacje mogą się bardzo od siebie różnić.

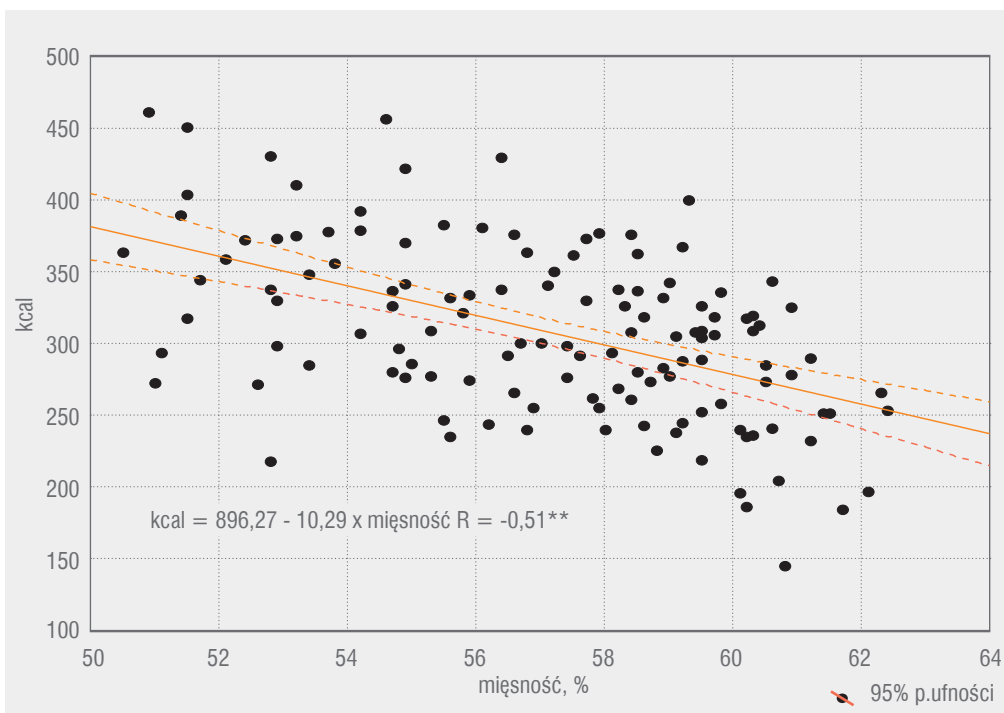
W niniejszym doświadczeniu średnia mięsność tuczników wynosiła 57,1%, co stanowi wielkość porównywalną ze średnią krajową (56,6%) zarejestrowaną przez Zintegrowany System Rolniczej Informacji Rynkowej (2013). Na rysunku 1 przedstawiono zależność pomiędzy dwoma cechami – zawartością kalorii oraz mięsnością.

Wyznaczono równanie regresji, dla której tangens kąta z osią x wynosi -10,29, co oznacza, że wzrost mięsności o 1 pp. obniża kaloryczność 100 g żeberek o ponad 10 kcal. Należy podkreślić, że współczynnik korelacji dla obu tych cech był wysoko istotny statystycznie ($P \leq 0,01$) i wynosił -0,51.

W porównaniu z wartościami prezentowanymi przez Instytut Żywności i Żywnienia z lat 90. oraz z roku 2011, kaloryczność tego elementu zmniejszyła się o kilkanaście kcal (około 13) z odpowiednio 324 i 321 kcal na 309. Jeżeli natomiast porównać to z wartością otrzymaną dla klasy S różnica jest już znacząca

(odpowiednio 68 i 65 kcal). Porównanie tych wyników z danymi norm USDA jest trudne, ponieważ amerykański system podziału tuszy na elementy różni się w tym miejscu znacząco od polskiego. Najbardziej zbliżony do żeberek jest element zwany „spareribs”, jednakże zawartość kcal na 100 g wynosi 277.

Rysunek 1. Zależność pomiędzy mięsnością tuszy a zawartością kalorii w żeberkach



4.7.7. Wartość energetyczna boczku

Tabela 7. Wartość energetyczna **boczku** w zależności od klasy mięsności

Wartość energetyczna		Klasa mięsności			Średnio
		S	E	U	
kcal	Śr.	299 ^U	306 ^U	368 ^{S,E}	322
	SD	73,0	73,5	80,6	80,2
kJ	Śr.	1251 ^U	1281 ^U	1539 ^{S,E}	1346
	SD	306,1	308,2	337,5	335,9

S,E,U – różnice wysoko istotnie statystycznie (P≤0,01)

Element ten do tej pory uważany jest za najbardziej tłusty, a przez to najbardziej kaloryczny ze wszystkich elementów handlowych dostępnych w sprzedaży detalicznej. Według tabel wartości odżywczych z lat 90. (Łoś-Kuczera i in., 1990) 100 g boczku zawierało 517 kcal (2165 kJ), natomiast ten sam wskaźnik w roku 2011 wynosił 510 kcal (2133 kJ). Według normy USDA boczki (pork, fresh, belly, raw) ma wartość energetyczną na poziomie 518 kcal. W niniejszym doświadczeniu element ten jest najbardziej energetycznym wyrębem tuszy wieprzowej, jednakże 322 kcal jest wartością o 37% mniejszą od wskaźnika wartości odżywczych obecnie używanych. Innymi słowy zwiększenie umięśnienia tuczniaków przyczyniło się bardzo do odftuszczenia tego elementu. Widoczne jest to również w przypadku porównania średnich wartości w poszczególnych klasach mięsności. Analiza wariancji wykazała wysoko istotnie różnice pomiędzy najbardziej tłustą klasą U, do której obecnie w Polsce klasyfikowanych jest około 22% tusz, a najbardziej mięsnymi klasami E i S, które stanowią 73% populacji. Oznacza to, że bardzo wysoka koncentracja energii w boczku dotyczy świń tłustych i bardzo tłustych. Wzrost umięśnienia tuczniaków bardzo wyraźnie zmniejszył zawartość kalorii w tym elemencie.

Podsumowując, pomimo tego, że na przestrzeni ostatnich 10 lat mięsność tuczniaków wzrosła o ponad 15 pp. wskaźniki zawartości energii w wieprzowinie stosowane w literaturze naukowej, jak i popularnej pozostały na niezmiennym poziomie.

Tabela 8.

Różnice we wskaźnikach zawartości energii (kcal) pomiędzy wartościami zawartymi w tabelach stosowanymi przez IŻŻ a otrzymanymi w doświadczeniu

Wyręb	Klasa mięsności			
	S	E	U	Średnio
Schab	35	17	19	22
Szynka	141	145	142	143
Łopátka	117	111	103	112
Karkówka	71	50	50	54
Żeberka	65	15	-30	12
Boczek	188	211	204	142

Z tabeli 8. wynika że dla wszystkich elementów tuszy średnie wartości energii stosowane do tej pory były znacznie wyższe w stosunku do wartości stwierdzonych w niniejszym doświadczeniu. Dotyczy to szczególnie świń sklasyfikowanych w kla-

sie S i E, czyli w najczęściej występujących w Polsce. Konieczna powinna być zatem korekta stosowanych teraz wskaźników koncentracji energii, zwłaszcza że dla niektórych wyrębów podaje się wartości dwukrotnie większe niż są w rzeczywistości.

4.8. Podsumowanie

W wyniku intensywnej pracy hodowlanej w ostatnich kilkudziesięciu latach zdecydowanie zmniejszyło się otłuszczenie tusz wieprzowych i wzrosła w nich zawartość chudego mięsa. Pomimo widocznych zmian w pokroju trzody chlewnej, wskaźniki zawartości energii w wieprzowinie w polskich tabelach wartości odżywczej na przestrzeni ostatnich 20 lat nie zmieniały się znacząco, a wobec wyników niniejszych badań pozostają nieaktualne.

Wyręby, które przez konsumentów oraz specjalistów od żywienia człowieka postrzegane są jako „tłuste” charakteryzują się dwukrotnie mniejszą zawartością tłuszczu niż jest to podawane w literaturze i opracowaniach dietetycznych. Szczególnie boczek, który jeszcze 20 lat temu zawierał około 50% tłuszczu, w efekcie selekcji zwierząt i poprawy ich mięsności zmienił swoje proporcje i dziś zawartość tłuszczu w boczku jest średnio o 15% mniejsza.

Z zawartością tłuszczu ściśle związany jest poziom kwasów tłuszczowych w wyrębach, w związku z czym od wielu lat obserwuje się zjawisko zmniejszenia spożywania nasyconych kwasów tłuszczowych z mięsem wieprzowym. Wieprzowina w porównaniu z mięsem wołowym charakteryzuje się korzystnym profilem kwasów tłuszczowych: niższą zawartością kwasów nasyconych – SFA (tzw. „złego” tłuszczu) i znacznie wyższą zawartością wielonienasyconych kwasów PUFA (tzw. „dobrego” tłuszczu), a więc i korzystniejszą proporcją kwasów PUFA/SFA. W porównaniu z mięsem drobiowym wieprzowina, pomimo niższej całkowitej zawartości PUFA, charakteryzuje się znacznie korzystniejszą proporcją kwasów omega-6 i omega-3. Proporcja kwasów omega-6 do omega-3 w wieprzowinie, niezależnie od wyrębu, wynosi poniżej 10:1, a w mięsie drobiowym 20:1.

Aktualne wyniki badań wskazują, że poziom cholesterolu jest zbliżony we wszystkich elementach tuszy wieprzowej, ale jego zawartość jest mniejsza niż dotychczas podawano w literaturze. W porównaniu z normami amerykańskimi USDA polski boczek zawiera mniej cholesterolu o 41%, żeberka o 57% a łopatka, szynka i schab o 31 – 35%. Wieprzowina w porównaniu z mięsem drobiowym

zawiera mniej cholesterolu (0,54 wobec 0,58 – 0,74 g/kg). Dodatkowo mięso wieprzowe okazuje się być cennym źródłem witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, np. witaminy E, a dotychczasowe dane co najmniej dwukrotnie zaniżały jej zawartość.

Wartym podkreślenia jest fakt, iż w zależności od pochodzenia wyrębu z tuszy o różnej klasie mięsności, zawartość tłuszczu w poszczególnych wyrębach jest zróżnicowana. W efekcie wzrostu umięśnienia trzody chlewnej oraz ich lepszego żywienia i utrzymania zgodnie z wymogami dobrostanu, kaloryczność mięsa wieprzowego zmniejszyła się znacząco. Dla wszystkich elementów tuszy średnie wartości kaloryczności podawane do tej pory były znacząco wyższe w stosunku do wartości stwierdzonych w niniejszym doświadczeniu. Aktualnie 100 g schabu dostarcza 152 kcal, a 100 g szynki tylko 118 kcal! Dla porównania 100 g tuszki kurczaka to 158 kcal.

Wieprzowina ma niską zawartość sodu (0,33 – 0,58 g/kg) w porównaniu z wołowiną (0,74 g/kg) i drobiem (0,77 g/kg). Dlatego można proponować ją jako składnik diety przy nadciśnieniu tętniczym.

Aktualnie kulinarne mięso wieprzowe nie zawiera zbędnego tłuszczu, ma prawidłową różowo-czerwoną barwę, jest delikatne i kruche, a optymalny poziom tłuszczu śródmięśniowego (IMF) korzystnie kształtuje jego smak, zapach i soczystość.

Na podstawie powyższych faktów konieczna jest zmiana wizerunku mięsa wieprzowego. Przez ostatnie 20 lat jego wartość odżywcza i prozdrowotna uległa znacznej poprawie, w związku z czym nie ustępuje ono pod względem wartości dietetycznej i kulinarnej innym rodzajom mięs, zasługując tym samym na większe uznanie i ważne miejsce w codziennej diecie.





Literatura

1. Arihara K., Ohata M. 2010. Functional meat products. W: Handbook of meat processing. Red. F. Toldrá, Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 423 – 439
2. Aro A. 2003. Fatty acid composition of serum lipids: is this marker of fat intake still relevant for identifying metabolic and cardiovascular disorders? *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 13: 253 – 255
3. Bender DA. 1999. Non-nutritional uses of vitamin B₆. *Br J Nutr.* 81, 7 – 20
4. Biesalski H. K. 2005. Review. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science* 70, 509 – 524
5. Blicharski T., Hammermeister A. 2006. Problemy współczesnej hodowli i produkcji świń. *Mat. Konf. III Międzyn. Konf. pt. „Zastosowanie osiągnięć naukowych z zakresu genetyki, rozrodu, żywienia oraz jakości tusz i mięsa w nowoczesnej produkcji świń”*. Bydgoszcz, 29.06 – 01.07.2006, 11 – 18
6. Blicharski T., Ostrowski A., Komender P. 1995. Wykorzystywanie przewodnictwa elektrycznego do wykrywania wad mięsa wieprzowego. *Gosp. Mięsna* 1, 38 – 39
7. Borzuta K., Janiszewski P., Tratwal Z., Wajda S., Grzeškowiak E., Lisiak D., Strzelecki J. 2007. Efektywność produkcji świń mieszańców czterorasowych bez udziału rasy pietrain. *Roczn. Inst. Przem. Mięsn. i Tł T. XLV/1* 7 – 16
8. Bressler D. 2009. Protein based foaming agents and methods of making thereof. World Patent WO2009053852
9. Briskey E.J. 1964. Ethiological status and associated studies of pale, soft and exudative porcine musculature. *Advances in Food Research* 13, 89 – 178
10. Cava R., Estévez M., Ruiz J., Morcuende D. 2003. Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science.* 63, 533 – 541
11. Channon H.A., Kerr M.G., Walker P.J. 2004. Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin. *Meat Science* 66, 881 – 888
12. Ciobanu D.C., Bastiaansen J.W.M., Lonergan S.M., Thomsen H., Dekkers J.C.M., Plastow G.S. Rothschild M.F. 2004. New alleles in calpastatin gene are associated with meat quality traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 82, 2829 – 2839
13. Crespo N., & Esteve-Garcia E. 2002. Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Science*, 81, 1533 – 1542
14. Cross A. J., Leitzmann M. F., Gail M. H., Hollenbeck A. R., Schatzkin A., & Sinha R. 2007. A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. *PLoS Medicine*, 4, 12, 1973
15. Czarniecka-Skubina E., Przybylski W., Jaworska D., Wachowicz I., Urbańska I., Niemyjski S.. 2007. Charakterystyka jakości mięsa wieprzowego o różnicowanej zawartości tłuszczu śródmięśniowego żywność. *Nauka. Technologia. Jakość*, 6 (55), 285 – 294
16. Daszkiewicz T., Wajda S. 2002. Jakość mięsa tusz tuczników zaliczonych do klasy E, U i R w systemie klasyfikacji EUROP. *Prace i Mat. Zoot.*, 13, 31 – 36
17. Daszkiewicz T., Wajda S.. 2004. Selected parameters of pig carcasses of different weight groups, *Animal Sci. Papers and Reports*, vol. 22 suppl. 3, 219 – 227
18. Delgado C. L. 2003. Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *Journal of Nutrition*, 133, 11, 3907S – 3910S
19. Domaradzki P., Skalecki P., Florek M., Litwińczuk Z. 2010. Związek kolagenu z wybranymi parametrami technologicznymi mięsa cielęcego. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość.* 4 (71), 50 – 62
20. Dransfield E., Jones R.C.D., MacFie H.J.H. 1981. Tenderising in *m. longissimus dorsi* of beef, veal, rabbit, lamb and pork. *Meat Science* 5, 139 – 147
21. Driskell J.A., Kim Y.N., Giraud D.W., Hamouz F.L., de Mello A.S., Erickson G.E., & Calkins C.R. 2011. Vitamin and mineral content of value cuts from beef steers fed distiller's grains. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 362 – 367
22. Ellis M. 2006. High quality pork production system. *Meat Science* 1, Suppl. 99 – 100.
23. Enser M., Hallett K., Hewitt B., Fursey G.A.J., Wood J.D. 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science* 42: 443 – 456
24. Esteve M.J., Farré R., Frígola A., Pilamunga C. 2002. Contents of vitamins B₁, B₂, B₆ and B₁₂ in pork and meat products. *Meat Science* 62, 73 – 78
25. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Join FAU/WHO/UNU Expert Consultation on Energy and Protein Requirements, The adoption of Joules as unit energy, 1971, <http://www.fao.org/docrep/meeting/009/ae906e/ae906e17.htm>
26. Fernandez X., Monin G., Talmant A., Mourot J., Lebret B. 1999: Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat 2. Consumer acceptability of *m. longissimus lumborum*. *Meat Science* 53, 67 – 72
27. Florowski T. 2011. 4.2.1. Skład chemiczny mięsa. *Zagadnienia ogólne. W: Mięso – Podstawy nauki i technologii.* Red. A. Pisula i E. Pospiech. Wyd. SGGW Warszawa: 133 – 142
28. Florowski T., Pisula A. 2006. Rola czynników genetycznych w kształtowaniu jakości tusz i mięsa wieprzowego. *Przem. Spoż.*, 9, 36 – 39
29. Florowski T., Pisula A., Stowiński M., Orzechowska B. 2006. Processing suitability of pork from different breeds reared in Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 5, 2, 55 – 64
30. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem.*, 226, 497 – 509.
31. Gawęcki J. 2004. III.7. Żywnienie dietetyczne. W: *Kompedium wiedzy o żywności, żywieniu i zdrowiu.* Red. J. Gawęcki i T. Mossor-Piertaszewska. Wyd. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa

32. George A. R., Bendall J. R., Jones R. C. D. 1980. The tenderising effect of electrical stimulation of beef carcasses. *Meat Science*, 4, 51 – 68
33. Goll D. E., Dayto W. R., Singh I. i Robson R. M. 1991. Studies of the a-actinin/actin interaction in the Z-disk by using calpain. *Journal of Biological Chemistry*, 266, 8501 – 8510
34. Gornowicz E., Dziadek K. 2002. Zeszyty Naukowe Instytutu Zootechniki, 30, 61 za Kijowski J., Tomaszewska-Gras J. (2004): Rozdz. 3.2. Struktura i skład chemiczny mięsa drobiowego. W książce „Mięso i przetwory drobiowe. Technologia, higiena, jakość. Praca zbiorowa pod red. T. Grabowskiego i J. Kijowskiego. WNT Warszawa, 46 – 80
35. Gou P., Zhen Z.Y., Hortós M., Arnau J., Diestre A., Robert N., Claret A., Čandek-Potokar M., Santé-Lhoutellier V. 2012. PRKAG3 and CAST genetic polymorphisms and quality traits of dry-cured hams — I. Associations in Spanish dry-cured ham Jamón Serrano. *Meat Science* 92, 346 – 353
36. Grau R., Hamm R. 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Fleischwirtschaft*, 4, 295 – 297
37. Grześ B., Pospiech E., Koćwin-Podsiadła M., Krzęcio E., Kurył J., Łyczwiński A., Mikołajczak B., Iwańska E. 2005. Comparison of culinary and technological properties of meat from selected genetic groups of pigs. *Pol. J. Food Nutr. Sciences*, 14/55, SI 1, 55 – 58
38. Grześkowiak E. 1999. Technologiczna i konsumpcyjna przydatność mięsa krzyżówek towarowych świń polskich ras białych z udziałem knurów ras hanphshire i duroc. Rozprawy 190, Akademia Rolnicza w Szczecinie
39. Grześkowiak E., Borys A., Borzuta K., Buczyński J. T., Lisiak D. 2009. Slaughter value, meat quality and backfat fatty acid profile in Zlotnicka Spotted fatteners. *Anim. Sci. Pap. Rep. Vol. 27, No. 2: 115 – 125*
40. Grześkowiak E., Borzuta K., Lisiak D., Janiszewski P., Strzelecki J. 2010. Przydatność kulinarna mięsa świń ras białych oraz mieszańców z udziałem knurów ras duroc i pietrain. *Nauka. Przyroda. Technologic. t.4, zesz. 5, 1 – 10*
41. Grześkowiak E., Lisiak D., Borys A., Borzuta K., Strzelecki J., Janiszewski P. 2007. Wpływ wielkości masy tusz tuczników na otłuszczenie podskórne i przetłuszczenie śródmięśniowe mięsa wieprzowego. *Roczn. Inst. Przem. Mięsn. i Tł T. XLV/1*
42. Guillevic, M., Kouba, M. & Mouro, J. 2009. Effect of a linseed on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. *Meat Science*, 81, 612 – 618
43. Hamill R.M., McBryan J., McGee Ch., Mullen A.M., Sweeney T., Talbot A., Cairns M.T., Davey G.C. 2012. Functional analysis of muscle gene expression profiles associated with tenderness and intramuscular fat content in pork. *Meat Science* 92, 440 – 450
44. Harris W. S., Assaad B., Poston W.C. 2006. Tissue Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio and Risk for Coronary Artery Disease. *Am. J. Cardiol.* 98:19i – 26i
45. Ho Y., Stromer M. H. i Robson R. M. 1996. Effect of electrical stimulation on post-mortem titin, nebulin, desmin and troponin-T degradation and ultrastructural changes in bovine Longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 74, 1563 – 1575
46. Hodgson J., Burke V., Beilin L. J., Puddey I. B. 2006. Partial substitution of carbohydrate intake with protein intake from lean red meat lowers blood pressure in hypertensive persons. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 780 – 787
47. Hodgson J., Wards N. C., Burke V., Beilin L. J., Puddey I. B. 2007. Increased lean red meat intake does not elevate markers of oxidative stress and inflammation in humans. *Journal of Nutrition*, 137, 363 – 367
48. Honikel K.O., Arneht W. 1996. Cholesteringehalt in Fleisch und Eiern. *Fleischwirtschaft*, 76, 12, 1244 – 1253
49. Howe G. R., Aronson K. J., Benito E. 1997. The relationship between dietary fat intake and risk of colorectal cancer: evidence from the combined analysis of 13 case control studies. *Cancer causes control* 8, 215 – 228
50. Howe P., Buckley J., & Meyer B. 2007. Long-chain omega-3 fatty acids in red meat. *Nutrition and Dietetics*, 64, 4, S135 – S139
51. Howe P., Meyer B., Record S., & Baghurst K. 2006. Dietary intake of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids: Contribution of meat sources. *Nutrition*, 22, 1, 47 – 53
52. In M. J., Chae H. -J., Oh N. -S. 2002. Process development for heme-enriched peptide by enzymatic hydrolysis of hemoglobin. *Bioresource Technology*, 84, 63 – 68
53. Iwanowska A. 2012. Analiza przemian białek i kruchości mięsa z tusz młodego bydła rasy holsztyno-fryzyskiej poddanych zabiegom tenderyzacji. Praca doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
54. Iwanowska A., Grześ B., Mikołajczak B., Iwańska E., Pospiech E., Juszcuk-Kubiak E., Rosochacki S.J. 2011. Impact of polymorphism of the regulatory subunit of the μ -calpain (*CAPN1S*) on the proteolysis process and meat tenderness of young cattle. *Molecular Biology Reports* 38:1295 – 1300
55. Iwanowska A., Iwańska E., Grześ B., Mikołajczak B., Pospiech E., Rosochacki S., Juszcuk – Kubiak E., Łyczwiński A. 2010b. Changes in proteins and tenderness of meat from young bulls of four breeds at three ages over 10 days of cold storage. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 28, 1, 13 – 25
56. Iwanowska A., Pospiech E. 2010. Comparison of slaughter value and muscle properties of selected cattle breeds in Poland. – review. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 9, 1, 7 – 22
57. Iwanowska A., Pospiech E., Łyczwiński A., Rosochacki S., Grześ B., Mikołajczak B., Iwańska E., Rzosińska E., Czyżak-Runowska G. 2010a. Evaluation of variations in principal indices of the culinary meat quality obtained from young slaughter cattle. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 9, 2, 133 – 149
58. Janicki B., Buzafała M. 2013. Wpływ kolagenu na jakość technologiczną mięsa. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość.* 2 (87), 19 – 29
59. Janik A., Barowicz T. 1998. Stabilizowanie tłuszczu w tkankach tusz wieprzowych. *Trz. Chł.* 7: 39 – 41

60. Jankowiak H., Bocian M., Kapelański W., Roślewska A. 2010. Zależność między otłuszczeniem tuszy a zawartością tłuszczu śródmięśniowego i profilem kwasów tłuszczowych w mięsie świń. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6, 73, 199 – 208
61. Jaworska D., Przybylski W., Czarniecka-Skubina E., Wachowicz I. 2007. Jakość sensoryczna mięsa wieprzowego pochodzącego od tuczników o zróżnicowanej mięsności. *Roczn. Inst. Przem. Mięsn. i Ti T. XLV/1*, 51 – 60
62. Juarez M., Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Aldai N., Basarab J.A., Baron V.S., & McAllister T.A. 2011. Effects of vitamin E and flaxseed on rumen-derived fatty acid intermediates in beef intramuscular fat. *Meat Science*, 88, 434 – 440
63. Juarez M., Dugan M.E.R., Aldai N., Aalhus J.L., Parience J.F., Zijlstra R.T., & Beaulieu A.D. 2010. Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration and feeding level on growth performance and backfat fatty acid composition of grower-finisher pigs. *Meat Science*, 84, 578 – 584
64. Kamiński S., Koćwin-Podsiadła M., Sieczkowska H., Help H., Zybert A., Krzęcio E., Antosik K., Brym P., Wójcik E., Adamczyk G. 2010. Screening 52 single nucleotide polymorphisms for extreme value of glycolytic potential and drip loss in pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 127, 125 – 132
65. Kanda H. i Kancchika T. 1992. Some properties of abnormal porcine muscles (PFE, PFD) differed from PSE and DFD. *Proc. 38th ICoMST, Francia Clermaont-Ferrand* 919 – 922
66. Kasprzyk A. 2012. Przydatność technologiczna i kulinarna mięsa mieszańców pochodzących z krzyżowania dzika (*Sus scrofa scrofa*) z wybranymi rasami hodowlanymi świń. *Rozprawy Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Zeszyt* 362.
67. Kauffman R. G. 1996. Odkrycia dotyczące jakości mięsa świń. Seminarium „Postęp hodowlano-produkcyjny a ilość i jakość surowca mięsnego” Referaty i doniesienia, 5 – 20
68. Kauffman R. G., W. Sybesma, F. J. M. Smulders, G. Eikelenboom, B. Engel, R. L. J. M. van Laack, A. H. Hoving-Bolink, P. Sterrenburg, E. V. Nordheim, P. Walstra i P. G. van der Wal. 1993. The effectiveness of examining early postmortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Science*. 34 – 283
69. Kawasaki T., Seki E., Osajima K., Yoshida M., Asada K., Matsui T., Osajima Y. 2000. Antihypertensive effect of valyl-tyrosine, a short chain peptide derived from sardine muscle hydrolyzate, on mild hypertensive subjects. *Journal of Human Hypertension*, 14, 8, 519–523
70. Kijowski J., Tomaszewska_Gras J. 2004. Rozdz. 3.2. Struktura i skład chemiczny mięsa drobiowego. W książce „Mięso i przetwory drobiowe. Technologia, higiena, jakość. Praca zbiorowa pod red. T. Grabowskiego i J. Kijowskiego. WNT Warszawa, 46 – 80
71. Koćwin-Podsiadła M., Antosik K., Krzęcio E., Zybert A., Sieczkowska H., Grześ B., Łyczyński A., Pospiech E. 2004. Effect of carcass muscling on culinary and technological pork properties in fatteners of three genetic groups. *Animal Science Papers and Reports* 22, 4, 451 – 458
72. Koćwin-Podsiadła M., Krzęcio E., Przybylski W. 2006. Pork quality and methods of its evaluation – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 15/56, 3, 241 – 248
73. Koćwin-Podsiadła M., Przybylski W., Kurył J., Talmant A., Monin G. 1995. Muscle glycogen level and meat quality in pigs of different halothane genotypes. *Meat Science*, 40, 121 – 125
74. Kołczak T. 2008. Jakość wotowiny. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*.1 (56), 5 – 22
75. Kołczak T. 2007. Smakowitość mięsa. *Gosp. Mięsna* 59, 12: 26 – 28
76. Kołożyn-Krajewska D., Sikora T. 2004. Towaroznawstwo żywności. WSiP Warszawa
77. Kortz J., Karamucki T., Rybarczyk A., Gardzielewska J., Jakubowska M., Natalczyk-Szymkowska W. 2002. Charakterystyka jakości mięsa wieprzowego pozyskiwanego z tusz klasyfikowanych w systemie EUROP na podstawie mięsności szacowanej aparatem Ultra Fom bądź metodą dysekcji. *Prace i Mat. Zoot.*, 13, 77 – 84.
78. Kośmider A., Czaczek K. 2010. Witamina B₁₂ – budowa, biosynteza, funkcje i metody oznaczenia. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 5, 17 – 32
79. Kouba M., Bonneau M., Noblet J. 1999. Relative development of subcutaneous, intermuscular, and kidney fat in growing pigs with different body composition. *J. Anim. Sci.* 77: 622 – 629
80. Kowalska D., Półtowicz K., Bielański P., Niedbała P., Kobylarz P. 2012. Porównanie jakości mięsa królików, nutrii i kurcząt. *Rocz. Nauk. Zoot.*, T. 39, 2, 237 – 248
81. Krzęcio E., Kurył J., Koćwin-Podsiadła M., Monin G. 2005. Association of calpastatin (CAST/Mspl) polymorphism with meat quality parameters of fatteners and its interaction with RYR1 genotypes. *J. Anim. Breed. Genet.* 122, 251 – 258
82. Krzywicki K. 1972. Badania nad wodnistością i środkami ograniczającymi jej występowanie w mięsie świń. *Roczn. IPMs.* 9, 2, 5
83. Kuhn G., Hartung M., Nürnberg G., Falkenberg H., Langhammer M., Schwerin M., Ender K. 1997. Growth, carcass composition and meat quality in pigs with different capacity for lipid deposition. *Arch. Tierz.* 40: 345 – 355
84. Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B. 2011. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, ISBN 978-83-4341-9
85. Lappe F.M. 1982. Diet for small planet. 10th anniversary edition, Ballantine Books. New York
86. Layman D. K., Clifton P., Gannon M. C., Krauss R. M., Nuttall F. Q. 2008. Protein in optimal health: Heart disease and type 2 diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87, 1571S – 1575S
87. Li D., Siriamornpun S., Wahlgvist M. L., Mann N. J., Sinclair A. J. 2005. Lean meat and heart health. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 14, 2, 113 – 119
88. Lisiak D., Grzeskowiak E., Borzuta K, Raj S., Janiszewski P, Skiba G. 2013. Effects of supplementary vegetable and animal fats on the slaughter values of fatteners, meat quality and fatty acid profile in pigs. *Czech J. Anim. Sci.* 58, 2013 (11): 497 – 511

89. Lisiak D., Borzuta K., Janiszewski P., Magda F., Grześkowiak E., Strzelecki J., Powalowski K., Lisiak B. 2012. Verification of regression equations for estimating pork carcass meatiness using CMG, IM-03, fat-o-meat'er ii and ultrafom 300 devices. *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 12, No. 4 585 – 596
90. Litwińczuk A., Florek M., Skalecki P. 2005. Wartość rzeźna tuczników zakwalifikowanych do poszczególnych klas handlowych w systemie EUROP. *Rocz. Inst. Przem. Mięsn. i Tł.* 42/43, 81 – 89
91. Litwińczuk A., Skalecki P., Grodzicki T., Kędzierska-Matyssek M. 2002. Jakość mięsa tuczników zakwalifikowanych do poszczególnych klas w systemie EUROP. *Annales UMCS*, 20, 69 – 72
92. Lizardo R., van Milgen J., Mourot J., Noblet J., Bonneau M. 2002. A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pig., *Livest. Prod. Sci.* 75: 167 – 182
93. Lombardi-Boccia, G., Martinez Dominguez, B., & Aguzzi, A. 2005. Total aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 39 – 46
94. Łoś-Kuczera M., Iwanow K., Kłys W., Kunachowicz H., Nadolna I., Okolska G., Rutkowska U., Wojtasik A. 1990. Produkty spożywcze. Skład i wartość odżywcza. Warszawa, Instytut Żywności i Żywienia, Prace IŻŻ nr 54
95. Łyczyński A., Pospiech E., Czyżak–Runowska G., Rzościńska E., Mikołajczak B., Grzeź B., Iwańska E., Koćwin-Podsiadła M. 2006. Pork meat quality in line 990 and 890 pigs compared with Danish crossbred pigs [(L x Y x Du)]. *Annals of Animal Science* 6, 2, 277 – 282
96. Łyczyński A., Pospiech E., Koćwin-Podsiadła M., Rzościńska E., Czyżak-Runowska G., Grzeź B., Krzęcio E. 2004. Level of intramuscular fat and selected slaughter traits and pork meat quality. *Ann. Animal Science Suppl.* 2, 235 – 239
97. Madison, WI Wood J.D., Wiseman J., Cole D.J. 1994. Control and manipulation of meat quality.
98. Maj D., Bieniek J., Bekas Z. 2012. Wpływ wieku i płci królików na wskaźniki jakości ich mięsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 1, 80, 142 – 153
99. Małecka S.A., Poprawski K., Biłski B. 2006. Profilaktyczne i terapeutyczne zastosowanie tiaminy (witaminy B₁) – nowe spojrzenie na stary lek. *Wiadomości Lekarskie*. 59, 383 – 387
100. McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., Fearon, A. M. 2010. Review. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science* 84, 1 – 13
101. McCarty T.L., Kerry J.P., Kerry J.F., Lynch P.B., Buckley D.J. 2001. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science* 58, 45 – 52
102. Miszczuk B. 2009. System wychładzania tusz wieprzowych w procesie technologicznym zakładów mięsnych jako czynnik modyfikujący wartość kulinarną i przetwórczą mięsa. Praca doktorska, Akademia Podlaska Wydział Przyrodniczy
103. Monziols M., Bonneau M., Davenel A., Kouba M. 2005. Tissue distribution in pig carcasses exhibiting large differences in their degree of leanness, with special emphasis on intermuscular fat. *Livest. Prod. Sci.* 97: 267 – 274
104. Morzel M., Chambon Ch., Hamelin M., Sante-Lhoutellier V., Sayd T., Monin G. 2004. Proteome changes during pork meat ageing following use of two different pre-slaughter handling procedures. *Meat Science* 67, 689 – 696
105. Mourot J., Kouba M., Peiniau P. 1995. Comparative study of in vitro lipogenesis in various adipose tissues in the growing domestic pig (*Sus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 111B: 379 – 384
106. Norma PN-EN ISO 6869:2002 Pasze – Oznaczanie zawartości wapnia, miedzi, żelaza, magnezu, manganu, potasu, sodu i cynku.
107. Norma PN-EN ISO 7218:2008 Mikrobiologia żywności i pasz. Wymagania ogólne i zasady badań mikrobiologicznych.
108. Nuernberg K., Dannenberger D., Nuernberg G., Ender K., Voigt J., Scollan N.D., Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I. 2005a. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Prod. Sci.* 94, 137 – 147
109. Nuernberg K., Fischer K., Nuernberg G., Kuechenmeister U., Klosowska D., Eliminowska-Wenda G., Fiedler I., Ender K. 2005b. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science* 70, 63 – 74
110. Nuernberg K., Grumbach S., Nuernberg G., Hartung M., Zupp W., Ender K. 2001. Influence of breed and production system on meat quality and fatty acid composition in lamb muscle. *Arch Tierzucht, Dummerstorf*, 44, Special Issue, 351 – 360
111. Ofori J. A., Hsieh Y.-H. P. 2011. Blood-derived products for human consumption. *Revelation and Science*, 1, 14 – 21
112. Orzechowska B., Tyra M., Mucha A. 1996. Ocena różnych ras świń pod względem cech jakościowych mięsa. *Zesz. Nauk. Przegl. Hod.*, 26, 215
113. Orzechowska B., Tyra M., Mucha A., Żak G. 2012. Jakość tusz świń ras wbp i pbz ze szczególnym uwzględnieniem zawartości tłuszczu śródmięśniowego (IMF) w zależności od poziomu mięsności. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 39, 1, 77 – 85
114. Palka K., Migdał W., Wojtysiak D., Natonek-Wiśniewska M., Dudkiewicz A., Muzyczka K., Wantuch M., Bauerek E. 2010. Wpływ rasy i wieku świń na właściwości modelowych farszów mięsnych i kiełbas. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1, 68, 80 – 92
115. Papa I., Alvarez C., Verrez-Bagnis V., Fleurence J. i Benyamin Y. 1996. Postmortem release of fish white muscle a-actinin as a marker of disorganisation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 63 – 70.

116. Park H. K., Ito T. i Fukazawa T. 1975. Comparison between normal and PSE porcine muscle in the extractibility of myosin B and in the rheological properties of those sausages. *Jap. J. Zootech. Sci.* 46, 6, 360
117. Pascual J.V., Rafecas M., Canela M.A., Boatella J., Bou R., Barroeta A.C., Codony R. 2007. Effect of increasing amounts of a linoleic-rich dietary fat on the fat composition of four pig breeds. Part II: Fatty acid composition in muscle and fat tissues. *Food Chem.* 100(4): 1639 – 1648
118. Paul, A.A., & Southgate, D.A.T. 1978. McCance and Widdowson's composition of foods. In *Fourth revised and extended edition of MRC Special report no 297*. Amsterdam, Elsevier/North-Holland Biomedical press
119. Phang M., Lazarus S., Wood L. G., Garg M. 2011. Diet and thrombosis risk: nutrients for prevention of thrombotic disease. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. 37, 3, 199 – 208
120. Pikul J. 1996. Wpływ rodzaju i jakości tłuszczów oraz dodatku tokoferoli w paszach drobiowych na utlenianie lipidów mięsa drobiu podczas przetwarzania i przechowywania. *Post. Drob.* 34, 2: 10 – 20
121. Pikul J., Pospiech E., Oziemkowski P. 2003. Białka pochodzenia zwierzęcego, ich charakterystyka i znaczenie w żywności. W książce „Białka w żywności i żywieniu” Praca zbiorowa pod red. J. Gawęckiego. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. Wyd. II poprawione i uzupełnione, 22 – 41
122. Pisula A., Florowski T. 2005. Czynniki decydujące o jakości mięsa wieprzowego. *Magazyn Weterynaryjny, Suplement Świnie*, 12 – 16
123. Pospiech E. 1982. Übersicht über technologische Verwertungsmethoden von PSE – und DFD Fleisch. *Fleischwirtschaft* 1982, 7, 888 – 893
124. Pospiech E., Borzuta K., Grzeskowiak E. 1998. Możliwości przyżyciowego kształtowania jakości mięsa i mięsności tusz wieprzowych. *Gospodarka Mięsna*, 1998, 5, 28 – 34
125. Pospiech E., Iwanowska A., Montowska M. 2011. Mięso – podstawy nauki i technologii. *Wady mięsa i możliwości ograniczenia ich negatywnego wpływu na jakość*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN 978-83-7583-317-1
126. Pospiech E., Iwanowska A., Montowska M. 2011. Rozdział 6.1. „Wady mięsa i możliwość ograniczenia ich negatywnego wpływu na jakość” w książce: „Mięso. Podstawy Nauki i Technologii”. Praca zbiorowa pod redakcją A. Pisuli i E. Pospiecha, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 231 – 248
127. Pospiech E., Lisiak D. 2012. Meat faults. Their causes and effects and possibilities for preventing their occurrence. VIth International Scientific Symposium “Application of scientific researches in pig production improvement and their influence on rural areas development”. Bydgoszcz – Toruń, Proceedings pp. 46 – 47
128. Pospiech E., Montowska M. 2011. Chapter 3. Technologies to improve water-holding capacity of meat. W książce “Control of Meat Quality”. Ed. Seon-Tea Joo, ISBN: 978-81-308-0469-9. Publ. by Research Signpost 37/661 (2), Fort P.O. Trivandrum-695 023. Kerala, India, 61 – 80
129. Potter J. D., Slattey M. L., Bostick R. M. 1993. Colon cancer: a review of the epidemiology. *Epidemiologic Reviews* 15, 299 – 545
130. Praca zbiorowa pod redakcją J. Gawęckiego i T. Mossor-Pietraszewskiej. 2004. *Kompendium wiedzy o żywności, żywieniu i zdrowiu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
131. Praca zbiorowa pod redakcją T. Blicharskiego i A. Hammermeister. 2013. *Strategia odbudowy i rozwoju produkcji trzody chlewnej w Polsce do roku 2030*, Warszawa
132. Pyrcz J., Kowalski R., Danyluk B. 2007. Jakość kutowanych kiełbas parzonych produkowanych z udziałem tłuszczów roślinnych. *Medycyna weterynaryjna* 63, 1, 118 – 122
133. Raj St., Skiba G., Weremko D., Fandrejewski H, Migdał W., Borowiec F., & Poławska E. 2010. The relationship between the chemical composition of the carcass and the fatty acid composition of intramuscular fat and backfat of several pig breeds slaughtered at different weights. *Meat Science*, 86, 324 – 330
134. Robert N., Briand M., Taylor R. i Briand Y. 1999. The effect of proteasome on myofibrillar structures in bovine skeletal muscle. *Meat Science*, 51, 149 – 153
135. Robinson F. 2002. The nutritional contribution of meat to the British diet: Recent trends and analyses. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*, 26, 283 – 293
136. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 lutego 2010 r. w sprawie wymagań i sposobu postępowania przy utrzymywaniu gatunków zwierząt gospodarskich, dla których normy ochrony zostały określone w przepisach Unii Europejskiej (Dz. U. Nr 56 poz. 344 z późn. zm.)
137. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1308/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. ustanawiające wspólną organizację rynków produktów rolnych oraz uchylające Rozporządzenie Rady (EWG) nr 922/72, (EWG) nr 234/79, (WE) nr 1037/2001 i (WE) nr 1234/2007
138. Rybarczyk A. 2008. Jakość mięsa tusz wieprzowych sklasyfikowanych w klasach S, E, U i R systemu EUROP. *Roczn. Inst. Przem. Mięsn. i Ti T. XLVI/1* 2008, 17 – 23
139. Sarries M.V., Murray B.E., Moloney A.P., Troy D., & Beriain M.J. 2009. The effect of cooking on the fatty acid composition of longissimus muscle from beef heifers fed rations designed to increase the concentration of conjugated linoleic acid in tissue. *Meat Science*, 81, 307 – 312
140. Scientific opinion on dietary reference values for protein. *The EFSA Journal*. 2012. 10, 2, 2557
141. Seppo L., Jauhainen T., Poussa T., Korpela R. 2003. A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77, 2, 326–330
142. Sieczkowska H., Koćwin-Podsiadła M., Zybert A., Krzęcio E., Antosik K., Kamiński S., Wojcik E. 2010a. The association between polymorphism of PKM2 gene and glycolytic potential and pork meat quality. *Meat Science* 84, 180 – 185

143. Sieczkowska H., Zybert A., Krzęcio E., Antosik K., Koćwin-Podsiadła M., Pierzchała M., Urbański P. 2010b. The expression of genes PKM2 and CAST in the muscle tissue of pigs differentiated by glycolytic potential and drip loss, with reference to the genetic group. *Meat Science* 84, 137 – 142
144. Sosnicki A. A., Greaser M. L., Pietrzak M., Pospiech E., Sante V. 1998. PSE – like syndrome in breast muscle of domestic turkeys: a review. *J. Muscle Foods* 1998, 9, 13 – 23
145. Sośnicki A., Domański J. 1983. Występowanie włókien olbrzymich w tkance mięśniowej świń a wodniastość mięsa. *Gosp. Mięś.*, 2, 17 – 18
146. Speedy A. W. 2003. Global production and consumption of animal source foods. *Journal of Nutrition*, 133, 4048S – 4053S
147. Strakova E., Suchy P., Herzig I., Hudeckova P., & Ivanko S. 2010. Variation in fatty acids in chicken meat as a result of a lupin-containing diet. *Czech Journal of Animal Science*, 55, 75 – 82
148. Strzelecki J., Borzuta K., Lisiak D., Borys A., Grzeškowiak E., Janiszewski P. 2008. Wpływ masy tuczników linii PEN-AR-LAN na wartość rzeźną i jakość mięsa. *Roczn. Inst. Przem. Mięsn. i Tł.46/3*, 73 – 82
149. Strzeżek J., Wołos A. 1997. Steroidy. W *Ćwiczenia z biochemii*. Wyd ART. Olsztyn 121
150. Szmańko T., Wyskiel S., Gajewczyk P. 2002. Zależność między zdolnością utrzymywania wody a budową histologiczną tkanki mięśniowej świń. *Prace i Mat. Zoot.*, 13, 177 – 184
151. Szulc K., Knecht D., Jankowska-Mąkosa A., Skrzypczak E. 2012. Wyniki oceny jakości mięsa świń rodzimej rasy złotnickiej pstrej. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Biol. Hod. Zwierz.*, LXIV, 586: 51 – 60
152. Takahashi K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science* 43, S., S67 – S80
153. Takahashi K., A. Hattori & H. Kuroynagi. 1995. Relationship between the translocation of paratropomyosin and the rigor- shortened sarcomeres during post-mortem ageing of meat. A molecular mechanism of meat tenderization. *Meat Science* 40, 413 – 423
154. Taylor A. A., Tantikov M. Z. 1989. Electrical stimulation and rapid chilling of pig carcasses. *Proc. 35th ICoMST*, Copenhagen, 1157 – 1162
155. Toldrá F., Aristoy M.-C., Mora L., Reig M. 2012. Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Science*, 92, 3, 290 – 296
156. Tomovic V.M., Petrovic L.S., Tomovic M.S., Kevresan Z.S., & Dzinic N.R. 2011. Determination of mineral contents of semimembranosus muscle and liver from pure and crossbred pigs in Vojvodina (northern Serbia). *Food Chemistry*, 124, 342 – 348
157. Tyszkiewicz S., Wawrzyniewicz M., Strzelecki J., Borys A. 2008. Badania uwodnienia białek mięśniowych i łącznotkankowych mięsa świń. *Acta Agrophysica* 11, 1, 263 – 270
158. United States Department of Agriculture (USDA). 2009. National Nutrient Database for Standard References. Retrieved from <http://fnic.nal.usda.gov>
159. United States Department of Agriculture (USDA). 2013. National Nutrient Database for Standard References. Retrieved from <http://fnic.nal.usda.gov>
160. USDA. 1999. USDA Nutrient data base for standard references release 13 Washington, DC, za Kijowski J., Tomaszewska_Gras J. 2004. Rozdz. 3.2. Struktura i skład chemiczny mięsa drobiowego. W książce „Mięso i przetwory drobiowe. Technologia, higiena, jakość. Praca zbiorowa pod red. T. Grabowskiego i J. Kijowskiego. WNT Warszawa, 46 – 80
161. Verbeke W., Frewer L. J., Scholderer J., De Brabander H. F. 2007. Why consumers behave as they do with respect to food safety and risk information. *Analytica Chimica Acta*, 586, 2 – 7
162. Verbeke W., van Oeckel M.J., Warnants N., Viaene J., Boucque C.V. 1999. Consumer perceptions, facts and possibilities to improve acceptability of health and sensory characteristics of pork. *Meat Science*, 53: 77 – 99
163. Vercruyse L., Van Camp J., Smagge G. 2005. ACE inhibitory peptides derived from enzymatic hydrolysates of animal muscle protein: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 21, 8106–8115
164. Viana F. R., Silva V. D. M., Delvivo F. M., Bizzotto C. S., Silvestre M. P. C. 2005. Quality
165. Wal P. G., van der Belink A. H. & Merkus G. S. M. 1988. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Science* 24, 1, 79 – 89
166. Warnants N., van Oeckel M.J., Boucqué C.V. 1999. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids into pork fatty tissues. *J. Anim. Sci.* 77: 2478 – 2490
167. Warner R. D. 1994. Physical properties of porcine musculature in relation to post-mortem biochemical changes in muscle proteins. PhD Thesis, University of Wisconsin
168. WCRF – World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. 2007. Food, nutrition and the prevention of cancer: A global perspective. Washington, DC: American Institute for Cancer Research
169. Williamson C. S., Foster R. K., Stanner S. A., Buttriss J. L. 2005. Red meat in the diet. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*, 30, 323 – 355
170. Wirth F. 1972. Qualitätabweichungen bei Schweinefleisch – Konsequenzen für die Verarbeitung von wäßrigem, blassem Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* 52, 212
171. Zhang F., Fang L., Wang Ch., Shi L., Chang T., Yang H., Cui M. 2013. Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi–beef gels with microbial transglutaminase. *Meat Science*, 93, 3, 533 – 537
172. Zintegrowany System Rolniczej Informacji Rynkowej. 2012. <http://www.minrol.gov.pl>
173. Zintegrowany System Rolniczej Informacji Rynkowej. 2013. <http://www.minrol.gov.pl>
174. Żak G. 2006. Mięso wieprzowe jest zdrowe – potwierdzają to wyniki badań. *Trzoda Chlewna* 8 – 9, 65 – 67



Aneks



Tabela 1.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w **boczku** w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
≤C12:0	Śr.	211	234	292
	SD	164	126	185
C14:0	Śr.	421	405	531
	SD	141	144	171
C16:0	Śr.	6553	6672	8681
	SD	2243	2236	2437
C16:1	Śr.	787	828	1059
	SD	308	320	345
C18:0	Śr.	3970	3908	5225
	SD	1418	1261	1428
C18:1 n-9	Śr.	8269	8298	10554
	SD	3028	2713	2790
C18:1 n-7	Śr.	803	861	1118
	SD	397	504	471
C18:2 n-6	Śr.	2094	2229	2632
	SD	735	761	645
C18:3 n-3	Śr.	116	121	210
	SD	52	58	117
C20:4 n-6	Śr.	220	208	306
	SD	136	116	157
C20:5 n-3	Śr.	134	122	169
	SD	53	80	96
C22:6 n-3	Śr.	129	154	130
	SD	71	142	82
inne	Śr.	502	548	849
	SD	525	601	910
Σn-6	Śr.	2314	2437	2938
	SD	832	831	705
Σn-3	Śr.	378	397	510
	SD	121	227	203
Σ PUFA	Śr.	2692	2833	3448
	SD	903	990	845
Σ MUFA	Śr.	9859	9988	12730
	SD	3563	3389	3397
Σ SFA	Śr.	11155	11219	14729
	SD	3773	3616	4010

Tabela 2.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w **żeberkach** w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
\leq C12:0	Śr.	507	555	605
	SD	258	267	317
C14:0	Śr.	366	536	523
	SD	152	258	191
C16:0	Śr.	4731	6083	7246
	SD	1502	1438	1436
C16:1	Śr.	526	653	769
	SD	174	205	177
C18:0	Śr.	3275	4090	4950
	SD	1048	938	959
C18:1 n-9	Śr.	6732	8705	10776
	SD	2247	2067	2334
C18:1 n-7	Śr.	603	737	876
	SD	178	162	230
C18:2 n-6	Śr.	1997	2080	2397
	SD	487	547	499
C18:3 n-3	Śr.	377	392	524
	SD	107	142	214
C20:4 n-6	Śr.	194	189	216
	SD	57	66	68
C20:5 n-3	Śr.	50	67	67
	SD	26	34	30
C22:6 n-3	Śr.	9	14	14
	SD	12	22	15
inne	Śr.	527	689	866
	SD	291	512	522
Σ n-6	Śr.	2191	2268	2613
	SD	534	576	547
Σ n-3	Śr.	437	473	606
	SD	126	156	219
Σ PUFA	Śr.	2628	2741	3219
	SD	650	672	737
Σ MUFA	Śr.	7861	10096	12421
	SD	2575	2324	2650
Σ SFA	Śr.	8878	11263	13324
	SD	2795	2629	2495

Tabela 3.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w **topatce** w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	95	86	129
	SD	45	45	76
C16:0	Śr.	1514	1411	1874
	SD	749	721	841
C16:1	Śr.	167	151	206
	SD	93	89	100
C18:0	Śr.	1043	953	1221
	SD	558	509	576
C18:1 n-9	Śr.	2766	2506	3434
	SD	1381	1375	1702
C18:1 n-7	Śr.	255	216	289
	SD	161	117	125
C18:2 n-6	Śr.	496	465	629
	SD	270	264	334
C18:3 n-3	Śr.	62	58	81
	SD	36	36	50
inne	Śr.	130	176	318
	SD	135	206	303
Σ n-6	Śr.	496	465	630
	SD	272	264	335
Σ n-3	Śr.	62	58	81
	SD	36	36	50
Σ PUFA	Śr.	559	523	711
	SD	302	296	377
Σ MUFA	Śr.	3187	2874	3929
	SD	1626	1574	1912
Σ SFA	Śr.	2678	2475	3258
	SD	1352	1272	1468

Tabela 4.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w **karkówce** w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	518	667	643
	SD	170	228	248
C16:0	Śr.	2669	3333	3327
	SD	887	911	926
C16:1	Śr.	316	365	382
	SD	97	91	116
C18:0	Śr.	2110	2450	2599
	SD	708	685	629
C18:1 n-9	Śr.	4382	5269	5347
	SD	1416	1419	1439
C18:1 n-7	Śr.	408	481	505
	SD	125	134	152
C18:2 n-6	Śr.	1239	1424	1366
	SD	363	458	385
C18:3 n-3	Śr.	200	235	241
	SD	75	73	73
C20:4 n-6	Śr.	150	181	192
	SD	61	66	74
C20:5 n-3	Śr.	44	53	54
	SD	15	24	25
inne	Śr.	348	322	446
	SD	168	210	398
Σ n-6	Śr.	1388	1605	1558
	SD	404	509	435
Σ n-3	Śr.	246	288	295
	SD	85	88	87
Σ PUFA	Śr.	1634	1893	1852
	SD	466	581	505
Σ MUFA	Śr.	5106	6115	6234
	SD	1621	1627	1683
Σ SFA	Śr.	5707	6812	7026
	SD	1847	1814	1846

Tabela 5.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w szynce w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	52	44	55
	SD	37	23	20
C16:0	Śr.	723	620	783
	SD	469	326	292
C16:1	Śr.	76	65	82
	SD	50	33	28
C18:0	Śr.	485	416	521
	SD	309	221	205
C18:1 n-9	Śr.	1133	1008	1233
	SD	697	527	506
C18:1 n-7	Śr.	109	92	117
	SD	69	46	42
C18:2 n-6	Śr.	246	209	288
	SD	150	103	111
C18:3 n-3	Śr.	30	25	33
	SD	18	15	14
C20:4 n-6	Śr.	14	12	15
	SD	9	7	7
inne	Śr.	114	61	104
	SD	180	71	124
Σ n-6	Śr.	260	222	303
	SD	158	109	116
Σ n-3	Śr.	30	25	33
	SD	18	15	14
Σ PUFA	Śr.	289	247	336
	SD	175	122	127
Σ MUFA	Śr.	1318	1166	1433
	SD	814	605	573
Σ SFA	Śr.	1404	1202	1514
	SD	902	630	563

Tabela 6.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w **schabie z omięsną** w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
≤C12:0	Śr.	70	76	84
	SD	46	33	48
C14:0	Śr.	99	135	136
	SD	53	71	63
C16:0	Śr.	1286	1782	1791
	SD	718	1086	894
C16:1	Śr.	149	212	205
	SD	92	128	105
C18:0	Śr.	778	1045	1061
	SD	418	641	532
C18:1 n-9	Śr.	1941	2689	2738
	SD	1092	1700	1319
C18:1 n-7	Śr.	184	251	255
	SD	102	134	122
C18:2 n-6	Śr.	453	622	611
	SD	251	373	342
C18:3 n-3	Śr.	72	118	122
	SD	59	96	83
C20:4 n-6	Śr.	57	69	71
	SD	31	36	40
C20:5 n-3	Śr.	16	17	18
	SD	12	10	13
C22:6 n-3	Śr.	17	15	21
	SD	16	17	17
inne	Śr.	32	48	54
	SD	25	46	54
Σn-6	Śr.	510	690	682
	SD	273	399	368
Σn-3	Śr.	106	150	162
	SD	68	115	101
Σ PUFA	Śr.	616	841	844
	SD	337	509	456
Σ MUFA	Śr.	2274	3152	3198
	SD	1284	1959	1538
Σ SFA	Śr.	2232	3038	3071
	SD	1220	1818	1508

Tabela 7.

Zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 g wyrębu, średnia \pm SD) w **schabie** w zależności od klasy mięsności

Kwasy tłuszczowe		Klasa mięsności		
		S	E	U
C14:0	Śr.	40	70	69
	SD	40	73	78
C16:0	Śr.	426	846	798
	SD	434	734	822
C16:1	Śr.	46	97	94
	SD	45	92	99
C18:0	Śr.	271	519	494
	SD	295	445	518
C18:1 n-9	Śr.	646	1296	1208
	SD	657	1150	1232
C18:1 n-7	Śr.	64	124	120
	SD	64	105	119
C18:2 n-6	Śr.	147	266	240
	SD	121	223	230
C18:3 n-3	Śr.	26	48	48
	SD	39	46	58
C20:4 n-6	Śr.	31	39	42
	SD	27	35	38
C20:5 n-3	Śr.	3	4	5
	SD	2	4	5
C22:6 n-3	Śr.	6	10	9
	SD	6	9	8
inne	Śr.	19	29	30
	SD	32	48	46
Σ n-6	Śr.	177	305	282
	SD	145	252	262
Σ n-3	Śr.	34	62	61
	SD	47	57	69
Σ PUFA	Śr.	212	367	343
	SD	187	307	329
Σ MUFA	Śr.	757	1516	1423
	SD	765	1342	1446
Σ SFA	Śr.	761	1475	1402
	SD	781	1268	1443



Sfinansowano ze środków
Funduszu Promocji Mięsa Wieprzowego