



Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

w Warszawie

Instytut Nauk o Zwierzętach

Konrad Kacper Wiśniewski

**Opracowanie wzorca użytkowości mięsnej
bydła rasy polska czerwona w odniesieniu do
bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego
i polskiego**

Development of meat performance standards for Polish Red cattle
in relation to Limousin cattle of French and Polish heritage

Rozprawa doktorska

Doctoral thesis

Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem

Prof. dr hab. Beaty Kuczyńskiej

Katedra Hodowli Zwierząt, Instytut Nauk o Zwierzętach

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Promotor pomocniczy:

Dr inż. Janusz Piotrowski

Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego

Warszawa 2024

Oświadczenie promotora rozprawy doktorskiej

Oświadczam, że niniejsza rozprawa została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora.

Data 20.06.2024r. Czytelny podpis promotora B. Kucyńska

Oświadczenie autora rozprawy doktorskiej

Świadom/a odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że niniejsza rozprawa doktorska została napisana przez mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności z ustawą z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (tj. z dnia 28 października 2022 r., Dz.U. z 2022 r. poz. 2509 ze zm.)

Oświadczam, że przedstawiona rozprawa nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z uzyskaniem stopnia naukowego doktora.

Oświadczam ponadto, że niniejsza wersja rozprawy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Przyjmuję do wiadomości, że rozprawa doktorska poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data 20.06.2024r. Czytelny podpis autora rozprawy W. Świątek

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania

Pani prof. dr hab. Beacie Kuczyńskiej

*za opiekę, życzliwość i wszelką pomoc oraz merytoryczne wsparcie
okazane w czasie realizacji niniejszej pracy.*

Panu dr inż. Januszowi Piotrowskiemu

za pomoc i konsultacje praktyczne

Państwu Agnieszce Prochal i Piotrowi Rydlowi

za udostępnienie bazy badawczej i wielostronne konsultacje

Pani dr inż. Annie Majewskiej

*za merytoryczne wsparcie
i poświęcony czas na wyjazdy terenowe*

mojej Żonie Joannie Wiśniewskiej

za ogromną wyrozumiałość

oraz całemu zespołowi Bovi Team z Katedry Hodowli Zwierząt

Badania do niniejszej pracy realizowane były w ramach projektu:

**„Opracowanie wzorca użytkowości mięsnej bydła rasy polska czerwona
w odniesieniu do bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego
i polskiego”**

finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (obecnie Ministerstwo
Edukacji i Nauki) w ramach programu Doktorat Wdrożeniowy – numer umowy
DWD/3/53/2019 – realizowanego we współpracy z Polskim Związkiem Hodowców
i Producentów Bydła Mięsnego.



Źródło: <https://pb.edu.pl>



Źródło: <https://bydlo.com.pl>

Spis treści:

Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej	6
Wykaz skrótów	8
Streszczenie	9
Abstrakt	11
1. Wstęp	13
2. Cel pracy i hipotezy badawcze	25
3. Materiał i metody	26
4. Omówienie wyników badań	34
Publikacja 1	34
Publikacja 2	36
Publikacja 3	39
Publikacja 4	40
Publikacja 5	42
Publikacja 6	43
Zgłoszenie patentowe	47
5. Dyskusja	58
6. Podsumowanie	68
7. Wnioski	69
8. Bibliografia	71
9. Oświadczenia współautorów	84
10. Kopie publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej	104

Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej

Lp.	Rodzaj pracy	Opis bibliograficzny	Punktacja wg MEiN	Impact Factor
1.	Rozdział w monografii naukowej - oryginalna	Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów. Makulska J., Węglarz A. (red.), Kraków, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, 137-155, ISBN 978-83-66602-02-1	20 pkt	-
2.	Review - przeglądowa	Wiśniewski K., Kuczyńska B. 2022. Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish Red breed cattle Beef Production, Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science, 71, 1-4, 12-21, DOI:10.1080/09064702.2022.2116100	100pkt*/ 40 pkt**	0,9
3.	Oryginalna	Wiśniewski K., Kuczyńska B., Przysucha T. 2022. Analysis and comparison of meat performance parameters in Polish and French limousine bulls, Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica, 362(61), 1, 25-38, DOI:10.21005/AAPZ2022.61.1.03	70 pkt	
4.	Oryginalna	Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY 143, XXV 1, 143-154.	140 pkt*/ 0pkt**	-
5.	Oryginalna	Wiśniewski K., Kuczyńska B. 2023. Comparative studies of reproductive and meat performance of the local breed of polish red cattle against the background of the	70 pkt	-

		limousine breed of polish and french heritage. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica 369(68)4, 93–105. DOI: 10.21005/AAPZ2023.68.4.10		
6.	Oryginalna	Wiśniewski K., Świątek M., Król J., Kuczyńska B. 2024. The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintaining at an extensive production system. Archives Animal Breeding no AAB-2024-20 decyzja na opublikowanie w lipcu	70 pkt	1,8
Łącznie			470pkt*/ 270pkt**	2,7

*** - liczba pkt MNiSW za publikację w dniu opublikowania**

**** - liczba pkt MEN za publikację wg ostatniego wykazu czasopism punktowanych**

Wykaz skrótów

- BG – bydło rasy białogrzbietej
- CLA9 – sprzężony kwas linolowy C18:2 cis-9, trans-11
- INF – *infraspinatus* z łopatki
- ISB – mięsień podgrzebieniowy
- LIM – bydło rasy limousine
- LIM FR – bydło rasy limousine pochodzenia francuskiego
- LIM PL – bydło rasy limousine pochodzenia polskiego
- LLS – najdłuższy mięsień lędźwiowy
- LLU – mięsień *longissimus lumborum* z rostbefu
- LTH – mięsień *longissimus thoracis* z antrykotu
- MCB – masa ciała rzeczywista zwierzęcia w dniu ważenia w kg
- MCK – masa ciała końcowa zwierzęcia w dniu ważenia wyrażona w kg
- MCP – masa ciała początkowa zwierzęcia w dniu ważenia wyrażona w kg
- MCS – masa ciała standaryzowana zwierzęcia określona w kg
- MCU – rzeczywista masa ciała noworodka ustalona do 48 godz. po urodzeniu w kg
- MUFA – jednonienasycone kwasy tłuszczowe (z ang. monounsaturated fatty acids)
- OF – suma punktów po transformacji za cechy funkcjonalne
- OK – suma punktów po transformacji za kośćciec
- OM – suma punktów po transformacji za umięśnienie
- RP – bydło rasy polskiej czerwonej (z ang. Polish Red Cattle)
- PHF – bydło rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej
- PDMC – przyrost dobowy masy ciała zwierzęcia wyrażony w g
- SCD – stearoyl-CoA desaturaza
- SFA – nasycone kwasy tłuszczowe (z ang. saturated fatty acids)
- TVA – kwas trans wakcenowy C18:1 trans-11
- UFA – nienasycone kwasy tłuszczowe (z ang. unsaturated fatty acids)
- WK – wiek końcowy zwierzęcia w dniu ważenia wyrażony w dniach
- WP – wiek początkowy zwierzęcia w dniu ważenia wyrażony w dniach
- WS – standaryzowany wiek zwierzęcia w dniach (210 lub 420)
- WW – wiek zwierzęcia w dniu ważenia wyrażony w dniach
- ZB – bydło rasy polskiej czarno-białej
- ZR – bydło rasy polskiej czerwono-białej

Streszczenie

Dane statystyczne publikowane co roku przez FAO, wskazują na trendy zmniejszania się liczebności i różnorodności ras zwierząt wykorzystywanych w rolnictwie do produkcji żywności. Zwierzęta ras rodzimych są zastępowane rasami predysponowanymi do intensywnej produkcji, które produkują więcej mleka oraz osiągają większe przyrosty masy ciała. Istnieje tylko kilka wysoce wyspecjalizowanych ras o jednym przeznaczeniu w porównaniu z bogactwem i różnorodnością ras lokalnych. Zachowanie stabilnej populacji zachowawczych ras bydła jest ważne ze względu na ich unikalne cechy: przystosowanie do miejscowych i trudnych warunków środowiskowych, długowieczność, łatwość wycieleń, żywotność cieląt, odporność na choroby, a także niewybredność w doborze pasz. Wymienione cechy zadecydowały o podjęciu badań nad opracowaniem kierunku użytkowania mięsnego dla bydła rasy polska czerwona.

Celem pracy było porównanie użytkowości rozrodczej i mięsnej bydła rasy polskiej czerwonej (RP) z bydlęciem rasy limousine (LM) oraz porównanie jakości mięsa obu ras a także opracowanie wzorca użytkowości mięsnej bydła rasy polska czerwona w odniesieniu do bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego i polskiego. Badane osobniki rasy limousine podzielono na dwie grupy w zależności od kraju pochodzenia rodziców, tzw. polskie (LIM PL) i francuskie (LIM FR). Kryterium przydzielenia zwierząt do grupy polskiego pochodzenia było następujące: buhaje w swoim rodowodzie nie posiadały przodka linii francuskiej do czterech pokoleń. Do oceny użytkowości mięsnej wykorzystano trzy grupy opasów liczących odpowiednio: 138 polskich buhajów bydła rasy polska czerwona (RP) oraz 447 francuskich (LIM FR) i 478 polskich buhajów rasy limousine (LIM PL). Ocenie parametrów rozrodczych określając typ wycieleń i żywotność cieląt, poddano 348 polskich krów rasy limousine, 367 francuskich krów rasy limousine i 289 krów rasy polskiej czerwonej. Wszystkie zwierzęta były utrzymywane w ekstensywnym systemie produkcji. Wykazano, że krowy rasy rodzimej miały najłatwiejsze porody i najwyższą żywotność cieląt w porównaniu z rówieśnikami rasy limousine. Natomiast krowy rasy limousine pochodzenia francuskiego charakteryzowały się wyższą łatwością porodów niż krowy tej rasy pochodzenia polskiego, lecz wyższą żywotność cieląt odnotowano u krów rasy limousine pochodzenia polskiego. U buhajów rasy polskiej czerwonej odnotowano najniższą urodzeniową masę ciała. U buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego masa urodzeniowa była niższa o 0,95 kg. Natomiast różnica między samcami rasy limousine pochodzenia francuskiego a rasy polskiej czerwonej wyniosła 9,31 kg. Masa ciała w 210. i 420. dniu dla badanych trzech grup rasowych wynosiła odpowiednio dla RP– 212,29 i 302,95, LIM PL 284,86 i 537,41; LIM FR 297,60 i 553,11 kg i sprzyjała buhajom rasy limousine pochodzenia francuskiego. Najniższy przyrost masy ciała w 210. i 420. dniu życia odnotowano u bydła polskiego czerwonego, natomiast najwyższe wartości przypisane są buhajkom rasy limousine pochodzenia francuskiego. Standaryzowana masa ciała na 210 dni u buhajków rasy polskiej czerwonej wynosiła 233,26 kg i była niższa o 48,36 kg od buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 53,85 kg od buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego. Najwyższa standaryzowana masa ciała na 420 dni była również u buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego i była o 17,45 kg wyższa niż u buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 152,22 kg wyższa u buhajków rasy polska czerwona. Buhajki rasy limousine wykazały się o 50 cm większym obwodem klatki piersiowej od buhajków rasy polskiej czerwonej. Podobną sytuację odnotowano w pomiarze wysokości w kłębie. Największy obwód klatki piersiowej wynoszący 205 cm miały buhajki rasy limousine pochodzenia francuskiego i był on większy o 54,6 cm niż u buhajków rasy polskiej czerwonej. Buhajki rasy rodzimej miały najniższą wysokość w kłębie stanowiącą 98,77 cm i był on niższy o 28,23 cm od buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 31,23 cm od buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego. Obwód klatki piersiowej, wysokość w kłębie oraz ocena pokroju wszystkich grup buhajków przeprowadzono podczas ważenia na 420 dzień.

Badaniom jakości mięsa poddano trzy wyręby tusz i odpowiadające im mięśnie: rostbef *M. longissimus lumborum*, łopatka *M. infraspinatus*, antrykot *longissimus thoracis*. W badaniach stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy rasami w składzie chemicznym każdej z badanych grup mięśniowych. Analiza porównawcza oceny parametrów jakościowych składu mięsa rasy Limousin (LM FR i LM PL) i RP wykazała zróżnicowane ich zawartości, które podkreślają potencjalną przydatność tych ras do produkcji mięsa. Mięso pozyskane od bydła rasy limousine charakteryzowało się wyższą zawartością białka, co jest szczególnie widoczne w przypadku LM FR ze znacznie wyższą zawartością tego składnika w najdłuższym mięśniu lędźwiowym. Najwyższą zawartość białka stwierdzono u rasy LM FR w mięśniu lędźwiowym (24,20 g/100g) i była ona istotnie wyższa niż u rasy RP (21,00 g/100g). W mięśniach podgrzebieniowych uzyskanych od rasy LM PL zawartość białka wyniosła zaledwie 22,03 g/100g i była niższa od rasy RP jedynie o 0,27%. Odwrotną tendencję zaobserwowano w odniesieniu do zawartości tłuszczu. Bydło rasy LM FR wyróżniało się niższą zawartością tłuszczu śródmięśniowego, co jest pożądaną preferencją dla konsumentów do wyboru chudszy mięsa. Zmienność w zawartości anseryny i karnozyny pomiędzy różnymi wyrębami tusz wołowych i badanymi rasami była nieznaczna. Najwyższą zawartość kwasu żwaczowego (CLA - C18:2 cis-9, trans-11) stwierdzono w wołowinie pochodzącej od buhajów rasy polskiej czerwonej i wahała się ona od 10,14 do 10,70 g/100g mięsa. Z kolei niższy stosunek omega-6/omega-3 w wołowinie LM oznacza bardziej zrównoważony skład kwasów tłuszczowych, co ma potencjalne korzyści prozdrowotne dla konsumentów. Wartości indeksów AI i TI obliczone dla wołowiny różniły się nieznacznie w zależności od rasy zaobserwowano korzystniejsze dla wołowiny od rasy RP. Oznaczone parametry jakościowe wołowiny wskazują na brak negatywnego oddziaływania zdrowotnego w aspekcie konsumpcji wołowiny z chowu pastwiskowego.

Hodowcom bydła posiadającym małe i średnie gospodarstwa można z powodzeniem polecić wykorzystanie bydła rasy polskiej czerwonej do użytkowania go w kierunku mięsnym.

Słowa kluczowe: jakość, wołowina, rasa rodzima, bydło polskie czerwone, limousine

Abstract

Statistical data published every year by FAO indicate a decreasing trend in the number and diversity of animal breeds used in agriculture for food production. Animals of native breeds are replaced by breeds predisposed to intensive production, which produce more milk and achieve greater weight gain. It contains only a few available data, which is one of them destiny with the availability and diversity of breeds. The conservative behavior of cattle breeds is important due to their characteristic features: adapted to local and environmental conditions, longevity, calving, occurrence of calves, disease incidence, and lack of pickiness in the selection of feed. Such assumptions led to the decision to undertake research on the development of meat recipes for Polish Red cattle.

The aim of the study was to compare the reproductive and meat performance of Polish Red cattle (RP) with Limousine cattle (LM) and to compare the meat quality of both breeds, as well as to develop a meat performance standard for Polish Red cattle in relation to Limousine cattle of French and Polish origin. The tested Limousine breeds were divided into two groups depending on their parental origin, the so-called Polish and French. The criterion for assigning the animals to the group of Polish origin was because the bulls did not have a descendant of the French line in their pedigree for two generations. To assess the utility, three groups of the most important fattening animals were used, respectively: 138 Polish bulls of Polish red cattle and 447 French and 478 Polish bulls of Limousine breeds. Reproductive parameters (type of calving and calves) were assessed in 348 Polish Limousine cows, 367 French cows and 289 Polish Red cows. All animals were kept in an extensive production system. It has been shown that cows of the native breed are subject to calving and detailed calving in the evaluation with the limousine breed. Moreover, Limousine cows of French origin were characterized by a higher parity rate than those of Polish origin, but the highest quality of calves described in Limousine cows of Polish origin. In bulls of the Polish breed, the red list of the lowest birth body frequencies. In Limousine bulls of Polish origin, the birth weight was 0.95 kg lower. On the contrary, the behavior between males of the French Limousine breeds and the Polish breed amounted to 9.31 kg. Body weight on days 210 and 420, 296.52 kg and 554.47 kg, respectively, also favored the Limousine bulls of French origin. The lowest allowance for days 210 and 420 was recorded for Polish Red cattle, apart from the remaining values, for bulls of the French Limousine breed. The standardized body weight for 210 days in Polish Red bulls was 233.26 kg and was 48.36 kg lower than that of Limousine bulls of Polish origin and 53.85 kg lower than that of Limousine bulls of French origin. The highest standardized body weight for 420 days was also in Limousine bulls of French origin and was 17.45 kg higher than in Limousine bulls of Polish origin and 152.22 kg higher than in Polish Red bulls. Limousine bulls have a larger chest circumference than Polish Red bulls. A similar decision regarding the height at the withers. The largest chest circumference was 205 cm in Limousine bulls of French origin and was 54.6 cm additional than in Polish Red bulls. The native breed bulls had the lowest shoulder height of 98.77 cm and were 28.23 cm lower than the English Limousine bulls and 31.23 cm lower than the French Limousine bulls. Conformation assessment of all groups of bulls carried out for the 420th day of test weighing.

Three cuts of carcasses and their corresponding muscles were tested for meat quality: roast beef M. longissimus lumborum, shoulder M. infraspinatus, ribeye longissimus thoracis. The tests revealed differences between breeds in the chemical composition of each of the tested muscle groups. A comparative analysis of the evaluation of the quality parameters of the composition of Limousine breed meat (LM FR and LM PL) and RP showed their varied contents, which emphasize the potential suitability of these breeds for meat production. Meat obtained from Limousine cattle was characterized by a higher protein content, which is particularly visible in the case of LM FR with a much higher content of this ingredient in the longissimus lumbar muscle. The highest protein content was found in the lumbar muscle in the LM FR breed (24.20

g/100g) and was significantly higher than in the RP breed (21.00 g/100g). In the infraspinatus muscles obtained from the LM PL breed, the protein content was only 22.03 g/100g and was lower than that of the RP breed by only 0.27%. The opposite trend was observed for fat content. LM FR cattle had a lower intramuscular fat content, which is a preference for consumers to choose leaner meat. Variability in the content of anserine and carnosine between different cuts of beef carcasses and the breeds tested was insignificant. Beef obtained from RP bulls was characterized by a higher content of CLA cis-9, trans-11 compared to the LM breed, which indicates a greater health-promoting potential of the meat. In turn, the lower omega-6/omega-3 ratio in LM beef means a more balanced fatty acid composition, which has potential health benefits. The values of the AI and TI indices calculated for beef differed slightly depending on the breed; it was observed that the RP breed was more favorable for beef than the RP breed. The determined beef quality parameters indicate no negative health impact in terms of the consumption of pasture-raised beef.

Breeders with small and medium-sized farms can successfully use Polish Red cattle for meat purposes.

Keywords: quality, beef, native breed, Polish red cattle, Limousine

1. Wstęp

Celem chowu i hodowli bydła mięsnego jest uzyskanie zwierząt dostarczających mięsa wołowego poszukiwanego przez konsumentów z wykorzystaniem najbardziej efektywnych metod utrzymania i żywienia (Oprządek i in., 2007). Cel ten można osiągnąć poprzez realizację programów hodowlanych dążących do poprawy wartości opasowej (lepsze wykorzystanie paszy, wyższe przyrosty dobowe masy ciała, lepszy stopień umięśnienia) oraz poprawy wartości rzeźnej (wyższa wydajność rzeźna, wyższy udział mięsa a niższy tłuszczu i kości w tuszy, lepsza jakość mięsa, wyższa ocena stopnia umięśnienia i niższa otluszczenia przy ocenie półtuszy systemem EUROP) (Grodzki i in., 2012b). Wydajność rzeźna jest podstawowym kryterium oceny wartości rzeźnej oraz wyznacznikiem możliwości uzyskania z tuszy najbardziej wartościowego mięsa kulinarnego i elementów przetwórczych (Miciński i in., 2005). Jej wartość zależy od typu użytkowego, rasy, płci i wieku zwierząt (Wajda i Burczyk, 2014; Puppel i in., 2015).

W Polsce dokonuje się pomiaru masy ciała (standaryzowanej) w 210. i 420. dniu życia oraz grubości mięśnia najdłuższego grzbietu (Newlacił i Nogalski, 2003; PZHiPBM, 2016). Hodowca przede wszystkim powinien skoncentrować się na elementach systemu produkcji, które wpływają na ekonomikę chowu bydła mięsnego. W populacji bydła mięsnego zasadniczą rolę odgrywa problematyka związana z użytkowością rozplodową zwierząt (Bilik i Gogol, 2002). O efektywności pracy hodowlanej świadczy utrzymanie rozrodu na właściwym poziomie, który zależy od rasy, zdrowotności stada, przebiegu zacielen i porodów oraz sezonu wycieleń (Reklewski i Goszczyński 1996; Jędrzejczyk i in., 2000). Jak podają Reklewski i Goszczyński (1996), pierwszoplanową rolę w stadach mięsnych odgrywa rozród i odchów cieląt oraz czynniki, które zmniejszają nakłady pracy. W latach 1994-1995 zespół pod kierownictwem prof. Jasiorowskiego (1996) opracował Program Rozwoju Hodowli Bydła Mięsnego w Polsce, który został przyjęty przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi i wdrożony do praktyki hodowlanej (Jasiorowski, 1997; Jasiorowski, 1999; Szarek i in., 2008). Jednym z głównych przedstawionych zadań był rozwój hodowli czystych ras mięsnych w celu produkcji materiału zarodowego (Jasiorowski, 1996). Hodowcy rozwijający hodowlę bydła mięsnego otrzymali w pierwszym okresie dotację na zakup zwierząt hodowlanych – jałówek i krów, pochodzących z importu (Trela i in., 2000).

Pomoc finansowa państwa spowodowała napływ czystorasowych zwierząt hodowlanych z importu. Hodowla bydła mięsnego w Polsce zaczęła się dynamicznie rozwijać, pomimo zlikwidowania w 2006 roku dotacji państwowej. W 1995 roku powstał Krajowy Związek

Hodowców Bydła Mięsnego, a od 2003 r. Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego (PZHiPBM), który zajmował się m.in. prowadzeniem ksiąg hodowlanych, oceną wartości użytkowej zwierząt i selekcją materiału zarodowego (Szarek i in., 2008).

Do 2001 roku Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt prowadziło ocenę wartości użytkowej w stadach bydła mięsnego, a od roku 2002 zajął się tym Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego. Celem prowadzenia oceny wartości użytkowej bydła mięsnego było i jest gromadzenie danych o istotnych parametrach reprodukcji stad, potencjale cech wzrostowych i opasowych zwierząt oraz cechach macierzyńskich. Na tej podstawie prowadzone jest doskonalenie krajowej populacji bydła mięsnego. Celem tych prac było poprawienie wyników ekonomicznych gospodarstw utrzymujących bydło mięsne na drodze realizacji programu hodowlanego. Ponadto informacje te wykorzystuje się w corocznych opracowaniach analitycznych dotyczących hodowli bydła mięsnego oraz w pracach naukowych.

PZHiPBM prowadzi księgi hodowlane i ocenę wartości użytkowej dla 14 ras bydła mięsnego, tj. angus czarny (AN), angus czerwony (AR), blonde d' aquitaine (BD), charolaise (CH), galloway (GA), hereford (HH), highland (HI), limousine (LM), marchigiana (MR), piemontese (PI), simentaler mięsny (SM), salers (SL), welsh black (WB), wagyu (WY) oraz Uckermaker (PZHiPBM, 2022). Związek w minionych latach rozwijał pracę hodowlaną w stadach bydła mięsnego wszystkich ras występujących w Polsce. Metody oceny wraz z rozwojem hodowli bydła mięsnego ulegały modyfikacjom. Powiększało się także grono hodowców wprowadzających ocenę wartości użytkowej i wykorzystujących jej wyniki do pracy hodowlanej (PZHiPBM, 2022).

W stadach hodowlanych bydła mięsnego w Europie podstawową techniką rozrodu jest inseminacja pozwalająca na niemal nieograniczone możliwości korzystania z najlepszych światowych zasobów genetycznych (Stąporek i Ziemiński, 2006), natomiast w Polsce w większości stad bydła mięsnego wykorzystywane są buhaje do krycia haremowego.

W Polsce dominującą rasą bydła mięsnego jest rasa limousine, która stanowi 75,8% populacji i ma wciąż tendencję wzrostową (PZHiPBM, 2022). Jest to jedna z najbardziej popularnych na świecie ras bydła mięsnego, która pochodzi z północno-zachodniej części Masywu Centralnego we Francji z regionów Limousine i Marche (Dobicki i Filistowicz, 1990). Jak podają Reklewski in. (1993) rasa ta wywodzi się od dwóch dzikich przodków: tura dużego (*Bos taurus primigenius*) i tura krótkorogiego (*Bos taurus brachyceros*). Ojczyzną tej rasy są regiony o surowym klimacie i skalistym podłożu. Te trudne warunki środowiskowe wpłynęły niewątpliwie na takie cechy dzisiejszych zwierząt, jak zdrowie, kondycja, zdolności

adaptacyjne. Początkowo było to bydło robocze, a w 1900 r. rozpoczęto prace hodowlane nad przekształcaniem jej w kierunku użytkowania mięsnego (Pogorzelska, 1997).

Bydło rasy limousine to zwierzęta masywne i silne, które były przez długi czas użytkowane jako siła pociągowa, a pod koniec okresu użytkowania opasane i przeznaczane na rzeź (Pogorzelska, 1997). Uzyskiwane od nich mięso odznaczało się wybitną jakością kulinarną (Makulska, 2010). W dużych ośrodkach miejskich Francji było duże zapotrzebowanie rynku na mięso pochodzące od bydła rasy limousine (Dhuyvetter i in., 1985). Zwierzęta opasane do wieku 8-10 lat, flotą morską lub żegluga śródlądową wysyłano do Paryża lub Bordeaux. Podróż trwała od 12 do 14 dni (Dhuyvetter i in., 1985).

Fakt, że rodzime tereny rasy LM są mocno odizolowane od terenów z większą ilością bydła sprawił, że hodowcy doskonalili je w obrębie rasy, sporadycznie krzyżując z miejscowym bydlęm w celu zwiększenia kalibru (Grodzki, 1999). Pod koniec XIX wieku miał miejsce pierwszy eksport, a odbiorcami były Brazylia i Argentyna (Guliński, 1999).

Jednak współczesne analizy DNA i identyfikacja genów wskazują na przepływ genów pomiędzy bydlęm ras limousine i charolaise, natomiast inne źródła wskazują na genetyczne relacje pomiędzy limousine a bydlęm rasy aubrac, blonde d'aquitaine, gasconne i salers (Dhuyvetter i in., 1985).

Udokumentowana historia tej rasy sięga drugiej połowy XIX wieku (Reklewski i Runowski, 2007). Pierwsza księga hodowlana powstała około 1886 roku, do której wpisywano zwierzęta czystej rasy odpowiadające standardowi rasy (Dobicki, 1997). Wysokie zdolności adaptacyjne, pozwoliły na rozwój hodowli bydła limousine w ponad 60 krajach świata, leżących na różnych kontynentach w prawie wszystkich strefach klimatycznych, czyniąc ją rasą transgeniczną. Najlicniejsza populacja czystorasowa pochodzenia francuskiego utrzymywana w kraju, liczy ponad 700 tys. krów (Pogorzelska, 1997).

Jest wiele przyczyn ogromnej popularności bydła limousine. Obok imponującego umięśnienia i wysokich walorów kulinarnych chudego mięsa, najważniejsze z nich to: zdolność przystosowania się do różnych warunków środowiska, dobre zdrowie, łatwość ocieleni i duża żywotność cieląt (Krzywda i in., 2002). Zwierzęta utrzymywane są z powodzeniem zarówno w chowie intensywnym w budynkach inwentarskich, jak i ekstensywnym na pastwiskach (Dobicki, 1997). W publikacjach z ubiegłego wieku bydło rasy limousine było opisywane jako rasa średniego kalibru, jednak dziś można ją już zaliczyć do ras dużych. Masa ciała krów wynosi w granicach 650-800 kg, przy wysokości w kłębie wynoszącym 137 cm, a buhajów 1000-1200 kg, przy wysokości w kłębie 145 cm (Grodzki i in., 2012a).

Bydło rasy limousine należy do bydła ras charakteryzujących się dużym kalibrem o masywnym wyglądzie (w poprzednim wieku opisywana jako średniego kalibru), długim i dobrze umięśnionym tułowiu, a zwłaszcza doskonale umięśnionym grzbietem i zadem, o prostokątnym kształcie ze stosunkowo niedużą, krótką głową zakończoną rogami wykrzywionymi do przodu, posiadają szerokie czoło o delikatnym kościcu (Grodzki, 1999).

Ich umaszczenie jest jednolite czerwone, od koloru bułanego do ciemnoczerwonego (Grodzki, 1997). Dodatkowo występują rozjaśnienia wokół oczu i słuzawicy, na brzuchu, stronie wewnętrznej ud wraz z okolicami wymienia (Dobicki, 1998). W trakcie rozwoju osobniczego, przy odpowiednim żywieniu zwierzęta wykazują, jak żadna inna rasa bydła mięsnego, zharmonizowany rozwój szkieletowy i mięśniowy (Pogorzelska, 1997). Dzięki temu ubój nawet przy niższej masie ciała i w młodszym wieku nie pogarsza wydajności rzeźnej, jakości tuszy, wysokiego udziału w niej wyrębów wartościowych i pożądanego stosunku mięsa do kości (Dickerson, 1978).

Omawiając rasę limousine, należy odnieść się również do jej temperamentu. Puchajda (1997a), twierdzi, że bydło tej rasy nadaje się do chowu w systemie ekstensywnym na otwartym powietrzu. Krowy cechuje bardzo dobra płodność, (ponad 95% wskaźnik cielności, cesarskie cięcia zdarzają się sporadycznie), a także wyjątkowa opiekuńczość matek. Jednakże powszechną opinią hodowców jest, że jałówki i krowy limousine często agresywnie reagują na nieznane sytuacje (przeprowadzanie, ważenie, zabiegi weterynaryjne itp.). W wielu publikacjach, jako duży walor omawianej rasy podawany jest bardzo silny instynkt macierzyński (Brzozowski in., 1998). Obok wynikających z tego, niewątpliwych korzyści często pojawiają się problemy związane z codzienną obsługą stada. Krowy tej rasy często tak chronią własne cielę, że wręcz uniemożliwiają wykonanie prostych zabiegów zootechniczno-weterynaryjnych (kolczykowanie, szczepienie, ważenie itp.) (Grodzki i in., 2012a).

U bydła rasy limousine występuje często hipertrofia mięśni, dosyć powszechnie nazywana „dwupośladowością”, spowodowana mutacją sekwencji kodującej miostatynę (Grodzki i in. 2012a). Podwójne umięśnienie wpływa korzystnie na wartość opasową i rzeźną, ukształtowanie tuszy i jakość mięsa (Brzozowski i Kaczmarek, 1998). Hipertrofia wiąże się jednak również ze zmniejszoną witalnością cieląt, wyższą śmiertelnością spowodowaną wadami dziedzicznymi oraz, co najważniejsze, z większą częstotliwością występowania trudnych porodów (Brzozowski in., 1994). Trudne porody związane z podwójnym umięśnieniem, skłoniły w przeszłości szereg organizacji hodowlanych do traktowania tej cechy jako wady, którą powinno się eliminować (Słószarz i in., 2010). Jednakże korzyści wynikające z hipertrofii mięśniowej, między innymi wyższa wydajność rzeźna i jakość mięsa (zwiększona ilość chudego mięsa i

jego kruchość) przewyższają straty spowodowane wzrostem liczby skomplikowanych porodów i dlatego obecnie prowadzona jest systematyczna selekcja w kierunku tej cechy (Dymnicki i in., 1985).

Wydajność rzeźna jest jednym z najlepszych wskaźników charakteryzujących użytkowość mięsną. Wartości tej cechy wykazują dużą zmienność od 45 do 65% (Litwińczuk i Litwińczuk, 1998; Pogorzelska i Wroński, 2005; Prost, 2006). Zwykle najniższe wartości notowane są u bydła ras mlecznych, u których obserwuje się najwyższe otluszczenie, natomiast najwyższe u szybko rosnących jałówek i buhajów ras mięsnych (Litwińczuk i Litwińczuk, 1998; Wichłacz, 1998; Pogorzelska i Wroński, 2005; Prost, 2006). U bydła ras mięsnych wydajność rzeźna jest wyższa u buhajów niż u jałówek opasanych intensywnie niż ekstensywnie oraz ciężkich i młodych niż lekkich i starszych (Grodzki i Przysucha, 2009). Ziemiński (2005) wskazuje, że wydajność rzeźna zwierząt ras limousine i hereford - ras bydła mięsnego najbardziej popularnych w Polsce, wynosi średnio na poziomie 65%.

W przypadku rasy limousine zarówno u młodych, jak i starszych zwierząt stwierdzono bardzo dobrą wydajność rzeźną (Drennan, 2008). Badania Daszkiewicza i Wajdy (2002), dotyczyły porównania buhajów ras limousine i holsztyńsko-fryzyjskiej, które uzyskały wydajność rzeźną odpowiednio 61,84 i 50,22%. Monson i in. (2005) uzyskali podobne wartości dla rasy limousine na poziomie 61,4%. W innych badaniach wydajność rzeźna opasów rasy hereford wynosiła 55,3% natomiast limousine 63,86% (Miciński i in., 2005).

Rasa limousine charakteryzuje się wysokim udziałem mięsa w tuszy i niskim udziałem tłuszczu i kości. Oprządek i in., (2007) podają, że udział mięsa i tłuszczu u opasów ubijanych w wieku 12 miesięcy wyniósł odpowiednio 78,45 i 6,29%, natomiast Monson i in. (2005) stwierdzili, że udział mięsa i tłuszczu wynosił u zwierząt ubijanych przy masie ciała 560 kg odpowiednio na poziomie 68,47 i 8,94%.

Znamienne są słowa Prezydenta Wilsona jako zamiłowanego hodowcy, że „tylko ten naród zasługuje na samodzielność państwową, który wyhodował przynajmniej jedną rasę zwierząt gospodarskich” (cyt. Szarek i Adamczyk, 2004; za Bujwid, 1971). Rasy rodzime są zastępowane nowoczesnymi odmianami jednostronnie użytkowanymi do produkcji mleka lub mięsa, które produkują więcej mleka oraz osiągają większe przyrosty masy ciała. Istnieje tylko kilka wysoce wyspecjalizowanych ras o jednostronnym przeznaczeniu w porównaniu z bogactwem i różnorodnością ras lokalnych. Sytuacja rynkowa dotycząca wykorzystania zwierząt coraz bardziej sprzyja zachowaniu bioróżnorodności. Konsumenci coraz częściej sięgają po produkty ekologiczne lub lokalne. Ponieważ rodzime rasy nie nadają się do intensywnej hodowli w warunkach komercyjnych na dużą skalę, ich utrzymanie stało się

nieopłacalne, gdy rolnicy zaczęli wychodzić poza hodowlę na własne potrzeby (Majewska, 2013). Ponieważ zwiększonej produktywności zwierząt często towarzyszy spadek odporności, gdyż charakteryzują się wysoką zdrowotnością, ważne jest, aby chronić stare rodzime rasy zwierząt przed wyginięciem. Stare rodzime rasy zachowały wiele cennych cech, takich jak mocna budowa, długowieczność, wysoka płodność, łatwy poród, odporność na choroby, dobra jakość surowca, niskie wymagania żywieniowe, dobra adaptacja do lokalnych warunków (Szarek i in., 2004; Topolski i Szymik, 2018; Wiśniewski, 2019). Od 1999 roku bydło rasy polskiej czerwonej objęte jest programem ochrony zasobów genetycznych (Majewska, 2017, Krupiński i in., 2017). Początkowo wybierano do programu ochrony zasobów genetycznych krowy ze względu na fenotypową zgodność ze wzorcem rasowym, a dopiero w drugiej kolejności uwzględniano pochodzenie (Majewska, 2015). Natomiast w kolejnych latach przyjmowano do programu ochrony krowy spełniające wymagania rodowodowe zapisane w programie, tak aby realizować cel programu ochrony zasobów genetycznych poprzez utrzymanie populacji krów rasy polskiej czerwonej (RP) o dwukierunkowym typie użytkowania przydatnej do hodowli w gospodarstwach rodzinnych w warunkach zrównoważonego rolnictwa oraz stabilizacji cech fenotypowych i genetycznych dawnego bydła czerwonego w typie użytkowości mięsno-mlecznej (Wiśniewski i in., 2020). W 2017 roku po kilkuletnich staraniach hodowców umożliwiono utrzymywanie krów rasy polskiej czerwonej w kierunku mięsnym objętych programem ochrony zasobów genetycznych. Na początku do programu ochrony zasobów genetycznym w kierunku mięsnym zakwalifikowane zostało 27 stad i 396 krów, natomiast w 2020 roku dynamiczny rozwój tej rasy i zainteresowanie hodowców doprowadziło do trzykrotnego wzrostu liczby krów i stad (www.bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl). Bydło rasy polskiej czerwonej w kierunku mięsnym utrzymywane jest na terenie całej Rzeczypospolitej Polskiej, jednak największa liczba stad i krów mieści się w północno-wschodniej części kraju. Z racji tego, że krowy rasy polskiej czerwonej charakteryzują się niską wydajnością mleczną, na poziomie ok. 3500 kg mleka (PFHBiPM, 2021) dobrą alternatywą dla zachowania tej rasy jest wykorzystanie tej rasy bydła w kierunku użytkowania mięsnego. Do niedawna można było zaobserwować niski popyt na młode samice tej rasy do dalszej hodowli, jednakże poprzez wprowadzenie kierunku użytkowania mięsnego hodowcy utrzymujący polskie bydło czerwone w kierunku mlecznym nie doświadczają dziś problemów ze sprzedażą młodych jałówek do dalszej hodowli w kierunku mięsnym.

Wprowadzone w Polsce programy ochrony zasobów genetycznych rodzimych ras bydła obejmują cztery rasy: bydło rasy polskiej czerwonej (RP, 1999), białogrzbiecie (BG, 2003),

polską czerwono-białą (ZR, 2007) i polską czarno-białą (ZB, 2008) (Majewska, 2018; Jakiel i Majewska, 2019). Te działania (stan na 15 marca 2023 r.) łącznie obejmują 9901 krów utrzymywanych w 834 gospodarstwach. Koordynacją przedsięwzięcia zajmuje się Instytut Zootechniki PIB przy współpracy z podmiotami prowadzącymi księgi hodowlane dla poszczególnych ras (Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka – rasy RP, ZR, ZB oraz Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie – rasa BG). Należy z całą mocą podkreślić, że powstanie i funkcjonowanie programów ochrony zasobów genetycznych bydła nie byłoby możliwe, gdyby nie zaangażowanie i poświęcenie wielu pokoleń hodowców.

Jak pokazał Keller (1905), bydło rasy polska czerwona wywodzi się z prehistorycznej linii bydła rogatego (*Bos taurus brachyceros*). Bydło czerwone prawdopodobnie trafiło do Polski wraz z migracjami ludności z Europy Wschodniej i Skandynawii. Rozprzestrzenianie się bydła o umaszczeniu czerwonym, z różnymi odcieniami tej barwy na terenach polskich połączone było z ruchami ludnościowymi, jakie miały miejsce na początku XVI wieku. Cenne cechy bydła polskiego czerwonego są związane z założeniami genetycznymi ich protoplastów i stanowią m.in. o dużej wartości tego bydła dla zachowania bioróżnorodności gatunku. Nazwę „polskie bydło czerwone” zaproponowali – Holdefleiss w 1897r. i Adametz w 1901r. Wcześniej, bo już w 1894r. powstało Towarzystwo Hodowców Bydła Czerwonego Polskiego w Galicji Zachodniej, a rok później – Związek Hodowców Bydła Czerwonego, który rozpoczął prowadzenie ksiąg rodowych dla krów i buhajów rasy polskiej czerwonej, który organizował wystawy, pokazy oraz aukcje. Jak podają Adamczyk i Szarek (2009), Wiśniewski i in. (2020), Szarek (2024), w Polsce rasa bydła polskiego czerwonego powstała na ziemiach polskich, zwłaszcza na południu, w latach 70. XIX wieku. Najważniejszymi oborami hodowanymi były Kozy – założone w 1883 r., Raba Wyżna i Limanowa – 1890, Jodłownik – 1893 i Przyborowo – 1894. W pogłowie bydła polskiego w latach 1918-1939 rasa polska czerwona stanowiła 25%. W latach 60. było jeszcze 18% populacji (około 2 mln sztuk). „Złoty okres” dla bydła polskiego czerwonego trwał do okresu międzywojennego. W tym czasie rasa ta stanowiła około 30% pogłowia bydła w kraju. Obecnie polskie bydło czerwone utrzymywane jest w naszym kraju, głównie na terenach podgórskich i górskich oraz północno-wschodniej Polski.

Wybitne cechy bydła polskiego czerwonego są związane z założeniami genetycznymi ich protoplastów i świadczą o dużym potencjale hodowlanym dla zachowania bioróżnorodności gatunku. Konieczność ochrony zasobów genetycznych polskiego bydła czerwonego wynika również z jego wartości dla narodowej kultury rolniczej (Krupiński i in., 2017). Stanowi ona także cenny materiał dla rolnictwa ekologicznego, nie tylko w znaczeniu biologicznym, ale także krajobrazowym i etnograficznym.

Nieformalna ochrona bydła tej rasy została zapoczątkowana w 1973r., kiedy to ograniczono rejonizację bydła rasy polskiej czerwonej jedynie do 3 powiatów. Wtedy hodowcy indywidualni z ówczesnego województwa krakowskiego dzięki dotacjom Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi wykupili 100 najlepszych krów spoza rejonu. Pewną ilość bydła zakupił także Państwowy Ośrodek Hodowli Zarodowej w Jodłowniku głównie z Końskowoli, Rosochy i Koszęcina. Umożliwiło to wprowadzenie nowych cennych linii buhajów i zapewniło zachowanie różnorodności genetycznej w tej, już wtedy nielicznej populacji zarodowej.

W 1992r. odbyła się Konferencja Narodów Zjednoczonych, pt. „Szczyt Ziemi” w Rio de Janeiro. Wówczas podpisano konwencję o Różnorodności Biologicznej, którą Polska ratyfikowała trzy lata później. Decyzja ta pociągnęła za sobą obowiązek ochrony różnorodności genetycznej zwierząt hodowlanych (Stopyra i in., 2005).

Dzięki zaangażowaniu hodowców, którym zależało na ocaleniu rodzimej rasy czerwonej podjęto działania zmierzające do stworzenia rezerwy genetycznej tej rasy i zachowania dotychczasowego genotypu. Od 1994r. Małopolskie Towarzystwo Hodowców Bydła zwracało się kilkakrotnie do Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi o zaakceptowanie i rozpoczęcie realizacji programu ochrony zasobów genetycznych bydła polskiego czerwonego, który zaczął funkcjonować od 1999r.

W latach 1999-2001 programem ochrony zasobów genetycznych zarządzało Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt w Warszawie. Od 2002r. pieczę nad programem przejął Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy w Balicach k. Krakowa (Stopyra i in., 2005).

Za główne zadania programu ochrony zasobów genetycznych bydła rasy polskiej czerwonej uważa się odtworzenie i zachowanie tej rasy oraz utrzymanie istniejącej zmienności genetycznej (Krupiński i Martyniuk, 2009). Prace hodowlane prowadzone są w kierunku zachowania autochtonicznych cech bydła tej rasy (Trela i in., 2018).

Od 1999r. można podzielić populację aktywną rasy polskiej czerwonej na dwie grupy: objętą ochroną i doskonałą buhajami innych europejskich ras czerwonych. Rasa polska czerwona zaliczana jest do ras typu użytkowego mięsno-mlecznego, a ocena w większej części populacji jest prowadzona w zakresie cech produkcji mleka (Majewska, 2019). Po kilkuletnich staraniach hodowców, w styczniu 2017r. w części stad objętych ochroną wprowadzono możliwość oceny w zakresie cech produkcji mięsa (Majewska, 2019).

Polskie bydło czerwone utrzymywane było już przez Słowian i cechowało ją wówczas umaszczenie czarne, czerwone, brunatne i myszate (Gawroński, 1986). Obecnie do rasy polskiej czerwonej (ryc. 1) zalicza się bydło o umaszczeniu jednolitym (od czerwonego do ciemnoczerwonego) pochodzenia krajowego oraz potomstwo pochodzące z kojarzenia

czerwonego bydła krajowego z europejskim bydlęm czerwonym, z wyłączeniem czerwonego bydła szwedzkiego i czerwonego bydła norweskiego ([www. pfhb.pl](http://www.pfhb.pl)).



Ryc. 1. Bydło polskie czerwone w gospodarstwie Piotra Rydla i Agnieszki Prochal
(fot. K. Wiśniewski)

Bydło polskie czerwone wyróżnia się unikalną budową, która niewiele się zmieniła na przestrzeni lat, co przedstawiono w tabeli 1. Zamieszczone poniżej wyniki pomiarów zoometrycznych dla krów rasy polskiej czerwonej użytkowanej w kierunku mlecznym dają świadectwo, że są to zwierzęta z dobrze zaznaczonym umięśnieniem.

Tabela 1. Wymiary krów rasy polska czerwona w 1931r. i 1997r. (Szarek i in., 2004)

Pomiar	Konopiński i Bormann, (1931)	Feleńczak, (1997)
Wysokość w kłębie (cm)	123	124
Głębokość klatki piersiowej (cm)	64	67
Szerokość miednicy (cm)	43	46

Polskie bydło czerwone charakteryzuje się doskonałym przystosowaniem do trudnych warunków środowiska w regionie pogórza i gór, ale także dużą odpornością ([www. bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl](http://www.bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl)). Cechy te wykształciły się w wyniku ubóstwa chłopskich

rodzin utrzymujących bydło tej rasy w ciągu wieków oraz rejonu jej występowania. Ponadto polskie bydło czerwone posiada szereg właściwości biologicznych o dużym znaczeniu gospodarczym, jak dobra płodność, lekkie porody, duża żywotność cieląt oraz wyższy niż w innych rasach procent ich przeżywalności (Staszczak, 1985; Krupiński, 2009,). Bydło rasy RP cechuje się bardzo dobrym wykorzystywaniem pasz gospodarskich (szczególnie suchych pasz objętościowych w okresie zimowym, a latem zielonki pastwiskowej) oraz niewybrednością w ich doborze. Wyróżniającymi cechami bydła rasy RP są także długowieczność i odporność na choroby m.in. gruźlicę, brucelozę, *mastitis*. Osobniki tej rasy mają silne i twarde nogi oraz mocne racice, nie wymagające korekcji. Zdolność przetrwania w czasie sezonów o wyraźnym niedoborze paszowym oraz szybka regeneracja utraconej kondycji wskazuje na fakt, że bydło tej rasy posiada jeszcze założenia genetyczne swoich protoplastów (Żurowski i Goszczyński, 1997).

Liczebność populacji bydła rasy polskiej czerwonej w Polsce (stan na grudzień 2022 dane z Instytutu Zootechniki PIB-Balice_Kraków) wynosi 4108 szt. i od 2010 roku stopniowo się powiększa. W chwili obecnej następujące stada bydła tej rasy użytkowane w kierunku mięsnym zostały objęte programem ochrony zasobów genetycznych w województwie dolnośląskim 2 stada - 28 krów, kujawsko-pomorskim 4 stada - 33 krowy, lubelskim 11 stad - 128 krów, lubuskim 6 stad - 204 krowy, łódzkim 3 stada - 28 krów, małopolskim 2 stada - 34 krowy, mazowieckim 13 stad - 142 krów, podkarpackim 2 stada – 30 krów, podlaskim 23 stada - 385 krów, pomorskim 7 stad – 119 krów, śląskim 2 stada – 41 krów, warmińsko-mazurskim 13 stad - 242 krowy, wielkopolskie 2 stada – 31 krów, zachodniopomorskim 4 stada - 38 krów (stan na grudzień 2022 dane z Instytutu Zootechniki PIB-Balice Kraków).

W minionym okresie program genetycznego doskonalenia bydła rasy polskiej czerwonej przewidywał doskonalenie zwierząt w zakresie cech mlecznych poprzez krzyżowanie uszlachetniające przy użyciu ras: duńskiej czerwonej, jersey, pinzgauerskiej, belgijskiej czerwonej i później rasy anglijskiej a także poprzez krzyżowanie wypierające przy użyciu bydła rasy czerwono-białej (Kuczaj, 2001). Z chwilą przyjęcia Małopolskiego Towarzystwa Hodowców Bydła do European Red Dairy Breed Association w procesie tym zostaną wykorzystane zasoby genetyczne innych europejskich ras czerwonych. Celem programu jest uzyskanie postępu genetycznego w zakresie cech produkcyjnych wpływających w zasadniczy sposób na opłacalność utrzymywania tej rasy, czyli: wydajność mleczna, wydajność białka i tłuszczu oraz cechy typu i budowy, ze szczególnym uwzględnieniem budowy nóg i wymienia (Stopyra i in., 2005).

Wciąż mało liczna populacja bydła rasy polskiej czerwonej sprawia, że istnieje realne niebezpieczeństwo wystąpienia inbrodu. Dlatego też wybór matek i ojców buhajów, kojarzenie indywidualne, dopuszczenie buhajów do wykorzystania w sztucznym unasiennianiu powinno być prowadzone bardzo starannie, przy stałej kontroli spokrewnienia.

Rozwijająca się hodowla bydła rasy polskiej czerwonej w ostatnim dwudziestoleciu w województwie warmińsko-mazurskim została zapoczątkowana przez Pana Piotra Rydla, który rozpoczął użytkować bydło tej rasy w kierunku mięsnym. Natomiast dopiero w 2017 roku zaczęto prowadzić mięsną ocenę wartości użytkowej dla bydła tej rasy. W 2019 roku w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” finansowanego z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego podjęto próbę stworzenia rasy polskiej czerwonej w typie mięsnym. Badania prowadzone są w ścisłej współpracy z Polskim Związkiem Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego w gospodarstwach utrzymujących hodowlę mamkowe bydła rasy polskiej czerwonej; głównie w gospodarstwie Piotra Rydla i Agnieszki Prochal w Rumianie w województwie warmińsko-mazurskim (ryc. 2). Znakomita jakość mięsa, walory kulinarne, bogaty skład chemiczny, znikoma wydajność mleczna i coraz to lepsze cechy użytkowości mięsnej (przyrosty dobowe) przemawiają za tym, aby bydło rasy RP było rasą typowo mięsną. Badania przeprowadzone przez Instytut Zootechniki - PIB w Balicach wykazały, że mięso tej rasy charakteryzuje się delikatnością, soczystością i odpowiednią marmurkowatością. Wymienione parametry są ważne z punktu widzenia przetwórstwa mięsnego. Mięso to również wyróżniają znakomite walory smakowe. Ponadto bydło rasy polskiej czerwonej charakteryzuje się wysoką wydajnością rzeźną. Młode bydło polskie czerwone uzyskuje nieco niższe przyrosty masy ciała w systemie intensywnym. Także zużywa większą ilość paszy na 1 kg przyrostu masy ciała, w porównaniu do innych ras bydła. Lepsze wyniki uzyskuje w opasie półintensywnym i ekstensywnym- osiąga wtedy dobowe przyrosty masy ciała na poziomie 750-900 g i wydajność rzeźną 55-60% (Adamczyk i Szarek, 2009; Szarek i in., 2004).



Ryc. 2. Stado bydła rasy polskiej czerwonej w użytkowym kierunku mięsnym w gospodarstwie Piotra Rydla i Agnieszki Prochal (fot. K. Wiśniewski)

Wielu hodowców decyduje się na utrzymywanie tej rasy w systemie „mamkowym”. Rozwiązanie takie ma wiele zalet, m.in.: niskie nakłady finansowe, niski nakład pracy i możliwość połączenia z innymi działalnościami (Gajos i Dymnicki, 2012). Krowy rasy polskiej czerwonej wyróżniają się bardzo dobrą jakością siary w pierwszych godzinach po porodzie wyrażoną gęstością powyżej $1,071 \text{ g/cm}^3$ i zawartością immunoglobulin klasy G powyżej $120,0 \text{ g/l}$. Jest to jedyna rasa krów, u której wraz z upływem czasu po porodzie jakość siary nieznacznie obniża się, u większości utrzymuje się na pograniczu klas dobrej i dostatecznej przez cały odchów cieląt. To sprawia, że większość hodowców preferuje pozostawianie cieląt z matkami nawet do 6 miesięcy. Weary i Chua (2000) zaobserwowali, iż cielęta trzymane z matkami dzień lub 4 dni zamiast 6 godzin po urodzeniu rzadziej zapadały na choroby charakterystyczne dla tego okresu odchowu. Natomiast Flower i Weary (2001) wykazali, że cielęta utrzymywane do 14. dnia życia przy mamkach charakteryzowały się 3-krotnie większymi dobowymi przyrostami masy ciała, w porównaniu do tych odsadzonych w 1. dniu życia.

Jakość wołowiny determinowana jest przez wiele czynników, zarówno genetycznych jak i środowiskowych, ale to właśnie pierwszy okres odchowu cieląt decyduje o dalszej opłacalności chowu bydła mięsnego.

Jakość wołowiny to zagadnienie wieloaspektowe rozpatrywane pod kątem właściwości odżywczych, technologicznych lub przydatności kulinarnej. Ocena jakości wołowiny opiera się

na oznaczeniu tzw. parametrów jakościowych mięsa. Zaliczamy do nich szereg parametrów podstawowych tj.: barwa, kruchość, pH, ogólny skład chemiczny, ale również bardziej szczegółowych, tj. zawartość związków biologicznie czynnych w postaci dipeptydów anseryny i karnozyny oraz funkcjonalnych kwasów tłuszczowych m.in. należących do grupy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA). Karnozyna i anseryna to bioproteiny, natomiast CLA to związek lipidowy. Są to najlepiej poznane biologicznie czynne związki pod względem właściwości prozdrowotnych, które są szczególnie pożądane w żywieniu ludzi zagrożonych chorobami cywilizacyjnymi. W dostępnej literaturze podkreśla się, że karnozyna i anseryna oraz CLA mogą być wykorzystywane w profilaktyce, a nawet terapii wielu chorób (Darewicz i Dziuba, 2009; Florek i in., 2019). Różne partie tusz tzw. wyręby kulinarne ze względu na specyfikę składu mięśni mogą być przeznaczone do innych celów kulinarnych. Najczęściej badanym mięśniem u bydła jest mięsień najdłuższy grzbietu (*M. longissimus dorsi* syn. *M. longissimus thoracis et lumborum*). W dostępnej literaturze brakuje kompleksowych badań dotyczących różnych partii tusz od tych samych osobników utrzymywanych w tych samych warunkach środowiskowych.

2. Cel pracy i hipotezy badawcze

Celem pracy było porównanie użytkowości rozrodczej i mięsnej bydła rasy polskiej czerwonej (RP) z bydlęciem rasy limousine (LM) oraz porównanie jakości mięsa obu ras a także opracowanie wzorca użytkowości mięsnej bydła rasy polska czerwona w odniesieniu do bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego i polskiego.

Dysertacja doktorska realizowana była w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” finansowanego przez MNiSW nr rej. DWD/3/53/2019 na podstawie prowadzenia standardowej oceny użytkowości mięsnej i rozplodowej zwierząt oraz analiz fizykochemicznych mięsa. Zbadano i opracowano ściśle określone cechy mięsne dla bydła rasy polskiej czerwonej, aby móc uznać ją za rasę predysponowaną do użytkowania mięsnego oraz porównano jej cechy z osobnikami rasy typowo mięsnej limousine.

W pracy postawiono następujące hipotezy badawcze:

1. Bydło rasy polskiej czerwonej ma wyraziste cechy mięsne.
2. Bydło rasy polskiej czerwonej można uznać za rasę mięsną.
3. Mięso bydła rasy polskiej czerwonej wyróżnia się pewnymi cechami jakościowymi w porównaniu do mięsa pozyskanego od zwierząt rasy limousine.

4. Bydło rasy limousine ma wyższe parametry oceny użytkowości mięsnej niż bydło rasy polskiej czerwonej.

5. Bydło rasy limousine pochodzenia francuskiego wykazuje lepsze parametry oceny użytkowości mięsnej niż bydło rasy limousine pochodzenia polskiego.

3. Materiał i metody

3.1. Kryteria wyboru zwierząt do doświadczenia i ich żywienie

Badania prowadzono na potomstwie buhajów co pozwoliło dokonać dokładniejszej oceny wartości użytkowej tych ojców użytkowanych rozplodowo w badanych stadach. Materiał do badań stanowiły cielęta (odsadki) rasy polskiej czerwonej i cielęta (odsadki) rasy limousine w stadach, w których do rozrodu użytkowany był buhaj pochodzenia polskiego i francuskiego. Wszystkie zwierzęta utrzymywane były w systemie produkcji ekstensywnej, przez cały rok korzystały z pastwisk na wolnym wybiegu, a ostatecznie otrzymywały dietę opartą na wcześniejszych badaniach (Wiśniewski i in., 2021) składającą się z kiszonki z traw, siana i pasz treściwych z mieszanki zbóż. Wycielenia krów i jałowic w badanych stadach przypadało na wiosnę (marzec/kwiecień), cielęta utrzymywane były przy mamkach przez 7 miesięcy, następnie wczesną zimą były odsadzane i żywione opasowo aż do ukończenia 24. miesięcy. Bydło w każdym gospodarstwie było mierzone i wazone co miesiąc w trakcie trwania eksperymentu. Materiał badawczy do badań oceny użytkowości mięsnej stanowiły 942 cielęta – potomstwo buhajów rasy limousine, w tym 492 pochodzenia polskiego (LIM PL) i 450 cieląt pochodzenia francuskiego (LIM FR) oraz 138 buhajków rasy polskiej czerwonej (RP). U buhajów, których ojciec był polskiego pochodzenia, szczególną uwagę zwrócono na fakt, że w rodowodach cztery pokolenia wstecz nie było przodków pochodzenia francuskiego. Materiał badawczy do badań oceny reprodukcji stanowiło 348 krów rasy limousine pochodzenia polskiego, 367 pochodzenia francuskiego i 289 krów rasy polskiej czerwonej. Obserwacja i pomiary cieląt od ww. rodziców były prowadzone przez całe życie potomstwa od urodzenia do uboju. Badania dotyczyły potomstwa w latach 2019-2023, łącznie przebadano 1004 osobniki, a liczba pomiarów wyniosła 57.228 rekordów.

Dla przejrzystości metodyki zastosowano podział, dzieląc ją na następujące etapy:

1. Ocena użytkowości rozplodowej bydła.
2. Ocena użytkowości mięsnej buhajów rasy polska czerwona i limousine pochodzenia polskiego i francuskiego.
3. Ocena jakości surowca mięsnego w trzech grupach rasowych RP, LIM PL i LIM FR.

3.2. Ocena użytkowości rozplodowej

W pierwszej części doświadczenia analizując dane rejestrowe przez PZHiPBM dokonano wyboru po 10 gospodarstw specjalizujących się w produkcji wołowiny, w których utrzymywane było bydło rasy polskiej czerwonej, rasy limousine, w których krył buhaj pochodzenia polskiego oraz rasy limousine, w których krył buhaj pochodzenia francuskiego.

Ocena użytkowości rozplodowej polegała na określeniu dla każdej samicy w stadzie: rodzaju porodu, żywotności urodzonego cielęcia poprzez zakwalifikowanie go do odpowiedniej kategorii. Powyższe kategorie przyjęte były na podstawie tabel 2 i 3 (zamieszczonych poniżej) opracowanych przez Instytut Zootechniki PIB w Balicach.

Tabela 2. Klasyfikacja rodzaju porodu

RODZAJ PORODU	KOD
łatwy, odbyty siłami natury bez pomocy człowieka	1
łatwy, z niewielką pomocą człowieka lub środków mechanicznych	2
trudny z pomocą 2 lub więcej osób, użycia środków mechanicznych lub interwencji lekarza weterynarii	3
cesarskie cięcie	4
embriotomia	5
poronienia	6

Tabela 3. Klasyfikacja żywotności cielęcia

ŻYWOTNOŚĆ CIEŁĘCIA	KOD
ciele żywe, bez wad budowy	1
ciele żywe, z wadami budowy	2
ciele martwe przy urodzeniu lub padłe w czasie 24 godzin od urodzenia	3
potworkowość cielęcia	4

3.3. Ocena użytkowości mięsnej

Ocenę użytkowości mięsnej bydła przeprowadzono zgodnie z Regulaminem prowadzenia oceny wartości użytkowej bydła typu użytkowego mięsnego (2016). Ocena użytkowości mięsnej obejmowała określenie stopnia umięśnienia i rozwoju zwierzęcia oraz tempa przyrostu masy ciała dokonanej na podstawie wizualnej oceny budowy zwierzęcia i ocenie poszczególnych cech budowy w 100-punktowej skali. U buhajków ocenę wizualną przeprowadzono po zważeniu w 420. dniu życia. Tempo przyrostu masy ciała polegało na

określeniu masy ciała zwierzęcia w następujących okresach jego życia: do 48 godzin po urodzeniu, między 165. a 255. dniem życia i między 375. a 465. dniem życia – u byków. Następnie obliczono standaryzowaną masę ciała zwierzęcia w 210. i 420. dniu życia. Obliczenia standaryzowanej masy ciała zwierzęcia (MCS) na konkretny dzień jego życia dokonano według wzoru (PZHiPBM, 2016):

$$MCS = [(MCB - MCU) / WW] \times WS + MCU$$

gdzie:

MCS -masa ciała standaryzowana zwierzęcia określona w kg,

MCB -masa ciała rzeczywista zwierzęcia w dniu ważenia w kg,

MCU -rzeczywista masa ciała zwierzęcia ustalona do 48 godz. po urodzeniu w kg,

WW -wiek zwierzęcia w dniu ważenia, wyrażony w dniach,

WS –standaryzowany wiek zwierzęcia w dniach (210 lub 420).

Przy ważeniu na 420. dzień dokonano również pomiaru obwodu klatki piersiowej przy użyciu taśmy zoometrycznej i wysokości w kłębie przy użyciu laski zoometrycznej. Uwzględniono również wyliczenia średnich dobowych przyrostów masy ciała zwierzęcia w okresach od 1-wszego dnia do 210. dnia życia oraz od 210. do 420. dnia życia. Obliczenia średnich dobowych przyrostów masy ciała zwierzęcia (PDMC) dokonano według wzoru (PZHiPBM, 2016):

$$PDMC = (MCK - MCP) \times 1000 / (WK - WP)$$

gdzie:

PDMC-przyrost dobowy masy ciała zwierzęcia wyrażony w g,

MCK -masa ciała końcowa zwierzęcia w dniu ważenia wyrażona w kg,

MCP-masa ciała początkowa zwierzęcia w dniu ważenia wyrażona w kg,

WK -wiek końcowy zwierzęcia w dniu ważenia wyrażony w dniach,

WP -wiek początkowy zwierzęcia w dniu ważenia wyrażony w dniach.

Ocenę pokroju wykonano na osobnikach do 24. miesiąca życia. Pokrój zwierzęcia określono za pomocą 19 liniowych cech charakteryzujących umięśnienie, kośćce, cechy funkcjonalne oraz cechy dodatkowe. Ocena umięśnienia obejmowała następujące partie ciała zwierzęcia: szerokość między łopatkami, szerokość grzbietu, grubość mięśnia grzbietu x 2, wysklepienie mięśni uda, długość mięśni uda oraz szerokość zadu. Do cech funkcjonalnych zaliczano: postawę nóg przednich, szerokość pyska, linię grzbietu oraz postawę nóg tylnych. Natomiast przy ocenie kośćca uwzględniono: kaliber, obwód nadpęcia, szerokość klatki piersiowej, głębokość klatki piersiowej, długość grzbietu, długość zadu i szerokość w biodrach. Cechy dodatkowe: szerokość w kulszach i ocena kondycji zwierzęcia. Każdą z cech oceniono w skali 1-10 pkt., przy optimum wynoszącym 10 pkt., z wyjątkiem obwodu nadpęcia i kondycji, gdzie przyjęte optimum wynosi 6 pkt. Przydzielone odpowiednie wagi dla określonej grupy

cech tj. 0,50 dla umięśnienia, 0,30 dla kośćca oraz 0,20 dla cech funkcjonalnych nie ulegają zmianie.

W efekcie ogólna ocena pokroju zwierzęcia (OPZ) wyliczana jest ze wzoru (PZHiPBM, 2016):

$$OPZ = 0,50 \times OM + 0,30 \times OK + 0,20 \times OF$$

gdzie:

OM -suma punktów po transformacji za umięśnienie,

OK -suma punktów po transformacji za kośćciec,

OF -suma punktów po transformacji za cechy funkcjonalne

3.3.1. Analiza statystyczna wyników

Uzyskane dane opracowano metodami statystycznymi przy użyciu pakietu SPSS 24.0 z wykorzystaniem procedury GLM, CORR. Istotność różnic pomiędzy grupami określono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. W modelu uwzględniono takie czynniki jak rok wycielenia, sezon wycielenia, rasa i grupa ojcowska.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + e_{ijkl}$$

gdzie:

Y_{ij} – pomiar danej cechy,

A_i - efekt roku wycielenia,

B_j - efekt sezonu,

C_k – rasa,

D_l - grupa ojcowska,

e_{ijkl} - błąd losowy,

μ - średnia ogólna.

Powyższy model zastosowano dla buhajków. Dodatkowo zbadano zależności pomiędzy cechami wzrostu cieląt wykorzystując regresję wielokrotną. W ramach realizacji naukowego celu pracy wykorzystano regresję liniową do zbadania zmian średnich wartości analizowanych cech w poszczególnych latach urodzenia cieląt wg następującego wzoru:

$$Y = a + b \cdot x$$

gdzie:

Y - średnia wartość badanej cechy,

x - rok urodzenia cielęcia,

a – zmiana rozmiaru cechy,

b - współczynnik regresji.

Istotność różnic pomiędzy grupami określono na podstawie wieloczynnikowej analizy wariancji. W modelu wzięto pod uwagę takie czynniki, jak rok wycielenia, sezon wycielenia, rasa i grupa ojcowska.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + e_{ijk}$$

gdzie:

Y_{ijk} – miara danej cechy,
 A_i – rok efektu wycielenia,
 B_j – rasa,
 C_k – grupa ojcowska,
 e_{ijk} – błąd losowy,
 μ – średnia ogólna.

Model rejestracyjny dla byków. W ramach celu naukowego pracy wykorzystano regresję liniową do sprawdzenia zmian średnich wartości analizowanych cech w poszczególnych latach urodzenia cieląt według wzoru:

$$Y = a + b \cdot x$$

gdzie:

Y – wartość średnia badanej cechy,
 x – rok urodzenia cielęcia,
 a – zmiana rozmiaru cechy,
 b – współczynnik regresji.

W stadach mamek uczestniczących w programie oceny użytkowości od urodzenia do odsadzenia, gdzie cechą użytkową jest masa ciała skorygowana na dzień 210, zaleca się następującą metodę obliczeń (ICAR, 2018):

At – wiek w chwili ważenia, wyrażony w dniach.

Wt – masa ciała wyrażona w kilogramach,

WB – szacunkowa masa urodzeniowa lub wzorzec rasy.

Następnie ocena wartości użytkowej jest obliczana jako:

$$RW = ((Wt-WB)/At)* 200 + WB$$

3.4. Ocena jakości surowca mięsnego

Ocenę jakości surowca mięsnego przeprowadzono w 3. etapach:

W 1-wszym etapie (tzw. wstępnym, w którym doktorant opracowywał eksperyment logistycznie, uczył się jak poprawnie pobrać materiał badawczy, doskonalił swój warsztat badawczy w laboratorium w praktyce) badaniami objęto 36 sztuk buhajków z 90% udziałem genów bydła rasy Limousine, pochodzących z systemu produkcji ekstensywnej, w którym stosowano wypas pastwiskowy całoroczny. W trakcie opasu zwierzęta były żywione ekstensywnie z dwoma sezonami pastwiskowymi. Ubój miał miejsce w 30 m-cu życia, po uzyskaniu końcowej masy ciała wynoszącej 550 ± 80 kg. Materiał badawczy stanowiły fragmenty trzech wyrębów z każdej tuszy, kolekcjonowane po przeprowadzonym uboju, wychłodzeniu i rozbiorze:

1) mięsień podgrzebieniowy łopatki (łac. m. *infraspinatus*),

2) antrykot (łac. m. *longissimus thoracis*),

3) rostbef z części tylnej (łac. m. *longissimus lumborum*).

Materiał pobierano do zakodowanych numerem katalogowym woreczków foliowych, które zamykano próżniowo i poddano mrożeniu w temperaturze -20°C , do momentu przeprowadzenia analiz. Po rozmrożeniu próbek mięsa w temperaturze pokojowej mielono je dokładnie przy użyciu maszynki do mielenia mięsa i sitek o cienkich oczkach. Następnie przeprowadzono ekstrakcję tłuszczu ze zmielonych tkanek mięsnych metodą referencyjną wg Folcha i in., (1957).

Transmetylację kwasów tłuszczowych do ich estrów metylowych przeprowadzono według wewnętrznej procedury Laboratorium Oceny Jakości Mleka i Mięsa Katedry Hodowli Zwierząt Instytutu Nauk o Zwierzętach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (KHZ INZ SGGW). Transmetylacja jednostopniowa miała na celu zamianę kwasów tłuszczowych w estry metylowe kwasów tłuszczowych(ang. fatty acid methyl ester, FAME), ponieważ tylko w takiej formie można je ilościowo oznaczać za pomocą kapilarnej chromatografii gazowej. Wyekstrahowany za pomocą metody Folcha tłuszcz w ilości 50 mg przenoszono do szklanych ampulek o pojemności 5 ml. Następnie dodawano 1 ml izooktanu i mieszano na vorteksie do całkowitego rozpuszczenia. W dalszej kolejności dodawano 2 ml 5-procentowego H_2SO_4 w MeOH jako katalizatora. Kolejnym etapem było zmydlanie w obecności 2 ml 2-mol KOH w MeOH w temperaturze 70°C przez dwie godziny, co trzydzieści minut mieszając. Po rozdzieleniu się dwóch warstw pobierano górną do zakodowanych numerycznie wial chromatograficznych, które następnie zamykano kapslując pod strumieniem inertnego gazu (N_2 5.0). W tak przygotowanych próbkach przeprowadzono analizę rozdzielania chromatograficznego. Oznaczania ilościowe kwasów tłuszczowych z wykorzystaniem chromatografu gazowego Agilent typ 7890 A w mięsie przy zastosowaniu kalibracji zewnętrznej z wzorcami kwasów tłuszczowych Sigma-Aldrich przeprowadzono według metody Kuczyńskiej i in. (2015).

W 2-gim etapie eksperymentu wybrano 40 buhajków rasy limousine, urodzonych wiosną i odsadzonych jesienią, po dziesięć byków z każdego gospodarstwa. Początkowe masy buhajków w poszczególnych gospodarstwach wahały się od 270 ± 26 do 352 ± 44 kg. Wybrane buhajki żywiono różnymi dawkami finiszowymi (D1, D2, D3 i D4) w celu wyboru najlepszej zapewniającej zasoby w każdym gospodarstwie. Dawki pokarmowe na cele opasowe zawierały: kiszonkę z traw, siano, kiszonkę z kukurydzy oraz paszę treściwą (mączkę zbożową). W tabeli 4 przedstawiono skład zastosowanych dawek pokarmowych dla opasów w poszczególnych gospodarstwach oraz średnie dzienne spożycie paszy.

Tabela 4. Skład dawek pokarmowych finiszowych (%) i średnie dzienne spożycie paszy (kg/s.m.)

Dieta końcowa	D1	D2	D3	D4
Kiszonka z trawy	60	75	-	60
Kiszonka z kukurydzy	-	22	54	40
Sianokiszonka	30	-	42	-
Koncentrat	10	4	4	-
Średnie spożycie (kg s.m.)	9.54	10.43	8.10	8.02

Wszystkie składniki dawki pokarmowej podawano zwierzętom oddzielnie. Ubój buhajów przeprowadzono w 30 m-cu życia, po uzyskaniu końcowej masy ciała wynoszącej 500 kg. Od każdego zwierzęcia po uboju pozyskano trzy rodzaje mięśni z trzech wyrębów: *M. infraspinatus* z łopatki, *M. longissimus thoracis* z antrykotu i *M. longissimus lumborum* z rostbefu, identycznie jak w 1-szym etapie.

W 3-cim etapie po osiągnięciu przez bydło masy ciała przekraczającej 500-600 kg, okres tuczu kończył się i bydło kierowano na rzeź. Materiał badawczy stanowiło 180 próbek mięsa wołowego pozyskanego podczas uboju od bydła ras polskiej czerwonej i limousine. Masa ciała buhajów przed ubojem w poszczególnych grupach ras wahała się od 570 ± 20 dla bydła rasy polskiej czerwonej do 652 ± 44 kg dla rasy limousine. Buhaje z każdej fermy po osiągnięciu pożądanej masy ciała kierowano do uboju i przeprowadzono analizy jakości mięsa. Byki transportowano do najbliższego punktu uboju oddalonego od ferm w odległości o 150 ± 30 km. Wszystkie zwierzęta poddano ubojowi w wieku 24. miesięcy, gdy osiągnęły około 75% masy dojrzałego buhaja. Wszystkie zwierzęta ośluszano przy użyciu bolcowego pistoletu ubojowego i wykrwawiono w obu rzeźniach komercyjnych. Mięso wołowe badanych buhajów charakteryzowało się masą tuszy ciepłej wynoszącej 350 ± 30 kg (320 do 380 kg). Zgodnie z wymaganiami ICAR (2018) tusze po uboju dojrzewały w temperaturze 4°C przez okres 5. dni. Po tym czasie z tusz lewych badanych osobników pozyskiwano trzy rodzaje mięśni z trzech wyrębów: *M. infraspinatus* z łopatki, *M. longissimus thoracis* z antrykotu i *M. longissimus lumborum* z rostbefu.

3.4.1. Przygotowanie próbek mięsa

Tusze chłodzono w temperaturze 4°C przez 24 godziny. Z lewej półtuszy pozyskiwanych z trzech wyrębów mięso, charakteryzujące się odpowiednio w swoim składzie następującymi mięśniami: *M. infraspinatus* (INF wycięty pomiędzy 6. a 13. żebrzem – kulinarny odpowiednik wyrębu zwanego łopatką), *M. longissimus thoracis* (LTH) (kulinarny odpowiednik wyrębu zwanego antrykotem) i *M. longissimus lumborum* (LLU) (kulinarny odpowiednik wyrębu zwanego rostbefem). Wybrane kawałki tuszy pakowano próżniowo i przechowywano w ciemności w temperaturze 2°C do 10 dni po uboju. Następnie z wyrębów odkrawano próbki mięsa o wadze 300 g, które zapakowano próżniowo i zamrażano w temperaturze -18°C w celu przechowania. Próbki mięsa do analiz z każdej grupy transportowano w lodówce samochodowej do laboratorium Katedry Hodowli Zwierząt, Instytutu Nauk o Zwierzętach SGGW w Warszawie.

3.4.2. Analizy chemiczne

Próbki mięsa wołowego mielono do uzyskania jednorodności. Skład chemiczny surowego mięsa określono na podstawie zawartości wody, białka surowego, tłuszczu śródmięśniowego i kolagenu za pomocą analizatora Food Scan™, wykorzystując technikę spektroskopową z transmisją w bliskiej podczerwieni (NIRS) w zakresie 850-1050 nm oraz sztuczne sieci neuronowe metodą opisaną przez Wiśniewskiego i in. (2021).

Oznaczenie koncentracji dipeptydów anseryny i karnozyny w mięsie wołowym przeprowadzono przy użyciu metodyki opisananej przez Łukasiewicz i in. (2018).

Ekstrakcję tłuszczu z mięsa wołowego przeprowadzono metodą Folcha (1990). Metylację kwasów tłuszczowych przeprowadzono zgodnie z metodą transestryfikacji EN ISO 5509 (2000). Zawartość funkcjonalnych kwasów tłuszczowych oznaczono za pomocą chromatografu gazowego Agilent Technologies 7890A z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym, oprogramowaniem HP Chemstation przy użyciu kolumny polarnej Varian Select FAME (długość 100 m, średnica 0,25 mm, grubość fazy 0,25 µm (Varian/Agilent Technologies, Waldbronn, Niemcy) według metodyki opisananej przez Kuczyńską i in. (2015). Każdy pik został zidentyfikowany za pomocą standardów czystych estrów metylowych mieszaniny kwasów tłuszczowych FAME 37 firmy Supelco oraz materiału referencyjnego BCR 163 (mieszanka tłuszczu wołowego i wieprzowego). Izomer kwasu linolowego (CLA) oznaczono za pomocą standardowego kwasu cis-9, trans-11-oktadekadienowego (Larodon AB, Szwecja).

3.4.3. Analiza statystyczna

Wpływ badanej grupy rasowej i rodzaju tkanki mięsnej na jakość mięsa oszacowano za pomocą wieloczynnikowej analizy wariancji ANOVA (IBM SPSS Statistics 29.0). Dla każdej zmiennej obliczono średnie najmniejszych kwadratów (LSM) i odchylenie standardowe (SD). Jeżeli różnice były istotne statystycznie, wykonywano test Tukeya, przy poziomie istotności statystycznej przyjęto $p = 0,05$. Do oceny korelacji pomiędzy cechami mięsa a składnikami diety wykorzystano współczynnik korelacji Pearsona. Brano pod uwagę jedynie interakcje pomiędzy czynnikami, których wpływ był istotny statystycznie ($p \leq 0,01$ lub $p \leq 0,05$). Poziom istotności określono po przeprowadzeniu wstępnych analiz statystycznych.

4. Omówienie wyników badań

Publikacja 1

Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów. Makulska J., Węglarz A. (red.), Kraków, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, 137-155, ISBN 978-83-66602-02-1.

W publikacji (poz. 1) dokonano wstępnego oszacowania jakości dietetycznej mięsa wołowego w trzech różnych wyrębach mięsa (antrykocie, łopatce i rostbefie) pobranych od bydła rzeźnego rasy limousine i oznaczono:

- 1) ilościowo profil kwasów tłuszczowych,
- 2) zależności między indeksami desaturaz a wybranymi kwasami tłuszczowymi.

Wyniki analizy statystycznej przeprowadzonej na podstawie oszacowanych współczynników korelacji Pearsona wykazały istotne zależności w zakresie wpływu aktywności desaturaz na parametry jakości mięsa przez modyfikację zawartości puli kwasów tłuszczowych. Analiza efektów międzyblokowych modelu GLM wykazała brak istotnej ($p > 0,05$) aktywności SCD w grupach badawczych, co pozwala w tym przypadku na rozpatrzenie prób jako niezależnych. Odnotowano dodatnie istotne korelacje (r^2) aktywności SCD z kwasem palmito-oleinowym C16:1 ($r^2 = 0,58$, $p < 0,01$) i kwasem oleinowym C18:1 ($r^2 = 0,83$, $p < 0,01$) oraz ujemne istotne korelacje z kwasem palmitynowym C16:0 ($r^2 = -0,51$, $p < 0,01$) i kwasem stearynowym C18:0 ($r^2 = -0,75$, $p < 0,01$). Kwasy oleinowy i palmito-oleinowy stanowiły ponad 90% całej puli kwasów jednonienasyconych w mięśniach identyczne z danymi

literaturowymi (Webb 1998, Pestana 2012), czego wynikiem była wysoka korelacja ($r^2 = 0,960$, $p < 0,01$) między SCD a stosunkiem MUFA/SFA. W niniejszej pracy analizie poddano różne partie mięsa, zawierające różne typy mięśni o określonej budowie histologicznej. W ten sposób uwzględniono czynniki znaczące dla potencjalnych konsumentów wołowiny. W badaniu własnym użyto parametru oceniającego ryzyko związane z przyjmowaniem w negatywnych proporcjach kwasów tłuszczowych. Ocenie poddano zwłaszcza pulę nasyconych kwasów tłuszczowych (ang. SFA - saturated fatty acids) ze względu na ich niekorzystne oddziaływanie na zmiany w układzie krwionośnym związane z wzrostem frakcji cholesterolu LDL w surowicy. Nie wykazano istotnych ($p > 0,05$) różnic między wartościami wskaźnika aterogennego (AI), inaczej zwanego miażdżycorodnym, dla wyodrębnionych wyrębów mięsnych. Średnia wartość tego parametru dla wszystkich trzech prób osiągnęła 0,75. Ze względu na to, prozdrowotna wartość wskaźnika AI powinna wynosić < 2 , można uznać skład kwasów tłuszczowych w badanym mięsie za dietetycznie korzystnie oddziałujący na zdrowie konsumentów. Wykazano istotną ujemną korelację między SCD a AI ($r^2 = -0,731$, $p < 0,01$). Drugim parametrem, który obliczono, był wskaźnik trombogenny (TI), związany z powstawaniem zakrzepów prowadzących m.in. do zawału serca i udaru mózgu. Najkorzystniejszą wartość (1,71) stwierdzono w przypadku łopatki, nie odnotowano natomiast istotnych różnic między rostbefem i antrykotem (odpowiednio: 1,82 i 1,81). Ocenia się, że wartość wskaźnika trombogenego nie powinna przekraczać wartości równej 2,5. Na tej podstawie można postawić tezę, że mięso pozyskane od wszystkich trzech wyrębów tuszy wołowej nie wykazuje potencjalnego negatywnego wpływu na układ krwionośny jako surowca do przetwarzania i kulinarnego i konsumpcji. Współczynnik korelacji między SCD a TI wynosił $r^2 = -0,954$ ($p < 0,01$), co stanowiło dodatkowy dowód na istotną zależność między aktywnością SCD i jakością dietetyczną, a nawet prozdrowotną badanej wołowiny. Omówione wyniki dowodzą ujemnej zależności między aktywnością SCD a wskaźnikami aterogennym i trombogennym. Świadczy to o wpływie aktywności SCD na właściwości dietetyczne mięsa wołowego. Kolejnymi ważnymi parametrami jakościowymi wołowiny, które wskazują na jakość prozdrowotną mięsa jest proporcja PUFA/SFA i kwasów z rodzin n-6 i n-3. Poziom PUFA/SFA był najkorzystniejszy w rostbefie (0,138). Zalecana przez Wooda i in. (2004) wartość tego parametru nie powinna przekraczać powyżej 0,4. Stosunek kwasów z rodzin n-6 i n-3 był najniższy w łopatce (5,686). Zalecany współczynnik prozdrowotny powinien być zbliżony do wartości < 4 (Wood i in., 2004). Z jednej strony wyniki dostępnych w literaturze badań są bardzo zróżnicowane, jednakże dowodzą, że całoroczne utrzymanie opasów na pastwiskach lub żywienie z wykorzystaniem traw w porównaniu z żywieniem, w którym dla

bydła opasowego stosuje się zboża, zwiększa znacząco w mięsie koncentrację kwasów omega-3, CLA i TVA (Daley, 2010). Również wprowadzenie do diety zwierząt oleju lnianego poprawia zawartość kwasów n-3 (Wood i in., 2004). Z drugiej strony wadą zwiększania ilości kwasów tłuszczowych UFA w mięsie jest niestety wzrost oksydacji kwasów, który prowadzi do obniżenia jego jakości kulinarnej.

Publikacja 2

Wiśniewski K., Kuczyńska B. 2022. Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish Red breed cattle Beef Production, *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science*, vol. 71, nr 1-4, 2022, 12-21, DOI:10.1080/09064702.2022.2116100

W publikacji typu review (poz. 2) dokonano przedstawienia możliwości rozwoju mięsnego użytkowania bydła autochtonicznej rasy polskiej czerwonej w warunkach systemu produkcji ekstensywnej z wykorzystaniem całorocznego wypasu pastwiskowego. W pracy scharakteryzowano bydło tej rasy oraz omówiono jej cechy predysponujące do kierunku użytkowania mięsnego. Opisano historię tej rodzimej rasy bydła, rozpoczęcie i cele programu ochrony zasobów genetycznych, któremu podlega ustawowo. W pracy wykazano ekonomiczny aspekt hodowli bydła rasy polskiej czerwonej, obliczono dochód netto oraz zalety jej utrzymywania. W publikacji omówiono również cele hodowlane i doskonalenie genetyczne polskiego bydła czerwonego.

Pierwsza próba ochrony bydła tej rasy rozpoczęła się w 1973r., kiedy to ograniczono rejonizację rasy polskiej czerwonej jedynie do 3 powiatów ówczesnego województwa krakowskiego. Wtedy też, hodowcy z tego terenu odkupili 100 najlepszych krów z północnych i wschodnich terenów Polski.

W 1992r. odbyła się Konferencja Narodów Zjednoczonych, pt. „Szczyt Ziemi” w Rio de Janeiro podpisano wtedy konwencję o Różnorodności Biologicznej, którą Polska ratyfikowała trzy lata później. Decyzja ta pociągnęła za sobą obowiązek ochrony różnorodności genetycznej zwierząt hodowlanych również w Polsce.

Dzięki zaangażowaniu hodowców, którym zależało na ocaleniu rodzimej rasy czerwonej podjęto działania zmierzające do stworzenia rezerwy genetycznej i zachowania dotychczasowego genotypu. Od 1994r. Małopolskie Towarzystwo Hodowców Bydła zwracało się kilkakrotnie do Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi o zaakceptowanie i rozpoczęcie

realizacji programu ochrony zasobów genetycznych bydła polskiego czerwonego, który zaczął funkcjonować od 1999r..

W latach 1999-2001 programem ochrony zasobów genetycznych zarządzało Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt w Warszawie. Od 2002r. pieczę nad programem przejął Instytut Zootechniki PB-Balice k. Krakowa.

Za główne zadania programu ochrony zasobów genetycznych bydła rasy polskiej czerwonej uważa się odtworzenie i zachowanie tej rasy oraz utrzymanie istniejącej zmienności genetycznej. Prace hodowlane prowadzone są w kierunku zachowania autochtonicznych cech bydła tej rasy.

Od 1999r. można podzielić populację aktywną bydła rasy polskiej czerwonej na dwie grupy: objętą ochroną i doskonaloną buhajami innych europejskich ras czerwonych. Bydło rasy polska czerwona zaliczana jest do ras typu użytkowego dwukierunkowego mięsno-mlecznego, a ocena w większej części populacji jest prowadzona w zakresie cech produkcji mleka. Po kilkuletnich staraniach hodowców, od stycznia 2017r. w stadach objętych programem ochrony wprowadzono możliwość oceny w zakresie cech użytkowania mięsnego.

Od 2019r. m.in. w wyniku prac wdrożeniowych związanych z realizacją doktoratu w kierunku użytkowania mięsnego bydła polskiego czerwonego następujące stada zostały objęte tym programem: w województwie łódzkim 2 gospodarstwa liczące 8 krów, mazowieckim 5 stad liczących 47 krów, śląskim i dolnośląskim po 1 stadzie liczące 12 krów, lubuskim 4 stada liczące 70 krów, lubelskie 7 stad liczących 72 krowy, podlaskim 10 stad liczących 151 krów, kujawsko-pomorskim 1 stado liczące 20 krów, warmińsko-mazurskim 5 stad liczących 89 krów, zachodniopomorskim 3 stada liczące 37 krów.

Powszechnie uważano, że bydło rasy polskiej czerwonej, jako, że jest o dwukierunkowym typie użytkowym nie ma szans w konkurencji pod względem wydajności mięsnej z rasami typowo mięsnymi. W pracy postawiono tezę, iż rasa RP coraz częściej może konkurować ze średniej wielkości brytyjskimi rasami mięsnymi: Aberdeen Angus i Hereford. Ze względu na niewysoką wydajność mleczną krowy tych ras mogą być wykorzystywane jako mamki. Zwrócenie uwagi na ten kierunek użytkowy podniósł atrakcyjność starych rodzimych ras bydła i przyczynił się do zwiększenia liczebności ich populacji. Efekt taki został osiągnięty w przypadku bydła rasy polskiej czerwonej. Bowiem to właśnie Ci hodowcy, którzy utrzymują to bydło w mięsnym kierunku użytkowania twierdzą, że jest to kierunek przyszłości chowu polskich rodzimych ras bydła. Nie dziwi to, jeśli pamięta się, że bydło tej rasy posiada wyraźnie zaznaczone cechy mięsne. Ze względu na fakt, że na niektórych terenach w kraju, szczególnie górskich i pastwiskach podgórskich, gdzie duża część użytków zielonych objęta jest ochroną

krajobrazową uniemożliwiając prowadzenie intensywnej produkcji zwierzęcej (Majewska i Jakiel, 2019), chów mamkowy staje się coraz bardziej popularny w rasie RP i kierunek mięsnego użytkowania zyskuje nową szansę stając się atrakcyjną alternatywą dla produkcji mlecznej. W celu prowadzenia efektywnej i stabilnej ekonomicznie produkcji żywca wołowego w oparciu o rasę polską czerwoną jako alternatywę do produkcji mlecznej rozpoczęto badania.

Opracowano cztery modele prowadzenia chowu mamkowego.

1) Odchów jałówek tylko na remont stada i opas pozostałych cieląt do wieku 6 miesięcy, 2) odchów jałówek tylko na remont stada i opas pozostałych cieląt do wieku 24 miesięcy, 3) odchów jałówek na remont stada oraz na sprzedaż jako jałówki cielne, a także opas buhajków do wieku 6 miesięcy, 4) odchów jałówek na remont stada oraz na sprzedaż jako jałówki cielne, a także opas cieląt do wieku 24 miesiąca. Ponieważ bydło rasy RP podobnie jak pozostałe rasy zachowawcze z uwagi na swoje charakterystyczne cechy dobrze sprawdza się w naturalnych warunkach środowiskowych, badania prowadzano w dwóch systemach: rolnictwa konwencjonalnego ekstensywnego i rolnictwa ekologicznego. Kierunek chowu mamkowego wykazuje o wiele niższe przychody niż chów w kierunku mlecznym ze sprzedażą mleka. Obliczono, iż od krów użytkowanych mlecznie, które średnio produkowały 3520 kg mleka za laktację i przy cenie mleka 1,80 zł/l - uzyskiwano średni przychód w wysokości 6 336 zł za laktację. Dodatkowy przychód może pochodzić ze sprzedaży cieląt do dalszego chowu lub opasu, czy w dalszym czasie z odchowu ich na hodowlane jałówki cielne lub opasać buhajki. W przypadku chowu mamkowego na dochód możemy liczyć tylko ze sprzedaży cielęcia. O ile w przypadku ras typowo mięsnych cielęta pozostawione przy matkach mogą potencjalnie osiągnąć masę ciała ponad 300 kg w wieku 6 miesięcy, a w wieku 24 miesięcy 900 kg, o tyle cielęta rasy polskiej czerwonej w takich samych warunkach mogą osiągnąć masę ciała odpowiednio 270-290 kg i 700-800 kg. Niższa masa ciała cieląt skutkuje niższymi przychodami hodowcy. Wśród form chowu mamkowego najwyższe przychody możliwe są do osiągnięcia w trzeciej formie, która zakłada opas buhajków do wieku 6 miesięcy oraz odchów jałówek w celu ich sprzedaży jako hodowlane jałówki cielne. Opas buhajków do wieku 24 miesięcy daje już niższe przychody. Formy chowu zakładające odchów jałówek w celu ich sprzedaży jako hodowlane jałówki cielne dają potencjalne wyższe przychody niż formy chowu, w których prowadzi się odchów jałówek tylko na remont stada. Jedna jałówka cielna rasy zachowawczej wstępnie zakwalifikowana do programu ochrony zasobów genetycznych ma wartość rynkową około 6 000 zł, podczas gdy młode bydło opasowe około 5 000 zł. Jedna hodowlana jałówka

cielna daje zatem możliwość uzyskania o 1 000 zł większego przychodu niż buhajek w tym samym wieku.

Publikacja 3

Wiśniewski K., Kuczyńska B., Przysucha T. 2022. Analysis and comparison of meat performance parameters in Polish and French limousine bulls, *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica*, vol. 362 (61), nr 1, 2022, 25-38, DOI:10.21005/AAPZ2022.61.1.03

W publikacji (poz. 3) dokonano porównania cech użytkowości rozrodczej i mięsnej bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego i polskiego. Buhaje rasy limousine podzielono na dwie grupy w zależności od kraju pochodzenia rodziców, tzw. polskie i francuskie. Kryterium przydzielenia zwierząt do grupy polskiego pochodzenia było, że buhaje nie miały w swoim rodowodzie potomka linii francuskiej od dwóch pokoleń. Wykazano, że u buhajów rasy limousine pochodzenia polskiego masa urodzeniowa była niższa o 0,95 kg w porównaniu do bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego. Masy ciała buhajów rasy limousine pochodzenia polskiego w wieku 210. i 420. dni, wynosiła odpowiednio 297,60 kg i 553,11 kg i również była niższa niż po buhajach pochodzenia francuskiego. Cielęta cięższe przy urodzeniu osiągały lepsze przyrosty i kończyły odchów z wyższą masą ciała. Zaobserwowano również, że przyrost dobowy na 210. i 420. odnotowano wyższy u bydła rasy limousine pochodzenia francuskiego, było on wyższy odpowiednio o 21,52g i 61,09g w porównaniu do bydła rasy LIM PL. Standaryzowana masa ciała na 210. i 420. dni była niższa u bydła rasy limousine pochodzenia polskiego – na 210. dni o 5,49 kg i na 420. dzień o 17,45 kg w porównaniu do bydła rasy LIM FR. Powyższe parametry produkcyjne porównano z innymi danymi źródłowymi. W badaniach własnych masa ciała urodzeniowa (38,6-39,5 kg) buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego była zbliżona do danych uzyskanych z Polskiego Związku Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego (38,8 kg), natomiast buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego była niższa o 3,2 kg w porównaniu z danymi z francuskiego Institut de L'Elevage (2021). Masę ciała na 210. dni uzyskano wyższą w badaniach własnych u bydła rasy limousine pochodzenia polskiego w porównaniu z PZHiPBM, natomiast pochodzenia francuskiego takie same jak francuski Institut de L'Elevage (2021). Przyrost masy ciała na 210. dni również wykazano wyższy w badaniach własnych u bydła rasy limousine pochodzenia polskiego. Osobniki pochodzenia francuskiego były o 0,43 cm wyższe w kłębie, a obwód klatki piersiowej miały o 0,74 cm większy w porównaniu do bydła rasy LIM PL. Najdłuższy pomiar

mięśnia grzbietu był również dłuższy u francuskich buhajów ze strony ojca i wynosił 108,09 cm³. Wykazano istotne różnice w badanych parametrach pomiędzy osobnikami pochodzenia polskiego i francuskiego. Wskaźniki rozwoju i mięsności były korzystniejsze dla osobników pochodzenia francuskiego.

Publikacja 4

Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY* 143 Vol. XXV (2021), 1, 143-154.

W publikacji (poz. 4) dokonano porównania oceny jakości mięsa bydła rasy limousine żywionych w trzech różnych grupach technologicznych. W każdym gospodarstwie, pasze wykorzystywane do opasu zawierały: kiszonkę z traw, siano, kiszonkę z kukurydzy oraz paszę treściwą (śrutę zbożową). Skład ilościowy dawki pokarmowej został zaplanowany uwzględniając rzeczywiste wartości odżywcze pasz, zapotrzebowanie bytowe i produkcyjne wg założonych dziennych przyrostów żywej masy ciała w poszczególnych okresach karmienia. Skład dawek pokarmowych tzw. finiszowych został opracowany w oparciu o wymagania żywieniowe ustalone przez INRA (2001) przy użyciu programu INRATON. Zwierzęta miały stały dostęp do wody i lizawek solnych. Po osiągnięciu przez bydło masy ciała przekraczającej 500 kg, okres opasu dobiegał końca i bydło kierowano na ubój. Na podstawie zawartości białka surowego, wody, tłuszczu śródmięśniowego i kolagenu metodą spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni (NIRS) metodą (PN-A-82109:2010) określono podstawowy skład chemiczny surowca mięsnego. Próbkę wołowiny poddano homogenizacji, a następnie umieszczono w celi pomiarowej analizatora Food Scan. Urządzenie wykorzystuje metodę transmisji w bliskiej podczerwieni w zakresie 850-1050 nm oraz sztuczne sieci neuronowe. Analizę przeprowadzono poprzez wskazanie w programie komputerowym liczby 16 pomiarów w każdej próbce. Wyniki końcowe pomiarów specjalne oprogramowanie Food Scana, podaje w postaci średniej z wszystkich pomiarów. Wykazano istotny wpływ dawki żywieniowej w końcowej fazie opasu na zawartość wody w badanych wyrębach mięsa wołowego. Najniższą zawartość wody (73,77%) wykazano we wszystkich próbach mięsa wołowego pochodzącego od zwierząt żywionych dietą składającą się z kiszonki z traw, siana i koncentratów (D1). Udział wody w mięsie zwierząt karmionych pozostałymi dietami (D2, D3 i D4) był istotnie wyższy (>74,0%). Zaobserwowano także istotne różnice w zawartości wody między badanymi rodzajami mięśni.

Największą zawartość wody, niezależnie od sposobu żywienia, stwierdzono w mięśni podgrzebieniowym (ISB). W LLS i LTC zawartość wody była znacznie niższa i kształtowała się poniżej 75,0 %. Całkowita zawartość tłuszczu w wołowinie odzwierciedla sposób żywienia i zmienność genetyczną pomiędzy rasami bydła, wiekiem w momencie uboju, klasą tuszy i rodzajem wyrębu tuszy. Poziom tłuszczu w badanych próbkach był zróżnicowany, oscylował w granicach od $1,23 \pm 0,058\%$ w LLS dla zwierząt karmionych dietą D1 do $2,49 \pm 0,26\%$ w ISB dla zwierząt żywionych dietą opartą na kiszonce z traw i kukurydzy (D4). Najniższą zawartość tłuszczu stwierdzono we wszystkich kawałkach mięsa wołowego pochodzącego od ~~zwierz~~ bukatów żywionych dietą składającą się z kisonki z traw, siana i koncentratów (D1), wynosiła ona od $1,23 \pm 0,08\%$ w mięśniach *lumborum* (LLS) do $1,77 \pm 0,13\%$ w podgrzebieniowym łopatki *infraspinatus* (ISB). Istotnie wyższą zawartość tłuszczu stwierdzono w mięśniach zwierząt żywionych dietą D2 (kiszonka z traw, kiszonka z kukurydzy i koncentraty) oraz dawką D3 (kiszonka z kukurydzy, siano i koncentraty). Największą zawartość tłuszczu ($2,27 \pm 0,26\%$) stwierdzono w mięśniach zwierząt karmionych dietą D4 bez koncentratu. Najniższą zawartość kolagenu w najdłuższym mięśniu lędźwiowym pośladnicy ($0,80 \pm 0,02\%$) stwierdzono u zwierząt karmionych dietą składającą się z kisonki z traw, siana i koncentratów (D1). Najwyższą zawartość kolagenu istotnie stwierdzono w mięśniach zwierząt karmionych dietą D2 ($1,01 \pm 0,08\%$) i D4 ($0,96 \pm 0,04\%$). Uzyskane wyniki oceny składu chemicznego trzech różnych mięśni wykazały, że końcowy skład dawki pokarmowej może kształtować niektóre parametry mięsa. Reakcja buhajów na skład dawki i jej wartość pokarmową zależy od rodzaju mięśnia. Spośród ocenianych składników chemicznych mięsa jedynie zawartość wody i tłuszczu zależały od składu diety we wszystkich trzech mięśniach. Stwierdzono różnicę w zawartości kolagenu w mięśniu najdłuższym lędźwiowym pośladnicy (LLS) i zawartości białka w mięśniu podgrzebieniowym (ISB). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości popiołu. Dieta D1 okazała się najkorzystniejsza ze względu na najszybsze przyrosty masy ciała i korzystny skład chemiczny mięsa, najwyższy poziom białka i najniższą zawartość tłuszczu – czyli cechy dietetyczne mięsa najbardziej cenione przez konsumentów.

Publikacja 5

Wiśniewski K., Kuczyńska B. 2023. Comparative studies of reproductive and meat performance of the local breed of polish red cattle against the background of the limousine breed of polish and french heritage. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica* 369(68)4, 93–105. DOI: 10.21005/AAPZ2023.68.4.10

W pracy (poz. 5) dokonano porównania cech użytkowości mięsnej bydła rasy polska czerwona z rasą limousine pochodzenia polskiego i francuskiego.

Bydło rasy polskiej czerwonej, ze względu na cechy autochtoniczne, charakteryzuje się lekkimi porodami i wysoką żywotnością cieląt, co potwierdzono w tych badaniach. W przeprowadzonym badaniu rasa ta wykazała wyższe parametry łatwości porodu i żywotności cieląt względem rasy limousine. Natomiast krowy rasy limousine pochodzenia francuskiego charakteryzowały się wyższą łatwością porodów niż krowy pochodzenia polskiego, lecz wyższą żywotność cieląt odnotowano u krów rasy limousine pochodzenia polskiego. U buhajków rasy polskiej czerwonej odnotowano najniższą masę urodzeniową. U buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego masa urodzeniowa była niższa o 0,95 kg od buhajków pochodzenia francuskiego. Natomiast różnica między samcami rasy limousine pochodzenia francuskiego a rasą polską czerwoną wyniosła 9,31 kg. Masa ciała w 210. i 420. dniu wynosiła, odpowiednio 297,60 kg i 553,11 kg. Uzyskane wyniki były korzystniejsze dla buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego. Najniższe przyrosty masy ciała na 210. i 420. dzień odnotowano u buhajów rasy polskiej czerwonej, natomiast najwyższe wartości wykazano u rówieśników rasy limousine pochodzenia francuskiego. Standaryzowana masa ciała na 210 dni u buhajków rasy polskiej czerwonej wynosiła 233,26 kg i była niższa o 48,36 kg od buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 53,85 kg od buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego. Najwyższa standaryzowana masa ciała na 420 dni była również u buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego i była o 17,45 kg wyższa niż u buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 152,22 kg wyższa niż u buhajków rasy polskiej czerwonej. Buhajki rasy limousine wykazały się większym obwodem klatki piersiowej od buhajków rasy polska czerwona. Podobną sytuację odnotowano w wysokości w kłębie. Największy obwód klatki piersiowej wynoszący 205 cm miały buhajki rasy limousine pochodzenia francuskiego i był on większy o 54,6 cm w porównaniu do buhajków rasy polskiej czerwonej. Buhajki rasy rodzimej miały najniższą wysokość w kłębie, wynosiła ona 98,77 cm i była niższa o 28,23 cm od buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 31,23 cm od buhajków rasy limousine

pochodzenia francuskiego. Najlepszą ocenę pokroju zwierząt w badanych grupach buhajków podczas ważenia na 420 dzień uzyskały buhajki rasy limousine pochodzenia francuskiego, natomiast najniższą buhajki rasy polskiej czerwonej. Również ta sama grupa charakteryzowała się najlepszym umięśnieniem, kośćcem i cechami funkcjonalnymi. Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego w swojej ocenie za 2021r. przedstawił, że w rasie LM średnia masa urodzeniowa jałówki wynosiła 35,7 kg, natomiast buhajka 38,8 kg. W badaniach własnych odnotowano wyższe wartości dla buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego niż przedstawione przez PZHiPBM, natomiast niższe w porównaniu z Institute de L'Elevage. Podobną sytuację zaobserwowano w przypadku buhajków rasy polskiej czerwonej, gdzie masa ciała w badaniach własnych była niższa niż przeprowadzona przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka (2022). Masa ciała w 210. dniu u buhajków rasy limousine w badaniach własnych była wyższa średnio o 9 kg w porównaniu z danymi z PZHiPBM, natomiast w przypadku buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego wartości były porównywalne z danymi z Institute de L'Elevage. W przypadku buhajków rasy polskiej czerwonej wartości masy ciała w 210. Dniu były porównywalne z danymi z PFHBiPM. Przyrost dobowy na 210 dni w przypadku buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego był porównywalny w badaniach własnych z danymi PZHiPBM, natomiast wyższe wartości otrzymano w PFHBiPM u buhajków rasy polskiej czerwonej, w badaniach własnych różnica wynosiła aż 56,46 g.

Publikacja 6

Wiśniewski K., Świątek M., Król J., Kuczyńska B. 2024. The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintaining at an extensive production system. Archives Animal Breeding.

W pracy (poz. 6) oszacowano wpływ rasy na skład chemiczny mięsa i zawartość składników biologicznie czynnych frakcji białkowej i tłuszczowej. Porównano te cechy w trzech mięśniach pochodzących z trzech wyrębów tuszy od buhajów rasy rodzimej polskiej czerwonej z buhajami rasy limousine pochodzenia francuskiego i polskiego. Badania wykazały, że rasa zwierząt (w tym rodzima) oraz typ umięśnienia mają wpływ na skład chemiczny mięsa. Ostatecznie najlepszym sposobem ustalenia, jaki rodzaj wołowiny preferują konsumenci, jest podawanie pochodzenia wołowiny i podjęcie decyzji na podstawie własnego gustu i preferencji kulinarnych. Bydło rasy RP charakteryzowało się niższą masą ciała (570 kg) w porównaniu do obu ras limousine: 680 kg dla LM FR i 652 kg dla LM PL. Stwierdzone różnice mogą mieć

wpływ na masę tuszy i na ogólną wydajność mięsną. Masa tuszy jest kluczowym miernikiem oceny wartości ekonomicznej zwierzęcia poddanego ubojowi. Bydło rasy RP charakteryzowała się mniejszą masą tuszy (350 kg) w porównaniu do ras limousine (450 kg dla LM FR i 430 kg dla LM PL), co wskazuje na różnice w wydajności mięsnej w przeliczeniu na zwierzę. Dzienny przyrost masy ciała jest ważnym parametrem odzwierciedlającym skuteczność praktyk żywieniowych i zarządzania stadem. Bukaty obu ras limousine wykazały większe dzienne przyrosty masy ciała (odpowiednio 1176,50 g i 1154,98 g) w porównaniu z rasą RP (900,54 g). Sugeruje to, że rasy limousine osiągają szybsze tempo wzrostu w okresie opasu. Różnice w masie ciała i dziennych przyrostach masy ciała sugerują, że opasy rasy limousine mogą mieć przewagę pod względem wydajności mięsa. Istotne różnice w zawartości białka pomiędzy rasami limousine (LM FR i LM PL) a rasą RP wskazują na nieodłączne różnice, na które wpływają czynniki genetyczne (Wiśniewski i in., 2021). Zwierzęta rasy LM FR konsekwentnie wykazywał wyższą zawartość białka we wszystkich trzech mięśniach w porównaniu zarówno do RP, jak i LM PL. W badaniu podkreślono, że stopień różnic w zawartości białka jest różny w poszczególnych mięśniach. Przykładowo najdłuższy lędźwiowy wykazywał bardziej wyraźne różnice w porównaniu z mięśniem podgrzebieniowym. Bydło rasy limousine znane jest z produkcji chudej wołowiny o stosunkowo wysokiej zawartości białka. Z naszych badań wynika, że mięso bydła rasy LM charakteryzuje się wyższą zawartością białka we wszystkich analizowanych mięśniach. Największą zawartość białka stwierdzono w mięsie *M. lumborum* rasy LM FR (24,20 mg 100g⁻¹), jednak w przypadku tego mięśnia była ona o trzy punkty procentowe mniejsza niż w mięsie rasy rodzimej. Wyniki te są porównywalne z innymi badaniami (Wiśniewski i in., 2021; Kostusiak i in., 2022; Kuczyńska, 2022). Mięśnie tuszy wołowej można podzielić na dwa główne typy: mięśnie robocze i mięśnie podporowe. Na przykład mięśnie tylnych i przednich nóg (pracujące mięśnie) mają zwykle wyższą zawartość białka w porównaniu z mięśniami żeber i lędźwi (mięśnie podporowe). Wyniki pracy wskazują na istotne różnice w zawartości tłuszczu śródmięśniowego pomiędzy rasami limousine (LM FR i LM PL) z rasą RP. Bydło rasy LM FR wykazuje wyjątkowo niską zawartość tłuszczu śródmięśniowego w porównaniu zarówno do RP, jak i LM PL. Odkrycia te sugerują nieodłączne, specyficzne związane ze zmiennością genetyczną różnice w odkładaniu się tłuszczu. Tłuszcz śródmięśniowy, powszechnie nazywany marmurkowatością, odgrywa kluczową rolę w kruchości i smaku mięsa. Zaobserwowane obniżenie zawartości tłuszczu śródmięśniowego, zwłaszcza w najdłuższym mięśniu lędźwiowym LM FR, sugeruje potencjalne konsekwencje dla kruchości i profilu smakowego mięsa. Zrozumienie różnic w zawartości tłuszczu śródmięśniowego pomiędzy rasami i mięśniami ma praktyczne implikacje

dla producentów mięsa. Może dostarczać informacji na temat programów hodowlanych, strategii żywienia i podejść marketingowych, tak aby dostosować je do zapotrzebowania konsumentów na określoną zawartość tłuszczu w wołowinie. Karnozyna i anseryna są uznawane za biologicznie aktywne białka mięsa. Stwierdzono istotny wzrost zawartości białka, zwłaszcza u opasów rasy LM FR i najdłuższego mięśnia lędźwiowego, potwierdzony jedynie zawartością anseryny w tym mięśniu i tej rasie. Zawartość karnozyny w najdłuższym mięśniu lędźwiowym u LM FR i LM PL była istotnie mniejsza niż u PRC, co wskazuje na względne zmiany w zawartości karnozyny pomiędzy badaną rasą LM. Koncentracja karnozyny w mięsie, ze względu na jej związek z metabolizmem tlenu, prawdopodobnie zależy od rodzaju mięśnia i proporcji poszczególnych zawartych w nim włókien. Mięśnie o większej zawartości włókien oksydacyjnych i oksydatywno-glikolitycznych wyróżniają się wyższą zawartością karnozyny. Mięśnie oksydacyjne czerwone, charakteryzujące się niskim poziomem glikogenu, ale wysokim stężeniem lipidów, mogą angażować karnozynę w produkcję energii (Radzik-Rant i in., 2020; Wu, 2020). Może to wyjaśniać wyższą w przeprowadzonych badaniach zawartość tego związku w mięśniu podgrzebieniowym. W niniejszym badaniu genotyp nie miał wpływu na zawartość analizowanych bioaktywnych składników białkowych w mięśniach wołowych; natomiast w przypadku rasy limousin pochodzenia polskiego i francuskiego i bydła rasy polskiej czerwonej typ mięśnia nie wpływał na zawartość anseryny. Wołowina i inne produkty pochodzące od przeżuwaczy są ważnymi źródłami dietetycznymi CLA (sprzężonych dienów kwasu linolowego), zwłaszcza izomeru o konfiguracji cis-9, trans-11, uznawanych za kluczowy czynnik prozdrowotny, mający działanie przeciwutleniające, przeciwnowotworowe i przeciwnowotworowe. Najwyższą zawartość izomeru C18:2 cis-9, trans-11 CLA stwierdzono w wołowinie pochodzącej od lokalnych buhajów bydła polskiego czerwonego i oscylowała w granicach od 10,14 do 10,70/100 mg mięsa. W badaniach stosunek kwasów omega-3 do omega-6 był jednakowy u wszystkich ras i rodzajów mięsa, bez zauważalnej tendencji na korzyść bydła lokalnej rasy. Stosunek kwasów tłuszczowych omega-3 do omega-6 wahał się od 2,390 w najdłuższym odcinku lędźwiowym do 4,590 w najdłuższym odcinku piersiowym u bydła LM FR. W innych polskich badaniach (Momot i in., 2020) najbardziej pożądanym stosunek zaobserwowano u mieszańców PHF × LM (2,84) oraz u najstarszych buhajów (2,92). Do oceny wartości odżywczej żywności często wykorzystuje się wskaźnik aterogenności. Oblicza się go na podstawie stosunku SFA (C12:0, C14:0 i C16:0) do sumy MUFA (jednonienasyconych kwasów tłuszczowych) i PUFA (wielonienasyconych kwasów tłuszczowych). Wskaźnik aterogenności był najkorzystniejszy w mięśniu najdłuższym klatki piersiowej bydła mięsnego, niezależnie od pochodzenia grupy doświadczalnej, i wahał się od 0,726 do 0,738 dla wołowiny

LM i 0,741 dla RP. Podsumowując, ocena porównawcza parametrów składu mięsa zwierząt rasy limousin (LM FR i LM PL) i RP ujawnia odrębne cechy, które podkreślają potencjalną przydatność tych ras do produkcji mięsa. Wołowina rasy limousine charakteryzuje się wyższą zawartością białka, co jest szczególnie widoczne w przypadku LM FR ze znacznie wyższą zawartością w najdłuższym mięśniu lędźwiowym. I odwrotnie, w badanych grupach u osobników rasy limousine wykazano niższą zawartość tłuszczu śródmięśniowego, co jest zgodne z preferencją dla chudszy mięsa, co jest szczególnie widoczne u LM FR, a zwłaszcza w najdłuższym odcinku lędźwiowym. Ponadto wołowina pozyskana od buhajów rasy RP charakteryzowała się wyższą zawartością izomeru cis-9, trans-11 CLA w porównaniu z rówieśnikami rasy LM. Z kolei niższy stosunek omega-6/omega-3 w wołowinie pochodzącej od zwierząt rasy limousine oznacza bardziej zrównoważony skład kwasów tłuszczowych, co ma potencjalne korzyści zdrowotne. Nieco niższe wartości wskaźnika aterogenności obliczone dla wołowiny pochodzącej od bydła rasy LM wskazują na potencjalne korzyści sercowo-naczyniowe, natomiast subtelne różnice w wartościach wskaźnika trombogenności sugerują brak różnicy w związanym z tym ryzyku zakrzepowym w przypadku spożywania wołowiny z chowu pastwiskowego, niezależnie od pochodzenia rasy surowca mięsnego. Ostatecznie wyniki sugerują, że mięso pochodzące od zwierząt rasy limousine, zwłaszcza LM FR, charakteryzuje się korzystnymi profilami wartości odżywczej, charakteryzującymi się wyższą zawartością białka i obniżoną zawartością tłuszczu. W przypadku bydła rasy polskiej czerwonej jego charakterystyczne cechy, takie jak wyższa zawartość tłuszczu śródmięśniowego i zawartość tłuszczu, mogą wpływać na cechy sensoryczne mięsa. Chociaż mięso pozyskane od bydła rasy RP może nie dorównać wyspecjalizowanym rasom mięsnym pod względem składu chemicznego, jego cechy jakościowe sprawiają, że nadają się ono do obrotu towarowego. Dostosowanie praktyk hodowli i zarządzanie stadem bydła do różnorodnych preferencji rynkowych jest warunkiem w spełnieniu specyficznych wymagań konsumentów. Preferencje konsumentów, względy smakowe i ich konkretne cele dietetyczne są powszechnie uważane za ważne przy podejmowaniu decyzji zakupu i spożycia konkretnego rodzaju mięsa. Ogólnie rzecz biorąc, obie rasy wykazują odrębne cechy opasowe, oferując surowiec mięsny umożliwiający producentom zaspokojenie różnorodnych potrzeb i preferencji konsumentów na rynku.

Zgłoszenie Patentowe

W ramach prowadzonego doświadczenia opracowano mięsną ocenę pokroju dla bydła rasy polskiej czerwonej. W dotychczasowym stanie techniki istnieje wiele problemów do oszacowania obiektywnej oceny pokroju bydła rasy polskiej czerwonej. Brak wcześniej prowadzonych badań nad stworzeniem typu mięsnego dla bydła rasy polskiej czerwonej dało asumpt do opracowania mięsnej oceny pokroju dla bydła tej rasy.

Najczęściej stosowaną metodą oceny pokroju jest ocena wizualna, która polega na wzrokowej ocenie wybranych punktów na ciele zwierzęcia. Dodatkowo można wspomagać się oceną dotykową, tzw. palpacją w przypadku oceny kondycji. Ocenę pokroju przeprowadza się najczęściej w poskromie jako dodatkową, ale nie mniej istotną czynność wykonywaną podczas przeprowadzania standardowych procedur zootechnicznych i weterynaryjnych lub na pastwisku. Selekcjoner bądź klasyfikator żeby dobrze ocenić zwierzę musi dokładnie obejrzeć je z każdej strony. W trakcie oceny krów mięsnych zwraca się uwagę na następujące struktury anatomiczne: ekspozycja kręgosłupa, żeber, guzów biodrowych oraz kulszowych, okolica nasady ogona oraz mostek i wole. Ocena pokroju powinna być wykonywana w stadzie oraz zapisywana tak, aby można ją było analizować. Ważne jest również, aby taką ocenę wykonywać kilka razy w roku, co umożliwi śledzenie prawidłowości żywienia krów w konkretnym stadzie i dobrą podstawę do optymalizacji programu żywieniowego.

Umięśnienie zwierzęcia jest jednym z najważniejszych wskaźników określających jego mięsną produktywność. Przyżyciowa ocena umięśnienia jest tania, łatwa i szybka do wykonania, jednak wymaga dużych umiejętności oceniającego. Stopień umięśnienia ma duży związek z wydajnością rzeźną, jakością tuszy i zawartością mięsa oraz ma bezpośredni wpływ na wartość ekonomiczną zwierząt. Kościec zwierzęcia stanowi ramę obudowaną umięśnieniem. Zwierzęta o dobrze rozwiniętym kościecu mają wyższy potencjał wzrostowy, osiągają wyższe masy ubojowe oraz są mniej otluszczone od zwierząt o mniejszym kalibrze (Mc Kiernan, 2007; Litwińczuk i Szulc, 2005). Dhuyvetter (1995) wykazał, że wysokość „ramy” zwierzęcia ma związek z jego dojrzałością, a także umożliwia hodowcy wybór odpowiedniej technologii opasu. Cechy funkcjonalne charakteryzują pośrednio zdrowotność zwierząt, długość użytkowania, żerność, przydatność do rozrodu, a w konsekwencji mają wpływ na ekonomikę produkcji

Celem zgłoszenia patentowego było dostarczenie sposobu oceny umięśnienia bydła rasy polskiej czerwonej nadającej się do stosowania w stadach w celu zapobiegania występowania nadmiernego otluszczenia lub wychudzenia osobników tej rasy, a także selekcji w kierunku

mięsnym polskiego bydła czerwonego. Stworzona mięsna ocena pokroju dla bydła tej rasy będzie pomocnym narzędziem dla hodowców i selekcjonerów do selekcji osobników i wyodrębnieniu linii typowo mięsnej.

Nieoczekiwanie wszystkie wyżej wymienione problemy techniczne zostały rozwiązane dzięki niniejszemu zgłoszeniu patentowemu PK/9767/AK.

Nowa mięsna ocena pokroju bydła rasy polska czerwona składa się z 6 cech liniowych, charakteryzujących kościec zwierzęcia, umięśnienie oraz cechy funkcjonalne. Ocena mieści się w skali 10 punktowej, gdzie 1pkt to ocena najłabsza, natomiast 10 pkt to ocena najlepsza, przy czym przy ocenie kondycji optimum wynosi 6 pkt. Oceniane cechy to: kaliber, głębokość klatki piersiowej, długość grzbietu, szerokość grzbietu, wysklepienie mięśni uda, kondycja.

1. Kaliber – inaczej wysokość zwierzęcia, mierzona od wierzchołka kręgosłupa pomiędzy łopatkami do podłoża tzw. wysokość w kłębie. Poniżej przedstawiono oceny na podstawie dokładnych pomiarach w centymetrach:

ocena 1 pkt. tj. wysokość w kłębie 118 cm i poniżej 9 (ryc.3);

ocena 2 pkt. tj. 119-121 cm,

ocena 3 pkt. tj. 122-124 cm,

ocena 4 pkt. tj. 125-127 cm,

ocena 5 pkt. tj. 128-130 cm (ryc.4),

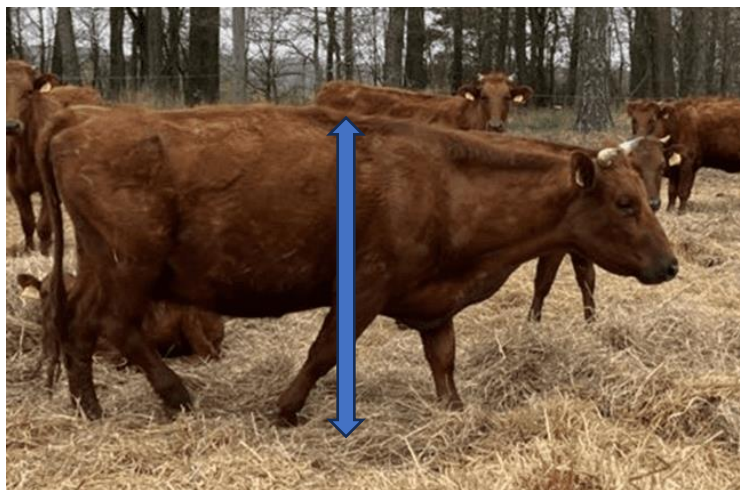
ocena 6 pkt. tj. 131-134 cm,

ocena 7 pkt. tj. 135-138 cm, (średnia wyników badań)

ocena 8 pkt. tj. 139-141 cm,

ocena 9 pkt. tj. 142-144 cm,

ocena 10 pkt. tj. 145 cm i powyżej (ryc.5).



Ryc. 3. Ocena 1 pkt. – wysokość krowy w kłębie 118 cm (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 4. Ocena 5 pkt. – wysokość krowy w kłębie 130 cm (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 5. Ocena 10 pkt. – wysokość krowy w kłębie 146 cm (fot. K. Wiśniewski)

2. Głębokość klatki piersiowej – odległość mierzona pomiędzy górą grzbietu za łopatką a dołem brzucha za przednimi kończynami. Poniżej przedstawiono oceny na podstawie dokładnych pomiarach w centymetrach:

ocena 1 pkt. tj. 56 - 59 cm (ryc.6),

ocena 2 pkt. tj. 60 - 63 cm,

ocena 3 pkt. tj. 64 - 66 cm,

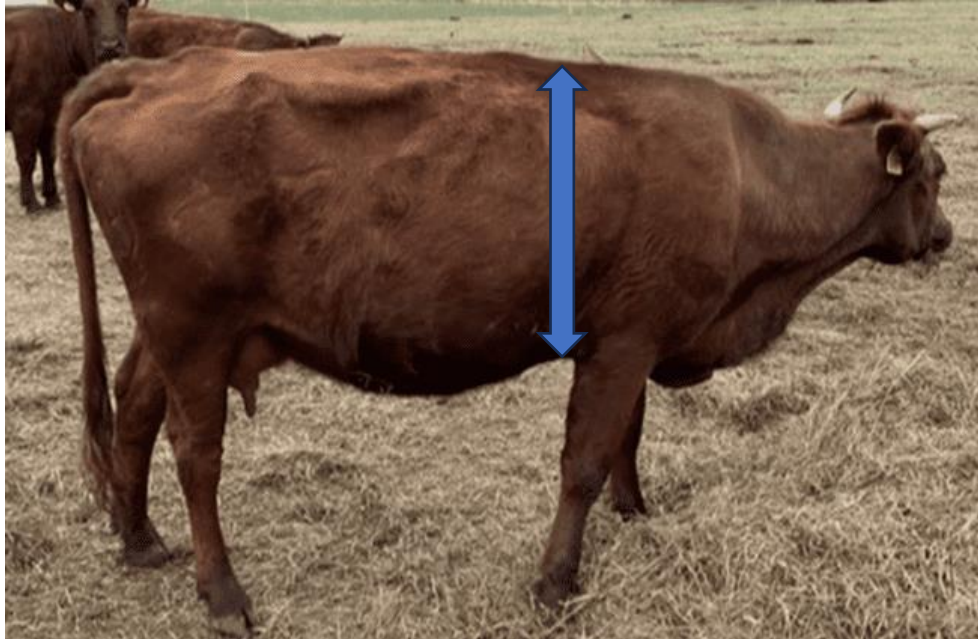
ocena 4 pkt. tj. 67 - 70 cm,

ocena 5 pkt. tj. 71 - 74 cm (ryc.7),

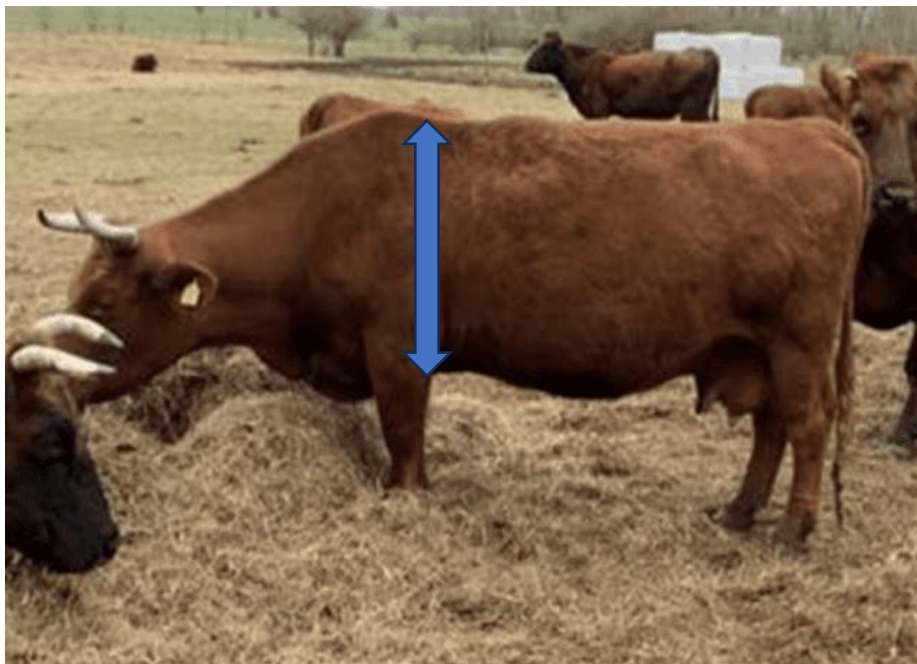
ocena 6 pkt. tj. 75 - 78 cm,

ocena 7 pkt. tj. 79 - 81 cm,

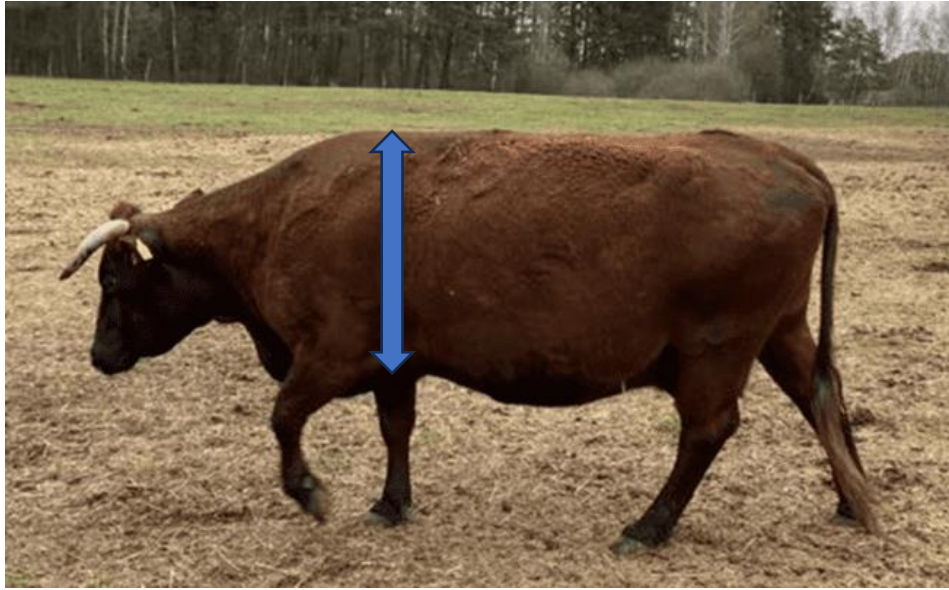
ocena 8 pkt. tj. 82 - 85 cm,
ocena 9 pkt. tj. 86 - 89 cm,
ocena 10 pkt. tj. 90 - 93 cm (ryc.8).



Ryc. 6. Ocena 1pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 7. Ocena 5pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 8. Ocena 10 pkt. (fot. K. Wiśniewski)

3. Długość grzbietu – długość mierzona od łopatki do guzów biodrowych.

Poniżej przedstawiono oceny na podstawie dokładnych pomiarach w centymetrach:

Ocena 1 pkt. tj. 44 - 48 cm (ryc.9),

Ocena 2 pkt. tj. 49 - 53 cm,

Ocena 3 pkt. tj. 54 - 58 cm,

Ocena 4 pkt. tj. 59 - 63 cm,

Ocena 5 pkt. tj. 64 - 68 cm (ryc.10),

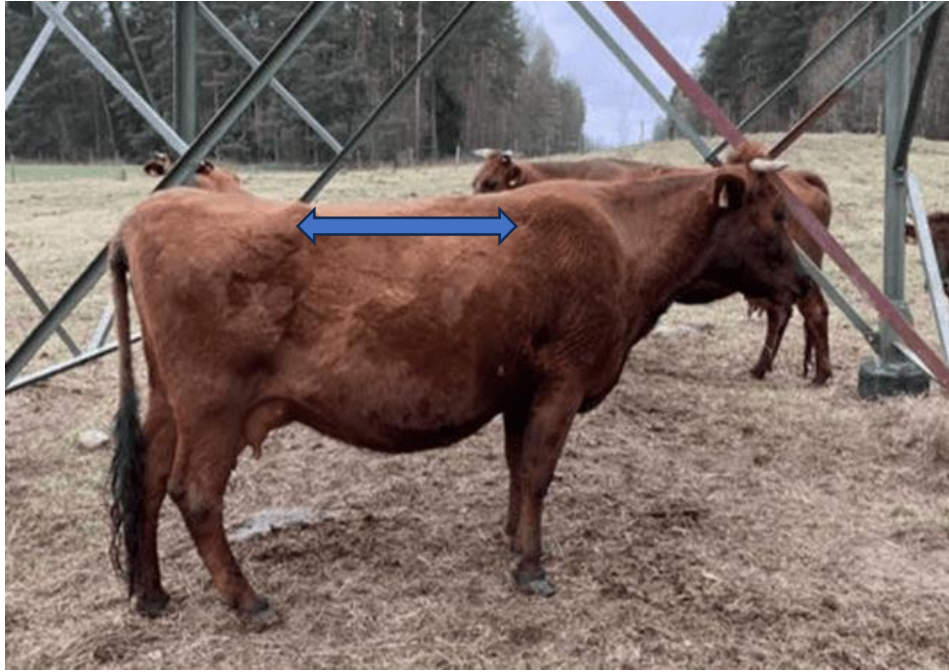
Ocena 6 pkt. tj. 69 - 73 cm,

Ocena 7 pkt. tj. 74 - 78 cm,

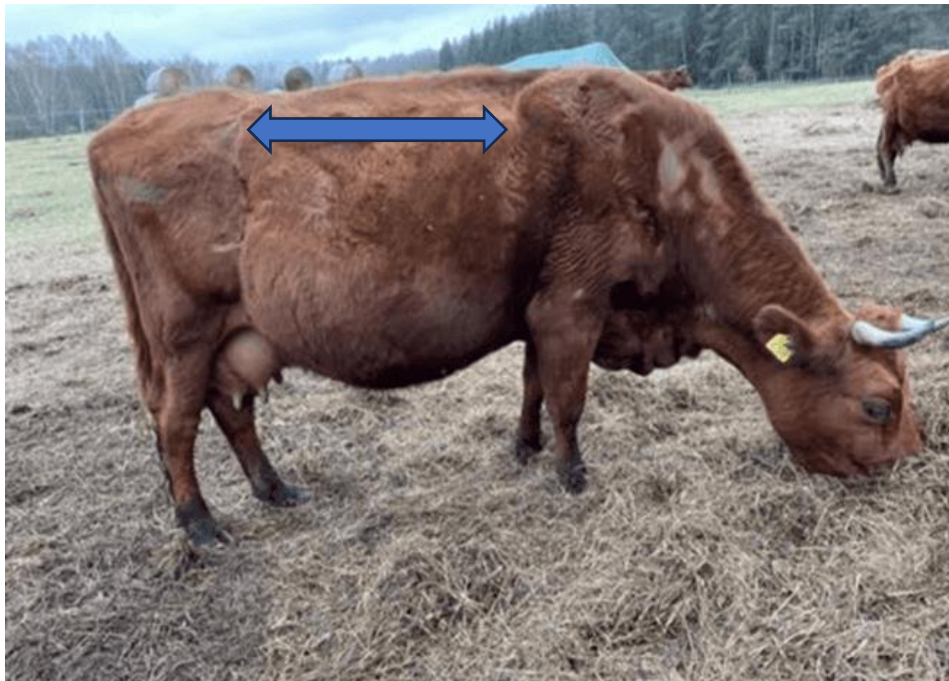
Ocena 8 pkt. tj. 79 - 83 cm,

Ocena 9 pkt. tj. 85 - 89 cm,

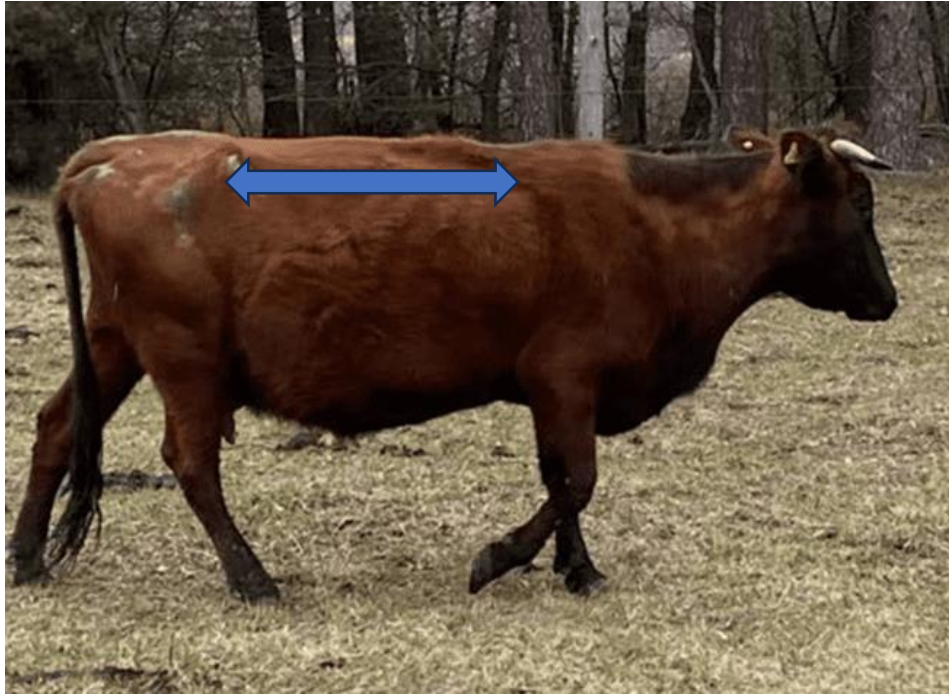
Ocena 10 pkt. tj. 90 - 94 cm (ryc.11).



Ryc. 9. Ocena 1 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 10. Ocena 5 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 11. Ocena 10 pkt. (fot. K. Wiśniewski)

4. Szerokość grzbietu – odległość mierzona za łopatkami zwierzęcia.

Poniżej przedstawiono oceny na podstawie dokładnych pomiarach w centymetrach:

Ocena 1 pkt. tj. 4 - 6 cm (ryc.12),

Ocena 2 pkt. tj. 7 - 9 cm,

Ocena 3 pkt. tj. 10 - 12 cm,

Ocena 4 pkt. tj. 13 - 15 cm,

Ocena 5 pkt. tj. 16 - 18 cm (ryc.13),

Ocena 6 pkt. tj. 19 - 21 cm,

Ocena 7 pkt. tj. 22 - 24 cm,

Ocena 8 pkt. tj. 25 - 27 cm,

Ocena 9 pkt. tj. 28 - 30 cm,

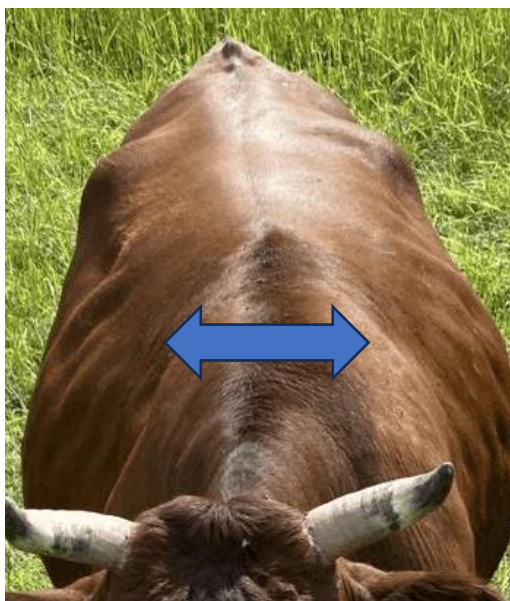
Ocena 10 pkt. tj. 31 - 33 cm (ryc.14).



Ryc. 12. Ocena 1 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 13. Ocena 5 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 14. Ocena 10 pkt. (fot. K. Wiśniewski)

5. Wysklepienie mięśni uda – zakrzywienie uda poza pionową linię pomiędzy guzem kulszowym a stawem skokowym, widok z boku (ryc. 15-17).

Ocena 1



Ryc. 15. Ocena 1 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 16. Ocena 5 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



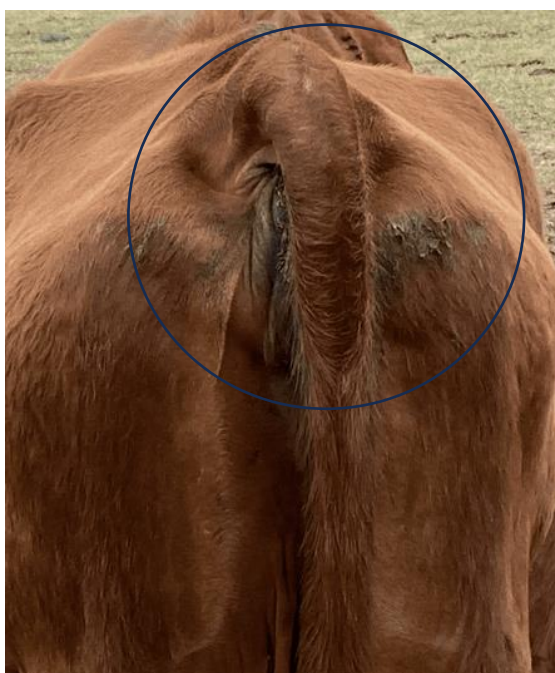
Ryc. 17. Ocena 10 pkt. (fot. K. Wiśniewski)

6. Kondycja – otluszczenie nasady ogona oraz zadu. Podstawowym sposobem oceny kondycji krów mlecznych jest palpacyjna oraz wizualna ocena okolic kręgosłupa oraz okolic zadu zwierzęcia. Ocena z boku krowy służy głównie do analizy obszarów guza kulszowego, więzadła ogonowego, płaszczyzny między guzem kulszowym i biodrowym, guza biodrowego oraz wyrostków poprzecznych kręgów lędźwiowych. Z

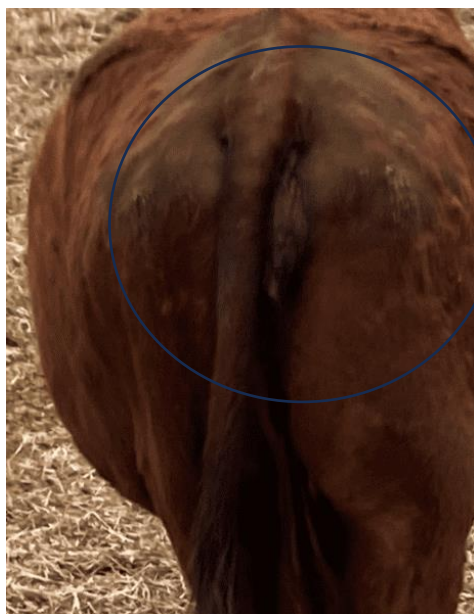
kolei ocena wykonywana z tyłu krowy służy do analizy więzadła ogonowego, więzadeł krzyżowych, guzów biodrowych oraz guzów kulszowych (ryc. 18-20).



Ryc. 18. Ocena 1 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 19. Ocena 5 pkt. (fot. K. Wiśniewski)



Ryc. 20. Ocena 10 pkt. (fot. K. Wiśniewski)

Powyższa metoda oceny pokroju została wdrożona przez Związek Hodowców Czerwonego Bydła Polskiego i służy do selekcji osobników w kierunku mięsnym.

5. Dyskusja

Rodzime rasy zwierząt stanowią bezcenną bazę produkcyjną dla małych i średnich przedsiębiorstw wytwarzających lokalne, regionalne wyroby tradycyjne. Liczne gospodarstwa agroturystyczne i ekologiczne oferują swoje własne, oryginalne produkty, znajdujące coraz szersze grono nabywców (Borecka i in., 2017; Domagalska-Grędys, 2017). Ze względu na wyjątkowe walory smakowe wiele z tych produktów zostało wpisanych na Listę Produktów Tradycyjnych (Domagalska-Grędys i Żmija, 2017). Użytkowanie polskiego bydła czerwonego w kierunku mięsnym jest rzadko poruszane w pracach naukowych. Głównie badania skupiały się na użytkowości mlecznej i ocenie jakości mleka. Gdy rozpoczęto prowadzenie badań w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” w Polsce utrzymywane było 577 krów w 40 stadach (2019r.). W trakcie prowadzenia badań dt. oceny użytkowości mięsnej pogłowie krów zwiększyło się o 906 sztuk (1483 szt. – 2023r.), natomiast liczba stad zwiększyła się 2,35-krotnie (94 stad). Chów mamkowy stał się bardzo popularny, gdyż kierunek ten jest atrakcyjną alternatywą dla produkcji mlecznej. Dlatego też rozpoczęto badania nad efektywnością produkcji żywca wołowego w oparciu o rasę polską czerwoną jako alternatywy w stosunku do produkcji mlecznej. Opracowano cztery modele prowadzenia chowu mamkowego. 1) zakłada odchów jałówek hodowlanych tylko na remont stada i opas pozostałych cieląt do wieku 6 miesięcy, 2) odchów jałówek hodowlanych tylko na remont stada i opas pozostałych cieląt do

wieku 24 miesiące, 3) odchów jałówek hodowlanych na remont stada oraz na sprzedaż jako jałówki cielne, a także opas buhajków do wieku 6 miesięcy, 4) odchów jałówek hodowlanych na remont stada oraz na sprzedaż jako jałówki cielne, a także opas cieląt do wieku 24 m-cy. Ponieważ bydło rasy RP podobnie jak pozostałe rasy zachowawcze z uwagi na swoje charakterystyczne cechy genetyczne dobrze sprawdza się w naturalnych warunkach środowiskowych, badania prowadzono w dwóch systemach: rolnictwa konwencjonalnego ekstensywnego i rolnictwa ekologicznego. Wykazano, iż system chowu mamkowego daje o wiele niższe przychody niż system produkcji sprzedaży mleka. Związane jest to faktem, iż od krowy mlecznej możemy średnio osiągnąć 3520 kg mleka za laktację (PFHiPM, 2021) i przy średniej cenie mleka 1,80 zł daje nam to średni przychód w wysokości 6336 zł za 305-dniową laktację. Dodatkowo również możemy sprzedawać cielęta, czy odchowywać je na hodowlane jałówki cielne lub opasać buhajki. W przypadku chowu mamkowego na dochód możemy liczyć tylko ze sprzedaży cielęcica. O ile w przypadku ras typowo mięsnych cielęta pozostawione przy krowach mamkach mogą potencjalnie osiągnąć masę ciała ponad 300 kg w wieku 6 miesięcy, a w wieku 24 miesiące 900 kg, o tyle rówieśnicy rasy polskiej czerwonej w takich samych warunkach mogą osiągnąć końcową masę ciała odpowiednio 270-290 kg i 700-800 kg. Niższa masa ciała cieląt skutkuje niższymi przychodami w gospodarstwie. Wśród analizowanych form chowu mamkowego najwyższe przychody możliwe są do osiągnięcia w trzecim sposobie odchowu mamkowego, który zakłada opas buhajków do wieku 6 miesięcy oraz odchów jałówek hodowlanych w celu ich sprzedaży jako jałówki cielne. Opas buhajków do wieku 24 miesiące daje już niższe przychody. Formy chowu zakładające odchów jałówek w celu ich sprzedaży jako hodowlane jałówki cielne dają potencjalne wyższe przychody niż formy chowu, w których prowadzi się odchów jałówek tylko na remont stada. Jedna hodowlana jałówka cielna rasy zachowawczej wstępnie zakwalifikowana do programu ochrony zasobów genetycznych posiada wartość rynkową około 6000 zł, podczas gdy młode bydło opasowe około 5000 zł. Jedna jałówka hodowlana cielna daje zatem możliwość uzyskania o 1000 zł większego przychodu niż buhajek w tym samym wieku. W przypadku gdy buhajki będziemy sprzedawać do hodowli na rozplodniki w innych stadach, wtedy wartość ekonomiczna takiego buhajka będzie oscylowała w granicach ceny sprzedaży hodowlanej jałówki cielnej. Różnice w wysokości przychodów wynikają również z możliwości pobierania dopłat ekologicznych w przypadku rolnictwa ekologicznego. Póki co dopłaty ekologiczne przyznawane są do upraw, a gospodarstwa różnią się między sobą powierzchniami gruntów ornych wobec czego przychody mogą być zróżnicowane. Dodatkowo w ramach interwencji 6. Zachowanie zagrożonych zasobów genetycznych zwierząt w rolnictwie Planu Strategicznego Wspólnej Polityki Rolnej

2023-2027 można uzyskać wsparcie w wysokości 1752 zł do sztuki użytkowanej w kierunku mięsnym i 2738 zł użytkowanej w kierunku mlecznym. Bydło rasy rodzimej nie ma szans w konkurencji pod względem wydajności mięsnej z rasami współczesnymi (limousine), natomiast tak jak wcześniej opisano coraz częściej dziś może konkurować z brytyjskimi rasami: Aberdeen Angus i Hereford (Choroszy i Choroszy, 2005). Ze względu na niewielkie wydajności mleczne krowy tych ras mogą być wykorzystywane jako mamki. Zwrócenie uwagi na ten kierunek użytkowy podniósł atrakcyjność starych rodzimych ras bydła i przyczynił się do zwiększenia liczebności ich populacji. Efekt taki został osiągnięty w przypadku bydła rasy polskiej czerwonej. Bowiem to właśnie ci hodowcy, którzy utrzymują to bydło w mięsnym kierunku użytkowania twierdzą, że jest to kierunek przyszłości chowu polskich rodzimych ras bydła. Nie dziwi to, jeśli pamięta się, że bydło tej rasy mają wyraźnie zaznaczone cechy mięsne. Na terenach górskich i pastwiskach podgórskich, gdzie duża część użytków zielonych objęta jest ochroną krajobrazową co uniemożliwia prowadzenie intensywnej produkcji rolnej (Majewska i Jakiel, 2019). Brak prowadzonych wcześniej badań nad oceną użytkowości mięsnej dało asumpt do opracowania mięsnej oceny pokroju bydła rasy rodzimej. Ze względu na stosunkowo niską wydajność mleka, ok. 3520 kg mleka w 305-dniowej laktacji krowy tej rasy można wykorzystać jako mamki (PFHBiPM, 2021). Bydło lokalnych ras doskonale wykorzystuje paszę objętościową pochodzącą z trwałych użytków zielonych. Jedną z najlepszych strategii jest wykorzystanie pastwisk do opasu bydła. Prowadzi to do podniesienia wartości prozdrowotnych mięsa, czyli wzbogacenia go o naturalne przeciwutleniacze i niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, które skutecznie przenikają do organizmu i spowalniają procesy oksydacyjne w tkankach mięśniowych (Maughan i in., 2014; Florek i in., 2019). Dodatkowo, jak podają Descalzo i Sancho (2008), dzięki naturalnym endogennym przeciwutleniaczom zawartym w zielonce, stabilność barwy mięsa wzrasta w okresie poubojowego dojrzewania wołowiny. Tansawat i in. (2013) podkreślali, że uzyskany w ten sposób surowiec nie wymaga dodatkowego wzbogacania syntetycznymi witaminami czy olejami o wysokiej zawartości kwasów tłuszczowych omega-3. Wyniki badań ogólnopolskich wskazują, że istotną wartość ma wołowina rodzimego bydła rasy polskiej czerwonej, utrzymywanej w systemie tradycyjnym, opartym na maksymalnym wykorzystaniu pastwisk. Domaradzki i in. (2016) wykazali w mięsie tej rasy wysoką zawartość żelaza na poziomie 21,4 mg/kg. Litwińczuk i in. (2016) wskazali na wyższą zawartość PUFA (wielonienasyconych kwasów tłuszczowych) na poziomie 4,6% w tłuszczu śródmięśniowym mięsa pochodzącego od rasy RP niż u innych ras lokalnych, wynoszącą zaledwie 4,2%. Jakość produkowanej wołowiny wyróżnia się oceną technologiczną, dobrą rozpuszczalnością białek mięśniowych

oraz wysoką kruchością. Hodowla mamek krów rasy RP w Polsce staje się coraz bardziej popularna. Dopiero są podejmowane pierwsze próby wykorzystania krów tej rasy w takim kierunku. Kierunek użytkowania mięsnego bydła staje się atrakcyjną alternatywą dla produkcji mlecznej (Wiśniewski i in., 2020). Dzięki wynikom autorskiej pracy doktorskiej opracowano metodykę oceny bydła rasy polskiej czerwonej użytkowanej w kierunku mięsnym. W odniesieniu do rasy limousine jest pomimo znacznie mniejszego kalibru. Natomiast jej cechy autochtoniczne świetnie nadają się w kierunku użytkowania mięsnego. Artur i in. (1997) wykazali, że głównym czynnikiem decydującym o opłacalności chowu i hodowli bydła mięsnego jest jego tempo wzrostu i rozwoju. Dlatego opłacalność chowu i hodowli wiąże się z uzyskaniem od krów zdrowych, dobrze rozwiniętych cieląt. Duże znaczenie gospodarcze mają prace na rzecz poprawy wskaźników odchovu cieląt i wydajności rozrodu (Przysucha i in., 2005a; Przysucha i in., 2007; Wójcik i Bilik, 2007; Kotnik i in., 2009). Według Andersena (1978) spośród wszystkich czynników determinujących masę urodzeniową cielęcia najważniejsze są rasa i genotyp buhajków. Wielu autorów zwraca uwagę, także na inne czynniki tj.: płeć cielęcia, kolejność wycieleń, okres wycieleń i żywienie bydła (Hanset, 1981; Holland i Odde, 1992; Gregory i in., 1992; Johanson i Berger, 2003). W badaniach własnych masę urodzeniową buhajków r LM PL o 0,95 kg niższą w porównaniu z rówieśnikami LM FR. Natomiast buhajki rasy polskiej czerwonej osiągnęły urodzeniową masę ciała niższą od buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego i polskiego odpowiednio o 9,31 kg i o 8,36 kg. Masa ciała w 210 i 420 dniu, wynoszącą odpowiednio 297,60 i 553,11 kg, również faworyzowała buhajki pochodzenia francuskiego. Buhajki rodzimej rasy uzyskały masę ciała na 210 dni 212,29 kg i 420-302,95 kg. Wartości te były znacznie niższe niż u osobników rasy limousine. Cielęta masywniejsze przy urodzeniu osiągały lepsze przyrosty masy ciała i kończyły odchów z wyższą końcową masą ciała, co jest głównym celem hodowcy, ale czasami cecha ta powoduje problemy z wycieleniem (Liu i Makarechaian, 1993; Przysucha, 2009). Przysucha i in. (2002) podają, że średnia masa ciała cieląt limousine zarówno w chwili urodzenia (34 kg), jak i w wieku 210 dni wynosiła 230,3 kg i była zbliżona do masy ciała zwierząt tej rasy podawanej przez innych polskich autorów. Piasecki (1999) podaje średnią masę cieląt rasy LM przy urodzeniu: 34,7 kg i 210 dni – 239,7 kg. Badania Treli i Jodko (1998a) przeprowadzone na importowanym stadzie bydła rasy limousine wykazały średnią masę cieląt przy urodzeniu 38-39 kg (od min. 28 do maks. 41 kg), a masa ciała odsadków 255-274 kg, w zależności od sezonu wycieleniowego. Z danych francuskich (Institute de L'Elevage 2021) wynika, że średnia masa urodzeniowa buhajów wyniosła 43,4 kg, a w wieku 120 i 210 dni 179 i 295 kg, natomiast dla jałówek średnia masa urodzeniowa wyniosła 41,1 kg, a w wieku 120. i

210. dni odpowiednio 168 i 268 kg. Chladek i Kucera (2000) podają, że średnia masa cieląt rasy limousine w wieku 210. dni wynosiła 261,5 kg. Nieco niższą masę ciała cieląt limousine przy urodzeniu (32,5 kg w sezonie zimowym i 32,7 kg w sezonie letnim) odnotowali Litwińczuk i wsp. (1999). Przysucha (2009) stwierdził, że frapującym, choć nie do końca poznanym czynnikiem wpływającym na masę ciała cielęcia przy urodzeniu, a co za tym idzie na częstotliwość trudnych porodów, jest położenie geograficzne. Cięższe cielęta rodzą się w trudniejszym i zimniejszym klimacie niż rówieśnicy urodzeni w łagodnych i ciepłych temperaturach. Dobrym przykładem tej tezy był eksperyment przeprowadzony w Stanach Zjednoczonych, podczas którego stado krów rasy hereford zostało przeniesione z ciepłego klimatu Florydy do trudnych warunków Montany. Drugie pokrewne stado krów rasy hereford zostało przeniesione w przeciwnym kierunku. Średnia masa cieląt urodzonych przez krowy przeniesione z klimatu zimnego do ciepłego spadła z 40,5 do 32,0 kg, a noworodków urodzonych przez krowy przeniesione ze środowiska łagodnego do surowego wzrosło z 33,0 do 38,5 kg (Ritchie i Anderson, 1994). Wielu autorów wykazało istotny wpływ po urodzeniowej masy ciała na odsadzenie w 210. dniu życia. Cielęta z największą masą urodzeniową charakteryzują się zazwyczaj największą masą ciała pod koniec okresu odchowu (Przysucha i in. 2002a, c, d). Przykładowo Wójcik i Bilik (2007) opisując stado czystorasowe importowanych limousine podali, że masa urodzeniowa buhajów wynosiła 39,0 kg, podczas gdy masa ciała w wieku odsadzenia (210 dni) wynosiła średnio 251,0 kg. U bydła mięsnego prowadzi się intensywną selekcję pod kątem łatwości wycieleń, osiąganą głównie poprzez selekcję buhajów do rozrodu, tak aby rodziły się cielęta o umiarkowanej masie ciała. Według Monsona i in. (2005) masa urodzeniowa cielęcia powinna wynosić 7-9% masy dorosłej krowy. Przeprowadzono wiele badań nad czynnikami wpływającymi na tempo wzrostu masy ciała opasów. Zdaniem wielu autorów na masę ciała cieląt i ich dzienne przyrosty wpływają takie czynniki, jak stado, region, rok i miesiąc wycielenia, kolejność wycieleń, metoda krycia, płęć, umięśnienie cieląt, wiek odsadzenia, kondycja i wiek krowy matki (Stadnik i in., 1999; Riha i in., 2001; Goyache i in., 2003; Jakubec i in., 2003). W badaniach własnych największe przyrosty dobowe masy ciała od urodzenia do 210. dnia życia odnotowano u buhajków pochodzenia francuskiego (1176,49 g) i były wyższe od buhajków pochodzenia polskiego o 21,51 g. Podobną zależność odnotowano w dobowym przyroście masy ciała od 210. dnia życia do 420. dni, gdzie buhajki pochodzenia francuskiego również charakteryzowały się lepszymi przyrostami. Pogorzelska i in. (1998) podali, że bydło rasy limousine importowane z Francji osiągały dzienne przyrosty masy ciała buhajków rasy limousine od urodzenia do odsadzenia 1000 g. W wieku 3-4 miesięcy przybrały na masie ciała około 170 kg. Wójcik i Bilik (2007)

podają, że przyrosty dobowe cieląt rasy LM były stosunkowo wysokie i wynosiły ponad 1000 g/dobę w okresie od urodzenia do odsadzenia. W badaniach własnych masa ciała standaryzowana na 210. dni życia była wyższa o 5,49 kg u buhajków francuskich w porównaniu z polskimi i o 53,85 kg w porównaniu z buhajkami rasy polskiej czerwonej. Analogiczna sytuacja wystąpiła w standaryzowanej masie na 420. dni, gdzie buhajki limousine polskiego pochodzenia i rasy polskiej czerwonej uzyskały niższą masę ciała wynoszącą odpowiednio o 17,44 kg, 152,22 kg.

W cytowanych badaniach cielęta rasy limousine charakteryzowały się wysokimi dobowymi przyrostami masy ciała w okresie odchowu: 900-1009 g u samic i 973-1088 g u buhajów, w zależności od roku oceny. Należy zaznaczyć, że od 2022r. przyrosty dzienne masy ciała buhajków przekraczały 1000 g. Powyższe dane powodują, że po krótkim, około miesięcznym okresie opasania wyeliminowane wcześniej z hodowli buhajki można sprzedąć na eksport przy masie ciała ok. 300 kg po atrakcyjnej cenie. Ponadto tak wysokie dobowe przyrosty masy ciała cieląt, znacząco wyższe od określonych w normie hodowlanej, gwarantują, że po odsadzeniu, przy odpowiednim żywieniu, uzyskają masę ciała niezbędną do krycia już w wieku 15 miesięcy (Przysucha i in. 2005b). Uzyskane w prezentowanych badaniach wskaźniki wzrostu cieląt, tj. masa urodzeniowa buhajków polskiego pochodzenia, 38,65-39,50 kg i w wieku 210 dni wynosiły 280,82-287,52 kg oraz przyrosty dzienne do 210. dni dla buhajków, 1143,93-1166,02; nie różnią się od prezentowanych przez polskich autorów (Trela i Jodko, 1998b; Trela i in., 2004; Wróblewska i in., 2007; Choroszy i in., 2011; Przysucha i in., 2015a), są jednak nieco niższe od podawanych w źródłach francuskich (Instytut L'Elevage, 2021). W omawianych badaniach największy obwód klatki piersiowej wynoszący 205 cm stwierdzono u buhajów rasy limousine pochodzenia francuskiego i był o 54,6 cm niż u rówieśników rasy polskiej czerwonej. Najniższą wysokość w kłębie uzyskały buhajki rasy rodzimej (98,77 cm), które były o 28,23 cm niższe od osobników rasy limousine pochodzenia polskiego i 31,23 cm niższe od buhajów rasy limousine francuskiego pochodzenia. Ocenę pokroju wszystkich grup buhajków przeprowadzono w 420. dniu ich życia. Najwyższą ocenę pokroju uzyskały buhajki rasy limousine pochodzenia francuskiego, a najniższą ocenę – rówieśnicy rasy RP. Również ta sama grupa charakteryzowała się najlepszymi wartościami cech umięśnienia, kośćca i funkcjonalnymi. Pomiar najdłuższego mięśnia grzbietu był również dłuższy u francuskich buhajów ze strony ojca i wynosił 108,09 cm³. Wykazano istotne różnice w badanych parametrach pomiędzy osobnikami pochodzenia polskiego i francuskiego. W badaniach własnych stwierdzono również, że bydło rasy polskiej czerwonej, ze względu na cechy ras autochtonicznych, charakteryzuje się lekkimi porodami i wysoką żywotnością cieląt.

W przeprowadzonych badaniach rasa ta charakteryzowała się wyższymi parametrami łatwości wycieleń i żywotności cieląt w porównaniu z bydlęciem rasy LM pochodzenia polskiego i francuskiego. Z kolei krowy rasy limousine pochodzenia francuskiego charakteryzowały się większą łatwością wycieleń niż rówieśnice pochodzenia polskiego, natomiast krowy rasy limousine pochodzenia polskiego charakteryzowały się wyższą żywotnością cieląt. Liczne badania krajowe wskazują, że sezon urodzeń znacząco wpływa na wzrost i odchów cieląt (Makulska i in., 2002; Przysucha i in., 2002a; Szewczuk i in., 2006). Sezon urodzenia istotnie wpływa na żywotność i dynamikę odchowu cieląt, co bezpośrednio wpływa na efekty ekonomiczne hodowli (Przysucha i in., 2005b). W badaniach Przysuchy i in. (2002a) cielęta rasy hereford urodzone w sezonie zimowym (od listopada do kwietnia) wykazały niewielką przewagę masy ciała we wszystkich badanych okresach życia w porównaniu z rówieśnikami urodzonymi w sezonie letnim (od maja do października). Sezonowość wycieleń w stadach hodowlanych ras mięsnych jest znacząca, ponieważ prawidłowy termin wycielenia pozwala w przyszłości na uzyskanie doskonałej jakości zwierząt gospodarskich przy najniższych kosztach chowu (maksymalne wykorzystanie pastwisk). Zdaniem wielu autorów (Dobicki, 1995; Jasiorowski i in., 1996; Przysucha i in., 2015b), okres rozrodczy krów i jałowic ras mięsnych i wynikający z niego czas zacielenia nie powinien być dłuższy niż 2-3 miesiące. Krowy ras mięsnych trzymane na pastwisku przez cały rok, powinny rodzić potomstwo najlepiej pod koniec zimy. Po zakończeniu pierwszego okresu odpajania, cielęta urodzone w tym okresie są przygotowane do pełnego wykorzystania pastwiska, co skutkuje szybkim tempem wzrostu, zdrowymi i dobrze rozwiniętymi cielętami oraz najniższymi kosztami odchowu dla hodowcy. Nie bez znaczenia jest również fakt, że u krów rodzących zimą „fizjologiczny szczyt laktacji” przypada na pierwsze miesiące roku, a następnie po wyjściu w maju na młode pastwisko obserwujemy drugi szczyt laktacji, nieco niższy zwany żywieniowym). W przypadku porodów zimowych moment odsadzenia cieląt zbiega się z wyczerpywaniem pastwiska jesienią, co powoduje naturalne „przesuszenie cieląt”. W okresie wycieleń zimowych krowy najczęściej cielą się w oborach, co ułatwia monitorowanie porodów i udzielenie pomocy w przypadku powikłań (Przysucha i in., 2015b). Analizując uzyskane wyniki i przyjmując, że najkorzystniejszym okresem dla wycielenia krów jest listopad-kwiecień, należy zauważyć, że w ostatnich latach w stadach bydła rasy limousine pochodzenia polskiego w omawianym okresie wycieliło się 52,8% krów. Wynika z tego, że prawie połowa cieląt urodzonych w innych porach roku może korzystać z pastwiska jedynie w niewielkim stopniu. Jakość wołowiny z bydła rasy polskiej czerwonej w porównaniu z bydlęciem rasy limousine lub jakąkolwiek inną rasą bydła może być subiektywna i zależeć od indywidualnych gustów i preferencji

konsumentów. Ważne jest, aby zrozumieć, że jakość wołowiny zależy od różnych czynników (Araújo i in., 2022; French i in., 2001), w tym od systemu produkcji, zwłaszcza diety zwierzęcia, wieku (Christensen i in., 2011; Litwińczuk i in., 2006; Florek in., 2007), a także od konkretnego kawałka mięsa oraz sposobu jego przygotowania i gotowania (French i in., 2001; Rant i in., 2019). Badania wielu autorów wykazały, że rasa zwierząt ma wpływ na smak i skład mięsa (Litwińczuk i in., 2016; Fraser i in., 2009; Meng i in., 2020). Porównując jakość mięsa najdłuższego mięśnia grzbietu trzech różnych ras bydła, dwóch rodzimych bydła Yunling i Wenshan oraz bydła simentalskiego, Meng i in. (2020) stwierdzili, że u tych trzech ras istniały różnice w jakości mięsa, takiej jak barwa mięsa, pH, kruchość mięśni i straty podczas gotowania. Zarówno bydło rasy polskiej czerwonej, jak i limousine mają swoje unikalne cechy. Polskie bydło czerwone jest rodzimą polską rasą znaną ze swojej wytrzymałości i zdolności adaptacyjnych (Wiśniewski in., 2022). Mięso bydła rasy polskiej czerwonej charakteryzuje się dobrym smakiem, kruchością i marmurkowatością, co wpływa na jego ogólną jakość. Dieta, warunki utrzymania zwierząt i praktyki hodowlane mogą mieć wpływ na jakość wołowiny. Bydło rasy limousine to francuska rasa znana ze swojej szczupłej i umięśnionej sylwetki. Wołowina rasy limousine jest często chwalona za delikatność i niską zawartość tłuszczu, przez co jest popularnym wyborem chudych kawałków mięsa. Podobnie jak w przypadku każdej rasy, na jakość wołowiny rasy LM wpływają takie czynniki, jak dieta i pielęgnacja zwierząt (Jeremiah i in., 2003). Określenie „lepsza” wołowina może zależeć od oczekiwań konsumentów pod względem smaku, kruchości, zawartości tłuszczu i innych cech. Niektórzy konsumenci preferują wołowinę o niskiej zawartości tłuszczu, charakterystyczną dla rasy Limousin, podczas gdy inni preferują wołowinę od bydła rasy polskiej czerwonej, która jest marmurkowata i pochodzi z produkcji zrównoważonej. Osobiste preferencje konsumentów i przeznaczenie wołowiny (np. grillowanie, pieczenie, duszenie) mogą również wpływać na to, która z wołowiny jest uważana za „lepszą”. Ostatecznie najlepszym sposobem ustalenia, którą wołowinę preferują konsumenci, jest wypróbowanie obu i podjęcie decyzji na podstawie własnego gustu i preferencji kulinarnych. Ponadto jakość opieki, dieta zwierząt i obchodzenie się z nimi mogą różnić się w zależności od gospodarstwa, a świadomy konsument ma prawo o tym wiedzieć i uwzględnić te czynniki przy ocenie jakości wołowiny. Na zawartość białka w mięśniach wołowych wpływają różne czynniki, w tym rodzaj mięśni, wiek zwierzęcia, jego dieta i czynniki genetyczne. Różne mięśnie tuszy wołowej mogą mieć różną zawartość białka, co może mieć wpływ na kruchość i smak mięsa. Mięśnie tuszy wołowej można podzielić na dwa główne typy: mięśnie „pracujące” i mięśnie „podporowe”. Pracujące mięśnie, które służą do lokomocji i ruchu, mają zwykle wyższą zawartość białka niż mięśnie podporowe, które są

mniej aktywne. Na przykład mięśnie kończyn (pracujące mięśnie) mają zazwyczaj wyższą zawartość białka w porównaniu z mięśniami żeber i łędźwi (mięśnie podporowe). Wiek zwierzęcia w momencie uboju może mieć wpływ na zawartość białka w mięsie (Litwińczuk in., 2016; Florek i in., 2007). Młodsze zwierzęta mają zazwyczaj delikatniejsze mięso i nieco wyższą zawartość białka w porównaniu ze starszymi zwierzętami. Dzieje się tak dlatego, że w miarę starzenia się zwierząt ich tkanka mięśniowa może zawierać więcej tkanki łącznej, co może wpływać na kruchość mięsa. Dieta zwierzęcia odgrywa znaczącą rolę w określaniu zawartości białka w jego mięśniach. Zwierzęta hodowane na diecie bogatej w białko i składniki odżywcze prawdopodobnie mają mięso o wyższej zawartości białka. I odwrotnie, zwierzęta hodowane na mniej odżywczej diecie mogą mieć mięso o niższej zawartości białka. Rasa zwierzęcia może również wpływać na zawartość białka w jego mięśniach (Kostusiak i in., 2023). Bydło rasy limousine znane jest z produkcji chudej wołowiny o stosunkowo wysokiej zawartości białka. Nasze badania wykazały, że mięso z bydła rasy LM charakteryzuje się większą zawartością białka we wszystkich analizowanych mięśniach. U francuskich ras mięsnych wykazano, że selekcja pod względem masy mięśniowej wiąże się ze zmniejszeniem zawartości tłuszczu śródmięśniowego (INF) i kolagenu. Przykładowo główne rasy mięsne hodowane w tych samych warunkach limousine, charolaise i blonde d'Aquitaine mają mniej tłuszczu śródmięśniowego niż rasy salers (Puente i in., 2019). Karnozyna i anseryna są biologicznie aktywnymi białkami mięsa. Koncentracja karnozyny w mięsie ze względu na jej związek z metabolizmem tlenu może zależeć także od rodzaju mięśnia i proporcji poszczególnych włókien w nim zawartych. Mięśnie o większej zawartości włókien oksydacyjnych i oksydatywno-glikolitycznych mogą charakteryzować się wyższą zawartością karnozyny. Mięśnie czerwone oksydacyjne charakteryzują się niskim poziomem glikogenu, ale wysokim stężeniem lipidów, gdzie karnozyna może brać udział w produkcji energii (Radzik-Rant i in., 2020). Może to wyjaśniać wyższą zawartość tego związku w INF mięśni w przeprowadzonych badaniach. Ponadto stwierdzono, że genotyp nie miał wpływu na zawartość analizowanych składników bioaktywnych białek w badanych mięśniach wołowych. Podobnie w badaniach Purchas i in. (2004) różnice w zawartości karnozyny pomiędzy genotypami mięsa wołowego były niewielkie, natomiast wyższą zawartość tego składnika stwierdzono u bydła ras mięsnych. Natomiast Kostusiak i in. (2023) w swoich badaniach stwierdzili statystycznie istotne różnice w zawartości karnozyny i anseryny pomiędzy genotypami bydła. Dobra dla jakości mięsa zawartość tłuszczu śródmięśniowego powinna mieścić się w granicach 2–3%. Wśród składników tłuszczu śródmięśniowego największą uwagę zwraca się na zawartość sprzężonego kwasu linolowego (CLA), stosunek kwasów tłuszczowych omega 3 do omega 6 oraz wskaźnik

aterogenny (AI). Stosunek wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3/omega-6 nie powinien przekraczać 4,0. W polskich badaniach był on najbardziej pożądanym u mieszańców PHF × LM (2,84) oraz u najstarszych buhajów (2,92) (Momot i in., 2020). CLA to rodzaj kwasu tłuszczowego występujący w mięsie i produktach mlecznych przeżuwaczy, kojarzony z korzystnym oddziaływaniem na zdrowie konsumentów wołowiny. Wykazuje on właściwości przeciwzapalne i przeciwutleniające. Różne rasy bydła mają różne predyspozycje genetyczne do wytwarzania CLA w żwaczu. Niektórzy producenci wołowiny angażują się w programy krzyżowania w celu poprawy określonych cech mięsa, w tym zawartości CLA. Poprzez selektywną hodowlę bydła można wpływać na zawartość CLA w wołowinie (Kuczyńska i in., 2015). Najnowsze wyniki analiz transkryptomicznych i metabolomicznych różnych mięśni pozwalają nam zrozumieć główne zróżnicowane szlaki metaboliczne u zwierząt. Wykazano, że jakość mięsa jest powiązana z metabolizmem aminokwasów (zwłaszcza metabolizmem glutationu, tauryny i hipotauryny) oraz szlakami związanymi z metabolizmem lipidów (takimi jak metabolizm glicerofosfolipidów i szlak sygnałowy sfingolipidów), a co najważniejsze. metabolit 3-fosfoetanoloaminy sn-glicerolu odgrywa kluczową rolę w metabolizmie fosfolipidów, który jest dodatnio skorelowany z jakością mięsa (smak, kolor i konsystencja). Badania wymagają kontynuacji celem lepszego zrozumienia wymienionych wyżej szlaków metabolicznych na upowszechnie użytkowanych i mniej popularnych ras mięsnych bydła.

6. Podsumowanie

Analiza uzyskanych wyników, skonfigurowanych z wnioskami innych Autorów prezentowanymi w literaturze przedmiotu upoważnia do niżej przedstawionego podsumowania w postaci rankingu badanych grup ras bydła pod względem wybranych cech dotyczących rozrodu i użytkowości mięsnej z uwzględnieniem jakości mięsa (tab. 5).

Tabela 5. Klasyfikacja – ranking badanych grup ras bydła pod względem wybranych cech dotyczących rozrodu i użytkowości mięsnej z uwzględnieniem jakości mięsa.

Nazwa cechy \ Rasa bydła	RP	LIM FR	LIM PL
Masa ciała urodzeniowa	++	+++++	++++
Masa ciała w wieku 210 dni	++	+++++	++++
Masa ciała w wieku 420 dni	++	+++++	++++
Przyrosty dobowe m.c. w wieku 210 dni	+++	+++++	++++
Przyrosty dobowe m.c. w wieku 210 dni	++	+++++	++++
Standaryzowana masa ciała w wieku 210 dni	+++	+++++	++++
Standaryzowana masa ciała w wieku 420 dni	+++	+++++	++++
Obwód klatki piersiowej	+++	+++++	++++
Wysokość w kłębie	+++	+++++	++++
Łatwość wycieleń	+++++	+++	++++
Żywotność cieląt	+++++	+++	++++
Umieśnienie	+++	+++++	++++
Kośćciec	+++	+++++	++++
Cechy funkcjonalne	+++	+++++	++++
Cechy dodatkowe	+++	+++++	++++
Cechy jakości odżywczej mięsa	++++	++++	++++
Zawartość białka	++++	+++++	++++
Zawartość tłuszczu	+++++	+++	++++
Cechy jakości prozdrowotnej mięsa	+++++	++++	++++

Legenda: +++++ - najbardziej pożądana; ++++ - dobra; +++ - poprawna; ++ - słaba; + - najmniej pożądana

7. Wnioski

Przedstawione badania pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Umięśnienie ocenione pomiarami zoometrycznymi i oceną wizualną dla bydła rasy polska czerwona było istotnie odbiegające od wartości uzyskanych przez osobników rasy limousine. Po opracowaniu nowego wzorca oceny użytkowości mięsnej dla polskiego bydła czerwonego dowiedziono, iż posiada ono wyraziste cechy mięsne, takie jak umięśnienie i kaliber. Na podstawie obserwacji eksperymentalnych i analizy porównawczej między zwierzętami ras RP i LM wdrożono nowy wzorzec oceny użytkowości mięsnej dla bydła rasy RP, który składa się jedynie z 6. najistotniejszych cech liniowych, charakteryzujących kośćce zwierzęcia oraz umięśnienie: kaliber, głębokość klatki piersiowej, długość grzbietu, szerokość grzbietu, wysklepienie mięśni uda, kondycja. Oceny dokonano w skali 10 punktowa, gdzie 1 pkt to ocena najbardziej niepożądana, natomiast 10 pkt najbardziej pożądana, a przy ocenie kondycji zwierząt optimum wynosiło 6 pkt. Jest to nowe, szybkie, a jednocześnie wiarygodne narzędzie dedykowane wyłącznie dla bydła rasy rodzimej polska czerwona.
2. Bydło rasy polskiej czerwonej można uznać za rasę mięsną ze względu na potwierdzone w badaniach własnych optymalne wartości dla 6. wyselekcjonowanych cech liniowych (kaliber, głębokość klatki piersiowej, szerokość grzbietu, długość grzbietu, wysklepienie mięśni uda i kondycja). Zaobserwowano także cechy bydła RP predysponujące je do opasu w warunkach chowu ekstensywnego tj.: bardzo dobra łatwość wycieleń, duża żywotność cieląt potwierdzona ich zdrowotnością oraz wyróżniająca się całkowitym brakiem upadków, małe wymagania paszowe w ekstensywnych warunkach chowu, zdolność zarówno do ograniczania wydajności mlecznej, jak i do szybkiego regenerowania utraconej kondycji w sezonie żywienia zimowego w wolnym całorocznym chowie na pastwisku predysponują do użytkowania w kierunku mięsnym. Do stworzenia odrębnej linii bydła mięsnego należy rekomendować rasę rodzimą bydła RP wypasaną na pastwisku przez cały rok, charakteryzującą się wysoką zdrowotnością i zadowalającymi przyrostami dziennymi masy ciała. Wykazano, że polskie bydło czerwone doskonale bardzo dobrze sprawdza się w gospodarstwach ekstensywnych z dostępem do łąk i pastwisk, gdzie bydło tej rasy, będące ze swojej natury autochtonicznej mniejszego kalibru lepiej wykorzystuje paszę objętościową w porównaniu z bydlęciem rasy limousine.

3. W ocenie poubojowej mięso bydła rasy polskiej czerwonej wyróżnia się pożądaną zawartością tłuszczu śródmięśniowego oraz biologicznie czynnych związków frakcji białkowej anseryny i karnozyny, oraz we frakcji tłuszczowej sprzężonego kwasu linolowego (CLA - C18:2 cis-9, trans-11) w porównaniu do mięsa pozyskanego od bydła rasy limousine utrzymywanych w jednakowym systemie produkcji typu zrównoważonego. Do najbardziej istotnych cech jakościowych mięsa pozyskanego od bydła rasy polska czerwona należy wyższa zawartość tłuszczu śródmięśniowego w badanych wyrębach tuszy w porównaniu do bydła rasy limousine, która determinuje wysoką jego soczystość i kruchość – cenne cechy przydatności kulinarnej.
4. W ocenie przyżyciowej bydło rasy limousine wyróżnia się znacznie lepszymi parametrami oceny użytkowości mięsnej tj.: masa urodzeniowa, masa ciała w wieku 210. i 420. dni, przyrosty dobowe i standaryzowane masy ciała w porównaniu do bydła rasy polskiej czerwonej. Standaryzowana masa ciała na 210. dni u buhajków rasy polskiej czerwonej wynosiła 233,26 kg i była niższa o 48,36 kg od buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 53,85 kg od buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego. Najwyższa standaryzowana masa ciała na 420. dni była również u buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego i była o 17,45 kg wyższa niż u buhajków rasy limousine pochodzenia polskiego i o 152,22 kg wyższa u buhajków rasy polska czerwona. Pod względem użytkowości mięsnej bydło rasy polskiej czerwonej może z dużym prawdopodobieństwem konkurować z bydlęciem ras hereford czy angus, natomiast z bydlęciem rasy limousine pochodzenia polskiego i francuskiego osiąga zdecydowanie niższe wartości, począwszy od masy ciała w dniu narodzin, w wieku 210. i 420. dni, a kończąc na przyrostach dobowych masy ciała.
5. W obrębie bydła rasy limousine zwierzęta pochodzenia francuskiego charakteryzowały się lepszymi parametrami oceny użytkowości mięsnej tj.: urodzeniowa masa ciała, masa ciała w wieku 210. i 420. dnia życia oraz przyrosty dobowe i standaryzowane masy ciała niż osobniki pochodzenia polskiego. Najwyższa standaryzowana masa ciała w 420. dniu życia była o 17,45 kg wyższa u buhajków rasy limousine pochodzenia francuskiego w porównaniu do buhajków pochodzenia polskiego. Buhajki rasy limousine pochodzenia francuskiego posiadały także największy obwód klatki piersiowej, który wynosił 205 cm i był większy o 10 cm od buhajków pochodzenia polskiego.
6. Chów bydła rasy polskiej czerwonej w kierunku użytkowania mięsnego jest uzasadnioną alternatywą dla kierunku użytkowania mlecznego i zrównoważonej produkcji wołowiny.

8. Bibliografia

1. Adamczyk K., Szarek J. **2009**. Bydło polskie czerwone - nauka na przyszłość. *Przegląd Hodowlany* 8, 9-12.
2. Andersen B.B. **1978**. Animal size and efficiency, with special reference to growth and feed conversion in cattle. *Animal Production* 27, 381-391.
3. Araújo P.D., Araújo W.M.C., Patarata L., Maria João Fraqueza M.J. **2022**. Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products. *Meat Science* 193-200.
4. Arthur P.F., Arche J.A., Herd R.M., Richardson E.C., Exton S.C., Wright J.H., Dibley K.C.P., Burton D.A. **1997**. Genetic and phenotypic variation in feed intake, feed efficiency and growth in beef cattle. *Proceedings Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* Vol. 12 234-237.
5. Association of Official Analytical Chemists. **1995**. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists; *Association of Official Analytical Chemists*: Rockville, Maryland, USA.
6. Bilik K., Gogol P. **2002**. Wpływ intensywności żywienia jałówek w okresie wzrostu i dojrzewania płciowego na wybrane cechy użytkowości rozrodczej. *Medycyna Weterynaryjna* 58, 12, 981-984.
7. Billmeyer F.W. **1988**. Commission Internationale de l'Éclairage, Standard on Colorimetric Illuminants. *Color Research & Application* 13, 65-66.
8. Borecka A., Sowula-Skrzyńska E., Matysik-Pejas R., Cieślik J. **2017**. Ocena kondycji ekonomicznej gospodarstw rodzinnych utrzymujących rasy zachowawcze w warunkach zrównoważonego rozwoju. *Wiadomości Zootechniczne* 55, 5, 118-122.
9. Brzozowski P., Kaczmarek A. **1998**. Zależność między wymiarami krów i cieląt a przebiegiem ocielenia. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 333, 185-189.
10. Brzozowski P., Reklewska B., Grabowski R., Szymczykiwicz D., Balcerzak K. **1994**. Wpływ przebiegu ocielenia na produktywność i płodność krów pochodzących z krzyżowania międzyrasowego. *Prace i Materiały Zootechniczne* 45, 35-41.
11. Brzozowski P., Reklewska B., Zdziarski K. **1998**. Zależność między przebiegiem porodów a wymiarami ciała cieląt pochodzących z krzyżowania rotacyjnego. *Prace i Materiały Zootechniczne* 52, 61-69.
12. Chladek G., Kucera J. **2000**. Analysis of the development in the rearing of beef breeds in the Czech Republic. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej Wrocław*, 375, 79-83.

13. Choroszy Z., Choroszy B. **2005**. Możliwości wykorzystania bydła rasy polskiej czerwonej do produkcji mięsa wołowego. *Wiadomości Zootechniczne* R. XLIII, 2, 73-78.
14. Choroszy Z., Choroszy B., Łopieńska M., Grodzki G. **2011**. Analiza parametrów wzrostu cieląt rasy Limousine, Charolaise, Hereford w stadach hodowlanych objętych kontrolą użytkowości. *Roczniki Naukowe Zootechniki* 38, 2, 137-147.
15. Christensen M., Ertbjerg P., Failla S., Sañudo C., Richardson R.I., Nute G.R., Olleta J.L., Panea B., Albertí P., Juárez M., Hocquette J.F., Williams J.L. **2011**. Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science* 87, 61-65. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.09.003
16. Daley C.A., Abbott A., Doyle P.S., Nader G.A., Larson S. **2010**. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal* 9-10.
17. Darewicz M., Dziuba J. **2009**. Peptydy funkcjonalnie aktywne. W: Biologicznie
18. aktywne peptydy i białka żywności. Red: J. Dziuba i Ł. Fornal. WNT, Warszawa 71-109.
19. Daszkiewicz T., Wajda S. **2002**. Wartość rzeźna oraz jakość mięsa buhajków rasy czarno-białej i Limousine. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego* 39, 17-25.
20. Descalzo, A.M., Sancho, A.M. **2008**. A review of natural antioxidant and their effects on oxidative status, odour, and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science* 79, 4263-436.
21. Dhuyvetter J. M., Frahm R. R., Marshall D. M. **1985**. Comparison of Charolais and Limousin as terminal cross sire breeds. *Journal of Animal Science* 60:935.
22. Dickerson G.E. **1978**. Animal size and efficiency: basic concepts. *Animal Production* 27, 367-379.
23. Dobicki A. **1995**. Technologiczne aspekty efektywności produkcji w populacjach mięsnych bydła. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego* 17, 57-71.
24. Dobicki A. **1997**. Nowe spojrzenie na hodowlę bydła mięsnego w Polsce. *Agroprolog* cz.II, 4-5.
25. Dobicki A. **1998**. Hodowla bydła mięsnego w Sudetach. Wrocław- Jelenia Góra. *Praca zbiorowa*.
26. Dobicki A., Filistowicz A. **1990**. Hodowla bydła mięsnego i produkcja żywca wołowego w Polsce. *Przegląd Hodowlany* 19-20, 3-7.
27. Dobicki A., Wiatr B. **1998**. Aktualne problemy hodowli bydła mięsnego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej Wrocław* 336, 29-43.

28. Domagalska-Grędyś M. **2017**. Relational premises in the cooperation between farms with conservative breeds and industry organizations. *Scientific Journal Problems of World Agriculture* Warsaw University of Life Sciences – SGGW, 17 (XXXII), 4, 52-67.
29. Domagalska-Grędyś M., Żmija J. **2017**. Relacje sieciowe tworzone z udziałem gospodarstw z rasami zachowawczymi. Zarys przebiegu badań z projektu NCBR – Biostrateg 2. *Wiadomości Zootechniczne* LV, 5, 104-110.
30. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z. **2016**. Evaluation of the mineral concentration in beef from Polish native cattle. *Biological Trace Element Research* 169, 328-332.
31. Drennan M. **2008**. The value of muscular and skeletal scores in the live animal and carcass classification scores as indicators of carcass composition in cattle. *Cambridge University Press* 2. 752-760.
32. Dymnicki E., Osińska M., Sobczyńska M., Jasiorowski T. **1985**. Czynniki wpływające na długość okresu międzyocieleniowego oraz przyczyny wybrakowania krów. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 300, 257-262.
33. FAO **2007**. The global plan of action for animal genetic resources for food and agriculture *FAO Rome* (<http://www.fao.org/3/a-a1404e.pdf>).
34. FAO **2009**. Preparation of national strategies and action plans for animal genetic resources. *FAO Animal Production and Health Guidelines* 2. Rome.
35. FAO **2015**. The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. B.D. Scherf, D. Pilling (Eds). *FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments* Rome. (Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>).
36. FAO **2016**. Review and possible update of the global plan of action for animal genetic resources 9th session of the intergovernmental. *Technical Working Group on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*, Rome, 6-8.07. (CGRFA/ /WG-AnGR-6/16/2.2).
37. Florek M., Domaradzki P., Migdał W., Litwińczuk Z., Ruda B., Ryszkowska-Siwko M. **2019**. Prozdrowotne walory mięsa rodzimych ras bydła i tradycyjnych produktów z wołowiny. w *Rasy rodzime w ochronie przyrody i produkcji żywności prozdrowotnej*. Wydawnictwo Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie 205-218.
38. Florek M., Litwińczuk Z., Kędzierska-Matysek M., Grodzki T., Skąlecki P. **2007**. Nutritional value of meat from *musculus longissimus lumborum* and *musculus semitendinosus* of young slaughter cattle. *Medicine Veterinary* 63, 242-247.

39. Flower F.C., Weary D.M. **2001**. Effects of early separation on the dairy cow and calf 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth. *Applied Animal Behavior Science* 70, 275-284.
40. Fraser M.D., Davies D.A., Vale J.E., Nute G.R., Hallett K.G., Richardson R.I., Wright I.A. **2009**. Performance and meat quality of native and continental cross steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Livestock Science* 123, 70-82. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.10.008
41. French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Mooney M.T., Troy D.J., Moloney A.P. **2001**. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science* 57, (4), 379-386. DOI:10.1016/S0309-1740(00)00115-7.
42. Gajos E., Dymnicki E. **2012**. Opłacalność chowu bydła polskiego czerwonego w systemie mamkowym w różnych skalach chowu. *Roczniki Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich* 99.
43. Gawroński Ł. **1986**. Rasy zanikające. *Przegląd Hodowlany* 21, 2-3.
44. Goyache F., Fernández I., Royo L.J., Álvarez I., Gutiérrez J.P. **2003**. Factors affecting actual weaning weight, preweaning average daily gain and relative growth rate in Asturiana de los Valles beef cattle. *Archives Für Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 46, 235-243.
45. Gregory K.E., Cundiff L.V., Koch R.M. **1992**. Effects of breed and retained heterosis on milk yield and 200-day weight in advanced generations of composite populations of beef cattle. *Journal of Animal Science* 70, 2366–2372.
46. Grodzki H. **1997**. Przegląd tematyki badawczej z zakresu użytkowania mięsnego bydła realizowanej w Polsce w ostatnim 5-leciu. *Kierunki badań w hodowli bydła*. Kraków, 108-121.
47. Grodzki H. **1999**. Chów bydła mięsnego. *Wieś Jutra* 7-8, 29-30.
48. Grodzki H., Konopka B., Przysucha T., Gołębiowski M. **2012a**. Rasy bydła mięsnego. Ocena, charakterystyka i przydatność do opasu. *Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego* Warszawa, 1-78.
49. Grodzki H., Nawrocki L., Przysucha T., Konopka B., Grodzki G. **2012b**. Ocena i selekcja bydła mięsnego. Część 2. Ocena użytkowości mięsnej. *Bydło* 1, 38-39.
50. Grodzki H., Przysucha T. **2009**. Wpływ krzyżowania towarowego bydła na użytkowość mięsną mieszańców. Cz. I. *Bydło* 8-9, 64-67.
51. Guliński P. **1999**. Chów bydła. *Podstawy produkcji zwierzęcej*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 75-116.

52. Hanset R. **1981**. Selection problems when antagonistic effects exist between production characteristics and calving difficulties. *Livestock Production Science* 8, 291-305.
53. Holland D.M., Odde G.K. **1992**. Factors affecting calving birth weight. A review. *Theriogenology* 38, 769-798.
54. ICAR. **2018**. Guidelines for Beef Cattle Production Recording – Section 3. *The Global Standard for Livestock Data* 1-88.
55. Institute de L'Elevage **2021**. Resultats du controle des performances bovins allaitants. [b.w.], 76-85.
56. ISO 5509: **2000**. Animal and vegetable fats and oils-preparation of methyl esters of fatty acids. ISO Geneva, Switzerland.
57. Jakubec V., Schlote W., Riha J., Majzlik I. **2003**. Comparosion of growth traits of eight beef cattle breeds in Czech Republik. *Archives Für Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 46, 143-153.
58. Jasiorowski H. **1997**. KZHBM rozpoczyna współpracę z zagranicą. *Chów Bydła* 9, 8-9.
59. Jasiorowski H. **1999**. Stan i perspektywy rozwoju hodowli bydła mięsnego. Krajowy Zjazd Krajowego Związku Hodowców Bydła mięsnego, maszynopis.
60. Jasiorowski H., Kijak Z., Poczynajło S., Wajda S. **1996**. Program rozwoju hodowli bydła mięsnego w Polsce, Fundacja “Rozwój SGGW”, 5-67.
61. Jeremiah L.E., Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Gibson L.L. **2003**. Assessment of palatability attributes of the major beef muscles. *Meat Science* 65, 985-992.
62. Jędrzejczyk H., Szarek J., Adamczyk K. **2000**. Ocena reprodukcji mięsnych ras bydła hodowlanych w agrofirmie Witkowo. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 51, 265-272.
63. Johanson J.M., Berger P.J. **2003**. Birth weight as a predictor of calving ease and perinatal mortality in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 86, 3745-3755.
64. Keller C. **1905**. Naturgeschichte der Haustiere. Paul Parey: Berlin, Germany.
65. Konwencja o różnorodności biologicznej sporządzona w Rio de Janeiro dnia 5 czerwca 1992 r.; Dz. U., nr 184, poz. 1532 i 1533 z dnia 6 listopada **2002** r.
66. Kostusiak P., Słószarz J., Gołębiewski M., Sakowski T., Puppel K. **2023**. Relationship between beef quality and bull breed. *Animals* 13,16, 1-16.
67. Kotnik B., Petric N., Žgur S. **2009**. Parameters affecting calving difficulty of Charolais and Limousin breed at the educational and research centre Logatec. *Acta Argiculturae Slovenica* 66, 27-31.

68. Krupiński J., Martyniuk E. **2009**. Ochrona zasobów genetycznych zwierząt. Mat. I Kongresu Nauk Rolniczych „Nauka – Praktyce”. Przyszłość sektora rolnospożywczego i obszarów wiejskich; Puławy, 289-301.
69. Krupiński J., Martyniuk E., Krawczyk J. **2017**. 15-lecie koordynacji programów ochrony zasobów genetycznych zwierząt w Instytucie Zootechniki PIB. *Przegląd Hodowlany* 4, 30-36.
70. Krzywda W., Szarek J., Gil Z., Adamczyk K., Buleca J. **2002**. Charakterystyka wycieleń krów rasy Limousine hodowanych w Polsce. *Roczniki Naukowe Zootechniki Suplement* 15, 209-212.
71. Kuczaj M. **2001**. Skutki krzyżowania i kojarzenia bydła w Polsce w latach 1946-1997. Zesz. Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 422, Monografie XXIII, Wyd. AR Wrocław, 1-297.
72. Kuczyńska B., Puppel K., Nałęcz-Tarwacka T., Czub M. **2015**. Variation in the activity of stearoyl-CoA desaturase enzyme and endogenous precursors of unsaturated fatty acids in cow's milk during grazing season. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Animal Science* 54, 1, 37-43.
73. Litwińczuk A., Litwińczuk Z. **1998**. Genetyczne i żywieniowe możliwości sterowania wartością rzeźną i jakością mięsa u bydła. W: Stan aktualny i perspektywy rozwoju wybranych dziedzin produkcji żywności i pasz. Przemysł paszowy szansą poprawy jakości surowców zwierzęcych. T. 6. J.R. Warchalewski (red.) Oddział Wielkopolski PTTŻ Poznań.
74. Litwińczuk Z., Domardzki P., Florek M., Żółkiewski P. **2016**. Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme fattened within a low-input system. *Animal Science Papers and Reports* 34, 4, 387-397.
75. Litwińczuk Z., Florek M., Pietraszek K. **2006**. Physico-chemical quality of meat from heifers and young bulls of the Black-and-White (B.W.) variety of Polish Holstein-Friesian breed, and commercial B.W. crossbreds sired by Limousine and Charolaise bulls. *Animal Science Papers and Reports* 24, 179–186.
76. Litwińczuk Z., Paździor A., Stanek P., Jankowski P., Rybak S. **1999**. Ocena adaptacji i efektywności użytkowania sprowadzonych z Kanady na Lubelszczyznę jałowic ras mięsnych red angus i salers. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska* XVII, 2, 7-12.

77. Litwińczuk, Z., Domaradzki, P., Florek, M., & Żółkiewski, P. **2016**. Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme, fattened in a low-input system. *Animal Science Papers and Reports* 34, 387-397.
78. Liu M.E., Makarechaian M. **1993**. Factors influencing growth performance of beef bulls in a test station. *Journal of Animal Science* 71, 1123–1127.
79. Łukasiewicz M., Puppel K., Balcerak M., Slósarz J., Gołębiewski M., Kuczyńska B., Batorska M., Więcek J., Kunowska-Slósarz M., Popczyk B. **2018**. Variability of anserine and carnosine concentration in the wild boar (*Sus scrofa scrofa*) meat. *Animal Science Papers and Reports* 36, 185-192.
80. Majewska A. **2013**. Dynamika kształtowania się liczebności krów rodzimych ras polskiej czerwonej i białogrzbietej w latach 2004-2012. *Materiały XXI Szkoły Zimowej Hodowców Bydła*, Zakopane, 420-421.
81. Majewska A. **2015**. Zmiany w pokroju krów polskich czerwonych po ponad stu latach prac hodowlanych. *Materiały XXIII Szkoły Zimowej Hodowców Bydła*, Zakopane, 197.
82. Majewska A. **2017**. Program ochrony zasobów genetycznych bydła metodą ex situ. *Wiadomości Zootechniczne* LV (2), 55-60.
83. Majewska A. **2019**. Ocena mięsna w rasach polska czerwona i simentalaska. *Hodowca Bydła* 7–8, 58-61.
84. Majewska A., Jakiel M. **2019**. Rasy zachowawcze bydła na terenach górskich. *Materiały LXXXIV Zjazdu PTZ*, Szczecin, s. 16.
85. Makulska J. **2010**. Poprawa ekonomicznej efektywności produkcji wołowiny na drodze optymalizacji procesu opasania. Użytkowanie bydła w zmieniających się warunkach produkcji. *Akademia Rolnicza Kraków*, 16-22.
86. Makulska J., Węglarz A., Szarek J. **2002**. Wpływ sezonu urodzenia na produkcyjno – ekonomiczne wyniki odchowu cieląt rasy limousine. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, Supplement 15, 213-218.
87. Maughan B., Provenza F.D., Tansawat R., Maughan C., Martini S., Ward R., Clemensen A., Song X., Cornforth D., & Villalba J.J. **2014**. Importance of grass-legume choices on cattle grazing behavior, performance, and meat characteristics. *Journal of Animal Science*, 92, 5, 2309-2324.

88. Meng X., Gao Z., Liang Y., Zhang C., Chen Z., Mao Y., Huang B., Kui K., Yang Z. **2020**. Longissimus dorsi muscle transcriptomic analysis of Simmental and Chinese native cattle differing in meat quality. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 601-604.
89. Miciński J., Kłupczyński J., Ostojka H., Cierach M., Dymnicka M., Łozicki A., Daszkiewicz T. **2005**. Wpływ rasy i żywienia buhajków na wyniki klasyfikacji ich tusz w systemie EUROP oraz na ocenę tekstury. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość* 3, 44 (Supl.), 147-156.
90. Momot M., Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M. **2020**. Influence of genotype and slaughter age on the content of selected minerals and fatty acids in the Longissimus Thoracis muscle of crossbred bulls. *Animals*, 10, 11.
91. Monson F., Sañudo C., Sierra I. **2005**. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* 71, 471-479.
92. Nogalski Z. **2003**. Relations between the course of parturition, body weights and measurements of Holstein-Friesian calves. *Czech Journal of Animal Science* 48, 2, 51-59.
93. Oprządek J., Dymnicki E., Reklewski Z. **2007**. Zmiany tempa wzrostu i składu tkankowego tuszy młodego bydła w zależności od rasy. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 3 (2), 103-109.
94. Pestana J.M., Costa A.S., Alves S.P. **2012**. Seasonal changes and muscle type effect on the nutritional quality of intramuscular fat in Mirandesa-PDO veal. *Meat Science* 90(3), 819–827.
95. Piasecki W. **1999**. Ilościowy stan bydła mięsnego i wyniki oceny użytkowej. *Chów Bydła* 8, 21-24.
96. Pogorzelska J. **1997**. Charakterystyka ras bydła mięsnego. *Hodowla Bydła Ras Mięsnych FAPA str.* 47-56.
97. Pogorzelska J., Romanowski A., Puchajda Z. **1998**. Analiza użytkowania rozplodowego i rozwój importowanego z Francji bydła limousine i charolaise. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej Wrocław, Konferencje XIX*, 336, 143-148.
98. Pogorzelska J., Wroński M. **2005**. Użytkowanie mięsne. In: *Hodowla*.
99. Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka. **2021**. Wyniki oceny wartości użytkowej za 2020 rok.
100. Prost K.E. **2006**. Zwierzęta rzeźne i mięso – ocena i higiena. Lubelskie Towarzystwo Naukowe w Lublinie.

101. Przysucha T. **2009**. Osobnicze uwarunkowanie przebiegu ocieleni krów oraz umięśnienia i żywotności cieląt po ojcach rasy piemontese użytkowanych w Polsce i we Włoszech (Rozprawa habilitacyjna). Wyd. SGGW.
102. Przysucha T., Czarnecki Vel Sarnecki M., Grodzki H., Zdziarski K. **2002a**. Analiza wpływu wybranych czynników na tempo wzrostu cieląt rasy hereford. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego* 60, 233-243.
103. Przysucha T., Gołębiewski M., Grodzki H., Wnęk K., Słószarz J., Kunowska-Słószarz M., Tokarski P. **2015**. Analysis of Limousine beef cattle recording results in Poland. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Animal Science*, 54, (1), 83-94.
104. Przysucha T., Gołębiewski M., Grodzki H., Wnęk K., Słószarz J., Kunowska-Słószarz M., Tokarski P. **2015b**. Analysis of Hereford beef cattle recording results in Poland. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Animal Science* 54, (2), 139-152.
105. Przysucha T., Grodzki H., Chałcampowicz A., Zdziarski K. **2002**. The effect of selected factors on growth rate of limousine calves. *Animal Science Papers And Reports* 20, Suppl. 1, 221-228.
106. Przysucha T., Grodzki H., Czarnecki Vel Sarnecki M., Słószarz J. **2002c**. Wpływ sezonu i kolejności ocielenia na wybrane wskaźniki płodności krów ras angus i hereford. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego* 62, 253-259.
107. Przysucha T., Grodzki H., Słószarz J. **2005a**. Rodzaj porodów krów mięsnych ras brytyjskich w zależności od masy krowy, kolejności ocielenia oraz płci i masy cielęcia. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 1, 1, 145-150.
108. Przysucha T., Grodzki H., Słószarz J. **2007a**. Analiza wpływu masy ciała krowy, kolejności i sezonu ocielenia oraz płci i masy cielęcia przy urodzeniu na wyniki odchovu cieląt rasy salers. *Medycyna Weterynaryjna* 63, (3), 357-359.
109. Przysucha T., Grodzki H., Słószarz J., Wróblewska L. **2005b**. Wpływ masy krowy, kolejności ocielenia oraz płci i masy cielęcia na rodzaj porodu krów rasy charolais. *Roczniki Naukowe Zootechniczne* z. 22/2, 597-600.
110. Puchajda Z. **1997a**. Hodowla bydła ras mięsnych. Zasady produkcji kulinarnego mięsa wołowego; Fundacja Pomocy dla Rolnictwa FAPA.
111. Puente J., Samanta S.S., Bruce H.L. **2019**. Bovine M. longissimus thoracis meat quality differences due to Canada quality grade. *Meat Science*, 155, 43-49.
112. Puppel K., Kapusta A., Kuczyńska B. **2015**. The etiology of oxidative stress in the various species of animals, a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30 : 95(11):2179-84.

113. Purchas R.W., Rutherford S.M., Pearce P.D., Vather R., Wilkinson B.H.P. **2004**. Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine, *Meat Science*, 66, 629–637.
114. PZHiPBM. **2016**. Regulamin prowadzenia oceny wartości użytkowej bydła typu użytkowego mięsnego. Warszawa 2016.
115. PZHiPBM. **2021**. Ocena wartości użytkowej bydła ras mięsnych. Wyniki za rok 2020. Warszawa, PZHiPBM.
116. PZHiPBM. **2022**. Ocena wartości użytkowej bydła ras mięsnych. Wyniki za 2021.
117. Radzik-Rant A., Rant W., Sosnowiec G., Świątek M., Niżnikowski R., Szymańska Ż. **2020**. The effect of genotype and muscle type on the physico-chemical characteristics and taurine, carnosine and L-carnitine concentration in lamb meat. *Archives Animal Breeding*, 63, 423–430.
118. Rant W., Radzik-Rant A., Świątek M., Niżnikowski R., Ślęzak M., Szymańska Ż., Morales-Villavicencio A. **2019**. The Effect of cooking method on the physico-chemical characteristics and fatty acid composition in lamb longissimus dorsi muscle. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31, 2, 118-124.
119. Reklewski Z., Dymnicki E., Łukasiewicz M., Jezierski T. **1993**. Chów i Hodowla Bydła. *Fundacja "Rozwój SGGW"*. Warszawa. s. 234, 247.
120. Reklewski Z., Goszczyński J. **1996**. Aktualne problemy chowu bydła mięsnego 1996. Materiały z ogólnopolskiej konferencji naukowej. Popielno 3-4.06.1996 r.
121. Reklewski Z., Runowski H. **2007**. Nowoczesny chów bydła mięsnego, *Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Oddział w Przysieku*, Warszawa. s. 9-10, 24-26.
122. Ríha J., Jakubec V., Golda J., Majzlík I. **2001**. Comparison of preweaning growth traits of six beef cattle breeds in Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science* 46, 152–158.
123. Ritchie H.D., Anderson P.T. **1994**. Calving difficulty in beef cattle. *MSU Extension Beef Bulletins* – E1611921.
124. Rozporządzenie Rady (WE) NR 1/2005 z dnia 22 grudnia 2004 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas transportu i związanych z tym działań oraz zmieniające dyrektywy 64/432/EWG i 93/119/WE oraz rozporządzenie (WE) nr 1255/97. Dostępny online: <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/1/oj> (dostęp: 12.09.2023 r.).

125. Rozporządzenie Rady (WE) NR 1099/2009 z dnia 24 września 2009 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas ich uśmiercania. Dostępny online: <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1099/oj> (dostęp: 12.09.2023 r.).
126. Słószarz J., Przysucha T., Grodzki H., Majchrzak B. **2010**. The influence of selectors factors on Limousine and Charolaise beef calves vitality, *Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW-Animal Science* Nr 47, 2010, s. 185-192.
127. Stadník L., Louda F., Dvorak P., Seba K., Rehounek V. **1999**. The results of breeding measures within the population of Charolais cattle in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science* 44, 389–396.
128. Staszczak S. **1985**. Bydło rasy angler i możliwości jego wykorzystania w doskonaleniu cech produkcyjnych bydła polskiego czerwonego. *Przegląd Hodowlany* 17, 8-11.
129. Stąporek K., Ziemiński R. **2006**. Aktualne trendy w chowie i hodowli rasy Limousine. *Przegląd Hodowlany* Nr. 7/2006.
130. Stopyra R., Kowol P., Majewska A. **2005**. Perspektywy rozwoju hodowli bydła polskiej czerwonej z uwzględnieniem krów objętych programem ochrony zasobów genetycznych. *Wiadomości zootechniczne* R. XLIII, 2:137-143.
131. Szarek J. 2024. Hodowla polskiego bydła czerwonego w Polsce, wczoraj, dziś i jutro. Wyd. „PRO AGRICOLA” Warszawa, 1-102.
132. Szarek J., Adamczyk K., Frelich J. **2008**. Stan i perspektywy rozwoju hodowli bydła mięsnego w Polsce. *Wiadomości zootechniczne* R XLVI (2008), 4, 23-36.
133. Szarek J., Adamczyk K., Felińczak A. **2004**. Polish Red Cattle breeding: past and present. *Animal Genetic Resources Information* 35: 21-35.
134. Szewczuk M., Kamieniecki H., Czerniawska-Piątkowska E., Szatkowska I. **2006**. Wpływ sezonu urodzenia na zdrowotność i wyniki odchowu cieląt. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica* 5, 2, 119-124.
135. Tansawat R., Aj Maughan C., Ward R.E., Martini S., Cornforth D.P. **2013**. Chemical characterization of pasture- and grain-feed beef related to meat quality and flavour attributes. *International Journal of Food Science & Technology* Vol. 48, Issue 3.
136. Topolski P., Szymik B. **2018**. Odziedziczalności cech produkcyjnych w objętej programem ochrony zasobów genetycznych populacji krów rasy polskiej czerwonej. XXVI Szkoła Zimowa Hodowców Bydła 2018, s. 180. Publikacja w materiałach z konferencji.

137. Trela J., Choroszy B., Czaja H. **2000**. Adaptacja bydła rasy limousine importowanego z Francji do polskich warunków środowiskowych. *Roczniki Naukowe Zootechniki Supplement* 5, 41-46.
138. Trela J., Jodko Z. **1998a**. Characteristic of herd of Limousin beef cattle imported from France. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego. Chów i Hodowla Bydła* 44, 413-420.
139. Trela J., Jodko Z. **1998b**. Charakterystyka stada bydła mięsnego rasy Limousin importowanego z Francji. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej Wrocław* 336, 111-118.
140. Trela J., Majewska A., Kowol P. **2018**. Tradycje chowu i hodowli bydła polskiego czerwonego – stan i perspektywy. Monografia: 100 lat polskiej hodowli zwierząt gospodarskich w Karpatach, Kraków, . 27–57.
141. Trela J., Supera K., Malinowski E., Oliwiecki J. **1999**. Aklimatyzacja i niektóre wskaźniki produkcyjności bydła rasy Limousine importowanego z Francji do Polski, *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 44, 413-420.
142. Wajda S., Burczyk E. **2014**. Co przemawia za prowadzeniem opasu mieszańców ? *Hodowca bydła*, 11, 41-45.
143. Weary D.M., Chua B. **2000**. Effects of early separation on the dairy cow and calf. 1. Separation at 6 h, 1 day and 4 days after birth. *Applied Animal Behavior Science* 69: 177-188.
144. Webb E.C. **1998**. Effect of anatomical location on the composition of fatty acids in double-muscled Belgian Blue cows. *Meat Science* 50, (1), 45–53.
145. Wichłacz H. **1998**. Skup i ocena bydła rzeźnego. Instytut Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego, Poznań.
146. Wiśniewski K. **2019**. Użytkowanie mleczne bydła w Polsce i w krajach ościennych. *Przegląd Mleczarski* 10/2019, 4-13.
147. Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Balcerak M., Slósarz J., Kunowska-Slósarz J., Gołębiowski M., Radzikowski D., Przysucha T. **2020**. Polska czerwona – rodzima rasa bydła o mięsno-mlecznym typie użytkowania. *Przegląd Hodowlany* 4: 1-7.
148. Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. **2021**. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 143, XXV, 1, 143-154.

149. Wiśniewski K., Kuczyńska B. **2022**. Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish Red breed cattle beef production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 71, 1-4, 12-20.
150. Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M. **2004**. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66, (1), 21–32.
151. Wójcik P., Bilik K. **2007**. Chów bydła mięsnego metodami ekologicznymi. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu, 2007, 1-39.
152. Wróblewska L., Zdziarski K., Matuska J. **2007**. Wpływ wybranych czynników na łatwość ocieleń i masę ciała cieląt rasy limousine i mieszańców z jej udziałem. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EE: Zootechnica* 25.1 15-20.
153. www.bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl- Programy ochrony zasobów genetycznych dla rodzimych ras bydła. 12.09.2023
154. Ziemiński R. **2005**. Pochodzenie, typy użytkowe i rasy w: Hodowla i użytkowanie bydła. Z. Litwińczuk, T. Szulc. PWRiL Warszawa.
155. Żurkowski M., Goszczyński J. **1997**. Ochrona zasobów genetycznych krajowych ras bydła. *Przegląd Hodowlany*, 2, 1-2.

9. Oświadczenia współautorów

Warszawa, 08.09.2023

Mgr inż. Konrad Wiśniewski
Konrad_wisniewski@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów, s. 137-155 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskiwaniu materiałów do badań, realizacji czynności doświadczalnych, gromadzeniu, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, pisaniu i przygotowaniu manuskryptu do publikacji, korekcie manuskryptu po recenzjach, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 70%

Podpis



Warszawa, 08.09.2023

Prof. dr hab. Beata Kuczyńska
beata_kuczynska@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybnactwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów, s. 137-155 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 15%

b. Kuczyńska
Podpis

Warszawa, 08.09.2023

Dr hab. Kamila Puppel, prof. SGGW
kamila_puppel@sggw.edu.pl

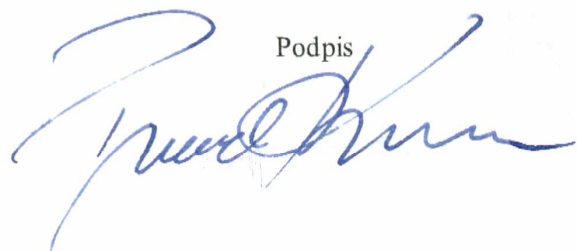
**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów, s. 137-155 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 5%

Podpis


Warszawa, 08.09.2023

Mgr inż. Piotr Kostusiak
piotr_kostusiak@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów, s. 137-155 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 5%

Podpis

Kostusiak Piotr

Warszawa, 08.09.2023

Mgr inż. Mateusz Krzyżewski

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Puppel K., Kostusiak P., Krzyżewski M. 2020. Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego. Zastosowanie współczesnych metod doskonalenia bydła i zarządzania stadem w kontekście ilości i jakości pozyskiwanych produktów, s. 137-155 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 5%

Podpis

Krzyżewski Mateusz

Warszawa, 08.09.2023

Mgr inż. Konrad Wiśniewski
Konrad_wisniewski@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B. 2022. Current Opportunities and Challenges in the Implementation and Recognition of Polish Red Breed Cattle Beef Production, Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science, vol. 71, nr 1-4, 2022, s. 12-20, DOI:10.1080/09064702.2022.2116100 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskiwaniu materiałów do badań, realizacji czynności doświadczalnych, gromadzeniu, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, pisaniu i przygotowaniu manuskryptu do publikacji, korekcie manuskryptu po recenzjach, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 75%

Podpis



Warszawa, 08.09.2023

Prof. dr hab. Beata Kuczyńska
beata_kuczynska@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechniki i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B. 2022. Current Opportunities and Challenges in the Implementation and Recognition of Polish Red Breed Cattle Beef Production, Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science, vol. 71, nr 1-4, 2022, s. 12-20, DOI:10.1080/09064702.2022.2116100 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 25%

b. Kuczyńska
Podpis

Warszawa, 08.09.2023

Mgr inż. Konrad Wiśniewski
Konrad_wisniewski@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacko**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Przysucha T. 2022. Analysis and comparison of meat performance parameters in Polish and French limousine bulls, Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica, vol. 362(61), nr 1, 2022, s. 25-38, DOI:10.21005/AAPZ2022.61.1.03 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskiwaniu materiałów do badań, realizacji czynności doświadczalnych, gromadzeniu, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, pisaniu i przygotowaniu manuskryptu do publikacji, korekcie manuskryptu po recenzjach, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 60%

Podpis


Warszawa, 08.09.2023

Prof. dr hab. Beata Kuczyńska
beata_kuczynska@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Przysucha T. 2022. Analysis and comparison of meat performance parameters in Polish and French limousine bulls, Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica, vol. 362(61), nr 1, 2022, s. 25-38, DOI:10.21005/AAPZ2022.61.1.03 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 20%

B. Kuczyńska

Podpis

Warszawa, 08.09.2023

Dr hab. Tomasz Przysucha, prof. SGGW
tomasz_przysucha@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

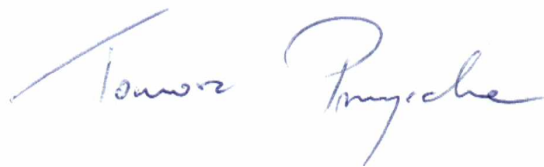
**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Kuczyńska B., Przysucha T. 2022. Analysis and comparison of meat performance parameters in Polish and French limousine bulls, Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica, vol. 362(61), nr 1, 2022, s. 25-38, DOI:10.21005/AAPZ2022.61.1.03 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 20%

Podpis

A handwritten signature in blue ink, reading 'Tomasz Przysucha'.

Warszawa, 08.09.2023

Mgr inż. Konrad Wiśniewski
Konrad_wisniewski@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY 143 Vol. XXV (2021), no. 1, s. 143-154 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskiwaniu materiałów do badań, realizacji czynności doświadczalnych, gromadzeniu, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, pisaniu i przygotowaniu manuskryptu do publikacji, korekcie manuskryptu po recenzjach, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 70%

Podpis



Warszawa, 08.09.2023

Dr hab. inż. Barbara Wróbel, prof. ITP-PIB
b.wrobel@itp.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybnactwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY 143 Vol. XXV (2021), no. 1, s. 143-154 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 10%


Podpis

Warszawa, 08.09.2023

Prof. dr hab. inż. Jerzy Barszczewski
j.barszczewski@itp.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

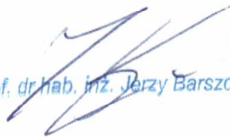
**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY 143 Vol. XXV (2021), no. 1, s. 143-154 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 5%

Podpis



Prof. dr hab. inż. Jerzy Barszczewski

Warszawa, 08.09.2023

Dr hab. Tomasz Sakowski, prof. IGBZ
t.sakowski@igbzpan.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY 143 Vol. XXV (2021), no. 1, s. 143-154 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 5%



Podpis

Warszawa, 08.09.2023

Prof. dr hab. Beata Kuczyńska
beata_kuczynska@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacko**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B. 2021. Chemical characteristics of limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY 143 Vol. XXV (2021), no. 1, s. 143-154 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 10%

B. Kuczyńska
Podpis

Warszawa, 10.10.2023

Mgr inż. Konrad Wiśniewski
Konrad_wisniewski@sggw.edu.pl

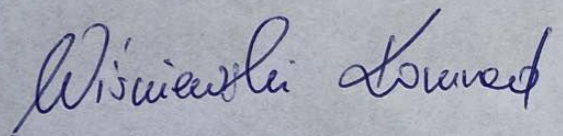
**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Konrad Wiśniewski, Beata Kuczyńska. 2023. Comparative studies of reproductive and meat performance of the local breed of polish red cattle against the background of the limousine breed of polish and french heritage. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica 369(68)4, 93–105 mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskiwaniu materiałów do badań, realizacji czynności doświadczalnych, gromadzeniu, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, pisaniu i przygotowaniu manuskryptu do publikacji, korekcie manuskryptu po recenzjach, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 80%



Podpis

Warszawa, 10.10.2023

Prof. dr hab. Beata Kuczyńska
beata_kuczynska@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybnactwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Konrad Wiśniewski, Beata Kuczyńska. 2023. Comparative studies of reproductive and meat performance of the local breed of polish red cattle against the background of the limousine breed of polish and french heritage. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica 369(68)4, 93–105. mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 20%

B. Kuczyńska
Podpis

Warszawa, 14.05.2024

Mgr inż. Konrad Wiśniewski
Konrad_wisniewski@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

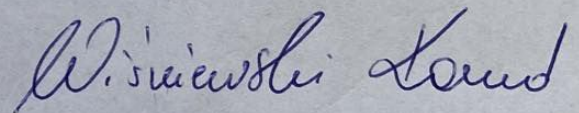
**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Konrad Wiśniewski, Marcin Świątek, Jolanta Król, and Beata Kuczyńska. 2024. The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintaining at an extensive production system. Archives Animal Breeding mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, pozyskiwaniu materiałów do badań, realizacji czynności doświadczalnych, gromadzeniu, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, pisaniu i przygotowaniu manuskryptu do publikacji, korekcie manuskryptu po recenzjach, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 60%

SWI



Podpis

Warszawa, 14.05.2024

Dr inż. Marcin Świątek
marcin_swiatek@sggw.edu.pl

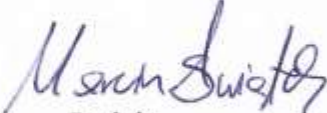
**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Konrad Wiśniewski, Marcin Świątek, Jolanta Król, and Beata Kuczyńska. 2024. "The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintaining at an extensive production system" Archives Animal Breeding, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na przygotowaniu wyników badań do publikacji oraz nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 20%



Podpis

Warszawa, 14.05.2024

Prof. dr hab. Jolanta Król
jolanta.krol@up.lublin.pl.

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybacktwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy współautorstwa: Konrad Wiśniewski, Marcin Świątek, Jolanta Król, Beata Kuczyńska pt. „The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintaining at an extensive production system” opublikowanym w czasopiśmie Archives Animal Breeding w 2024r., mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na analizach materiału badawczego i nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 10%

Podpis



Warszawa, 14.05.2024

Prof. dr hab. Beata Kuczyńska
beata_kuczynska@sggw.edu.pl

**Rada Dyscypliny Zootechnika i
Rybnactwo**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy Konrad Wiśniewski, Marcin Świątek, Jolanta Król, and Beata Kuczyńska. 2024. The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintaining at an extensive production system. Archives Animal Breeding mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, analizie statystycznej i przygotowaniu wyników badań do publikacji, nadzorowaniu badań.

Swój sumaryczny udział w publikacji oceniam na 10%

B. Kuczyńska
Podpis

Profil kwasów tłuszczowych i indeksy desaturazowe jako czynniki kształtujące jakość dietetyczną mięsa wołowego

Fatty acids profile and desaturation index as factors affecting dietary quality of beef meat

Konrad Wiśniewski^{1,2}, Beata Kuczyńska¹, Kamila Puppel¹,
Piotr Kostusiak^{1,3}, Mateusz Krzyżewski¹

¹ Instytut Nauk o Zwierzętach, Katedra Hodowli Zwierząt,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Ciszewskiego 8, 02-787 Warszawa

² Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego,
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa

³ Polskie Zrzeszenie Producentów Bydła Mięsnego,
ul. Juliana Smulikowskiego 4, 00-389 Warszawa

Adres kontaktowy: beata_kuczynska@sggw.pl

Streszczenie

Celem pracy było oszacowanie jakości dietetycznej mięsa wołowego w trzech różnych wyrębach mięsa pobranych od bydła rzeźnego na podstawie wybranych kwasów tłuszczowych w powiązaniu z poziomem indeksów desaturaz. W celu zidentyfikowania i oznaczenia ilościowego kwasów tłuszczowych zastosowano kapilarną chromatografię gazową. Wołowina jako mięso dietetyczne wyróżnia się m.in. zwiększonym poziomem sprzężonych dienów kwasu linolowego, głównie izomeru sprzężonego kwasu linolowego (CLA) o konfiguracji cis-9, trans-11. Największą zawartość tych kwasów wykazano w łopatce wołowej na poziomie 1,050 g/100 g. W pracy wykazano wprost proporcjonalną zależność między estymowaną aktywnością desaturazy stearylo-CoA a zawartością jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA). Wykazano istotne różnice w poziomach zawartości wszystkich kwasów spośród MUFA za wyjątkiem dominującego C18:1 cis-9 i występującego śladowo C20:1 cis-9. Największą

zmienność ilościową odnotowano dla kwasu mirystooleinowego C14:1 cis-9 – największy jego udział zaobserwowano w łopatce (0,424 g / 100 g), a najmniejszy w rostbefie (0,287 g / 100 g). Najkorzystniejszą wartość indeksu trombogenicznego wykazało mięso pochodzące z mięśnia podgrzebieniowego łopatki (1,712), odznaczające się również najwyższym poziomem sumy niezbędnych nienasyconych kwasów rodziny omega-3 (0,773 g / 100 g). Aktywność desaturazy stearylo-CoA wyrażona przez indeksy desaturazowe była wprost proporcjonalna do zawartości kwasów jednonienasyconych. Najbardziej preferowanymi substratami były kwasy stearynowy i oleinowy. Najwyższą zależność wykazano w przypadku indeksu D9DC18, odpowiednio dla C18:0 $r^2 = 0,908$ ($p < 0,01$) i dla C18:1 cis-9 $r^2 = 0,731$ ($p < 0,01$).

Abstract

The purpose of the study was to evaluate the dietary quality of beef in three different meat cuts taken from slaughter cattle, based on the content of selected fatty acids in connection with the level of desaturase indexes. Capillary gas chromatography was used to identify and quantify fatty acids. Among other meats, beef, is distinguished by an increased level of conjugated linoleic acid dienes, mainly the CLA isomer with the cis 9, trans 11 configuration. The highest content of these acids was found in the shoulder of beef at 1.050 g / 100 g. The results indicate a significant strong positive linear correlation between estimated activity of stearyl-CoA desaturase and content of monounsaturated fatty acids (MUFA). Significant changes in the content of all MUFAs were observed, except for the dominant C18: 1 cis-9, and the incidental C20: 1 cis-9. The highest quantitative variability was recorded for myristinoleic acid C14: 1 cis-9 in beef shoulder (0.424 g / 100 g), and the lowest in short loin (0.287 g / 100 g). The most favorable value of the thrombogenic index was found for the *m. infraspinatus* meat (1.712), which also exhibited the highest total sum of unsaturated functions of the omega-3 family (0.773 g / 100 g). Stearyl-CoA desaturase activity expressed by desaturase indexes was directly proportional to the content of the monounsaturated fatty acids. Stearic and oleic acids were the most preferred substrates. The highest dependence was recorded for the D9DC18 index – for C18: 0 $r^2 = 0.908$ ($p < 0.01$) and for C18: 1 cis-9 $r^2 = 0.731$ ($p < 0.01$), respectively.

Słowa kluczowe: wołowina, bydło, desaturaza stearylo-CoA, kwasy tłuszczowe, MUFA

Keywords: beef, cattle, stearyl-CoA, fatty acids, MUFA

1. Wstęp

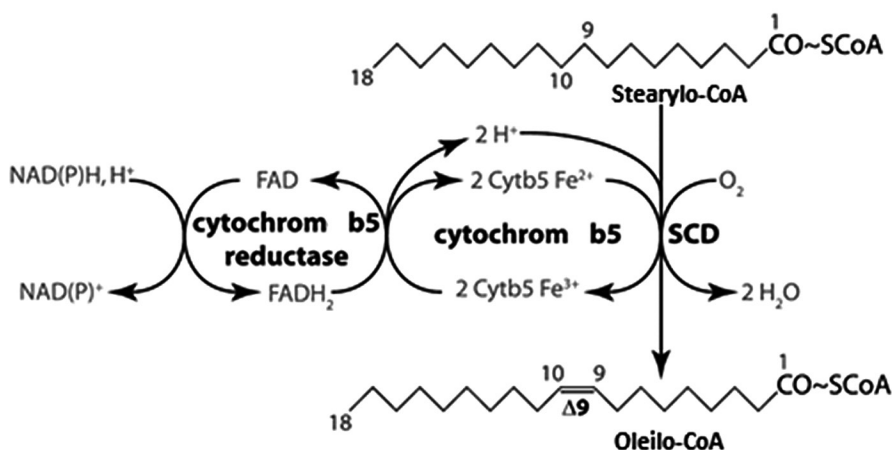
Jakość surowca pochodzenia zwierzęcego, jakim jest mięso wołowe, należy rozpatrywać na wielu płaszczyznach – hodowli, chowu, transportu wyboru odpowiedniej części tuszy i jego przyrządzenia. Specyfika obrotu handlowego mięsem oraz przetwórstwa mięsnego wymusza konieczność rozbierania półtuszy na mniejsze elementy lub wyręby, które stanowią określoną anatomiczną część, jak np. udziec, łopatka czy rostbef (Pisula i in. 2012). Najczęściej określa

się jakość tych elementów mięsa ze względu na ich wartość kulinarną i dietetyczną. Dodatkowo uwzględnia się powiązanie ze sobą oraz determinowanie przez różne czynniki i procesy. Konsument preferuje produkt o odpowiedniej barwie, kruchości, zawartości widocznego tłuszczu i zapachu. Co więcej, na wybór mięsa wpływ ma również rosnąca w społeczeństwie świadomość możliwości odpowiedniego bilansowania diety przez spożywanie produktów o prozdrowotnym działaniu. Fundamentalne znaczenie w produkcji mięsa ma wybór zwierzęcia rzeźnego o odpowiednich cechach, pochodzącego z chowu zapewniającego mu odpowiednie warunki utrzymania i sposób żywienia. Na wartość dietetyczną mięsa wołowego wpływa zawartość białka wynosząca 18–23% (Kończak 2008) oraz zawartość tłuszczu śródmięśniowego nieprzekraczająca 5% (Daley i in. 2010). Na kształtowanie ilości i profilu kwasów tłuszczowych w mięsie wpływają szlaki metaboliczne zdolne do syntezy, modyfikacji strukturalnej i rozkładu lipidów w organizmie. Znane właściwości różnych rodzin lipidów, niezbędnych w homeostazie organizmu, są modelowane przez funkcje komórkowe. Determinanty odpowiadające za przemianę kwasów tłuszczowych, które uwzględniono w pracy, to desaturazy stearylo-CoA (SCDs), czyli enzymy odpowiedzialne za wprowadzanie podwójnych wiązań cis między dziewiątym a dziesiątym atomem węgla w łańcuchu węglowodorowym, licząc od ostatniej grupy metylowej, syntetyzowanych *de novo* oraz pochodzących z pokarmu. Zmiany te zachodzą przede wszystkim w kwasach palmitynowym (C16:0) oraz stearynowym (C18:0), które przechodzą do postaci kwasów – odpowiednio – palmitooleinowego (C16:1 ω-7) i oleinowego (C18:1 ω-9) (ryc. 1). Dobrze poznany jest również proces desaturacji kwasu wakcenenowego (C18:1, trans-11) do sprzężonego kwasu linolowego (CLA, C18:2, cis-9, trans-11) przez desaturazę stearyno-CoA (SCD). W wyniku tej reakcji powstaje kluczowy enzym w syntezie nienasyconych kwasów tłuszczowych, regulowany przez czynniki translacyjne i posttranslacyjne, co czyni go potencjalnym celem badań nad kontrolowaniem lipogenezy. Czynnikiem, który w dużym stopniu wywiera wpływ na ekspresję SCD jest skład paszy, bogaty np. w kwasy wielonienasycone (PUFA) obniża aktywność genu SCD. Martins (2012) udowodnił inhibicję SCD w wątrobie szczurów o 20% poprzez dostarczenie CLA w ich diecie.

Najlepiej poznana forma SCD1 wykazuje największą ekspresję w tkance tłuszczowej, wątrobie i gruczołach łojowych (Smith 1994). Wyniki badań Ntambiego i in. (1988) nad ekspresją genów w linii komórek mysich preadipocytów 3T3-L1 potwierdziły obecność sekwencji SCD1 i wykazały największy udział tego genu w syntezie kwasów tłuszczowych w tych komórkach. Jego ekspresja jest regulowana przez hormonalne i pokarmowe czynniki, takie jak SREBP-1c, ChREBP i LXR (Aljohani i in. 2017). Według Aljohaniego i in. (2017) kwas oleinowy jest głównym produktem SCD1 i stanowi prawie 45% puli wolnych kwasów tłuszczowych w ludzkich komórkach tłuszczowych. Do funkcji kwasu oleinowego należy

zaliczyć m.in. utrzymanie stałości ciepłoty ciała u ssaków oraz zachowanie płynności błon biologicznych (Manabu i in. 2004).

Przemiana struktury chemicznej kwasów tłuszczowych ma ogromne znaczenie dla jakości dietetycznej i kulinarnej surowca mięsnego. W pracy podjęto się próby określenia wartości dietetycznej i wpływu aktywności desaturaz na profil kwasów tłuszczowych. Wyniki tej analizy mogą w dalszej kolejności zostać wykorzystane w pracach nad modyfikowaniem jakości mięsa wołowego.



Rycina 1. Desaturacja stearylo-CoA przez SCD (Guillou 2010, po modyfikacji własnej)

Figure 1. Desaturation of stearyl-CoA by SCD (Guillou 2010, with author's modification)

2. Cel i zakres przeprowadzonego doświadczenia

W celu oszacowania jakości dietetycznej mięsa wołowego w trzech różnych wędzarkach mięsa (antrykocie, łopatkę i rostbiefie) pobranych od bydła rzeźnego oznaczono:

1. ilościowo profil kwasów tłuszczowych,
2. zależności między indeksami desaturaz a wybranymi kwasami tłuszczowymi.

3. Materiał badawczy

Badaniami objęto trzydzieści sześć sztuk buhajków z dziewięćdziesięcioprocentowym udziałem genów bydła rasy Limousine, pochodzących z systemu produkcji ekstensywnej, w którym stosowano wypas pastwiskowy całoroczny. W trakcie

opasu zwierzęta były żywione ekstensywnie z dwoma sezonami pastwiskowymi. Ubój miał miejsce w trzydziestym miesiącu życia, po uzyskaniu końcowej masy ciała wynoszącej 500 kg. Materiał badawczy stanowiły fragmenty trzech wyrębów z każdej tuszy, kolekcjonowane po przeprowadzonym uboju, wychłodzeniu i rozbiorze:

1. mięsień podgrzebieniowy łopatki (łac. *m. infraspinatus*),
2. antrykot (łac. *m. longissimus thoracis*),
3. rosbef z części tylnej (łac. *m. longissimus lumborum*).

Materiał pobierano do zakodowanych opisem woreczków foliowych, które zamknięto próżniowo i zamrożono w temperaturze -20°C , do momentu przeprowadzenia analiz.

3.1. Metody analityczne

Po rozmrożeniu próbek mięsa w temperaturze pokojowej zmielono je dokładnie przy użyciu maszynki do mielenia mięsa i sitek o cienkich oczkach. Następnie przeprowadzono:

(1) ekstrakcję tłuszczu ze zmielonych tkanek mięsnych metodą referencyjną (Folch i in. 1957).

Transmetylację kwasów tłuszczowych do ich estrów metylowych przeprowadzono według wewnętrznej procedury Laboratorium Oceny Jakości Mleka i Mięsa Katedry Hodowli Zwierząt Instytutu Nauk o Zwierzętach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (KHZ INZ SGGW). Transmetylacja jednostopniowa miała na celu upochodnienie kwasów tłuszczowych do estrów metylowych kwasów tłuszczowych EMKT (ang. *fatty acid methyl ester*, FAME), ponieważ tylko w takiej formie można je ilościowo oznaczać za pomocą kapilarnej chromatografii gazowej. Wyekstrahowany za pomocą metody Folcha tłuszcz w ilości 50 mg przeniesiono do szklanej ampułki o pojemności 5 ml. Następnie dodano 1 ml izooktanu i wymieszano na wortexie do całkowitego rozpuszczenia. W dalszej kolejności dodano 2 ml 5-procentowego H_2SO_4 w MeOH. Kolejnym etapem było zmydlenie w obecności 2 ml 2-mol KOH w MeOH w temperaturze 70°C przez dwie godziny, co trzydzieści minut mieszając. Po rozdzieleniu się dwóch warstw zebrano górną do wiali chromatograficznej, po zakapslowaniu pod strumieniem inertnego gazu (N_2) przeprowadzono analizę chromatograficzną.

(2) Analizę profilu kwasów tłuszczowych z wykorzystaniem chromatografu gazowego Agilent typ 7890 A w mięsie przy zastosowaniu kalibracji zewnętrznej z wzorcami kwasów tłuszczowych Sigma-Aldrich przeprowadzono według metody Kuczyńskiej i in. (2015).

Aktywność SCD obliczono, używając wzoru podanego przez Bartońa i in. (2010):

$$SCD = \frac{C14:1 + C16:1 + C18:1 + CLA_{cis9,trans9}}{(C14:0 + C16:0 + C18:0 + C18:1 + C14:1 + C16:1 + C18:1 + CLA_{cis9,trans9})} \quad (1)$$

Wskaźnik aterogenny (IA) i trombogenny (IT) obliczono według formuł podanych przez Ulbrichta i Southgate (1991):

$$IA = (12:0 + 4 \times 14:0 + 16:0) / (MUFA + n - 3 + n - 6) \quad (2)$$

$$IT = \frac{12:0 + 16:0 + 18:0}{(0,5 \times MUFA) + (0,5 \times n - 6 PUFA) + (3 \times n - 3) + (n - 3 / n - 6)} \quad (3)$$

3.2. Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki zostały poddane analizie statystycznej przy użyciu programu IBM SPSS 25.0. Wykonano jednoczynnikową analizę wariancji, wykorzystując procedurę GLM oraz oszacowano współczynniki korelacji Pearsona między indeksami desaturaz a kwasami tłuszczowymi.

4. Wyniki

4.1. Wyznaczenie istotności zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w wybranych wyrębach mięsnych

W tabeli 1 przedstawiono zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych w trzech partiach mięsa pobranego od bydła rzeźnego.

Wyniki analizy profilu kwasów tłuszczowych wybranych partii wyrębów mięsnych wykazały istotne różnice między nimi dla każdego z nasyconych kwasów tłuszczowych. Spośród wszystkich kwasów nasyconych (SFA) najwyższe poziomy wykazano dla kwasu palmitynowego (C16:0), kwasu stearynowego (C18:0) i kwasu mirystynowego (C14:0), które łącznie stanowią ponad 95% ich sumy. Mięso pochodzące z mięśnia podgrzebieniowego łopatki wyróżniało się najniższym poziomem SFA. Nie wykazano istotnych różnic w zawartości tych kwasów między rostbefem i antrykotem. Najwyższy poziom kwasu palmitynowego (27,45 g/100 g) wykazano w rostbefie, a najwyższy poziom kwasu stearynowego (19,45 g/100 g) w antrykocie.

Tabela 1. Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w wybranych wyrębach mięsnych**Table 1.** Least square means of the saturated fatty acids (SFA) content in selected meat cuts

Kwas Acid [g/100g]	Antrykot Entrecote	Łopátka Shoulder	Rostbef Short loin	SEM
C6:0	0,007 ^{Ab}	0,022 ^{Ac}	0,014 ^{bc}	0,002
C8:0	0,026 ^{AB}	0,018 ^A	0,017 ^B	0,001
C10:0	0,061 ^a	0,056 ^{aB}	0,062 ^B	0,001
C12:0	0,073 ^{aB}	0,079 ^{aC}	0,085 ^{BC}	0,002
C14:0	2,596 ^A	2,835 ^{AB}	2,689 ^B	0,035
C15:0	0,511 ^{Ab}	0,567 ^{AC}	0,469 ^{bc}	0,013
C16:0	26,313 ^A	26,045 ^B	27,447 ^{AB}	0,209
C17:0	1,113 ^{AB}	1,254 ^{AC}	0,868 ^{BC}	0,025
C18:0	19,446 ^{AB}	17,607 ^A	18,108 ^B	0,263
C22:0	0,021 ^A	0,022 ^B	0,035 ^{AB}	0,003
ΣSFA	50,166 ^A	48,504 ^{Ab}	49,794 ^b	0,381

Objaśnienia do tabel 1–4 / Key to tables 1–4:

a, b, c średnie w wierszu oznaczone małą literą w indeksie górnym różnią się istotnie ($p < 0,05$)

a, b, c mean values in the row marked with a lowercase letter in superscript differ significantly ($p < 0,05$)

A, B, C średnie w wierszu oznaczone dużą literą w indeksie górnym różnią się istotnie ($p < 0,01$)

A, B, C mean values in the row marked with a capital letter in superscript differ significantly ($p < 0,01$)

SEM – standardowy błąd pomiaru

SEM – the standard error of the measurement

ΣSFA – suma nasyconych kwasów tłuszczowych

ΣSFA – total saturated fatty acids

W tabeli 2 przedstawiono porównanie zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) z podziałem na wyręby. W przypadku sumy kwasów jednonienasyconych nie wykazano istotnych różnic między próbami. Zawartość kwasu oleinowego (C18:1) nie różniła się statystycznie między grupami i stanowiła zdecydowaną większość (ponad 85% sumy MUFA). Kolejnym produktem

SCD był kwas palmitoleinowy (C16:1), którego najwyższa zawartość występowała w łopatce (3,48 g/100 g). Nie odnotowano istotnych różnic w tym zakresie między antrykotem i rostbefe. Wysoce istotne różnice pomiędzy trzema partiami wykazano w przypadku zawartości kwasu mirystoleinowego (C14:1). Najwyższe stężenie C14:1 zaobserwowano w łopatce. Najwyższym poziomem kwasu tetrakozainowego (C24:1) wyróżniał się antrykot.

Tabela 2. Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) w wybranych wyrębach mięsnych

Table 2. Least square means of the monounsaturated fatty acids (MUFA) content in selected meat cuts

MUFA	Antrykot Entrecote	Łopatka Shoulder	Rostbef Short loin	SEM
C14:1 [c9]	0,350 ^{AB}	0,424 ^{AC}	0,287 ^{BC}	0,011
C15:1	0,313 ^{aB}	0,342 ^{aC}	0,243 ^{BC}	0,009
C16:1 [c9]	2,731 ^A	3,485 ^{AB}	2,796 ^B	0,091
C17:1	0,633 ^A	0,780 ^{AB}	0,628 ^B	0,019
C18:1 [t6-11]	1,924 ^{aB}	1,605 ^{aC}	1,164 ^{BC}	0,086
C18:1 [c9]	38,431	38,276	38,629	0,453
C20:1 [c9]	0,039	0,032	0,036	0,003
C24:1 [c15]	0,059 ^{AB}	0,039 ^{AC}	0,019 ^{BC}	0,004
ΣMUFA	44,480	44,983	43,803	0,459

Objaśnienia / Table key:

ΣMUFA – suma jednonienasyconych kwasów tłuszczowych

ΣMUFA – total monounsaturated fatty acids

Analiza chromatograficzna wykazała istotne różnice ($p < 0,05$) między rostbefe a pozostałymi grupami badawczymi, suma kwasów wielonienasyconych w rostbefe wynosiła łącznie 6,859 g / 100 g wszystkich kwasów tłuszczowych (tab. 3). W kształtowaniu się zawartości kwasu eikozapentaenowego EPA (C22:5 n-3) wykazano istotne różnice między grupami. Największa zawartość EPA była obserwowana w antrykocie (0,185 g / 100 g). Największą zawartość kwasu arachidonowego (C20:4 n-6) stwierdzono w rostbefe (0,692 g / 100 g). Najwyższą zawartość prekursora kwasów rodziny omega-3, kwasu α-linolowego (C18:3n3) wykazano w łopatce, która wyniosła 0,475 g / 100 g, a więc średnio o 30% więcej

niż w pozostałych grupach. Natomiast w przypadku prekursora kwasów omega-6, kwasu linolowego (C18:2 n-6), najwyższą wartość zmierzono w mięsie pobranym z rostbefu. Najniższą zawartość kwasu CLA wykazano w antrykocie (0,910 g / 100 g), pozostałe dwie grupy nie różniły się istotnie statystycznie. Kwas dokozaheksaenowy (C22:6 n-3) nie wykazywał ważnych rozbieżności statystycznych pomiędzy grupami.

Tabela 3. Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w wybranych wyrębach mięsnych

Table 3. Least square means of the polyunsaturated acids (PUFA) content in selected meat cuts

PUFA	Antrykot Entrecote	Łopátka Shoulder	Rostbef Short loin	SEM
C18:2n6	3,925	3,842 ^a	4,312 ^a	0,149
CLA [c9,t10]	0,910 ^A	1,044 ^A	1,007	0,034
C18:3 n-3	0,360 ^A	0,475 ^{Ab}	0,385 ^b	0,021
C18:3 n-6	0,021	0,019	0,018	0,001
C20:3 n-3	0,041 ^a	0,060 ^a	0,043	0,006
C20:3 n-6	0,080 ^A	0,073 ^B	0,116 ^{AB}	0,005
C20:4 n-6	0,290 ^{AB}	0,453 ^{AC}	0,692 ^{BC}	0,034
C20:5 n-3	0,082 ^A	0,080 ^B	0,158 ^{AB}	0,006
C22:5 n-3	0,177 ^{aB}	0,139 ^{ac}	0,107 ^{Bc}	0,011
C22:6 n-3	0,021	0,019	0,020	0,002
Σn-3	0,680 ^A	0,773 ^A	0,714	0,023
Σn-6	4,315 ^A	4,387 ^B	5,138 ^{AB}	0,174
ΣPUFA	5,906 ^A	6,203 ^b	6,859 ^{Ab}	0,071

Objaśnienia / Table key:

ΣPUFA – suma wielonienasyconych kwasów tłuszczowych

ΣPUFA – total polyunsaturated fatty acids

Σn-3 – suma kwasów z rodziny omega-3

Σn-3 – total acids of the omega-3 family

Tabela 4. Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) określonych indeksów w wybranych wyrębach mięsnych**Table 4.** Least square means of the specific indexes in selected meat cuts

	Antrykot Entrecote	Łopatka Shoulder	Rostbif Short loin	SEM
D9DC14	11,9 ^{AB}	13,0 ^{AC}	9,6 ^{BC}	0,264
D9DC16	9,4 ^A	11,8 ^{AB}	9,2 ^B	0,269
D9DC18	66,4 ^{Ab}	68,5 ^A	68,1 ^b	0,499
D9DCLA	32,3 ^{aB}	40,3 ^a	46,6 ^B	1,911
SCD	45,8 ^a	47,3 ^a	46,4	0,459
D6D18:2 n-6	0,5 ^a	0,5	0,4 ^a	0,031
D5D20:3 n-6	77,9 ^{Ab}	85,4 ^A	85,5 ^b	0,983
IA	0,745	0,748	0,772	0,011
IT	1,822 ^a	1,712 ^{ab}	1,806 ^b	0,028
ΣUFA	50,662	51,186	50,662	0,455
SFA/UFA	0,997 ^a	0,949 ^a	0,984	0,018
n-6/n-3	6,379	5,686 ^A	7,464 ^A	0,418
PUFA/SFA	0,118 ^A	0,128	0,138 ^A	0,005

Objaśnienia / Table key:

D9DC14 = C14:1/(C14:0 + C14:1)*100

D9DC16 = C16:1/(C16:0 + C16:1)*100

D9DC18 = C18:1/(C18:0 + C18:1)*100

D9DCLA = CLA/(C18:1 t6-11 + CLA)*100

SCD = (C14:1 + C16:1 + C18:1 + CLA)/

(C14:0 + C14:1 + C16:0 + C16:1 + C18:0 + C18:1 + C18:1 t6-11 + CLA)*100

D6D18:2 n-6 = C18:3 n-6/(C18:3 n-6 + C18:2 n-6)

D5D20:3 n-6 = C20:4 n-6/(20:4 n-6 + C20:3 n-6)

IA – wskaźnik aterogeny

IA – atherogenic index

IT – wskaźnik trombogenny

IT – thrombogenic index

ΣUFA – suma nienasyconych kwasów tłuszczowych

ΣUFA – total unsaturated fatty acids

Wyniki przedstawionych w tabeli 4 indeksów dla wybranych partii mięśni były zróżnicowane. W przypadku łopatki stosunek kwasów nasyconych do nienasyconych (SFA/UFA) był najniższy (0,949), co jest wynikiem aktywności desaturaz Δ^9 . Zaobserwowano najwyższą wartość indeksów C14 i C16 spośród wszystkich trzech grup. Stosunek kwasów ω -6 do ω -3 w przypadku łopatki był najniższy. Ponadto ta część wyrębu wyróżniała się najkorzystniejszą wartością dla wskaźnika trombogenicznego (1,712). W przypadku antrykotu i rostbefu nie wykazano statystycznych różnic w stosunku kwasów nasyconych do nienasyconych (SFA/UFA) oraz n-6 do n-3. Wartości wskaźników aterogennego i trombogenicznego również nie różniły się istotnie dla tych części wyrębu. Najniższy istotny indeks CLA, C18 i D5D stwierdzono w antrykocie. Estymowana aktywność SCD różniła się istotnie ($p < 0,05$) w przypadku antrykotu i łopatki, wyższą wartość oszacowano dla łopatki – 47,3 niższą zaś dla antrykotu – 45,8. Nie odnotowano różnicy statystycznie istotnej dla rostbefu, dla którego aktywność SCD wynosiła 46,4.

4.2. Zestawienie współczynników korelacji między indeksami desaturacji a kwasami tłuszczowymi

W tabeli 5 przedstawiono korelacje między teoretycznymi aktywnościami desaturaz a wybranymi kwasami tłuszczowymi.

W celu dokonania oceny hipotetycznej aktywności desaturaz sprawdzono korelacje między wybranymi indeksami a kwasami tłuszczowymi, które stanowiły składową desaturaz (tab. 6). Jeżeli stwierdzono dodatnią korelację liniową dla produktu oraz ujemną korelację dla substratu, to hipoteza o aktywności została potwierdzona. Wartość bezwzględna współczynnika korelacji stanowi o udziale desaturazy na poszczególne substraty. Najwyższą zależność wykazano w przypadku D9DC18, odpowiednio dla C18:0 $r^2 = 0,908$ ($p < 0,01$) i dla C18:1 $r^2 = 0,731$ ($p < 0,01$). W przypadku D9DC16 otrzymano następujące wartości współczynników korelacji Pearsona: dla C16:0 $r^2 = 0,979$ ($p < 0,01$) i dla C16:1 $r^2 = -0,408$ ($p < 0,05$), dla D9C14 nie dowiedziono istotnego związku z zawartością kwasu C:14 i C14:1. Dla indeksu D9DCLA wykazano korelacje dla obu kwasów odpowiednio C:18:1 t6-11 $r^2 = -0,930$ ($p < 0,01$) oraz CLAc9t10 $r^2 = 0,664$ ($p < 0,01$). W przypadku desaturaz odpowiedzialnych za przekształcanie kwasów PUFA wykazano istotne korelacje między substratem i produktem tylko w przypadku D6C18:3n-6.

Tabela 5. Współczynniki korelacji między indeksami desaturacji a kwasami tłuszczowymi
Table 5. Correlation coefficients between desaturation indexes and fatty acids

	C14:0	C14:1 [c9]	C16:0	C16:1 [c9]	C18:0	C18:1 [c9]	C18:1t6-11	CLA [c9,t10]	C18:2 n-6	C18:3 n-6	C20:3 n-6	C20:4 n-6
D9DC14	0,344*	0,957**	-0,577**	0,538**	-0,143	-0,102	0,433**	0,150	-0,178	-0,019	-0,682**	-0,452**
D9DC16	0,533**	0,704**	-0,408*	0,979**	-0,658**	0,180	-0,229	0,390*	-0,322	0,030	-0,376*	-0,110
D9DC18	0,166	0,128	-0,226	0,568**	-0,908**	0,731**	-0,503**	0,136	-0,282	-0,178	0,119	0,110
D9DCLA	0,280	-0,133	0,405*	0,446**	-0,568**	0,137	-0,930**	0,664**	0,204	-0,042	0,430**	0,661**
SCD	0,014	0,199	-0,506**	0,579**	-0,751**	0,830**	-0,364*	0,148	-0,441**	-0,107	0,015	-0,064
D6D18:2	0,008	0,073	-0,229	0,216	0,081	0,287	0,132	-0,077	-0,610**	0,831**	-0,271	-0,482**
D5D20:3	0,361*	0,085	0,233	0,328	-0,456**	-0,231	-0,443**	0,491**	0,394*	-0,174	-0,038	0,764**

Objaśnienia / Table key:

Pogrubioną czcionką zaznaczono wybrane istotne korelacje.

Selected correlations are highlighted in bold.

* korelacja istotna $p < 0,05$

* significant correlation $p < 0,05$

** korelacja wysoce istotna $p < 0,01$

** highly significant correlation $p < 0,01$

D9DC14 = $C14:1/(C14:0 + C14:1)^*100$

D9DC16 = $C16:1/(C16:0 + C16:1)^*100$

D9DC18 = $C18:1/(C18:0 + C18:1)^*100$

D9DCLA = $CLA/(C18:1 \text{ t6-11} + CLA)^*100$

SCD = $(C14:1 + C16:1 + C18:1 + CLA)/$

$(C14:0 + C14:1 + C16:0 + C16:1 + C18:0 + C18:1 + C18:1 \text{ t6-11} + CLA)^*100$

D6D18:2 n-6 = $C18:3 \text{ n-6}/(C18:3 \text{ n-6} + C18:2 \text{ n-6})$

D5D20:3 n-6 = $C20:4 \text{ n-6}/(20:4 \text{ n-6} + C20:3 \text{ n-6})$

Tabela 6. Współczynniki korelacji między indeksami desaturaz a wybranymi parametrami
Table 6. Correlation coefficients between desaturase indexes and selected parameters

	D9DC14	D9DC16	D9DC18	D9DCLA	SCD	D6D18:2 n-6	D5D20:3 n-6	IA	IT	MUFA/SFA	PUFA/SFA
D9DC14	–	0,621**	0,071	–0,278	0,207	0,081	–0,053	–0,278	–0,341*	0,308	–0,134
D9DC16		–	0,573**	0,330*	0,641**	0,247	0,270	–0,266	–0,638**	0,588**	0,023
D9DC18			–	0,474*	0,930**	0,065	0,227	–0,499**	–0,873**	0,851**	0,147
D9DCLA				–	0,362*	–0,069	0,493**	0,193	–0,197	0,102	0,547**
SCD					–	0,200	0,089	–0,731**	–0,954**	0,960**	0,007
D6D18:2 n-6						–	–0,301	–0,187	–0,121	0,259	–0,582**
D5D20:3 n-6							–	0,224	–0,129	–0,059	0,646**

Objaśnienia / Table key:

Pogrubioną czcionką zaznaczono wybrane istotne korelacje.

Selected correlations are highlighted in bold.

* korelacja istotna $p < 0,05$

* significant correlation $p < 0,05$

** korelacja wysoce istotna $p < 0,01$

** highly significant correlation $p < 0,01$

D9D C14 = $C14:1/(C14:0 + C14:1) \cdot 100$

D9D C16 = $C16:1/(C16:0 + C16:1) \cdot 100$

D9D C18 = $C18:1/(C18:0 + C18:1) \cdot 100$

D9D CLA = $CLA/(C18:1 \text{ t6-11} + CLA) \cdot 100$

SCD = $(C14:1 + C16:1 + C18:1 + CLA)/$

$(C14:0 + C14:1 + C16:0 + C16:1 + C18:0 + C18:1 + C18:1 \text{ t6-11} + CLA) \cdot 100$

D6D18:2 n-6 = $C18:3 \text{ n-6}/(C18:3 \text{ n-6} + C18:2 \text{ n-6})$

D5D20:3 n-6 = $C20:4 \text{ n-6}/(C20:4 \text{ n-6} + C20:3 \text{ n-6})$

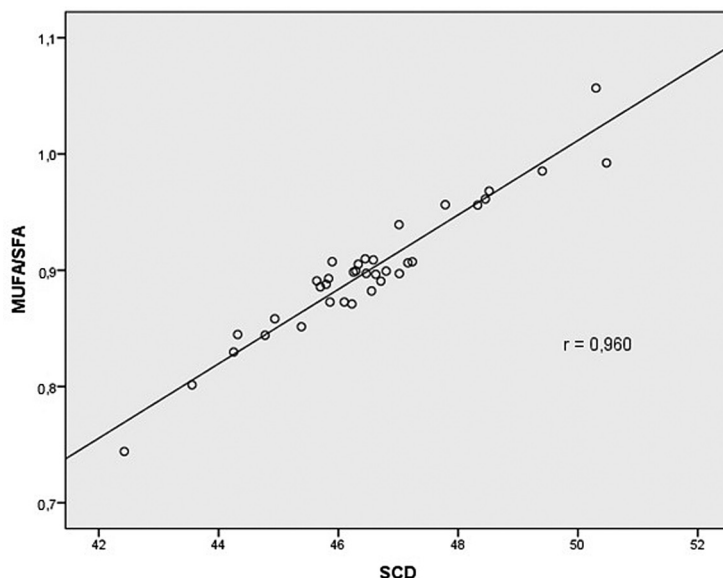
PUFA/SFA – stosunek wielonienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych kwasów tłuszczowych

PUFA/SFA – ratio of polyunsaturated fatty acids to saturated fatty acids

MUFA/SFA – stosunek jednonienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych kwasów tłuszczowych

MUFA/SFA – ratio of monounsaturated fatty acids to saturated fatty acids

W celu określenia preferencji substratowej estymowanej aktywności desaturazy SCD zbadano korelacje między SCD a wybranymi indeksami. Korelacja między SCD a indeksem D9D C18 była wysoka ($r^2 = 0,93$, $p < 0,01$). Niższe wartości, ale także istotne, uzyskano dla indeksu D9D C16 ($r^2 = 0,64$, $p < 0,01$). Natomiast w przypadku korelacji SCD z D9D CLA i D9D C14 wykazano słabsze zależności, odpowiednio $r^2 = 0,362$, $p < 0,05$ i $r^2 = 0,207$, $p < 0,05$.



Rycina 2. Zależność stosunku MUFA/SFA od aktywności SCD (opracowanie własne)
Figure 2. Correlation between MUFA/SFA ratio and SCD activity (own study)

Wykazany współczynnik korelacji SCD do stosunku MUFA/SFA jest prawie pełny ($r^2 = 0,960$, $p < 0,01$), nie stwierdzono natomiast korelacji SCD z PUFA/SFA (ryc. 2).

5. Dyskusja

Do głównych cech określających wartość mięsa należy zaliczyć zawartość i skład jakościowy lipidów. W badaniu uwzględniono profil kwasów tłuszczowych występujących w tłuszczu śródmięśniowym w poszczególnych wyrębach kulinarnych wołowiny. Za kluczowe czynniki kształtujące różnorodność i poziom określonych kwasów tłuszczowych przyjęto enzymy związane z retikulum endoplazmatycznym – desaturazy. Kwas oleinowy (C:18:1 cis Δ^9), który stanowi główny produkt aktyw-

ności desaturazy stearylo-CoA, wynosił prawie 40% całej zawartości kwasów tłuszczowych w mięsie. Hwang i in. (2017) wykazali, że istnieje istotna zależność między zawartością kwasu oleinowego a smakiem, soczystością, kruchością oraz ogólną smakowitością mięsa. Na tę zależność wpływa temperatura topnienia kwasów tłuszczowych – im więcej wiązań nienasyconych, tym temperatura topnienia jest niższa. Termin marmurkowatość opisuje ilość widocznej tkanki tłuszczowej przerastającej mięso w postaci białych żyłek. Marmurkowaty tłuszcz zawiera więcej kwasu oleinowego i mniej kwasu stearynowego niż tkanka tłuszczowa podskórna (Wood i in. 2008). Co ważne, kwas oleinowy pełni funkcję antyoksydacyjną, zwłaszcza w przypadku kwasów PUFA, oraz jest odpowiedzialny za redukcję cholesterolu i wykazuje właściwości przeciwnowotworowe (Rembiałkowska i Badowski 2012).

Dostępne w literaturze przedmiotu wyniki badań z zakresu oceny aktywności desaturaz przez indeksy są sporne. W niektórych badaniach wykazano, że w przypadku stosowania różnych form żywienia zwierząt indeksy desaturazowe nie odzwierciedlają aktywności enzymatycznej desaturaz (Archibeque i in. 2005). Tezę tę potwierdziły także doświadczenia, w których wykorzystywano jeden rodzaj paszy, co uczyniono również w niniejszym badaniu. Zgodnie z innymi analizami zadawanie opasom różnych rodzajów i form ziaren (m.in. całych nasion bawełny, mielonych ziaren kukurydzy i siemienia lnianego oraz całych ziaren sorgo) przyczynia się do tego, że indeksy desaturazowe nie oddają w pełni endogennej aktywności enzymatycznej desaturaz (Archibeque i in. 2005). Natomiast na skutek uzupełniania dawek paszy dla opasów wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi, np. kwasem alfa-linolenowym C18:3 n-3, wzrasta aktywność SCD, co wyraża się zwiększonym poziomem kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w tkankach mięśniowych i obniżeniem stosunku kwasów n-6 do n-3 (Herdman i in. 2010).

Wyniki analizy statystycznej przeprowadzonej na podstawie oszacowanych współczynników korelacji Pearsona wskazują na istotne zależności w zakresie wpływu aktywności desaturaz na parametry jakości mięsa przez modyfikację zawartości puli kwasów tłuszczowych. Analiza efektów międzyblokowych modelu GLM wykazała brak istotnej ($p > 0,05$) aktywności SCD w grupach badawczych, co pozwala w tym przypadku na rozpatrzenie prób jako niezależnych. Odnotowano dodatnie istotne korelacje aktywności SCD z kwasem palmitoleinowym C16:1 ($r^2 = 0,58$, $p < 0,01$) i kwasem oleinowym C18:1 ($r^2 = 0,83$, $p < 0,01$) oraz ujemne istotne korelacje z kwasem palmitynowym C16:0 ($r^2 = -0,51$, $p < 0,01$) i kwasem stearynowym C18:0 ($r^2 = -0,75$, $p < 0,01$). Kwasy oleinowy i palmitooleinowy stanowią ponad 90% całej puli kwasów jednonienasyconych w mięśniach (Webb 1998, Pestana 2012), czego wynikiem jest prawie pełna korelacja ($r^2 = 0,960$, $p < 0,01$) między SCD a stosunkiem MUFA/SFA. Podobne wyniki uzyskano również w badaniach Smitha (2006).

W celu dokonania oceny wpływu genotypu na aktywność desaturazy wykonano badania identyfikacji polimorfizmu genu SCD1 dla bydła rasy: Fleckvieh i wyko-

nano analizę profilu kwasów tłuszczowych (Barton i in. 2010). Barton i in. (2010) wykazali największą różnicę ze względu na polimorfizm w aktywności SCD w stosunku do syntezy kwasów mirystynowego (C14:0) i mirystoleinowego (C14:1). W badaniach własnych wykazano również wysoce istotne różnice ($p < 0,01$) w indeksie D9C14 między grupami badawczymi. Należy też zauważyć, że nie dowiedziono zależności między indeksem D9C14 a indeksem SCD, co sugeruje o randze wpływu genotypu na aktywność SCD. Wskazane wydaje się wobec tego wykonanie dodatkowych badań genetycznych w celu potwierdzenia wykazanych zależności.

W niniejszej pracy analizie poddano różne partie mięsa, zawierające różne typy mięśni o określonej budowie histologicznej. W ten sposób uwzględniono czynniki znaczące dla potencjalnych konsumentów wołowiny. W badaniu przeprowadzonym przez Costę i in. (2008) nie wykazano różnic między profilem histologicznym włókien mięśniowych a pulą kwasów tłuszczowych.

W badaniu własnym użyto parametru oceniającego ryzyko związane z przyjmowaniem w negatywnych proporcjach kwasów tłuszczowych. Ocenie poddano zwłaszcza pulę nasyconych kwasów tłuszczowych (ang. *saturated fatty acids*, SFA) ze względu na ich niekorzystne oddziaływanie na zmiany w układzie krwionośnym związane z wzrostem frakcji cholesterolu LDL w surowicy. Nie wykazano istotnych ($p > 0,05$) różnic między wartościami wskaźnika aterogennego (AI), inaczej zwanego miażdżycorodnym, dla wyodrębnionych wyrębów mięsnych. Średnia wartość tego parametru dla wszystkich trzech prób osiągnęła 0,75. Jako że prozdrowotna wartość powinna wynosić < 2 , można uznać skład kwasów tłuszczowych w badanym mięsie za dietetycznie dobroczynny. Wykazano istotną ujemną korelację między SCD a AI ($r^2 = -0,731$, $p < 0,01$). Drugim parametrem, który obliczono, był wskaźnik trombogenny, związany z powstawaniem zakrzepów prowadzących m.in. do zawału serca i udaru mózgu. Najkorzystniejszą wartość (1,71) stwierdzono w przypadku łopatki, nie odnotowano natomiast istotnych różnic między rostbefem i antrykotem (odpowiednio: 1,82 i 1,81). Ocenia się, że wartość wskaźnika trombogenego nie powinna przekraczać wartości równej 2,5. Na tej podstawie można więc wywnioskować, że wszystkie trzy partie mięsa nie mają negatywnego wpływu na układ krwionośny.

Współczynnik korelacji między SCD a TI wynosił $r^2 = -0,954$ ($p < 0,01$), co stanowi dodatkowy dowód na istotną zależność między aktywnością SCD i jakością dietetyczną, a nawet prozdrowotną badanej wołowiny. Omówione wyniki dowodzą ujemnej zależności między aktywnością SCD a wskaźnikami aterogennym i trombogennym. Świadczy to o wpływie aktywności SCD na właściwości dietetyczne mięsa wołowego.

Ważnym czynnikiem, który charakteryzuje jakość prozdrowotną mięsa jest proporcja PUFA/SFA. Jej wartość była utrzymana na bardzo korzystnym poziomie 0,138 w rostbefie. Zalecana przez Wooda i in. (2004) wartość tego parametru wynosi powyżej 0,4. Kolejnym istotnym elementem jest stosunek kwasów z rodzin

n-6 i n-3. W tym badaniu współczynnik proporcji wyniósł najmniej 5,686 w łopacie. Zalecany współczynnik prozdrowotny powinien być zbliżony do wartości < 4 (Wood i in. 2004). Wyniki badań dowodzą, że chów pastwiskowy lub z wykorzystaniem traw w porównaniu z chowem, w którym do żywienia bydła opasowego stosuje się zboża, zwiększa znacząco w mięsie ilość kwasów omega-3, CLA i TVA (Daley 2010). Również wprowadzenie do diety zwierząt oleju lnianego poprawia zawartość kwasów n-3 (Wood i in. 2004). Wadą zwiększania ilości kwasów tłuszczowych PUFA jest wzrost oksydacji kwasów, który prowadzi do spadku ich jakości kulinarnej.

Zawartość CLA w wołowinie decyduje o jej prozdrowotnych właściwościach na organizm konsumenta. Kwas ten powstaje w wyniku izomeryzacji oraz biohydrogenacji kwasu linolowego lub/i α -linolenowego w żwaczu, a także jako szlak endogenny w wyniku desaturacji kwasu trans-wakceniowego do kwasu CLA c9,t11 przez SCD. W przeprowadzonym badaniu nie wykazano istotnego ($p > 0,05$) wpływu CLA c9,t11 na aktywność SCD, co jest właściwością innego izomeru CLA c10,t11, którego w niniejszej pracy nie analizowano.

Rodziny kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 stanowią grupę związków należących do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Odpowiadają one m.in. za funkcje błon komórkowych i należą do prekursorów związków sygnałowych, takich jak hormony, podobnie jak wszystkie kwasy nienasycone podlegają one modyfikacjom przez desaturazy i elongazy. Aktywność desaturazy D6 w tym badaniu została obliczona przez stosunek kwasu α -linolenowego (C18:3 n-3) do sumy kwasów gamma-linolenowego (C18:3 n-6) i linolowego (C18:2 n-6). W proporcji kwasów PUFA/SFA otrzymano istotną ujemną zależność ($r^2 = -0,582$, $p < 0,01$).

Wyniki badań Manabu (2004) dowodzą inhibicji aktywności desaturaz, w tym desaturazy D6, przez kwasy PUFA, co w tym przypadku jest mechanizmem zwrotnym hamującym. Drugim sposobem na wytłumaczenie powyższej zależności może być wynik pracy Warrena i in. (2008). Badania tego zespołu dotyczyły porównania zmienności profilu kwasów tłuszczowych w czasie. Autorzy wykazali, że zawartość kwasów tłuszczowych tworzących fosfolipidy, czyli głównie kwasów PUFA, nie ulega znaczącej zmianie w czasie w porównaniu z zawartościami kwasów MUFA w postaci triacylogliceroli w komórkach tłuszczowych, przez co obniżeniu ulega zawartość kwasów PUFA w czasie życia.

6. Podsumowanie

W doświadczeniu nie wykazano różnic między estymowaną aktywnością SCD a badanymi wyrębami tuszy wołowej. Aktywność desaturazy stearylo-CoA wyrażona przez indeksy desaturazowe była wprost proporcjonalna do zawartości

kwasów jednonienasyconych. Najbardziej preferowanym substratem był kwas stearynowy i oleinowy. Najwyższą zależność wykazano w przypadku D9D C18, odpowiednio dla C18:0 $r^2 = 0,908$ ($p < 0,01$) i dla C18:1 $r^2 = 0,731$ ($p < 0,01$). Indeksy desaturazowe D5 i D6 nie wykazały zależności prostoliniowych, ich aktywność prawdopodobnie podlegała szeregom mechanizmów, których analiza wymaga podjęcia kolejnych badań. Wykazano natomiast zależność prostoliniową ujemną między aktywnością SCD a wskaźnikami aterogenności i trombogenności. Mięso przeżuwaczy, a w szczególności wołowina, jest cennym źródłem unikatowych sprzężonych dienów kwasu linolowego, głównie izomeru CLA o konfiguracji c9,t11. Łopatka okazała się najlepszym elementem wyrębu pod względem wartości dietetycznej, wyróżniając się najwyższą zawartością CLA na poziomie 1,050 g / 100 g

7. Literatura

- Aljohani A.M., Syed D.N., Ntambi J.M. 2017. Insights into stearoyl-CoA Desaturase-1 regulation of systemic metabolism. *Trends Endocrinol. Metabol.*, 28(12), 831–842.
- Archibeque S.L., Lunt D.K., Gilbert C.D., Tume R.K., Smith S.B. 2005. Fatty acid indices of stearoyl-CoA desaturase do not reflect actual stearoyl-CoA desaturase enzyme activities in adipose tissues of beef steers finished with corn-, flaxseed-, or sorghum-based diets. *J. Anim. Sci.*, 83(5), 1153–1166.
- Bartoň L., Kott T., Bureš D., Řehák D., Zahradková R., Kottová B. 2010. The polymorphisms of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) and sterol regulatory element binding protein-1 (SREBP-1) genes and their association with the fatty acid profile of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls. *Meat Sci.*, 85(1), 15–20.
- Costa P., Roseiro L.C., Bessa R.J.B., Padilha M., Partidário A., Marques de Almeida J., Calkins C.R., Santos C. 2008. Muscle fiber and fatty acid profiles of Mertolenga-PDO meat. *Meat Sci.*, 78(4), 502–512.
- Daley C.A., Abbott A., Doyle P.S., Nader G.A., Larson S. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutr. J.*, 9–10.
- 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.
- Guillou H., Zadavec D., Martin P.G., Jacobsson A. 2010. The key roles of elongases and desaturases in mammalian fatty acid metabolism: Insights from transgenic mice. *Prog. Lipid Res.*, 49(2), 186–189.
- Herdmann A., Martin J., Nuernberg G., Dannenberger D., Nuernberg K. 2010. Dietary n-6 and n3 fatty acids alter the fatty acid composition of tissues and the fate of beneficial fatty acids during processing. 56th International Congress of Meat Science and Technology Proceedings, Korea.

- Hwang Y.H., Joo S.T. 2017. Fatty acid profiles, meat quality, and sensory palatability of grain-fed and grass-fed beef from Hanwoo, American, and Australian crossbred cattle. *Korean J. Food Sci. An.*, 37(2), 153–161.
- Kołczak T. 2008. Jakość wołowiny. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(56), 5–22.
- Kuczyńska B., Puppel K., Nałęcz-Tarwacka T., Czub M. 2015. Variation in the activity of stearoyl-CoA desaturase enzyme and endogenous precursors of unsaturated fatty acids in cow's milk during grazing season. *Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW. Anim. Sci.*, 54(1), 37–43.
- Martins S.V., Lopes P.A., Alves S.P. 2012. Dietary CLA combined with palm oil or ovine fat differentially influences fatty acid deposition in tissues of obese Zucker rats. *Lipids*, 47(1), 47–58.
- Nakamura M.T., Nara T.Y. 2004. Structure, function, and dietary regulation of $\Delta 6$, $\Delta 5$, and $\Delta 9$ desaturases. *Annu Rev. Nutr.*, 24, 345–376.
- Ntambi J.M., Buhrow S.A., Kaestner K.H. 1988. Differentiation-induced gene expression in 3T3-L1 preadipocytes. Characterization of a differentially expressed gene encoding stearoyl-CoA desaturase. *J. Biol. Chem.*, 263(33), 17291–17300.
- Ntambi J.M., Miyazaki M., Stoeck J.P. 2002. Loss of stearoyl-CoA desaturase-1 function protects mice against adiposity. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 99(17), 11482–11486.
- Pestana J.M., Costa A.S., Alves S.P. 2012. Seasonal changes and muscle type effect on the nutritional quality of intramuscular fat in Mirandesa-PDO veal. *Meat Sci.*, 90(3), 819–827.
- Pisula A., Suchenek M., Sasin M. 2012. Wołowina kulinarna. PZHiPBM, Warszawa.
- Rembialska E., Badowski M. 2012. Nutritional value of organic meat and potential human health response. *Org. Meat Prod. Proces.*, 239–255.
- Smith S. 1994. The animal fatty acid synthase: one gene, one polypeptide, seven enzymes. *The FASEB J.*, 8(15), 1248–1259.
- Smith S.B., Lunt D.K., Chung K.Y., Choi C.B., Tume R.K., Zembayashi M. 2006. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Anim. Sci. J.*, 77, 478–486.
- Ulbricht T.L.V., Southgate D.A.T. 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985–992.
- Warren H.E., Scollan N.D., Enser M., Hughes S.I., Richardson R.I., Wood J.D. 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci.*, 78(3), 256–269.
- Webb E.C. 1998. Effect of anatomical location on the composition of fatty acids in double-musled Belgian Blue cows. *Meat Sci.*, 50(1), 45–53.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci.*, 78(4), 343–358.
- Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.*, 66(1), 21–32.



Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish red breed cattle beef production

Konrad Wiśniewski & Beata Kuczyńska

To cite this article: Konrad Wiśniewski & Beata Kuczyńska (2022): Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish red breed cattle beef production, Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science, DOI: [10.1080/09064702.2022.2116100](https://doi.org/10.1080/09064702.2022.2116100)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/09064702.2022.2116100>



Published online: 18 Sep 2022.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 9



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

REVIEW



Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish red breed cattle beef production

Konrad Wiśniewski ^{a,b} and Beata Kuczyńska ^a

^aDepartment of Animal Breeding, Institute of Animal Science, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland; ^bPolish Association of Breeders and Producers of Beef Cattle, Warsaw, Poland

ABSTRACT

This review has described factors affecting a particular situation in Poland, current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish red cattle (PRC) as beef production. This knowledge may be an essential tool as part of strategic planning in this context. PRC are one of the few red cattle breeds indigenous in Europe. Several desirable features characterize them: high disease resistance, good health and fertility, longevity, the nutritional value of milk and meat and disadvantageous - very low milk productivity. Currently, by implementing the new - meat direction of PRC, breeders who keep this breed for dairy purposes do not experience problems with selling cattle suckers for further breeding for meat purposes, which is financially reasonable.

ARTICLE HISTORY

Received 17 February 2022
Accepted 9 August 2022

KEYWORDS

Implementation; beef; production; Polish red cattle

Introduction

The diversity of animal breeds used in agriculture is declining alarmingly. Until recently, over 6,000 species of livestock worldwide were adapted to a variety of environmental conditions (FAO, 2007; FAO, 2009; FAO, 2016). The data FAO (FAO, 2013) shows the extinction of many local breeds over the last 15 years. In Europe, half of the species that existed at the beginning of the twentieth century have become extinct, and a third of the remaining 770 breeds are in danger of disappearing during the next 20 years (Senczuk et al., 2020). Nevertheless, there are many native breeds of livestock in Poland, some of which are covered by programs to protect genetic resources. Currently, in 2020, 43 programs cover 83 species, varieties, lines, and families: cattle, horses, pigs, sheep, goats, laying hens, geese, ducks, fur animals and bees (including four breeds of cattle, seven breeds and types of horses, 15 sheep breeds, one goat breed, three pig breeds, 11 laying hen families, 14 goose breeds and ten duck families, five lines of bees and 13 species, varieties and types of fur animals). The cattle protection programs cover PRC used in two ways, dairy (approx. 2,500 animals) and, from 2017, also meat (approx. 1,000 animals); White-backed cattle that initially lived in the Narew and Biebrza river area; Polish Red and White cattle (occurring mainly in Małopolska and Lower Silesia, currently approx. 3,500 heads); and Polish Black and White cattle occurring throughout the country, but with the greatest

concentration in the north-eastern parts of Poland (currently approx. 1,500 heads) (Jakiel and Majewska, 2019; Instytut Zootechniki PIB, 2020).

At the beginning of the twentieth century, about 230 breeds of cattle in Western Europe, 70 of which are now extinct and another 53 are endangered. About 30 populations are included in the conservation breeding program (FAO, 2015). Native breeds are being replaced with modern varieties that produce more milk and achieve more significant weight gain. These current varieties consist of only a few highly specialized species, which have one purpose compared to the richness and diversity of the local breeds. The market situation regarding the use of animals is increasingly conducive to conserving biodiversity. Consumers are increasingly turning to organic or local products. As native species are unsuitable for extensive commercial breeding on a large scale, maintaining them became unprofitable for farmers as they moved beyond subsistence farming (Majewska, 2013; FAO, 2016). As increased disease incidence often accompanies increased animal productivity, protecting old, native animal breeds from extinction is essential. Native species have retained many valuable features, such as solid build, longevity, high fertility, easy calving, disease resistance, good product quality, low nutritional requirements, and an excellent ability to adapt to local conditions (Szarek et al., 2004; Topolski & Szymik, 2018; Wiśniewski, 2019). Since 1999, the PRC has been included in the genetic resources protection

program (Krupiński et al., 2017; Majewska, 2017). Initially, cows were selected for the protection program due to their phenotypic compliance with the breed pattern, and only then was their origin taken into account (Majewska, 2015). Over the following years, however, cows meeting the pedigree requirements set out in the program were admitted to the program to achieve the goal of genetic resources protection. This was achieved by maintaining the population of Polish Red cows, employing a dual-use approach suitable for breeding on family farms in sustainable agriculture conditions, and stabilizing the phenotypic and biological characteristics of Red cattle for meat (Gurgul et al., 2019).

In 2017, after long demands from breeders, the possibility was opened for PRC to be kept for meat. In the beginning, 27 herds and 396 cows qualified for beef's genetic resources protection program. By 2020, the dynamic development of the breed, along with interest from breeders, had led to a threefold increase in the number of cows and herds. PRC for meat purposes are kept throughout the territory of the Republic of Poland, with the most significant digits of livestock located in the north-eastern part of the country. Since PRC are not characterized by high milk yield (yielding only 3,520 kg of milk) (PFHBiPM, 2021), the trend towards meat production is an excellent alternative for preserving this breed. Until recently, it was still possible to observe low demands for young females of this breed for further breeding. By introducing the meat direction, breeders who keep this breed for dairy purposes now do not experience selling young heifers for further breeding for meat purposes (agri-environmental subsidies from Package 7 - Preservation of Endangered Genetic Resources of Animals in Agriculture). A payment of PLN 1,600 is made for each female of a given breed. However, the number in the herd must be at least four. In Poland, the native cattle breeds include Polish Red (1999), Polish White-backed (2003), Polish Red and White (2007), and Polish Black and White (2008) (Majewska, 2018; Majewska & Jakiel, 2019). Genetic resource protection programs cover nearly 9,000 cows, kept on over 800 farms (as of March 15, 2018). The project is coordinated by the National Research Institute of Animal Production in cooperation with entities that keep the breeding books for individual breeds (Polish Federation of Cattle Breeders and Milk Producers – Polish Red, Red White and Black White breeds; and the University of Life Sciences in Lublin – only the Polish White-Back breed). It should be strongly emphasized that the creation and functioning of the programs for the protection of genetic resources of cattle would not be possible without the commitment and dedication of entire generations of breeders (Majewska, et al. 2020).

History of the breed

Keller (1905) shows that the PRC comes from a prehistoric line of horned cattle (*Bos taurus brachyceros*). The PRC breeding tradition is very long. Red cattle probably ended up in Poland along with the migrations of people from Eastern Europe and Scandinavia. The spread of PRC with various shades of this color in Poland was connected with the population movements at the beginning of the sixteenth century. The valuable characteristics of PRC are related to the genetic adaptations of their ancestors and, among other things, constitute these cattle's great value in the preservation of biodiversity of the species. Holdefleiss proposed the name 'Polish red cattle' in 1897 and Adametz in 1901. In 1894, the Society of Polish Red Cattle Breeders in Western Galicia was established. A year later, the Red Cattle Breeders Association, which started keeping books for the cows and bulls of the Polish Red breed, organized some exhibitions, shows, and auctions. According to Adamczyk et al. (2008), the Red cattle breed was established in Poland, especially in the south, in the 1870s. The most important breeding stud farms were Kozy, established in 1883; Raba Wyżna and Limanowa, 1890; Jodłownik, 1893; and Przyborowo, 1894. The Polish Red breed constituted 25% of the Polish cattle population from 1918 to 1939. In the 1960s, they still made up 18% of the population (about 2 million). The 'golden period' for PRC lasted until the interwar period. At the time, this breed accounted for about 30% of the country's cattle population. PRC are still kept in our country, mainly in the piedmont and mountain areas and north-eastern Poland.

Genetic resource conservation programs

The valuable characteristics of PRC are related to the genetic adaptations of their ancestors and constitute the great value of these cattle in the preservation of the species biodiversity. The need to protect the genetic resources of PRC also results from their importance to national agricultural culture (Krupiński et al., 2017); therefore, this is a valuable material for organic farming, not only in the biological sense but also in the landscape and ethnographic sense (Martyniuk, 2009).

Informal protection of this breed of cattle was initiated in 1973 when the regionalization of the Polish Red breed was limited to only three districts (Szarek et al. 2004). Back then, individual breeders from what was then Kraków province bought 100 of the best cows from outside the region, thanks to subsidies from

the Ministry of Agriculture. In addition, a certain number of cattle were also purchased by the National Center for Pedigree Breeding in Jodłownik, mainly from Końskowola, Rosocha, and Koszęcin. This allowed new, valuable bull lines to be introduced and ensured the preservation of the genetic diversity in this already small breeding population (Instytut Zootechniki PIB, Staszczak, 1985).

In 1992, the United Nations Conference, entitled 'Earth Summit', was held in Rio de Janeiro. Poland then signed the Convention on Biological Diversity, which ratified it three years later. This decision entailed the obligation to protect the genetic diversity of farm animals (Stopyra et al., 2005).

Thanks to breeders' commitment who wanted to save the native Red breed, steps were taken to create a genetic reserve and preserve their current genotype. From 1994, the Małopolska Cattle Breeders Society had asked the Ministry of Agriculture several times to accept and start implementing the program to protect the genetic resources of Polish Red cattle. This was finally taken and started functioning in 1999.

During 1999–2001, the protection of genetic resources program was managed by the National Center for Animal Breeding in Warsaw. Since 2002, the program has been run by the National Research Institute of Animal Production in Balice near Kraków (Stopyra et al., 2005).

The main tasks of the Genetic Resources Conservation Program for Polish Red Cattle are considered to be the restoration and preservation of this breed and the maintenance of its existing genetic variability (Krupiński, et al., 2017). In addition, breeding work is carried out to preserve the indigenous features of the breed (Trela et al., 2018).

Since 1999, it has been possible to divide the Polish Red breed's active population into two groups: those that are protected and those that sires perfect from other European red species. The Polish Red breed is included in both the meat and dairy utility types, but most of the population is assessed in terms of milk production characteristics (Majewska & Jakiel, 2019). In January 2017, after several years' effort by breeders, the possibility of assessing meat production characteristics was introduced in some of the protected areas (Majewska & Jakiel, 2019).

At present, in the meat sector, the following herds have been included in the program: Łódź province, two farms with a total of 8 cows; Masovia, five herds with 47 cows; Silesia and Lower Silesia, 21 herds with 12 cows; Lubusz, four herds with 70 cows; Lublin, seven herds with 72 cows; Podlasie Province, ten herds with 151 cows; Kuyavian-Pomeranian, one herd with 20 cows; Warmia-Masuria, five herds with 89 cows; and

West Pomeranian, three herds with 37 cows (Majewska, 2018; Majewska & Jakiel, 2019).

Breeding objectives and genetic improvement

The genetic improvement program for PRC utilizes Angler cattle to improve the animals in terms of dairy characteristics. Following the Małopolska Society of Cattle Breeders being admitted to the European Red Cattle Breeders Association, the genetic resources of other European red breeds will also be used in this process. The program aims to achieve genetic progress in terms of features that significantly affect the profitable outcomes for such characteristics as milk yield, protein and fat yield, and type and structure features, with particular emphasis on the structure of the legs and udder (Instytut Zootechniki PIB, 2020). The genetic improvement program for Polish Red cattle comprises four stages. The first stage is the selection of sires for producing bulls, the second stage is the selection of dams for making bulls, the third stage is the rearing and testing of young bulls, and the fourth stage is the use of bulls intended for breeding (Stopyra et al., 2005).

The still small population of PRC means a real danger of inbreeding. Therefore, selecting sires and dams for producing bulls, individual mating, and bulls' admission into artificial insemination programs should be carried out very carefully, with constant control of the relationships. The following criteria are used when selecting dams for producing bulls: an entry in the general ledger, a breeding value expressed as a selection index, and a positive result for the type and build assessment (80 points for udder and 80 points for general evaluation) (Stopyra et al., 2005).

In addition, cross-breeding with other dairy breeds, for which Danish Red or Angler are preferred, as confirmed in the German and Swedish studies, is also considered (Bieber et al., 2020). In recent years, cattle genotyping has played a significant role in developing conservation and biodiversity programs. The most important role for genomic research is to reduce the bias that is caused by longest genetic distances and inbreeding. Sermyagin et al. (2018) reported whole-genome SNP analysis revealed Russian Black-and-White, Kostromsky and Suksun showed transboundary European ancestry, which originated from the Holstein, Brown Swiss, and Danish Red breeds, respectively. The lowest level of introgression of transboundary breeds was recorded for the Kholmogor, Yaroslavl, Red Gorbato and Bestuzhev breeds, which can be considered as an authentic genetic resource. Zinovieva et al. (2020), when examining 2 local breeds in Russia versus the

Holstein-Friesian breed, found that 9.36% of the variability was attributed to genetic differences between the breeds and the remaining 90.64% was due to allele variability within races. The presented results indicate the possibility of genetic improvement native Russians breed cattle (Jarosław and Cholmogorskie) and develop protection programs their biodiversity in Russia.

All bulls whose semen is used for artificial insemination must be tested (Trela et al., 2005). Additionally, 20% of test inseminations are performed on heifers to determine the frequency of difficult births. Currently, these treatments are carried out randomly across the largest possible area of Poland and in the most diverse environmental conditions (Biscarini et al., 2015).

During the interwar period, PRC were bred as a pure breed; however, the value of the genotype determining milk yield in this breed was not high enough (Gandini et al., 2007). Therefore, methods were sought to increase the genetic possibilities of this cattle population by crossing them with Danish Red, Belgian Red, Angler, and Jersey breeds.

The beneficial effects of the Danish Red cattle on milk yield was evident (Staszczak, 1985). A tendency to shorten lactation and self-drying after 200 days of milking was also eliminated while maintaining high health and longevity. On the other hand, the Danish cattle worsened fertility, so this crossing was abandoned. The work of mating PRC with the Jersey breed was not only about improving milk and fat yield or better udder structure and milk transfer rate. The hybrids were worse than PRC in terms of growth rate, calf weight, slaughter efficiency, and carcass meat content. F1 hybrids from Polish Red and Jersey cattle were crossed with the Belgian Red breed. This cross created a type of cattle that would compete with the Black and White cattle. The use of the Belgian Red breed improved height, body weight, and musculature. The absolute milk yield increased, but per 100 kg of body weight decreased (Szarek et al., 1996). The protein and fat content of the milk were also reduced. The birth weight of the calves increased significantly, which often resulted in difficult deliveries, often with the consequence of the loss of the calf or mother (Szarek et al., 1996).

The crossing of PRC with the Angler breed began from 1978–1982 on the Jodłówek farm. It was shown that the offspring of the Angler sires were more of the dairy type and had better udders than the Polish Red breed (Staszczak, 1985). During the 305-day lactation period, they produced a significantly higher milk yield, and with the selection of appropriate bulls, the fat content also increased. However, it was also shown that increasing milk yield did not worsen the meat characteristics (Adamczyk et al., 2008).

Table 1. Results of fattening evaluation of crossbred bulls derived from PR cows and beef bulls (Choroszy & Choroszy, 2005).

Sire breed	Final fattening weight (kg)		Mean daily gains (g)		Slaughter yield (%)	
	Bulls age at slaughter (months)					
	12	15	12	15	12	15
PR	400	474	1123	998	57,54	59,01
SM	441	534	1253	1150	56,87	59,04
CH	435	535	1231	1137	58,16	60,52
PI	416	518	1181	1135	60,22	62,21
LM	396	487	1117	1044	59,65	61,24
BD	–	489	–	1074	–	61,78

PR-Polish Red, SM-Simmental, CH-Charolaise, PI-Piemontese, LM-Limousine, BD- Blonde d'Aquitaine

The tendency to refine PRC by utilizing meat breeds intensified during the development of young fattening calves for export, where Red cattle were not accepted. Research on the crossing of meat breeds with the Polish Red breed shows that daily gains increased when using the Hereford breed, but this crossing lowered the slaughter value and increased the fat content of the carcasses (Choroszy & Choroszy, 2005). In the case of the Aberdeen Angus breed, the daily gains were lower than for purebred Polish Red cattle with significant fat content. Therefore, the use of the Charolais breed turned out to be the most appropriate decision, and the hybrids were characterized by a high growth rate and good forage utilization, which resulted in excellent musculature of the back and rump. Similar results were obtained in studies on the use of Simmental cattle in trading (Choroszy & Choroszy, 2005; Majewska, 2019) (Table 1).

Recently, research conducted on purebred herds of PRC that include an appropriate selection of well-muscled bulls and cows has provided the opportunity to achieve bodyweight results in calves comparable to Hereford or Aberdeen Angus breeds. Therefore, it is up to the breeders to choose the direction of production for their herds (Wiśniewski et al., 2020).

The economic role of PRC in Polish breeding and beef production

The recent last study or the Choroszy & Choroszy (2005) showed the cattle have no chance of competing with modern breeds in terms of meat efficiency. Still, as previously described, they can increasingly often compete with the British breeds: Aberdeen Angus and Hereford. Due to their low milk yield, cows of these breeds can be used as sucklers. Paying attention to this direction increased the attractiveness of the old native cattle breeds and increased their population. This effect was

achieved in the case of Polish Red cattle because it is precisely the breeders of these cattle who indicate that meat use is the future of breeding Polish native breeds of cattle. This is not surprising if one remembers that the southern varieties of this breed have marked meat characteristics and that the mountain and foothill areas are under landscape protection. Therefore, intensive agricultural production cannot be carried out in these areas (Majewska & Jakiel, 2019). Thus, Suckler farming is becoming more and more popular, and this direction has the chance to become an attractive alternative to dairy production. For the reasons mentioned above, research began on the effectiveness of live cattle production based on the Polish Red breed as an alternative to dairy production. Four models of mammary rearing are under development and implementation by the authors of the study.

The first form involves rearing only heifers for herd renovation while fattening the remaining calves up to the age of 6 months; the second, breeding only heifers for herd renovation while fattening the remaining calves for a period up to 24 months; the third, rearing heifers for the refurbishment of the herd and sale as calf heifers, while also fattening bulls up to the age of 6 months; and fourth, rearing heifers for herd renovation and sale as calf heifers, as well as fattening calves up to 24 months. Like other conservative breeds, the Polish Red breed works well in natural environmental conditions due to its characteristic features. The research was carried out using extensive, conventional agriculture and organic farming. The characteristics of fattening and slaughtering PR bulls in comparison to BW, RW and Simmental bulls up to 12 and 15 months of age are shown in Table 2. Daily gains for PRC bulls can be obtained higher already at 12 months of fattening with the benefit of a greater share of meat and lower fat in carcasses compared to the three months older.

Suckler breeding forms generate much lower revenues than those involving the sale of milk. This is because an average of 3520 kg of milk per lactation

Table 3. The average yields of dairy cows of various breeds assessed in Poland in 2020 (PFHBiPM, 2021).

Breed	% Breed structure of cows under the assessment	Average performance					
		Milk kg	Fat		Protein		Fat + Protein
			kg	%	kg	%	
PHF BW	84,91	9 076	368	4,05	308	3,39	676
PHF RW	3,77	8 134	339	4,17	280	3,44	619
SIM	1,26	6 531	272	4,16	225	3,45	497
PR	0,35	3 520	150	4,26	118	3,36	268
JE	0,12	6 711	344	5,12	261	3,89	605
MO	0,44	8 180	331	4,05	287	3,51	618
WB	0,10	4 330	176	4,07	145	3,35	321
PRW	0,50	4 393	181	4,12	143	3,25	324
PBW	0,23	4 723	197	4,16	156	3,31	353

PHF-Polish Holstein-Friesian Black and White, PHF RW-Polish Holstein-Friesian Red and White, SIM-Simmental, PR-Polish Red, JE-Jersey, MO-Mount-beliard, WB-White Backed, PRW-Polish Red and White, PBW-Polish Black and White

can be obtained from dairy cows. With a milk price of 0,3 Euro, this results in an average income of 1048 Euro Results in Table 3 presents the average yields of dairy cows of various breeds assessed in Poland in 2020.

In addition, calves can also be sold or raised as calves or for calf fattening. In the case of suckler farming, only the income from the calf can be counted on. The authors, based on their own research, that While in the case of typical meat breeds, calves left with suckler cows can potentially reach a bodyweight of over 300 kg at the age of 6 months and 900 kg at the period of 24 months, Polish Red calves under the same conditions can reach a bodyweight of 270–290 kg and 700–800 kg respectively. The lower body weight of the calves results in lower-income. Among the forms of suckler rearing, the highest revenues can be achieved using the third method, which involves fattening bulls up to the age of 6 months and rearing heifers for sale as calf heifers. Fattening bulls up to 24 months results in lower income. Forms of raising that rear heifer for sale as calving heifers generate a potentially higher income than those that rear heifers only for herd renovation. One pregnant heifer from a conservative breed that

Table 2. Characteristics of fattening and slaughter traits of PR bulls compared to BW, RW and Simmental bulls, fattened to 12 and 15 months of age (Łappa et al., 1975).

Item	Bulls fattening until age (months)							
	12				15			
	PR	PBW	PRW	SM	PR	PBW	PRW	SM
Final weight (kg)	369	391	384	405	416	448	425	478
Daily gain (g)	1018	1086	1115	1225	913	1004	1072	1127
Slaughter yield (%)	56,77	58,47	59,24	58,74	57,80	60,34	61,79	60,26
Proportion in carcass (%):								
meat	68,12	67,39	69,33	71,79	66,61	66,78	68,27	71,94
fat	13,25	13,19	11,75	9,39	15,12	14,43	13,84	10,57
bones	18,63	19,42	18,92	18,82	18,27	18,79	17,89	17,49

PR-Polish Red, PRW-Polish Red and White, PBW-Polish Black and White, SM-Simmental

qualifies for the genetic resources protection program has a market value of around 1260 Euro

In contrast, a young fattening cow is valued at around 1064 Euro. A heifer, therefore, provides the opportunity to earn 213 Euro more income than a bull of the same age. If bulls are sold to other breeding herds, then the bulls' price will oscillate around the price for a calf heifer. The differences in the amount of revenue also result from the possibility of collecting ecological subsidies in cases of organic farming. For the time being, ecological subsidies are granted for cultivation, but farms differ in land area. Therefore, the revenues may be different. As part of the new Common Agricultural Policy 2023–2027, ecological subsidies must also be applied to animals and payment to cattle of native breeds kept for meat is to be PLN1752 373 Euro per head, while for dairy breeds PLN2738 583 Euro per head (Ministry of Agriculture and Rural Development, 2021). Native animal breeds are invaluable for small and medium-sized enterprises producing local, traditional regional products. Numerous agritourism and ecological farms offer their original creations and are finding more and more buyers (Borecka et al., 2017; Domagalska-Grędyś, 2017). Due to unique taste qualities, many of these products have been entered on the List of Traditional Products (Domagalska-Grędyś & Żmija, 2017). Unfortunately, the process of reorienting the markets towards green organic products is gradual. Taking into account the long generation gap of cattle, the effectiveness of the impact of market reorientation as well as support and subsidy mechanisms on the preservation of local breeds (Polish red breed) will be clearly visible in at least 6–8 years.

Current of strengths and threats in breeding and production Polish red cattle in Poland

As reported Martin-Collado et al. (2010), decision-making tools originated from the business world as part of strategic planning. One of the most widely used tools is the SWOT analysis. In this analysis, factors affecting a particular situation or problem in a country, i.e. breed in our case, are split into internal and external factors. Internal factors refer to the attributes of the species that can be exploited - strengths of breed or should be minimized to achieve a goal (Martin-Collado et al., 2013). External factors are features that foster (opportunities) or hamper (threats) the breed's performance. The strengths that maintain the breeding of conservative Polish Red cattle also include the preservation of native breeds of farm animals in Poland, which, due to their predispositions (e.g. lower nutritional requirements, excellent resistance to

weather conditions), can be effectively used in activities related to the protection of habitats and species, and maintaining animal production in small, family farms, including organic farms (Krawczyk et al., 2017b). This problem exists not only in Poland, but also in other countries, against the background of the widespread use of the Holstein breed around the world. The lack of breeds that are competitive enough to produce milk has led to a decline in global and local biodiversity. Conservation of biodiversity is necessary for several reasons. First, there is an accumulation of undesirable alleles in the Holstein breed as the level of inbreeding increases. Second, the use of the 'mono breed' (Holstein) does not allow breeders to use the positive qualities of other breeds in their breeding work (restriction of choice). Third, local breeds have adapted over several centuries to environmental conditions, i.e. they are the least demanding in terms of maintenance, which is beneficial for farms using traditional production.

In order to increase the interest of farmers in local breeds, the system of animal breeding evaluation should be corrected, the importance of characteristics of local breeds useful in livestock production should be increased, and they should be linked to the economic efficiency and cost of breeding material. Additionally should be continued active and even aggressive marketing work among farmers. The same is happening now with the Holstein race. In this case, the process of restoring local races will be more efficient. Direct state subsidies to local breeds are not effective enough. This will allow for the creation of gene pool farms, but will not contribute to the breed's development and competitiveness (Wiśniewski et al., 2020).

A significant threat for breeding PCR is that extensive pasture use, a form of active landscape protection, is increasingly less frequently practiced. Suckler farming of Polish Red cattle focuses mainly on grazing cattle. An unfavorable phenomenon is the continuing downward trend in the numbers of livestock in small and medium-sized farms, which leads to the complete cessation of use of naturally valuable meadow and grassland habitats, thus their degradation (Martin-Collado et al., 2010). A significant problem is the abandonment of breeding and difficulties rebuilding the herds of some native species or breeds of animals, including those best suited for maintaining or restoring specific natural habitats (Krawczyk et al., 2017a). Breeders who keep Polish Red cattle for meat improve natural conditions in various habitats. Changes in farming and animal husbandry systems, and a tendency change to from extensive to intensive management, are phenomenon that threatens biodiversity, habitats, landscapes, and the preservation or restoration of ecosystem services.

Removing elements with significant ecological functions from the agricultural landscape (bushes, thickets, mid-field ponds) changes the structure of valuable natural habitats related to extensive management, the disappearance of fauna and flora sites, and changes in the features of habitats or biotopes. Using mechanized equipment, plant protection products, fertilizer's, and other agrotechnical and biodynamic treatments contributes to the degradation of natural habitats and fauna and flora sites. It hurts abiotic elements. In 2004, when Poland joined the E.U., the average share of fallow land reached almost 14% (Głębocki, 2014). Such a high proportion of fallow land was caused by market changes after 1989, including a decrease in the profitability of agricultural production on small family farms and light soils (Chmielewski & Węgorzek, 2003). After Poland acceded to the E.U. and the introduction of direct payments to agriculture and additional costs for less-favored areas (estimated at 55.4% in Poland), there was a significant decrease in the proportion of fallow land (Chyłek et al., 2017). One of the manifestations of intensification is the pressure to introduce new, genetically modified plant varieties and animal breeds and geographically alien species.

Conclusions

As mentioned earlier, in each of the cases, there is a potential threat to the indigenous breeds of cattle used for agricultural purposes and species traditionally cultivated in Poland, which is associated with the greater expansiveness, resistance, and aggressiveness of alien species. The genetic diversity of livestock is threatened by the increasing concentration, intensification, and specialization in modern livestock production. Intensive production using industrial methods is based on a small number of high-yield breeds intensively selected for one-sided utility. The rate at which intensive systems enter livestock production poses a threat to the preservation of local species, characterized by lower unit utility but adapting to local environmental conditions.

Current opportunities and challenges in implementing and recognizing Polish Red breed cattle beef production are possible decision-making tools for strategic planning. In this case, factors affecting a particular country's situation are change to split. The part of a factor refers to the breed's strengths that can be exploited. However, external factors are threats to the meat performance of this breed. The two groups of factors also differ by the degree of control we should have on them. To many external factors cannot be controlled or modified, while internal factors can be managed

usefully to alter the current situation for meat use direction Polish Red cattle

Author contributions

Conceptualization, software, resources, data curation, writing original draft preparation and funding acquisition K.W.

Writing, review and editing, supervision, project administration, B.K.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Funding

The Education and Science Ministry supported this work under Grant [number DWD3/53/2019]. Furthermore, this research was carried out as a part of 'Implementation Doctorate' released at Warsaw University Life Science, Institute of Animal Science in 2019–2023 (under the initiative of the Polish Association of Breeders and Producers of Beef Cattle -ABPBC). Institute of Animal Science, Warsaw University of Life Sciences.

ORCID

Konrad Wiśniewski  <http://orcid.org/0000-0002-9745-5962>

Beata Kuczyńska  <http://orcid.org/0000-0002-9093-9905>

References

- Adamczyk, K., Felenczak, A., Jamroz, J., Szarek, J. & Bulla, J. (2008). Conservation of Polish Red cattle. *Slovak Journal of Animal Science*, 41, 72–76.
- Bieber, A., Wallenbeck, A., Spengler-Neff, A., Leiber, F., Simantke, C., Knierim, U. & Ivemeyer, S. (2020). Comparison of performance and fitness traits in German angler, Swedish Red and Swedish polled with Holstein dairy cattle breeds under organic production. *Animal*, 14(3), 609–616.
- Biscarini, F., Nicolazzi, E. L., Stella, A., Boettcher, P. J. & Gandini, G. (2015). Challenges and opportunities in genetic improvement of local livestock breeds. *Frontiers in Genetics*, 6, 1–7.
- Borecka, A., Sowula-Skrzyńska, E., Matysik-Pejas, R. & Cieślak, J. (2017). The evaluation of economic situation of family farms, which keep conservation breeds in conditions of sustainable development. *Wiadomości Zootechniczne*, 55, 118–122. (in Polish).
- Chmielewski, T. & Węgorzek, T. (2003). Rolnicza przestrzeń produkcyjna a różnorodność biologiczna. In A. R. Weigle & A. Warszawa (Eds.), *Różnorodność Biologiczna Polski. Praca Zbiorowa pod Redakcją* (Warszawa: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska). p. 203–210 (in Polish).
- Choroszy, Z. & Choroszy, B. (2005). Możliwości wykorzystania bydła rasy polskiej czerwonej do produkcji mięsa

- wołowego. *Wiadomości Zootechniczne*, R. XLIII, 2, 73–78. (in Polish).
- Chylek, E. K., Madej, A., Matyka, M., Kopiński, J., Ostrowski, J. & Piórkowski, H. (2017). *Uwarunkowania i kierunki rozwoju biogospodarki w Polsce* (Warszawa). (in Polish).
- Domagalska-Grędyś, M. (2017). Relational premises in the cooperation between farms with conservative breeds and industry organizations. *Scientific Problems of World Agriculture, Journal Warsaw University of Life Sciences – SGGW*, 17, 52–67.
- Domagalska-Grędyś, M. & Żmija, J. (2017). Network relationships created with farms with conservative breeds. outline of the NCBR project - BIOSTRATEG 2. *Wiadomości Zootechniczne*, 5, 104–110. (in Polish).
- FAO. (2007). The Global Plan of Action for Animal Genetic Resources for Food and Agriculture FAO, Rome Available online: <http://www.fao.org/3/a-a1404e.pdf> (accessed on 10.03.2020).
- FAO. (2009). Preparation of national strategies and action plans for animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. 2. Rome.
- FAO. (2013). World livestock 2013: changing disease landscapes. Rome.
- FAO. (2015). The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. B.D. Scherf, D. Pilling (Eds). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome Available online: <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html> (accessed on 10.03.2020).
- FAO. (2016). Review and Possible Update of the Global Plan of Action for Animal Genetic Resources 9th Session of the Intergovernmental Technical Working Group on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome.
- Gandini, G., Maltecca, C., Pizzi, F., Bagnato, A. & Rizzi, R. (2007). Comparing local and commercial breeds on functional traits and profitability: the case of reggiana dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90, 2004–2011. doi:10.3168/jds.2006-204
- Głębocki, B. (2014). *Zróżnicowanie przestrzenne rolnictwa* (Warszawa: Powszechny Spis Rolny).
- Gurgul, A., Jasielczuk, I., Semik-Gurgul, E., Szmatola, T., Majewska, A., Sosin-Bzducha, E. & Bugno-Poniewierska, M. (2019). Diversifying selection signatures among divergently selected subpopulations of Polish Red cattle. *Journal of Applied Genetics*, 60(1), 87–95. doi:10.1007/s13353-019-00484-0
- Instytut Zootechniki PIB. (2020). Programy ochrony zasobów genetycznych dla rodzimych ras bydła (www.bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl/bydlo/dokumenty; dostęp 09.04.2020). (in Polish).
- Jakiel, M. & Majewska, A. (2019). Zmiany w liczbie stad i liczebności krów objętych programem ochrony zasobów genetycznych. *Materiały LXXXIV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, Szczecin, 9. (in Polish).
- Keller, C. (1905). *Naturgeschichte Der Haustiere* (Berlin, Germany: Paul Parey).
- Krawczyk, W., Paraponiak, P., Sowula-Skrzyńska, E. & Walczak, J. (2017a). *Aktualny stan problematyki ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa* (Kraków: Monografia Wydawnictwa Instytutu Zootechniki PIB). (in Polish).
- Krawczyk, W., Pawłowska, J., Szewczyk, A., Walczak, J., Mielcarek, P., Jugowar, J. L. & Rzeźnik, W. (2017b). *Najefektywniejsze metody redukcji niekorzystnych oddziaływań rolnictwa w zakresie środowiska naturalnego i zmian klimatu oraz możliwości szacowania ich efektów* (Kraków: Monografia Wydawnictwa Instytutu Zootechniki PIB). (in Polish).
- Krupiński, J., Bugno-Poniewierska, M., Gruszecki, T. M., Gurgul, A., Mikosz, P. M., Litwińczuk, Z., Smorąg, Z. & Żmija, J. (2017a). The uses and the conservation of farm animal genetic resources under sustainable development. outline of the NCBR project - BIOSTRATEG 2. *Wiadomości Zootechniczne*, LV(5), 3–13.
- Krupiński, J. & Martyniuk, E. (2017). Ochrona zasobów genetycznych zwierząt. Mat. I Kongresu Nauk Rolniczych „Nauka – Praktyce”. Przyszłość sektora rolnospożywczego i obszarów wiejskich (in Polish), Puławy, 289–301. (in Polish).
- Krupiński, J., Martyniuk, E., Krawczyk, J., Baran, J., Bielański, P., Bobak, L., Calik, J., Chełmińska, A., Kawecka, A., Kowalska, D., Majewska, A., Obrzut, J., Pasternak, M., Piórkowska, M., Polak, G., Puchała, M., Sikora, J., Sosin-Bzducha, E., Szyndler-Nędzia, M. & Tomczyk-Wrona, I. (2017b). 15th anniversary of coordination of animal genetic resources conservation programmes at the national research institute of animal production. *Przegląd Hodowlany*, 4, 30–36.
- Łappa, H., Romer, J., Lewińska, L. & Rudziejewska, M. (1975). Porównanie przydatności opasowej i rzeźnej buhajków rasy czerwono-białej, polskiej czerwonej i mieszańców dc x pc opasanych do wieku 12 i 15 miesięcy. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 96-B-4, 23–39. (in Polish).
- Majewska, A. (2013). *Dynamika kształtowania się liczebności krów rodzimych ras polskiej czerwonej i białogrzbiętej w latach 2004–2012* (in Polish) (Zakopane: Materiały XXI Szkoły Zimowej Hodowców Bydła), 420–421. (in Polish).
- Majewska, A. (2015). *Zmiany w pokroju krów polskich czerwonych po ponad stu latach prac hodowlanych* (in Polish) (Zakopane: Materiały XXIII Szkoły Zimowej Hodowców Bydła), 197. (in Polish).
- Majewska, A. (2017). Program ochrony zasobów genetycznych bydła metodą ex situ. *Wiadomości Zootechniczne*, LV(2), 55–60. (in Polish).
- Majewska, A. (2018). *Zmiany w liczebności stad rasy polskiej czerwonej objętych programem ochrony* (in Polish) (Zakopane: Materiały XXVI Szkoły Zimowej Hodowców Bydła), 153. (in Polish).
- Majewska, A. (2019). Ocena mięsna w rasach polska czerwona i simentaliska (in Polish). *Hodowca Bydła*, 7–8, 58–61. (in Polish).
- Majewska, A. & Jakiel, M. (2019). *Rasy zachowawcze bydła na terenach górskich* (in Polish) (Szczecin: Materiały LXXXIV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego), 16. (in Polish).
- Majewska, A., Wójcik, P. & Karpowicz, A. (2020). Rola Instytutu Zootechniki PIB w ochronie rodzimych ras bydła. (in Polish). W I. Radkowska & A. Kawęcka (eds.) *Chów i hodowla zwierząt gospodarskich na przestrzeni 70 lat – problemy i wyzwania* (Kraków: Prace naukowe z zakresu chowu i hodowli bydła, owiec i kóz w Instytucie Zootechniki Państwowym Instytucie Badawczym), 110–126. (in Polish).
- Martin-Collado, D., Gandini, G., de Haas, Y. & Diaz, C. Decision (2010). Making tools for the development of bred strategies. In S. J. Hiemstra, Y. de Haas, A. Mäki-Tanila & G. Gandini (eds.) *Local cattle in Europe* (The Netherlands: Wageningen Academic Publishers), 120–141.
- Martín-Collado, D., Díaz, C., Mäki-Tanila, A., Colinet, F., Duclos, D. & Hiemstra, S. J. (2013). The use of SWOT analysis to

- explore and prioritize conservation and development strategies for local cattle breeds. *Animal*, 7, 885–894. doi:10.1017/S175173111200242X
- Martyniuk, E. (2009). Biblioteczka programu rolnośrodowiskowego 2007-2013. Ochrona Zasobów Genetycznych Zwierząt Gospodarskich. Wyd. I, Drukarnia „Pasaż” Sp. z o.o., Warszawa. (in Polish).
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi - Ministry of Agriculture and Rural Development. (2021). Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 Projekt, 549-556. (in Polish).
- PFHBiPM. (2021). Ocena i hodowla bydła mlecznego (in Polish); dane za rok 2020. Warszawa. (in Polish).
- Senczuk, G., Mastrangelo, S., Ciani, E., Battaglini, L., Cendron, F., Ciampolini, R., Crepaldi, P., Mantovani, R., Bongioni, G., Pagnacco, G., Portolano, B., Rossoni, A., Pilla, F. & Cassandro, M. (2020). The genetic heritage of alpine local cattle breeds using genomic SNP data. *Genetics Selection Evolution*, 52(40), 1–12.
- Sermyagin, A. A., Dotsev, A. V., Gladys, E. A., Traspov, A. A., Deniskova, T. E., Kostyunina, O. V., Reyer, H., Wimmers, K., Barbato, M., Paronyan, I. A. & Plemyashov, K. V. (2018). Whole-genome SNP analysis elucidates the genetic structure of Russian cattle and its relationship with eurasian taurine breeds. *Genetics Selection Evolution*, 50, 591–599. doi:10.1186/s12711-018-0408-8.
- Staszczak, S. (1985). Bydło rasy angler i możliwości jego wykorzystania w doskonaleniu cech produkcyjnych bydła polskiego czerwonego. *Przegląd Hodowlany*, 17, 8–11. (in Polish).
- Stopyra, R., Kowol, P. & Majewska, A. (2005). Perspektywy rozwoju hodowli bydła polskiej czerwonej z uwzględnieniem krów objętych programem ochrony zasobów genetycznych (in Polish). *Wiadomości Zootechniczne, R. XLIII*, 2, 137–143. (in Polish).
- Szarek, J., Adamczyk, K. & Felińczak, A. (2004). Polish Red cattle breeding: past and present. *Animal Genetic Resources Information*, 35, 21–35. (in Polish).
- Szarek, J., Felińcza, K. A. & Czaja, H. (1996). Stan hodowli bydła czerwonego (PC) i jej perspektywy. Sympozjum Naukowe w Olsztynie: Hodowla bydła w Polsce historia i przyszłość.
- Topolski, P. & Szymik, B. (2018). Odziedziczalności cech produkcyjnych w objętej programem ochrony zasobów genetycznych populacji krów rasy polskiej czerwonej (in Polish). XXVI Szkoła Zimowa Hodowców Bydła, 180. (in Polish).
- Trela, J., Majewska, A. & Kowol, P. (2018). Tradycje chowu i hodowli bydła polskiego czerwonego – stan i perspektywy (in Polish). Monografia: 100 lat polskiej hodowli zwierząt gospodarskich w Karpatach, Kraków, 27–57. (in Polish).
- Trela, J., Żurowski, K., Staszczak, S., Szczęśniak-Fabiańczyk, B. & Czech, K. (2005). Rezerwa genetyczna polskiego bydła czerwonego w postaci zamrożonych zarodków i nasienia (in Polish). *Wiadomości Zootechniczne, R. XLIV*, 2, 3–10. (in Polish).
- Wiśniewski, K. (2019). Milk performance of cattle in Poland and neighboring countries. *Przegląd Mleczarski*, 10, 4–13. (in Polish).
- Wiśniewski, K., Kuczyńska, B., Puppel, K., Kostusiak, P., Balcerak, M., Słószarz, J., Kunowska-Słószarz, M., Gołębiewski, M., Radzikowski, D. & Przysucha, T. (2020). Polish Red - a native meat and dairy cattle breed. *Przegląd Hodowlany*, 4, 1–7. (in Polish).
- Zinovieva, N. A., Dotsev, A. V., Sermyagin, A. A., Deniskova, T. E., Abdelmanova, A. S., Kharzinova, V. R., Sölkner, J., Reyer, H., Wimmers, K. & Brem, G. (2020). Selection signatures in two oldest Russian native cattle breeds revealed using high-density single nucleotide polymorphism analysis. *PLoS ONE*, 15(11), e0242200. doi:10.1371/journal.pone.0242200

Konrad WIŚNIEWSKI^{1,2}, Beata KUCZYŃSKA¹, Tomasz PRZYSUCHA¹

ANALYSIS AND COMPARISON OF MEAT PERFORMANCE PARAMETERS IN POLISH AND FRENCH LIMOUSINE BULLS

¹Department of Animal Breeding, Warsaw University of Life Sciences, Poland

²Polish Association of Breeders and Producers of Beef Cattle, Warsaw, Poland

Abstract. The study covered bulls of the Limousine meat breed, whose parents were of Polish and French origin, kept on farms in Poland. This study aimed to assess whether individuals of Polish origin cover their genetic potential compared to bulls of French origin. These studies were carried out under the program of the Ministry of Science and Higher Education "Implementation Doctorate" DWD3 / 53/2019 in cooperation with the Polish Association of Beef Cattle Breeders and Producers in 2019-2022. The research material consisted of 925 bulls, 447 by French father and 478 by Polish father. Among breeders of Polish origin, special attention was paid to the fact that parents of French origin did not appear in the pedigrees in the previous two generations. The following factors were taken into account in the comparative analysis: the country of origin of the bull's father, the country of origin of the bull's mother, body weight after calving (kg), body weight at 210 and 420 days of life (kg) and gains (g) in this period, standardized weight in 210 and 420 days (kg), as well as the height at withers (cm), chest circumference (cm), ultrasound measurement of the longest back muscle (cm³), muscle index, development index, collective evaluation index, calibre, muscle and bone share, functional features and state. The individual calendar months were taken into account as the calving period. Statistical analysis was performed by multivariate ANOVA using SPSS.23 software. A significant influence of the father's origin on the vital parameters of bulls was shown. After the birth of a Polish father, the mean body weight of bulls was 39.08 kg and was lower by 0.95 kg ($p \geq 0.01$) than males of French origin. Bodyweight, daily gains, standardized body weight in the 210th and 420th day of life, height at the withers, chest circumference, ultrasound measurement of the longest back muscle, meatiness index, development index, and aggregate evaluation index spoke in favour of bulls of French origin. However, there were no significant differences in maternal origin, size, muscle and bone proportion, functional components, and condition.

Key words: bulls, limousine, origin, growth index.

INTRODUCTION

The breeding of beef cattle in Poland began only 30 years ago, and its low profitability is the main reason for the low level of about 30.000 cows. Therefore, for many years to come, beef will be produced in Poland mainly from dairy herds, unlike the powerhouses in this field, including North and South America, Australia, France, Italy, Great Britain, and Spain (Grodzki and Przysucha 2009).

Beef produced in Poland is not of the highest quality; therefore, many breeders, wanting to improve their herds' genetics, have imported the best males from France for breeding. The features that characterized beef were its darker colour and poorer tenderness compared to other countries because it was obtained mainly from cattle of dairy or dairy-meat breeds – otherwise known as two-sided use – or animals of meat breeds or their hybrids with dairy breeds (Dobicki and Łobarzewski 1987; Wajda 1996; Daszkiewicz and Wajda 2002; Oprządek and Oprządek 2003). Inbreeding material brings from to create the first meat herds and bring in breeding material from abroad, the production of live cattle was carried out based on breeds with meat and milk utility and dairy breeds with commercial crossing (Guliński 1999; Trela and Choroszy 2011).

The bulls from meat breeds were initially imported to Poland for experimental purposes, followed by the semen, heifers, and cows of meat breeds from Great Britain (Aberdeen-Angus and Hereford breeds) and France (Charolais breeds). The scale of commodity crossing during this period was approximately 20% of the cows (Szarek et al. 2008).

The breeding of beef cattle on a slightly larger scale in our country began in the late 1980s when Limousine cattle from France were imported to the Bieszczady Mountains and Czarna Dolna, and Charolais to Janków near Kamienna Góra.

The Limousine breed is one of the most widespread meat breeds in the world today. The largest pure-breed population is maintained in France – the breed's origin – with over 700.000 cows, but this breed is also bred with great success in more than 60 countries across almost all climatic zones.

Imported to Poland in 1980 from France, Limousine is known as the leading cattle breed for beef quality and yield. Over time, the Limousine breed adapted to Poland's not so ideal environmental traits (mainly feeding regime), which allowed the animals to develop a little leaner. It is believed that Limousine are amongst the oldest cattle breeds in existence. Ancient French cave paintings estimated to be 20. 000 years old depict animals striking resemblance to today's Limousine beef cattle. In Poland, the Limousines breed is also the most numerous and most popular meat breed of cattle. It is characterized by a good ratio of meat to fat and bones, a high percentage of culinary elements, and, very importantly, bright colour and good sensory quality. An important feature is its great capacity for producing well-muscled pieces, which results in a high slaughter efficiency (Daszkiewicz and Wajda 2002; Czerniawska-Piątkowska 2016).

Properly conducted breeding work in beef cattle herds requires the selection of the best animals for reproduction. A helpful tool in this respect is the assessment of their use and breeding value. In a meat herd, particular emphasis is placed on evaluating bulls intended for breeding. Because of the paternal genotype, the characteristics that determine the exterior, growth rate, feed conversion, and carcass quality are transmitted to the offspring.

The research aimed to compare meat performance parameters in Polish and French Limousine bulls.

MATERIAL AND METHODS

The research material consisted of 925 Limousine bulls, part of which had French parents (447) and part of which had Polish parents (478). The bulls were of 100% Limousine breed genotype. The research was conducted during 2016–2020 in cooperation with the Polish Association of Beef Cattle Breeders and Producers as part of the "Implementation Doctorate"

program. In sires whose father was of Polish origin, special attention was paid to the fact that parents of French origin did not appear in the pedigrees in the previous two generations. The environmental factor was examined by dividing the calving month. The comparative factors included: the country of origin of the bull's sire, the country of origin of the bull's dam, birth weight [kg], body weight at 210 days [kg], body weight at 420 days [kg] for rockers and gains for 210 and 420 days [g], standardized weight for 210 and 420 days [kg], and the height at the withers [cm], chest circumference [cm], ultrasound measurement of the longest back muscle [cm³], muscle index, development index, collective evaluation index, calibre, muscles, bones, functional features, and overall assessment.

Data were processed statistically using SPSS version 23.0 software (Stat Soft 2021). The effects of cattle category (Polish and French bulls) on the weight and meat traits were determined by the least square's method, using the formula:

$$Y_{ijk} = \mu + O_i + S_j + M_k + X_{ijk}$$

where:

Y_{ijk} – is value of the analysed parameter;

μ – is population mean;

O_i – effect of sire's origin, $i = 1, 2$ (1 – Polish, 2 – French);

S_j – effect of the bull's month birth, $j = 1, 2, \dots, 12$ (1 – January, 2 – February etc.);

M_k – effect of the dam's origin, $k = 1, 2$;

X_{ijk} – is random error.

Differences between means were estimated by Tukey's test.

The data set included: N – number of animals tested, min. – minimum values for the tested features, max. – maximum values for selected features, mean – mean values of the analysed features, and SD – standard deviation. The assessed properties were: average weight of calves after a given bull [kg], the average weight of calves after birth [kg], the average daily weight gain at 210 days [g], the average weight of calves at 210 days [kg], the average daily weight gain for bulls at 420 days of age [g], and the mean body weight of calves at 420 days of age [kg].

The calculation of the animal's standardised body weight (MCS) for a specific day of its life was performed according to the following formula:

$$MCS = [(MCB - MCU) / WW] \times WS + MCU$$

where:

MCS – standardized animal body weight [kg];

MCB – mean body weight of the animal at the actual weighing [kg];

MCU – actual body weight set for 48 hours, at birth [kg];

WW – mean age of the animal at the weighing [days];

WS – standardized age of the animal [s].

The mean daily weight gain of an animal (PDMC) from birth to 210 days of age was calculated according to the formula:

$$PDMC = (MCK - MCP) \times 1000 / (WK - WP)$$

where:

PDMC – mean of the increase in daily body weight [g];

MCK – final body weight of the animal on the weighing day [kg];

MCP – initial body weight of the animal at the weighing [kg];

WK – mean age of the animal at the final weighing [days];

WP – mean age of the animal at the initial weighing [days] (milk yield in dairy cows is expressed in kg of milk per convention).

The index showing body weight was called the Index Development (WR) – is calculated according to the formula:

$$WR = 100 + (24.99 \times BWM210 + 0.51 \times BWM420 - 1.73 \times WKL^* + 4.89 \times OKLP^*) / 1000$$

where:

BWM210 – body weight at 210 days of age [kg];

BWM20 – body weight at 420 days of age [kg];

WKL – height at withers [cm];

OKLP – chest circumference [cm].

Meat index (WM) was calculated according to the formula:

$$WM = 35.235 + 0.133 \times POW^* + 0.052 \times PUM + 0.286 \times OOP$$

where:

POW – ultrasound measurement of the cross-sectional area of the longest muscle [cm²];

PUM – the number of points for the evaluation of the muscles (points);

OOP – number of grade points for the habit assessment (points).

The index of ten corresponding to the standardization (SMW) according to the formula:

$$SMW = 100 + 10 \left(\frac{WM - \overline{WM}}{\sigma WM} \right)$$

where:

WM – Standardized Meat Index,

$\overline{WM}$ – average meat rate of bulls in a given season,

σWM – standard deviation for the meatiness index of bulls assessed in season.

Standardization allows us to present the meatiness of a bull as an average value of 100, with a standard deviation of 10. This value should be in the range of about 70 to about 130.

Development Index (WR) and Standardized Meat Index (WM), with appropriately assigned weights were used to calculate the Modified one Collective Assessment Index (WOZ):

$$WOZ = 0,6 \times WM + 0,4 \times WR$$

where:

WM – Standardized Meat Index,

WR – Index Development.

RESULTS AND DISCUSSION

Arthur et al. (1997) have been showing, the main factor determining the profitability of rearing and breeding beef cattle is its growth and development rate. Therefore, the profitability of breeding and breeding is associated with obtaining healthy, well-developed calves from cows. Work towards improving calf rearing rates and reproductive performance is of great economic importance (Przysucha et al. 2005a; Przysucha et al. 2007; Przysucha and Grodzki 2007; Wójcik and Bilik 2007; Kotnik et al. 2009). According to Andersen (1978), of all the factors determining the calf's weight at birth, the breed and genotype of the bulls are the most important. Apart from the sex of the calf, the order of calving, the calving season, and the feeding of cattle, these factors are always mentioned by other authors as necessary (Hanset 1981; Holland and

Odde 1992; Gregory et al. 1992; Bartoň et al. 2003; Johanson and Berger 2003; Albertí et al. 2005; Nogalski et al. 2014). The latest research concerns proteomic and nutrigenomic relationships. Ellies-Oury et al. (2017) described the effects of gene expression and nutrition on the ability to accumulate muscle in cattle of three French breeds, including the limousine.

The mean body weight of calves (at birth, at 210 days of age, and, for bulls, at 420 days of age), daily weight gain at 210 and 420 days, and standardised body weight for 210 and 420 days are presented in Table 1. In bulls of Polish origin, birth weight was lower by 0.95 kg. Body weight at 210 and 420 days, 296.52 kg and 554.47 kg respectively, also favoured bulls of French origin. Calves that were heavier at birth made better gains and ended their rearing at a higher body weight, which is the primary goal of the breeder but sometimes causes calving problems (Liu and Makarechaian 1993; Przysucha 2009). Przysucha et al. (2002b) reported that the average body weight of Limousine calves, both at birth (34 kg) and 210 days of age, was 230.3 kg, which was similar to those reported other Polish authors. Piasecki (1999) gives the average weight of calves at birth: 34.7 kg and 210 days – 239.7 kg. Trela and Jodko's (1998a) study was carried out on an imported herd of Limousine cattle and indicated an average weight of calves at the birth of 38–39 kg (from min. 28 to max. 41 kg). The same authors reported that the average weight of calves at weaning was 255–274 kg, depending on the calving season.

Table 1. Comparison of the birth weight on the 210 and 420 days of life of the animals as well as the daily increase and standardized body weight on the 210 and 420 days of life of bulls from Polish and French bulls

Feature	Father's origin	LSM	SEM
Birth weight	French	40.03 ^A	0.231
	Polish	39.08 ^B	0.217
Body weight at 210 days	French	296.52 ^A	1.820
	Polish	284.17 ^B	1.709
Body weight at 420 days	French	554.47 ^A	2.402
	Polish	538.51 ^B	2.255
PDMC from birth to 210 days of age	French	1176.50 ^A	5.994
	Polish	1154.98 ^B	5.628
PDMC) from birth to 420 days of age	French	1257.41 ^A	7.282
	Polish	1196.32 ^B	6.837
Standardized body weight at 210 days	French	287.11 ^A	1.307
	Polish	281.62 ^B	1.228
Standardized body weight at 420 days	French	549.35 ^A	2.022
	Polish	531.90 ^B	1.898

LSM – least-square means; SEM – standard error of the mean.

^{A, B}Least-square means within a country origin with different superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $P < 0.01$ in the post hoc analysis.

French data (Institute de L'Elevage 2021) show that the mean birth weight of bulls was 43.4 kg, 179 kg at the age of 120 days and 295 kg at the period of 210 days, while for heifers, the mean birth weight was 41.1 kg, 168 kg at 120 days of age and 268 kg at 210 days of age. Chladek and Kucera (2000) reported the average weight of Limousine calves to be 261.5 kg at 210 days of age. Slightly lower body weight for Limousine calves at birth (32.5 kg in the winter

season and 32.7 kg in the summer season) was reported by Litwińczuk et al. (1999). Przysucha (2009) stated that an exciting, but not yet fully understood, a factor that influenced a calf's body weight at birth, and thus the frequency of difficult births, was the geographical location. Heavier calves are born in harsher, colder climates than calves born in mild and warm temperatures. A case in point was an experiment in the United States in which a herd of Hereford cows were moved from the warm climate of Florida to the harsh conditions of Montana. A second related herd of Hereford cows was moved in the opposite direction. The average weight of calves born to cows transferred from a cold to a warm climate decreased from 40.5 to 32.0 kg, and the importance of calves born to cows transferred from the mild to severe environment increased from 33.0 to 38.5 kg (Ritchie and Anderson 1994). Many authors have demonstrated the significant effect of postnatal body weight on weight weaning at 210 days of age. Calves with the highest weight at birth usually have the highest body weight at the end of their rearing period (Przysucha et al. 2002a, c, d; 2003). For example, Wójcik and Bilik (2007), in describing a purebred imported Limousine herd, stated that the birth weight for bulls was 39.0 kg, while the body weight at weaning (210 days) age was on average 251.0 kg.

In beef cattle, an intensive selection is carried out for ease of calving, mainly achieved by selecting bulls for reproduction, after which calves of moderate body weight are born. According to Massey et al. (1999), the birth weight of a calf should be 7–9% of an adult cow.

Much research has been done on the factors influencing the growth rate. For example, the body weight of calves and their daily weight gains are influenced by factors such as herd, region, calving year and month, calving order, mating method, sex, the calves' muscularity, weaning age, condition, and the age of the cow (Stadník et al. 1999; Ríha et al. 2001; Goyache et al. 2003; Jakubec et al. 2003; PZHiPBM 2015).

The highest daily gains at 210 days of age were recorded in bulls of French origin, which amounted to 1176.49 g, and were higher than bulls of Polish origin by 21.51 g. A similar dependence was noted in the increment for 420 days, where bulls of French origin also had a higher value. Pogorzelska et al. (1998) reported that Limousine cattle imported from France found that the daily weight gains for Limousine bulls from birth to weaning amounted to over 1000 g. At the age of 3–4 months, they had gained a bodyweight of approximately 170 kg. Wójcik and Bilik (2007) reported that the daily gains in calves were relatively high, amounting to over 1000 g/day for the period from birth to weaning. As a result, bodyweight standardised for 210 days of age was higher by 5.49 kg in favour of French bulls. A similar situation was observed at 420 days of age, where bulls of Polish origin had a lower standardised body weight of 17.44 kg. In the cited studies, Limousine calves were characterised by high gains during the rearing period: 900–1009 g for female calves and 973–1088 g for bulls, depending on the year of evaluation. It should be noted that since 2002, bulls have exceeded 1000 g daily increments. Such increases mean that after a short extra fattening period of about one month, bulls previously eliminated from breeding can be sold for export at an attractive price with an approximate body weight of 300 kg. Furthermore, the daily gains in calves, which are significantly higher than those specified in the breeding standard, guarantee that after weaning, with appropriate nutrition, they will obtain the bodyweight required for mating at the age of 15 months (Przysucha et al. 2005b).

The comparison of the birth weight, body weight, and daily weight gain per 210 days for individuals of both origin Polish and French bulls are presented in Table 2 (owner research and data from literature).

Table 2. Body weight of limousine calves at birth at 210 days of age and increases by day 210 according to various sources

Source	Body weight at birth [kg]	Body weight at 210 days of age [kg]	Daily weight gain from birth to age 210 days [g]
Own analysis (2021)	PL ♂ – 38.6–39.5 FR ♂ – 39.5–40.4	PL ♂ – 280.8–287.5 FR ♂ – 292.5–300.0	PL ♂ – 1143.9–1166.0 FR ♂ – 1164.7–1188.3
PZHiPBM (2021)	♀ – 35.7 ♂ – 38.8	♀ – 250.0 ♂ – 271.0	♀ – 1021.6 ♂ – 1110.4
Institut de L'Elevage (2021)	♀ – 41.3 ♂ – 43.7	♀ – 268 ♂ – 295	nd
Przysucha et al. (2015a)	♀ – 33.1–34.7 ♂ – 34.3–37.7	♀ – 222–253 ♂ – 238–274	♀ – 900–1009 ♂ – 973–1088
Institut de L'Elevage (2012)	♀ – 40.3 ♂ – 42.6	♀ – 261 ♂ – 289	nd
Grodzki et al. (2012)	♀ – 35 ♂ – 40	nd	nd
Romaniuk et al. (2012)		♀ – 254 ♂ – 291	
Choroszy et al. (2011)	♀ – 33.7 ♂ – 34.5–36.2	♀ – 221.7–246.2 ♂ – 238.5–249.0	♀ > 900
Wójcik and Bilik (2007)	♀ – 36 ♂ – 39 (import)	251 (import)	> 1000 (import)
Pogorzelska Wroński M. (2005)	♀ – 36 ♂ – 39	nd	nd
Przysucha et al. (2002b)	34	230.3	♀ – 929 ♂ – 1032
Trela et al. (2000)	PL ♀ – 34 ♂ – 35.7–38.5 FR ♀ – 39 ♂ – 41.5	PL ♀ – 232.5–235 ♂ – 254–258 FR ♀ – 257 ♂ – 296	PL ♀ – 944–953 ♂ – 1026–1058 FR ♀ – 1038 ♂ – 1211
Chladek and Kucera (2000)	nd	261.45	nd
Litwińczuk et al. (1999)	32.5 (summer season) 32.7 (winter season)	nd	nd
Piasecki (1999)	34.7	239.7	nd
Kamieniecki et al. (1998)	♀ – 32.57 ♂ – 34.41	♀ – 216.9 ♂ – 250.4	nd
Trela and Jodko (1998b)	38–39 (import)	255–274 (import)	nd
Pogorzelska (1998)	nd	nd	> 1000
Puchajda (1997)	♀ 37.5 ♂ – 44	nd	nd
Wroński et al. (1996)	♀ – 35.8 ♂ – 38.7 (import)	nd	nd

♀ – heifer, ♂ – bull., nd – no date.

Calf growth indicators obtained in the presented research, i.e., weight at birth for bulls of Polish origin, 38.65–39.50; mass at 210 days of age, 280.82–287.52; and daily increments up to 210 days for bulls, 1143.93–1166.02; do not differ from those presented by Polish authors

(Trela and Jodko 1998b; Trela et al. 2004; Wróblewska et al. 2007; Choroszy et al. 2011; Przysucha et al. 2015a), but are slightly lower than those reported in French sources (Institute de L'Elevage 2021).

The comparison of selected vital parameters for bulls, depending on the origin of the bull's sire, are presented in Table 3. Specimens of French origin were 0.43 cm taller at the withers, and the chest circumference was 0.74 cm greater. The longest back muscle measurement was also longer in French paternal sires at 108.09 cm³. Significant differences were demonstrated in the parameters tested between Polish and French origin individuals. Developmental, meatiness, and aggregate indices were more favourable for individuals of French origin.

Table 3. Comparison of selected vital parameters of bulls depending on the origin of the bull's father

Traits	Father's origin	LSM	SEM
Height at the withers	French	132.60 ^A	0.135
	Polish	132.17 ^B	0.142
Chest circumference	French	196.55 ^A	0.265
	Polish	195.80 ^B	0.279
Ultrasound measurement	French	108.09 ^A	0.675
	Polish	104.85 ^B	0.710
Meat Index	French	74.13 ^a	0.157
	Polish	73.74 ^b	0.166
Development Index	French	108.18 ^A	0.044
	Polish	108.03 ^B	0.047
Collective Assessment Indicator	French	104.01 ^A	0.365
	Polish	102.93 ^B	0.385

LSM – least-square means; SEM – standard error of the mean.

^{A, B}Least-square means within a country origin with different superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $P < 0.01$.

Numerous studies have shown that the birth season significantly influences the growth of reared calves (Makulska et al. 2002; Przysucha et al. 2002b; Szewczuk et al. 2006). The season of birth significantly impacts the viability and growth rate of reared calves, which directly affects the economic effects of breeding (Przysucha et al. 2005b). In studies by Przysucha et al. (2002a), Hereford calves born during the winter season (from November to April) showed a slight advantage in body weight across all the studied periods of life compared with calves born during the summer season (from May to October).

The calving seasonality in breeding meat herds is significant because the correct calving date allows magnificent quality farm animals to be obtained in the future at the lowest rearing costs (maximum use of pastures). Many authors believe (Dobicki 1995; Jasiorowski et al. 1996; Przysucha et al. 2015b) that the mating period and the resulting greening time should not be longer than 2–3 months. Cows of meat breeds kept on the pasture all year round should produce offspring, preferably at the end of winter. After completing the first period of milking, calves born in this period are prepared for the full use of the pasture, resulting in a fast growth rate, calves that are healthy and well developed, and the lowest rearing costs for the breeder. It is also not without significance that in cows that give birth in winter, the “physiological peak

of lactation” falls in the first months of the year, and then, after leaving for the young pasture in May, we observe a second, smaller nutritional peak in lactation). In the case of winter calves, the moment of weaning coincides with the depletion of the pasture in autumn, resulting in the calves’ natural drying. During winter calving, cows calve most often in barns, making it easier to monitor the births and provide help in case of complications (Przysucha et al. 2015b).

When analysing the obtained results and assuming that the most favourable period for calving cows is November to April, it should be noted that 52.8% of cows calved in the relevant period in recent years in Polish Limousine cattle herds. It follows that almost half of the calves born at other times of the year can only take advantage of the pasture to a small extent.

CONCLUSION

The results should be stated that despite the decreasing trend in weight gain for bulls up until the age of 210 and 420 days, the overall results regarding calf growth should be considered good in the current market situation. Insemination is the primary reproductive technique used with beef cattle herds in Europe, which allows for almost unlimited use of the world's best genetic resources. In Poland, most farmers sell beef at the prices of slaughter material, even with the current boom and questionable profitability of beef production, therefore natural cover dominates in reproduction. Additionally, to sum up, the most important tool to improve beef productivity could be co-financing the insemination with semen of the best French bulls, which would significantly increase the interest in using the known origin of the semen and could translate into a rapid improvement in the quality of the breeding value of our beef cattle population. and purebred beef cattle herds should be developed.

REFERENCES

- Albertí P., Ripoll G., Goyache F., Lahoz F., Olleta J.L., Panea B.** 2005. Carcass characterization of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. *Meat Sci.* 71, 514–521.
- Andersen B.B.** 1978. Animal size and efficiency, with special reference to growth and feed conversion in cattle. *Anim. Prod. Sci.* 27, 381–391.
- Arthur P.F., Arche J.A., Herd R.M., Richardson E.C., Exton S.C., Wright J.H., Dibley K.C.P., Burton D.A.** 1997. Genetic and phenotypic variation in feed intake, feed efficiency and growth in beef cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 12, 234–237.
- Bartoň L., Teslík V., Zahrádková R., Bureš D.** 2003. Growth, feed efficiency and carcass characteristics of Czech Pied and Holstein bulls. *Czech J. Anim. Sci.* 48, 459–465.
- Chladek G., Kucera J.** 2000. Analysis of the development in the rearing of beef breeds in the Czech Republic. *Zesz. Nauk AR Wroc.* 375, 79–83.
- Choroszy Z., Choroszy B., Łopieńska M., Grodzki G.** 2011. Analiza parametrów wzrostu cieląt rasy Limousine, Charolaise, Hereford w stadach hodowlanych objętych kontrolą użytkowości [Analysis of the growth parameters of Limousine, Charolais and Hereford calves in breeding herds subject to performance control]. *Rocz. Nauk Zootech.* 38(2), 137–147. [in Polish]
- Czerniawska-Piątkowska E., Wróbel A., Cioch B.** 2016. Analysis of the effect of the order of calving, calf sex and milk yield of cows on growth parameters of limousine calves. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 330(40)4, 67–72.
- Daszkiewicz T., Wajda S.** 2002. Wartość rzeźna oraz jakość mięsa buhajów rasy czarno-białej i limousine [Slaughter value and meat quality of black and white and limousine bulls]. *Rocz. Przem. Mięs. Tłusz.* [in Polish]

- Dobicki A.** 1995. Technologiczne aspekty efektywności produkcji w populacjach mięsnych bydła [Technological aspects of production efficiency in cattle beef populations]. Zesz. Nauk Prz. Hod. 17, 57–71. [in Polish]
- Ellies-Oury M.P., Gagaoua M., Saracco J., Chavent M., Picard B.** 2017. Biomarker abundance in two beef muscles depending on animal breeding practices and carcass characteristics. J. Bioinform. Genom. Proteom. 2(1), 1013–1023.
- Goyache F., Fernández I., Royo L.J., Álvarez I., Gutiérrez J.P.** 2003. Factors affecting actual weaning weight, preweaning average daily gain and relative growth rate in Asturiana de los Valles beef cattle. Arch. Tierz. 46, 235–243.
- Gregory K.E., Cundiff L.V., Koch R.M.** 1992. Effects of breed and retained heterosis on milk yield and 200-day weight in advanced generations of composite populations of beef cattle. J. Anim. Sci. 70, 2366–2372.
- Grodzki H., Konopka B., Przysucha T., Gołębiewski M.** 2012. Rasy bydła mięsnego. Ocena, charakterystyka i przydatność do opasu. Warszawa, PZHiPBM. [in Polish]
- Grodzki H., Przysucha T.** 2009. Wpływ krzyżowania towarowego bydła na użytkowość mięsną mieszańców. Cz. 1. [Influence of crossbreeding of cattle on the meat performance of hybrids. Part 1.] Bydło 8/9, 64–67. [in Polish]
- Guliński P.** 1999. Chów bydła. Podstawy produkcji zwierzęcej. Warszawa, WSiP, 75–116. [in Polish]
- Hanset R.** 1981. Selection problems when antagonistic effects exist between production characteristics and calving difficulties. Liv. Prod. Sci. 8, 291–305.
- Holland D.M., Odde G.K.** 1992. Factors affecting calving birth weight. A review. Theriogenology 38, 769–798.
- Institute de L'Elevage.** 2021. Resultats du controle des performances bovins allaitants. [b.w.], 76–85.
- Jakubec V., Schlote W., Riha J., Majzlik I.** 2003. Comparison of growth traits of eight beef cattle breeds in Czech Republic. Arch. Tierz. 46, 143–153.
- Jasiorowski H., Kijak Z., Poczynajło S., Wajda S.** 1996. Program rozwoju hodowli bydła mięsnego w Polsce. Warszawa, Fundacja "Rozwój SGGW", 5–67. [in Polish]
- Johanson J.M., Berger P.J.** 2003. Birth weight as a predictor of calving ease and perinatal mortality in Holstein cattle. J. Dairy Sci. 86, 3745–3755.
- Kamieniecki H., Wójcik J., Szarkowski K., Surmacz F.** 1988. Porównanie wyników odchowu cieląt różnych ras mięsnych w spółdzielczej Agrofirmie Witkowo [Comparison of the results of rearing calves of various meat breeds in the cooperative agro firm Witkowo]. Zesz. Nauk. AR Wroc. 336, 129–133. [in Polish]
- Kotnik B., Petric N., Žgur S.** 2009. Parameters affecting calving difficulty of Charolais and Limousin breed at the educational and research centre Logatec. Acta Agric. Slov. 66, 27–31.
- Litwińczuk Z., Zalewski W., Jankowski P., Stanek P.** 1999. Wpływ sezonu wycielenia i wieku matek na wyniki odchowu cieląt mięsnych [Influence of the calving season and maternal age on the results of rearing meat calves]. Roczn. Nauk Zootech. 26(3), 255–264. [in Polish]
- Liu M.E., Makarechaian M.** 1993. Factors influencing growth performance of beef bulls in a test station. J. Anim. Sci. 71, 1123–1127.
- Makulska J., Weglarz A., Szarek J.** 2002. Wpływ sezonu urodzenia na produkcyjno-ekonomiczne wyniki odchowu cieląt rasy limousine [Influence of the birth season on the production and economic results of limousin calves rearing]. Roczn. Nauk. Zoot., Supl. 15, 213–218. [in Polish]
- Massey J., Lamberson W., Whitter J.** 1999. Bydło mięsne. Hodowla i genetyka. [b.m.], ABS Polska, 1–20. [in Polish]
- Nogalski Z., Wielgosz-Groth Z., Purwin C., Sobczuk-Szul M., Mochol M., Pogorzelska-Przybytek P., Winarski R.** 2014. Effect of slaughter weight on the carcass value of young crossbred ('Polish Holstein Friesian' x 'Limousin') steers and bulls. Chilean J. Agric. Res. 74 (1), 59–66.
- Oprządek A., Oprządek J.** 2003. Rola wołowiny jako żywności funkcjonalnej [The role of beef as a functional food]. Zesz. Nauk. Prz. Hod. 67. [in Polish]
- Piasecki W.** 1999. Ilościowy stan bydła mięsnego i wyniki oceny użytkowej [Quantitative condition of beef cattle and results of functional evaluation]. Chów Bydła 8, 21–24. [in Polish]

- Pogorzelska J., Romanowski A., Puchajda Z.** 1998. Analiza żytkowania rozplodowego i rozwój importowanego z Francji bydła limousine i charolaise [Breeding use analysis and development of limousine and charolais cattle imported from France]. Zesz. Nauk. AR Wroc., Konferencje 19(336), 143–48. [in Polish]
- Pogorzelska J., Wroński M.** 2005. Użytkowanie mięsne, in: Hodowla i użytkowanie bydła. Red. Z. Litwińczuk, T. Szulc. Warszawa, PWRiL. [in Polish]
- Przysucha T., Czarnecki vel Sarnecki M., Grodzki H., Zdziarski K.** 2002a. Analiza wpływu wybranych czynników na masę ciała i przyrosty dobowe cieląt rasy angus [Analysis of the influence of selected factors on body weight and daily gains of Angus calves]. Rocz. Nauk Zootech., Supl. 15, 225–230. [in Polish]
- Przysucha T., Czarnecki Vel Sarnecki M., Grodzki H., Zdziarski K.** 2002b. Analiza wpływu wybranych czynników na tempo wzrostu cieląt rasy hereford [Analysis of the influence of selected factors on the growth rate of Hereford's calves]. Zesz. Nauk Prz. Hod. 60, 233–243. [in Polish]
- Przysucha T., Grodzki H., Faroppa V., Stopyra R., Zdziarski K.** 2002c. Wzorce oceny umięśnienia cieląt pochodzących z krzyżowania krów czarno-białych z buhajami włoskiej rasy piemontese [Calf muscle evaluation standards from crossing black and white cows with Italian Piemontese bulls]. Prz. Hod. 2, 12–14. [in Polish]
- Przysucha T., Grodzki H., Chałampowicz A., Zdziarski K.** 2002d. The effect of selected factors on growth rate of limousine calves. Anim. Sci. Pap. Rep. 20, Suppl. 1, 221–228.
- Przysucha T., Grodzki H., Ślósarz J.** 2003. Wpływ genotypu krowy i masy cielęcia przy urodzeniu na wyniki odchowu cieląt rasy piemontese [Effect of cow genotype and calf weight at birth on the rearing results of Piemontese calves]. Zesz. Nauk. Prz. Hod. 68(1), 297–300. [in Polish]
- Przysucha T., Grodzki H., Ślósarz J.** 2005a. Rodzaj porodów krów mięsnych ras brytyjskich w zależności od masy krowy, kolejności ocielenia oraz płci i masy cielęcia [Type of deliveries of British beef cows depending on the weight of the cow, the calving sequence and the sex and weight of the calf]. Rocz. Nauk. PTZ 1, 145–150. [in Polish]
- Przysucha T., Grodzki H., Brzozowski P., Zdziarski K.** 2005b. Wpływ wybranych czynników na przebieg porodów krów rasy limousine [Influence of selected factors on the course of parturition of Limousine cows]. Med. Weter. 61(9), 1036–1038. [in Polish]
- Przysucha T., Grodzki H.** 2007. Porównanie wyników oceny użytkowości czystorasowej i mieszańcowej populacji francuskich ras bydła mięsnego [Comparison of performance assessment results of purebred and hybrid populations of French breeds of beef cattle]. Acta Sci. Pol. Zootech. 6(3), 43–50. [in Polish]
- Przysucha T., Grodzki H., Ślósarz J.** 2007. Analiza wpływu masy ciała krowy, kolejności i sezonu ocielenia oraz płci i masy cielęcia przy urodzeniu na wyniki odchowu cieląt rasy salers [Analysis of the effect of cow body weight, the sequence and season of calving as well as sex and weight of the calf at birth on the results of rearing saler's calves]. Med. Weter. 63(3), 357–359. [in Polish]
- Przysucha T.** 2009. Osobnicze uwarunkowanie przebiegu ocieleni krów oraz umięśnienia i żywotności cieląt po ojcach rasy piemontese użytkowanych w Polsce i we Włoszech. Rozprawa habilitacyjna. Warszawa, SGGW. [in Polish]
- Przysucha T., Gołębiewski M., Grodzki H., Wnęk K., Ślósarz J., Kunowska Ślósarz M., Tokarski P.** 2015a. Analysis of Limousine beef cattle recording results in Poland. Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW, Anim. Sci. 54(1), 83–94.
- Przysucha T., Gołębiewski M., Grodzki H., Wnęk K., Ślósarz J., Kunowska-Ślósarz M., Tokarski P.** 2015b. Analysis of Hereford beef cattle recording results in Poland. Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW, Anim. Sci. 54(2), 139–152.
- Puchajda Z.** 1997. Hodowla bydła ras mięsnych. Zasady produkcji kulinarnego mięsa wołowego. Warszawa, Fundacja Pomocy dla Rolnictwa FAPA. [in Polish]
- PZHiPBM.** 2015. Rasa Limousine – wybrane cechy, czyli co oceniać i dlaczego? [The Limousine breed – selected features, or what to evaluate and why?]. Bydło Mięs. 2, 28–29. [in Polish]

- PZHiPBM.** 2021. Ocena wartości użytkowej bydła ras mięsnych. Wyniki za rok 2020. Warszawa, PZHiPBM. [in Polish]
- Ríha J., Jakubec V., Golda J., Majzlík I.** 2001. Comparison of preweaning growth traits of six beef cattle breeds in Czech Republic. *Czech J. Anim. Sci.* 46, 152–158.
- Ritchie H.D., Anderson P.T.** 1994. Calving difficulty in beef cattle. *MSU Exten. Beef Bull.* E1611921.
- Romaniuk W., Mazur K., Wardal W.J., Majchrzak M.** 2012. Proces technologiczny w chowie bydła mięsnego. Warszawa, Wydaw. ITP. [in Polish]
- Stadník L., Louda F., Dvorak P., Seba K., Rehouněk V.** 1999. The results of breeding measures within the population of Charolais cattle in the Czech Republic. *Czech J. Anim. Sci.* 44, 389–396.
- StatSoft, Inc.** 2021. STATISTICA (data analysis software system), version 23 software. www.statsoft.com.
- Szarek J., Adamczyk K., Frelich J.** 2008. Stan i perspektywy rozwoju hodowli bydła mięsnego w Polsce [The condition and prospects for the development of beef cattle breeding in Poland]. *Wiad. Zootech.* 4, 23–36. [in Polish]
- Szewczuk M., Kamieniecki H., Czerniawska-Piątkowska E., Szatkowska I.** 2006. Wpływ sezonu urodzenia na zdrowotność i wyniki odchowu cieląt [Influence of the birth season on the health and rearing results of calves]. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 5, 119–124. [in Polish]
- Trela J., Jodko Z.** 1998a. Characteristic of herd of Limousin beef cattle imported from France. *Zesz. Nauk. PTZ, Chów Hodowla Bydła* 44, 413–420.
- Trela J., Jodko Z.** 1998b. Charakterystyka stada bydła mięsnego rasy Limousin importowanego z Francji [Characteristics of the Limousin beef cattle herd imported from France]. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 336, 111–118. [in Polish]
- Trela J., Choroszy B., Czaja H.** 2000. Adaptacja bydła rasy limousine importowanego z Francji do polskich warunków środowiskowych [Adaptation of limousine cattle imported from France to Polish environmental conditions]. *Rocz. Nauk. Zootech., Supl.* 5, 41–46. [in Polish]
- Trela J., Choroszy Z., Choroszy B.** 2004. Podsumowanie prac Instytutu Zootechniki w aspekcie wykorzystania użytków zielonych. XII Szkoła Zimowa Hodowców Bydła. [b.w.], 85–102. [in Polish]
- Trela J., Choroszy B.** 2011. Prace Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego w zakresie produkcji żywca wołowego [Studies of the National Research Institute of Animal Production in the field of beef livestock production]. *Wiad. Zootech.* 46(4). [in Polish]
- Wajda S.** 1996. Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na jakość mięsa wołowego, in: Konferencja naukowa „Genetyczne i środowiskowe uwarunkowania wartości rzeźnej i jakości mięsa zwierząt”. Lublin, AR. [in Polish]
- Wójcik P., Bilik K.** 2007. Chów bydła mięsnego metodami ekologicznymi. Radom, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. [in Polish]
- Wróblewska L., Zdziarski K., Matuska J.** 2007. Wpływ wybranych czynników na łatwość ocieleń i masę ciała cieląt rasy limousine i mieszańców z jej udziałem [Influence of selected factors on the ease of calving and bodyweight of Limousin calves and their hybrids]. *Ann. UMCS, Sectio EE Zootech.* 25, 15–20. [in Polish]
- Wroński M., Kijak Z., Miciński J.** 1996. Charakterystyka pierwszego w Polsce stada bydła mięsnego rasy Limousine [Characteristics of the first Limousine beef cattle herd in Poland]. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Konferencja* 13(251), 193–203. [in Polish]

ANALIZA I PORÓWNANIE PARAMETRÓW UŻYTKOWOŚCI MIĘSNEJ BUHAJÓW RASY LIMOUSIN POCHODZENIA POLSKIEGO I FRANCUSKIEGO

Streszczenie. Badaniami objęto buhaje rasy mięsnej limousin utrzymywane w gospodarstwach na terenie Polski, których rodzice byli pochodzenia polskiego i francuskiego. Celem badania było oszacowanie, czy osobniki pochodzenia polskiego dorównują swoim potencjałem genetycznym zwierzętom pochodzącym z Francji. Badania prowadzono w latach 2019–2022 w ramach programu MNiSW „Doktorat wdrożeniowy” DWD3/53/2019, we współpracy z Polskim Związkiem Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego. Materiał do badań stanowiło 925 buhajów, w tym 447 po ojcu francuskim i 478 po ojcu polskim. W przypadku buhajów polskiego pochodzenia zwrócono uwagę na to, by w rodowodach we wcześniejszych dwóch pokoleniach nie wystąpili rodzice

pochodzenia francuskiego. W analizie porównawczej uwzględniono następujące czynniki: kraj pochodzenia ojca buhaja, kraj pochodzenia matki buhaja, masę ciała przy wycieleniu [kg], masę ciała w 210. i 420. dniu życia [kg] oraz przyrosty [g] w tym okresie, masę standaryzowaną w 210. i 420. dniu [kg], a także wysokość w kłębie [cm], obwód klatki piersiowej [cm], pomiar USG mięśnia najdłuższego grzbietu [cm³], wskaźnik mięsności, wskaźnik rozwoju, wskaźnik oceny zbiorczej, kaliber, udział mięśni i kości, cechy funkcjonalne oraz kondycję. Dane analizowano w poszczególnych miesiącach roku. Analizę statystyczną wykonano przy użyciu wieloczynnikowej analizy wariancji ANOVA, za pomocą programu SPSS.23. Wykazano istotny wpływ pochodzenia ojca na parametry życiowe buhajów. Średnia masa ciała urodzeniowa buhajków po polskim ojcu wynosiła 39,08 kg i była mniejsza o 0,95 kg ($p \geq 0,01$) niż samców francuskiego pochodzenia. Masa ciała, przyrosty dobowe, standaryzowana masa ciała w 210. i w 420. dniu życia, wysokość w kłębie, obwód klatki piersiowej, pomiar USG mięśnia najdłuższego grzbietu, wskaźnik mięsności, wskaźnik rozwoju, wskaźnik oceny zbiorczej przemawiały na korzyść buhajków pochodzenia francuskiego. Nie wykazano natomiast istotnych różnic dla takich cech, jak: pochodzenie matki, kaliber, udział mięśni i kości, cechy funkcjonalne oraz kondycja.

Słowa kluczowe: buhaje, limousin, pochodzenie, indeksy wzrostu.

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF LIMOUSINE BEEF DEPENDING ON FINISHING DIETS AND MUSCLE TYPE OF MEAT

– Research paper –

Konrad WIŚNIEWSKI^{*1}, Barbara WRÓBEL^{**}, Jerzy BARSZCZEWSKI^{**}, Tomasz SAKOWSKI^{***}, Beata KUCZYŃSKA^{*}

^{*}*Department of Animal Breeding, Institute of Animal Science, Warsaw University of Life Sciences, 8 Ciszewskiego Str., 02-786 Warsaw, Poland*

^{**}*Department of Grassland Farming, Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, 3 Aleja Hrabka Str., 05-090 Raszyn, Poland*

^{***}*Department of Biotechnology and Nutrigenomics, Institute of Genetics and Animal Biotechnology of the Polish Academy of Sciences, Jastrzębiec, 36A Postępu Str, 05-552 Magdalenka, Poland*

Abstract: The goal of this study was to compare the chemical properties of three muscle types of beef cattle fed using different finishing diets compositions. Four finishing feeding models for bulls based on different proportions of concentrates, maize silage, grass silage and hay were evaluated. Muscles chemical composition was evaluated in *m. infraspinatus* (ISB), *m. longissimus thoracis* (LTC) and *m. longissimus lumborum* (LLS). The chemical composition of meat was influenced by muscle type. ISB was characterised by higher moisture, collagen content, lower protein and ash content, and net energy concentration than LTC and LLS. The differences between diets in dry matter and fat content in each of the muscle groups studied were stated. Furthermore, a difference in the collagen content in LLS and protein content in ISB was noted. High correlations ($P \leq 0.05$) were found between the concentrate content in the finishing diet and protein content ($r = 0.59$) in ISB, and dry matter both in LLS ($r = 0.69$) and LTC ($r = 0.58$). The lowest fat content of beef was noted for all muscles obtained from animals fed with a diet composed of grass silage, hay, and concentrates (D1).

Keywords: moisture, protein, collagen, fat, ash, *Limousine*,

INTRODUCTION

Beef production is an essential branch of E.U. agriculture. In Poland it is also playing an increasingly important role (Seremak Bulge, 2014), not only in conventional but in an organic system too (Biel et al., 2019). However, the main factor limiting beef production, also in Poland, is its low profitability. Polish farmers are looking for solutions aimed at lowering the cost of production. Calculations of profitability for beef production and the analysis of the percentage structure of unit costs indicate the importance of feeding as the most significant factor influencing profitability. There is a need for improving efficiency by decreasing feeding costs and increasing daily body weight gains.

While there are many feeding systems for beef cattle in Poland, the most popular is the semi-intensive feeding system in which 6-month-old cattle are placed on pasture for grazing. Grazing for 180 days is followed by intensive feeding using conserved forages supplemented with concentrates to attain daily live weight gains of approximately 1500 g (Nogalski et al., 2014). In central and northern Europe, the cheapest source of nutrients for beef cattle feeding is foraging from permanent grasslands, including pasture in the summer and winter - grass silage or bale grazing. Grass silage is usually supplemented with grain in intensive production to increase nutrient and energy intake (Purwin et al., 2016) (Randby et al., 2010) (Steen et al., 2002). Maize silage has been used as a good roughage for cattle fattening (Nogalski et al., 2014) (Keady et al., 2013) (Fraser et al., 2009). In turn, this

Received: 16.04.2021

Accepted in revised form: 10.06.2021

¹ Corresponding authors. E-Mail address: Konrad.Wisniewski@sggw.edu.pl

requires even protein and energy supplementation to meet the nutritional needs of the animal. It is worth noting that maize silage is more beneficial to the animal than grass silage. It depends on many factors: botanical composition of sward, development phase at harvest, and harvest and conservation technology (Kenneth et al., 2020).

Since the significant cost factor for winter finishing is the price of concentrates, the amounts of dietary concentrate input are limited while ensuring the production of carcasses with required specifications for the European market. A high level of fattening efficiency can provide good quality grass silage with or without supplementation with concentrate (Steen et al., 2020) (Pesonen et al., 2014) (Randby et al., 2010). The use of low-quality forages increases the time for finishing and increases quantities of feed and resultant feed costs due to greater use of concentrates while decreasing meat quality (Purwin et al., 2016).

The *Limousin* breed is commonly used in Poland for beef production. Popular beef cuts are striploin (*m. longissimus lumborum*) and cube (*m. longissimus thoracis*) (Aldai et al., 2012). Cattle nutrition affects the quality of the beef (French et al., 2001) (Webb, 2006) through, inter alia, the type of feeding, i.e. the nutritional composition of the feed (Purwin et al.,

2006) (Steen et al., 2002). Subsequently, carcass quality following the EUROP scheme influences the price the producer receives (Choi et al., 2000). Forage quality, including protein and energy content, determines both body weight gains and meat quality from permanent grasslands, affecting production costs and financial returns.

The current knowledge beef production counts with many challenges (e.g. increasing weight gain, reducing greenhouse gas level, reducing oxidation in tissues), which realised using novel feed strategies, e.g. grass pasture with natural vegetal bioactive substances - phytochemicals (Pena-Torres et al., 2019). Reducing production costs on many farms is limited due to failure to optimise feeding strategy using available feed resources. The effect of the concentrate level has been extensively investigated on the cattle productivity during the fattening period (Steen et al., 2002) (Keane et al., 2006). Experience shows the impact of using good quality forage from grasslands to reduce the number of concentrates in finishing diets on the quality of beef. The aim of the study was to compare three samples of beef cattle in terms of chemical properties fed with different compositions of finishing diets.

MATERIALS AND METHODS

Feeding experiments

Research has been conducted in farms in north-eastern Poland specialising in the breeding of *Limousin* cattle. For the experiment, 40 *Limousin* intact bulls spring-born and fall-weaned (ten bulls from every farm) were selected from the beef herds. The initial weights of bulls in particular farms hesitated from 270±26 to 352±44 kg. On each farm, the calves were kept with their dams until weaning, managed on pastures containing 20% white clover. Calves were removed from their dams at the end of the pasture season (in October) and placed in barns. The separated bulls intended for fattening were kept in a free-standing system.

They were fed with different finishing diets (D1, D2, D3 and D4). To provide resources in every

farm, diets for finishing purposes contained: grass silage, hay, silage from maize and concentrated fodder (grain meal). Table 1 presented the composition of finishing diets in particular farms and mean daily feed intake.

All ingredients were supplied to the animals separately. Diet composition resulted from the actual nutritional value of feeds, considered animal demands, and assumed daily live weight gain in particular feeding periods. Finishing diets were formulated based on nutrient requirements established by INRA (2001) using INRATion software (Kowalski and Kański, 1993). Animals had permanent access to water and saltlicks. After obtaining by cattle bodyweight exceeding 500 kg fattening period was finish and cattle went to slaughter.

Table 1. Composition of finishing diets (%) and mean daily feed intake (kg/DM)

	Finishing diet			
	D1	D2	D3	D4
Grass silage	60	75	-	60
Maize silage	-	22	54	40
Meadow hay	30	-	42	-
Concentrate	10	4	4	-
Mean intake (kg of DM)	9.54	10.43	8.10	8.02

DM – dry matter

Nutritive value of forage

Once a month during the experiment, feed samples were collected for nutrient analysis. The NIRS method (PN-EN ISO 12099:2017-10, 2019) using NIRFlex N-500 apparatus with ready-for-use calibrations provided by INGOT® was used to assess the nutrient composition of hay, grass silage, maize silage and concentrates. According to the INRA system (2001), the nutritive value of fodder was determined based on chemical composition and calculated with INWAR for Windows 1.6 software (Kowalski and Kański, 1993). Table 2 presented the chemical composition of finishing diets.

Meat samples preparation

The animals from each farm, similar to body weight, were assigned for meat quality analysis. All the animals were slaughtered at the age of 18 months. Beef from the examined bulls was characterised by a hot carcass weight of 353 ± 27 kg (326 to 380 kg). Bulls were transported to the nearest slaughter point, located only within a radius of 50 ± 30 km from the farms. The slaughter procedure in the slaughterhouse consisted of stunning the animal by electrical stimulation. According to ICAR (2018) requirements, the temperature of cooling the carcasses was valid throughout the European Union. Carcasses were aged at 4°C for 5 days post-mortem. Three pieces of meat were obtained from each animal, including *m. infraspinatus* from the blade (ISB), *m. longissimus thoracis* from the cube (LTC) and the *m. longissimus lumborum* (LLS) from the striploin. Striploin was boneless and came from the short loin consisting of the *Longissimus lumborum*,

this part dedicated to steak. Beef cattle meat was obtained from a commercial abattoir. After slaughter, the meat was aged for two to five days as carcasses in 4°C temperature and afterwards as steaks in a vacuum at a 0°C temperature.

The basic chemical composition

Based on the content of crude protein, moisture, intramuscular fat and collagen by the near infrared transmission spectrometric method (NIRS) by the method (PN-A-82109: 2010), the basic chemical composition of raw meat was determined. The beef samples were homogenised and then were placed in a measuring cell of a FoodScan analyser. The device uses the near-infrared transmission method within the 850-1050 nm range and artificial neural networks. The analysis was carried out by indicating the number of 16 measurements in the sample in the computer software, then the program automatically calculated the average and presented the results.

Statistical analyses

Meat attributes were assessed by analysis of variance using two-way ANOVA (Statistica v.6). Calculated were for each variable means and standard deviation (S.D.). The type of finishing diet and muscle type was considered a fixed factor, with three replicates per treatment for each analysis of meat. When differences were statistically significant, a Tukey's test was performed with statistical significance set at $p = 0.05$. The correlations between meat attributes and diet components were evaluated using the Pearson correlation coefficient.

Table 2. Average nutrient concentration in feeding diets

	Finishing diet			
	D1	D2	D3	D4
Dry matter (g kg ⁻¹ DM)	670.0	639.8	607.6	386.9
Total protein (g kg ⁻¹ DM)	147.2	122.0	114.7	118.6
Crude ash (g kg ⁻¹ DM)	90.9	62.1	54.9	67.1
Crude fat (g kg ⁻¹ DM)	44.9	30.8	38.6	38.0
Crude fibre (g kg ⁻¹ DM)	389.0	259.3	206.8	243.5
NDF (g kg ⁻¹ DM)	718.3	530.5	427.7	459.6
UFV	0.73	0.71	0.78	0.71

DM – dry matter; NDF – Neutral detergent fibre; UFV - Feed Unit for meat production

RESULTS AND DISCUSSION

The basic chemical composition of the different beef cuts is presented in Table 3. Statistical analysis showed a few differences in the tested material.

Our study significant differences between finishing diets only in moisture content and fat content in each of the studied muscle groups were stated.

Furthermore, a difference in the collagen content in the longissimus lumborum of striploin (LLS) and protein content in the infraspinatus muscle (ISB) was noted. No differences were stated in ash content.

The moisture content in examined beef cuts was influenced by feeding treatment. The lowest moisture content matter (73.77%) was noted for all

beef cuts obtained from animals fed with a diet composed of grass silage, hay, and concentrates (D1). Moisture content in meat from animals fed with remaining diets (D2, D3 and D4) was significantly higher ($>74,0\%$). Significant differences in moisture content between cuts were also observed. The highest moisture content, independently from feeding treatment, was found in the infraspinatus muscle (ISB). In LLS and LTC, moisture content was significantly lower and was below $75,0\%$

The total fat content of beef reflects feeding regime and genetic variability between cattle breeds, age at harvest, carcass grade, and beef cut. Fat concentrations in examined samples were remarkably diverse. It hesitated from $1.23 \pm 0.058\%$ in LLS from animals fed with diet D1 to $2.49 \pm 0.26\%$ in ISB from animals fed with diet basing on grass- and maise silage (D4). It was influenced by providing treatment and type of cut. The lowest fat contents were noted for all beef cuts obtained from animals fed with a diet composed of grass silage, hay, and concentrates (D1). It hesitated from $1.23 \pm 0.08\%$ in the longissimus lumborum of striploin (LLS) to $1.77 \pm 0.13\%$ in Infraspinatus of the blade (ISB). Significantly higher fat contents were found in cuts in animals fed with diet D2 (grass silage, maise silage and concentrate) and diet D3 (maise silage, hay, and concentrates). The highest fat content ($2.27 \pm 0,26\%$) was found in cuts from animals fed with diet D4 without concentrate. Several study presented the lowest fat content in range $0,56 - 0,88\%$ were found in the muscles of the local breeds. The meat of our experimental Limousine bulls have been had higher fat content ($1,37-2,49$) than that of the Polish Holstein Friesian bulls ($1,28-1,49\%$), and higher than the Simmentals ($0,70-1,27\%$) (Litwińczuk et al. (2016)

The protein content hesitated from $21.60 \pm 0.36\%$ in ISB from animals fed with diet D4 to $24.84 \pm 0.27\%$ in LLS from animals fed with D1. Protein content depended on the beef cut. Mean protein content, independently of the finishing diet composition, in LLS and LTC exceeded 24% and was significantly higher than in the Infraspinatus of the blade (ISB) ($21.95 \pm 0.51\%$). Effect of feeding treatment on protein content was found only for ISB. The lowest protein content ($21.60 \pm 0.36\%$) was found in this muscle from animals fed with diet D4, higher in muscle from animals fed with diets D2 and D3 and the highest ($22.63 \pm 0.42\%$) in muscle from animals fed with D1.

Moisture to protein ratio, first of all, depended on the beef cut. Independently on the finishing diet

composition, it was higher in ISB than in LLS and LTC. Effect of feeding treatment on moisture to protein ratio was found only for ISB. The lowest moisture to protein content (3.26 ± 0.05) was found in this muscle from animals fed with diet D1 and significantly higher in muscle from animals fed with other diets.

Ash content hesitated from $1.13 \pm 0.03\%$ in ISB from animals fed with diet D4 to $1.30 \pm 0.03\%$ in LTC in animals from D4 and $1.30 \pm 0.01\%$ in LLS animals from D1 and was independent on feeding treatment. Significant differences in ash content between cuts were stated. The lowest ash content, independently from feeding treatment, was found in ISB ($1.15 \pm 0.03\%$). In LLS and LTC, ash content was significantly higher and in both cases was similar - $1.26 \pm 0.06\%$

Collagen plays a vital role in cooked beef. When the collagen fibres are heated during cooking, they shrink, causing fluid loss and less tender beef. Collagen makes up a few per cent of the weight of strong, sinewy muscles and one to two per cent of muscle mass. Collagen content, like protein, ash and dry matter content, also depended on the beef cut. Mean collagen content was visibly higher in ISB (where its content exceeded 1.76%) than in LLS and LTC. The significant influence of finishing diet composition on collagen content was proved only in LLS. The lowest collagen content in this muscle ($0.80 \pm 0.02\%$) was measured in animals fed with a diet composed of grass silage, hay and concentrates (D1). The highest collagen content was significantly stated in muscles from animals fed with diet D2 ($1.01 \pm 0.08\%$) and D4 ($0.96 \pm 0.04\%$). In the studies of other authors, the content of this component in the LTC was lower. In this muscle of young bulls and dairy cows of local breeds, insoluble and total collagen content was on average 0.32% and 0.24% . Of the 15 cattle, breeds tested the lowest was showed in the Piemontese and Limousin meat breeds, 0.28% and 0.21% , respectively (Christensen et al., 2011). Blanco et al. (2013) conducted the meta-analysis that the meat of cattle of local dairy breeds has a higher total collagen content than meat breeds' meat. This tendency was confirmed in the Litwińczuk et al. (2016) study.

The study was showed the content of collagen depended only on the beef cut, and in the ISB, the muscle was nearly two times higher than in the other cuts.

Table 3. Chemical composition (%) of beef fed with different finishing diets

Examined parameters	Muscle	Finishing diet				
		D1	D2	D3	D4	Mean for diets
Moisture (%)		73.78	75.90	76.45	75.49	75.41
	ISB	$\pm 0.04^c$	$\pm 0.12^{ab}$	$\pm 0.45^a$	$\pm 0.14^b$	$\pm 1.03^B$
	LLS	$\pm 0.18^a$	$\pm 0.18^b$	$\pm 0.15^{ab}$	$\pm 0.19^b$	74.40 $\pm 0.40^A$
	LTC	$\pm 0.18^a$	$\pm 0.13^b$	$\pm 0.11^b$	$\pm 0.23^b$	74.27 $\pm 0.42^A$
	Mean	73.77 $\pm 0.17^a$	75.16 $\pm 0.55^b$	75.06 $\pm 1.02^b$	74.76 $\pm 0.55^b$	
Fat (%)		1.77	2.02	1.87	2.49	2.04
	ISB	$\pm 0.13^a$	$\pm 0.08^{ab}$	$\pm 0.25^a$	$\pm 0.26^b$	$\pm 0.32^A$
	LLS	$\pm 0.08^a$	$\pm 0.15^b$	$\pm 0.08^b$	$\pm 0.23^b$	1.80 $\pm 0.35^A$
	LTC	$\pm 0.11^a$	$\pm 0.14^b$	$\pm 0.11^b$	$\pm 0.17^b$	1.93 $\pm 0.36^A$
	Mean	1.46 $\pm 0.24^a$	1.97 $\pm 0.12^b$	1.98 $\pm 0.16^b$	2.27 $\pm 0.26^c$	
Protein (%)		22.63	21.87	21.70	21.60	21.95
	ISB	$\pm 0.42^b$	$\pm 0.52^{ab}$	$\pm 0.17^{ab}$	$\pm 0.36^a$	$\pm 0.51^A$
	LLS	$\pm 0.27^a$	$\pm 0.28^a$	$\pm 0.17^a$	$\pm 0.63^a$	24.53 $\pm 0.36^B$
	LTC	$\pm 0.24^a$	$\pm 0.28^a$	$\pm 0.23^a$	$\pm 0.59^a$	24.41 $\pm 0.34^B$
	Mean	24.06 $\pm 1.05^a$	23.52 $\pm 1.21^a$	23.51 $\pm 1.29^a$	23.43 $\pm 1.37^a$	
Ash (%)		1.16	1.14	1.15	1.13	1.15
	ISB	$\pm 0.02^a$	$\pm 0.06^a$	$\pm 0.03^a$	$\pm 0.03^a$	$\pm 0.03^A$
	LLS	$\pm 0.01^a$	$\pm 0.08^a$	$\pm 0.08^a$	$\pm 0.04^a$	1.26 $\pm 0.06^B$
	LTC	$\pm 0.06^a$	$\pm 0.07^a$	$\pm 0.06^a$	$\pm 0.03^a$	1.26 $\pm 0.06^B$
	Mean	1.25 $\pm 0.07^a$	1.20 $\pm 0.07^a$	1.21 $\pm 0.06^a$	1.24 $\pm 0.08^a$	
Collagen (%)		1.71	1.78	1.76	1.80	1.76
	ISB	$\pm 0.12^a$	$\pm 0.14^a$	$\pm 0.15^a$	$\pm 0.09^a$	$\pm 0.11^B$
	LLS	$\pm 0.02^a$	$\pm 0.08^b$	$\pm 0.05^{ab}$	$\pm 0.04^b$	0.92 $\pm 0.09^A$
	LTC	$\pm 0.04^a$	$\pm 0.04^a$	$\pm 0.05^a$	$\pm 0.04^a$	0.95 $\pm 0.04^A$
	Mean	1.16 $\pm 0.40^a$	1.25 $\pm 0.38^a$	1.20 $\pm 0.40^a$	1.23 $\pm 0.40^a$	

ISB - *Infraspinatus* of blade; LLS - *Longissimus lumborum* of striploin; LTC - *Longissimus thoracis* of cube

^{a,b} values within a row with the same superscripts differ significantly at $P \leq 0.05$.

^{A,B} values within a column with the same superscripts differ significantly at $P \leq 0.05$.

The net energy of the muscle hesitated from 434.2 ± 9.58 kJ/100g in ISB from animals fed with diet D3 to 492.9 ± 11.66 kJ/100g in LTC in animals from D4. Significant differences in energy content between cuts and feeding treatments were stated (Table 4). The highest net energy concentration was observed for D4 treatment and the lowest for D1 treatment. Independently on feeding treatment, it

was significantly lower in ISB and higher in LLS and LTC.

Some correlations between chemical components of beef cuts were found. Positive correlations were found between moisture and fat content for LTC and LLS. It is known that the fat content negatively correlates with the moisture content of beef (Figure 1). However, the moisture wasn't replaced by fat in our samples.

Table 4. Moisture to protein ratio, the share of collagen in total protein and net energy of muscle of beef fed with different finishing diets

Examined parameters	Muscle	Finishing diet				
		D1	D2	D3	D4	Mean for diets
Moisture/Protein ratio	<i>ISB</i>	3.26 ± 0.05a	3.47 ± 0.07b	3.52 ± 0.03b	3.50 ± 0.05b	3.44 ± 0.12B
	<i>LLS</i>	2.97 ± 0.03 a	3.07 ± 0.03a	3.04 ± 0.02a	3.05 ± 0.07a	3.03 ± 0.06A
	<i>LTC</i>	2.98 ± 0.03a	3.07 ± 0.03a	3.05 ± 0.03a	3.06 ± 0.07a	3.04 ± 0.06A
	Mean	3.07 ± 0.14a	3.21 ± 0.19a	3.20 ± 0.23a	3.20 ± 0.22a	
Share of collagen in total protein (%)	<i>ISB</i>	7.55 ± 0.54a	8.15 ± 0.62 a	8.10 ± 0.60a	8.32 ± 0.43a	8.03 ± 0.62B
	<i>LLS</i>	3.23 ± 0.04a	4.16 ± 0.25b	3.65 ± 0.19ab	3.95 ± 0.08b	3.75 ± 0.38A
	<i>LTC</i>	3.93 ± 0.17a	3.96 ± 0.10a	3.87 ± 0.19a	3.86 ± 0.05a	3.91 ± 0.15A
	Mean	4.90 ± 1.92a	5.42 ± 1.97a	5.21 ± 2.08a	5.38 ± 2.10a	
Net energy of the muscles (kJ/100 g)	<i>ISB</i>	445.9 ± 5.65a	462.7 ± 7.95a	434.2 ± 9.58a	455.9 ± 3.29a	444.7 ± 10.47A
	<i>LLS</i>	462.8 ± 4.79a	481.4 ± 3.41b	485.7 ± 2.67b	486.1 ± 13.44b	478.7 ± 12.04B
	<i>LTC</i>	465.4 ± 4.43a	482.7 ± 0.63ab	485.7 ± 2.72ab	492.9 ± 11.66b	481.7 ± 11.96B
	Mean	458.0 ± 9.99a	468.5 ± 18.94ab	465.5 ± 24.98ab	478.3 ± 19.17b	

ISB - *Infraspinatus* of blade; LLS - *Longissimus lumborum* of striploin; LTC - *Longissimus thoracis* of cube ‘

^{a,b} values within a row with the same superscripts differ significantly at $P \leq 0.05$.

^{A,B} values within a column with the same superscripts differ significantly at $P \leq 0.05$.

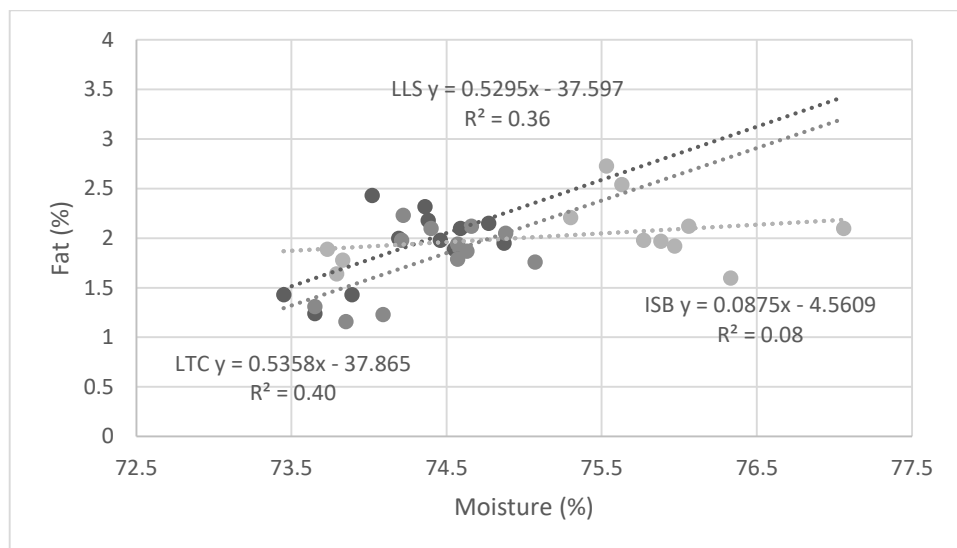


Figure 1. Relationship between moisture (%) and fat content (%) of various bovine muscles: ISB - *Infraspinatus* of a blade; LLS - *Longissimus lumborum* of striploin; LTC - *Longissimus thoracis* of a cube

Proteins have a high water-binding capacity in muscles. Significantly high negative correlations were observed between moisture and protein content for all cuts (Figure 2).

No significant correlations were found between moisture and ash content (Figure 3) and moisture and collagen in ISB and LTC (Figure 4). However,

only between moisture and collagen for LLS a highly positive correlation was found.

A significantly high correlation ($P \leq 0.05$) between the share of feeds in the diet and basic meat compositions in all meat cuts are presented in Table 4. Between concentrate content in finishing diet and protein content ($r = 0.59$) in ISB was observed a positive correlation, and dry matter both in LLS ($r = 0.69$) and LTC ($r = 0.58$). Between concentrate and fat content in all meat cuts and collagen only in LLS ($r = -0.80$) (Table 5) was stated a negative

correlation. Maize silage was positively correlated with fat content in LLS ($r = 0.71$) and in LTC ($r = 0.69$) and negatively with moisture ($r = -0.73$) and protein content ($r = -0.62$) in ISB. Correlations between hay in finishing diets were found only in cases of fat content in ISB ($r = -0.67$). No significant correlations were found between grass silage and any other meat composition parameters. Between the content of fat and protein, collagen and ash in any muscle (Figures 5, 6, 7), no significant correlations were found.

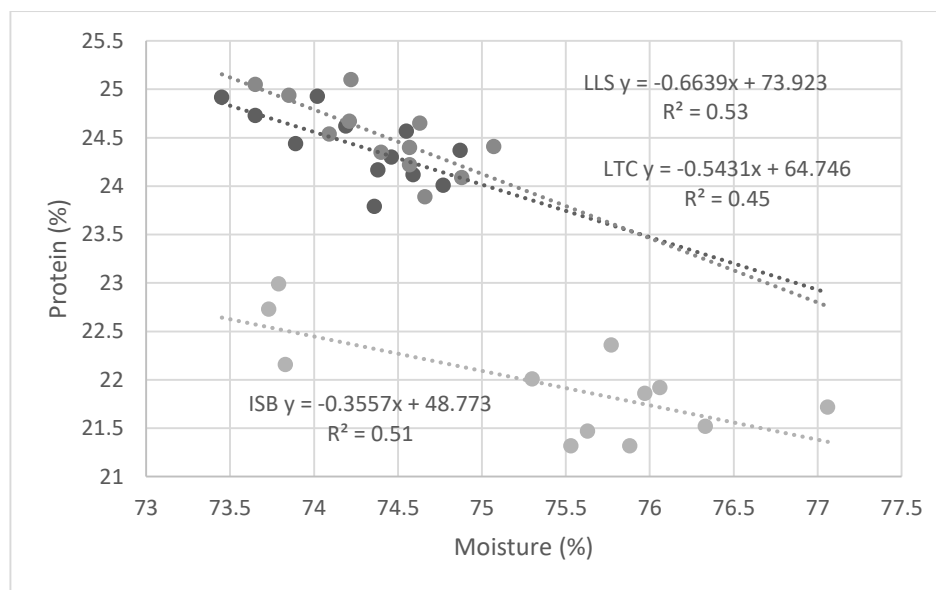


Figure 2. Relationship between moisture (%) and protein content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

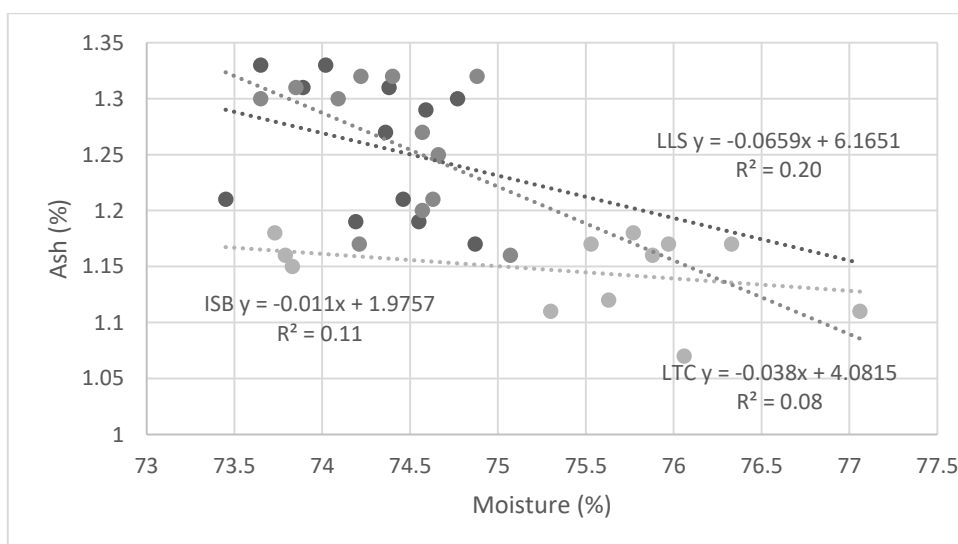


Figure 3. Relationship between moisture (%) and ash content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

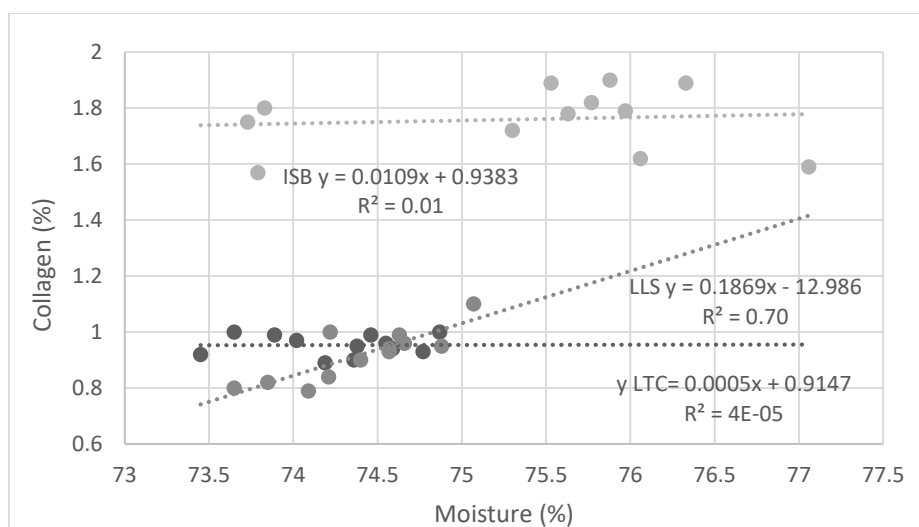


Figure 4. Relationship between moisture (%) and collagen content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

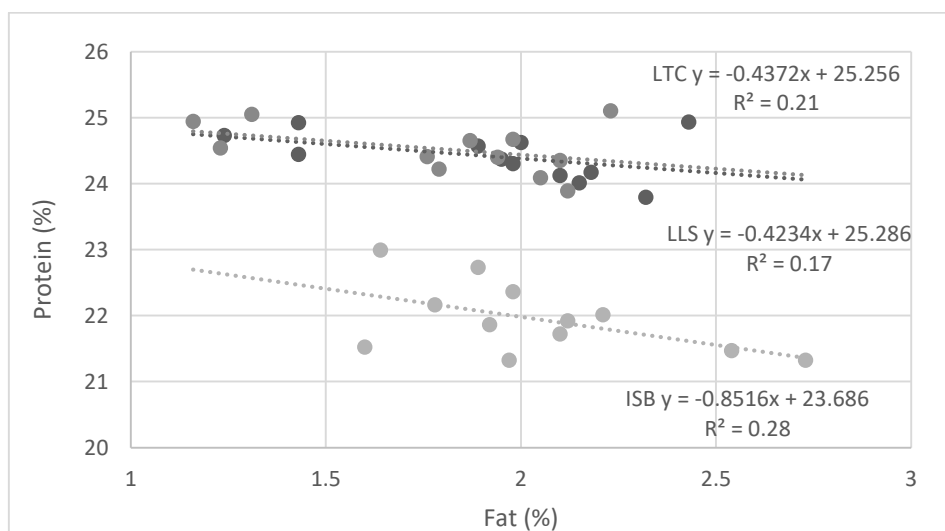


Figure 5. Relationship between fat (%) and protein content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

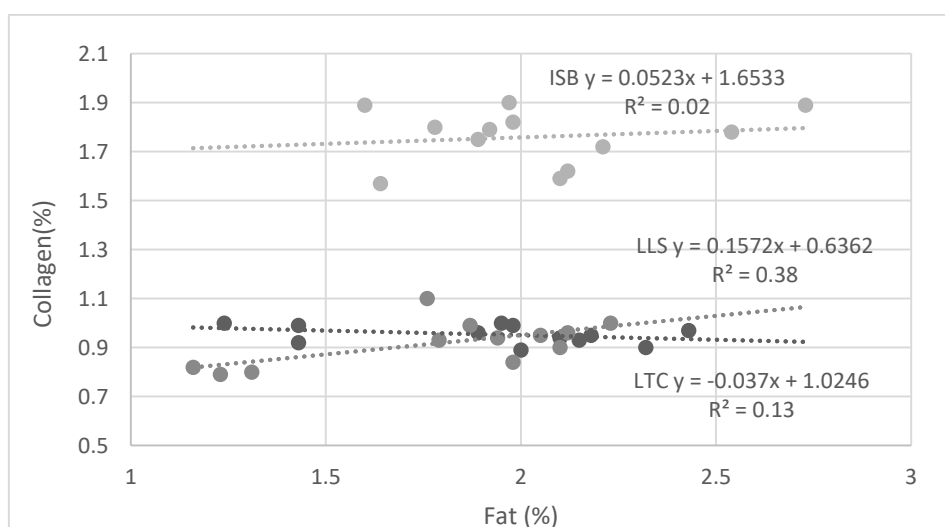


Figure 6. Relationship between fat (%) and collagen content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

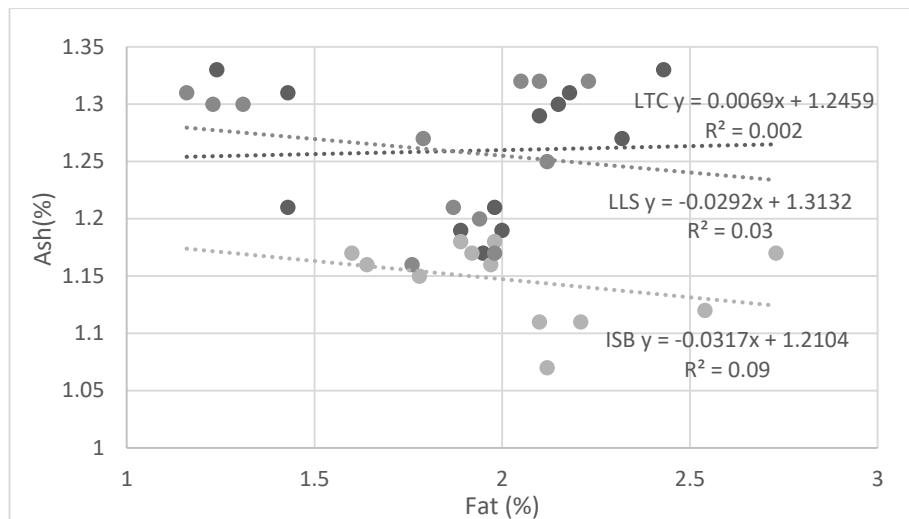


Figure 7. Relationship between fat (%) and ash content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

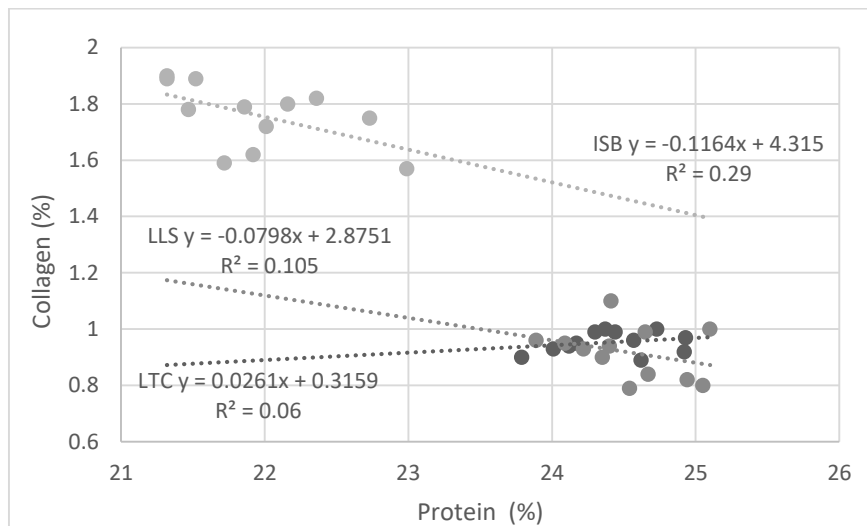


Figure 8. Relationship between protein (%) and collagen content (%) of various bovine muscles: ISB - Infraspinatus of a blade; LLS - Longissimus *lumborum* of striploin; LTC - Longissimus *thoracis* of a cube

Table 5. Correlations between the share of feeds in the diet and selected meat parameters in different muscles

	Meat parameter	Diet component			
		grass silage	maize silage	meadow hay	concentrates
<i>Infraspinatus</i> of blade (ISB)	Moisture	0.32	-0.73*	-0.25	0.22
	Fat	0.00	0.28	-0.67*	-0.86*
	Protein	0.32	-0.62*	0.17	0.59*
	Ash	0.03	-0.12	0.18	0.26
	Collagen	0.08	0.14	-0.19	-0.26
<i>Longissimus lumborum</i> of striploin (LLS)	Moisture	-0.29	-0.27	0.58	0.69*
	Fat	-0.43	0.71*	-0.15	-0.65*
	Protein	0.06	-0.32	0.20	0.41
	Ash	0.02	-0.20	-0.05	0.07
	Collagen	0.24	0.28	-0.66*	-0.80*
<i>Longissimus thoracis</i> of cube (LTC)	Moisture	-0.24	-0.32	0.43	0.58*
	Fat	-0.43	0.69*	-0.26	-0.76*
	Protein	0.06	-0.32	0.20	0.41
	Ash	-0.15	-0.15	0.03	0.09
	Collagen	0.29	-0.33	-0.02	0.23

* – $P \leq 0.05$

It is imperative to assess the chemical composition of meat because it determines its nutritional value and suitability for processing. The values for assessed meat parameters are consistent with results reported by Prevolnik et al., (2004), Guzek et al., (2013) and Wyrwicz et al. (2012). According to Litwińczuk et al., (2006), the average water content in the muscle of the *longissimus lumborum* from young slaughter cattle of the Polish Holstein-Friesian Black-and-White cattle was 75.9% with 21.3% of protein and 1.3% of fat. Florek et al., (2007) reported the content of basic chemical components at a similar level while emphasising that the variability in chemical composition for beef depends on age, breed, muscle type, gender, the degree of muscle mass, carcass fatness, category of cattle acc. to EUROP-classification system. The beef protein content and amino acid profile are not influenced by nutrition and genetics (Van Elswyk et al., 2014). None of the studies compared protein content of grass/forage-fed to grain-finished

cattle reported statistical or practical differences in response to feeding regime (Duckett et al., 2009; Duckett et al., 2013; Leheska et al., 2008)

Currently, consumers expect products with the lowest possible fat content and easily digestible protein. In this respect, the culinary beef cuts from animals fed with a diet composed of grass silage, hay, and concentrates (diet D1) had the lowest fat content and relatively high protein content. In terms of the raw product's technological suitability (based on collagen content and its proportion in total protein), the ISB was the most suitable.

Already earlier, the variability of the elemental meat composition of different types of beef muscles was indicated by Jeremiah et al. (2003), Prieto et al. (2009) and Chang et al. (2010), Wyrwicz et al. (2012). Additionally, these researchers identified many factors that could influence the results, such as muscle work intensity, the caloric content of the animal feed, methods and ageing, etc.

CONCLUSIONS

The obtained results of assessing the chemical composition of three different muscles showed that the finishing diet composition might shape some meat parameters. The response to the diet composition depends on the muscle. Among the assessed meat components, only the moisture and fat content depended on the diet composition in all

three muscles. A difference in the collagen content in the *longissimus lumborum* of striploin (LLS) and protein content in the *infraspinatus* muscle (ISB) was noted. No differences were stated in ash content. The D1 diet turned out to be the most beneficial due to the fastest gains and beneficial chemical composition of meat, the highest level of protein and the lowest fat content - the dietary features of meat most appreciated by consumers.

REFERENCES

- 1.
2. Aldai, N., Lavín, P., Kramer, J.K.G., Jaroso, R., & Mantecón, A.R. (2012). Breed effect on quality veal production in mountain areas: emphasis on meat fatty acid composition. *Meat Science*, 92, 687-696. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.06.024
3. Biel, W., Czerniawska-Piątkowska, E., & Kowalczyk, A. (2019). Offal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems. *Animals*, 9, 489-499. DOI:10.3390/ani9080489.
4. Blanco, M., Jurie, C., Micol, D., Agabriel, J., Picard, B., & Garcia-Launay, F. (2013). Impact of animal and management factors on collagen characteristics in beef: a meta-analysis approach. *Animals*, 7:7, 1208-1218. DOI: 10.1017/S1751731113000177
5. Chang, H.J., Xu, X.L., Li, C.B., Huang, M., Liu, D.Y., & Zhou, G.H. (2010). A comparison of heat-induced changes of intramuscular connective tissue and collagen of beef semitendinosus muscle during water bath and microwave heating. *Journal of Food Process Engineering*, 34, 1-18. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2009.00568.x
6. Christensen, M., Erbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R.I., Nute, G.R., Olleta, J.L., Panea, B., Albertí, P., Juárez, M., Hocquette, J.F., Williams, J.L. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87, 61-65. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.09.003
7. Choi, N.J., Enser, M., Wood, J.D., & Scollan, N.D. (2000). Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Animal Science*, 71, 509-519. DOI: 10.1017/S1357729800055417

8. Duckett, S.K., Neel, J.P.S., Fontenot, J.P., & Clapham, W.M. (2009). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin and cholesterol content. *Journal of Animal Science*, 87, 2961–2970. DOI: 10.2527 / jas.2009-1850
9. Duckett, S.K., Neel, J.P.S., Lewis, R.M., Fontenot, J.P., & Clapham, W.M. (2013). Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 91, 1454–1467.
10. Florek, M., Litwińczuk, Z., Kędzierska-Matysek, M., Grodzki, T., & Skąlecki, P. (2007). Nutritional value of meat from musculus longissimus lumborum and musculus semitendinosus of young slaughter cattle. *Medycyna Weterynaryjna*, 63, 242–247.
11. Fraser, M.D., Davies, D.A., Vale, J.E., Nute, G.R., Hallett, K.G., Richardson, R.I., & Wright, I.A. (2009). Performance and meat quality of native and continental cross steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Livestock Science*, 123, 70–82. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.10.008
12. French, P., O’Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Mooney, M.T., Troy, D.J., & Moloney, A.P. (2001). The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57(4), 379–386. DOI:10.1016/S0309-1740(00)00115-7.
13. Guzek, D., Głabska, D., Pogorzelski, G., Kozan, K., Pietras, J., Konarska, M., Sakowska, A., Głabski, K., Pogorzelska, E., Barszczewski, J., & Wierzbicka, A. (2013). Variation of meat quality parameters due to conformation and fat class in *Limousin* bulls slaughtered at 25 to 27 months of age. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(5), 716–722. DOI:10.5713/ajas.2012.12525.
14. ICAR (2018). *Guidelines for Beef Cattle Production Recording – Section 3*. The Global Standard for livestock data, 1–88.
15. Instytut Zootechniki. (2001). *Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Wartość pokarmowa pasz dla przeżuwaczy*. Opracowanie według INRA (1988), Praca zbiorowa. Kraków, 218.
16. Jeremiah, L.E., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., & Gibson, L.L. (2003). Assessment of palatability attributes of the major beef muscles. *Meat Science*, 65, 985–992. DOI: 10.1016 / S0309-1740 (02) 00307-8
17. Keady, T.W.J., Gordon, A.W., & Moss, B.W. (2013). Effects of replacing grass silage with maize silages differing in inclusion level and maturity on the performance, meat quality and concentrate-sparing effect of beef cattle. *Animals*, 7(5), 768–777. DOI:10.1017/S1751731112002364.
18. Keane, M.G., Drennan, M.J., & Moloney, A.P. (2006). Comparison of supplementary concentrate levels with grass silage, separate or total mixed ration feeding, and duration of finishing in beef steers. *Livestock Science*, 103(1), 169–180. DOI:10.1016/j.livsci.2006.02.008.
19. Kenneth, J.M., Lenssen, A.W., Steven, L., & Fales, S.L. (2020). Factors affecting forage quality. In: *Forages: The science of grassland agriculture*, II, 7TH Edition. Editor(s): Kenneth, J. M, Collins, M., Nelson, J., Redfearn, D.D., Wiley J., & Sons. DOI: 10.1002/9781119436669.ch39
20. Kowalski, M.Z., & Kański, J. (1993). WINWAR ver 1.30. [computer software] Komputerowy program wspomagający wyliczenie wartości pokarmowej pasz według systemu INRA 1988, AR Kraków.
21. Leheska, J.M., Thompson, L.D., Howe, J.C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J.C., Shriver, B., Hoover, L., & Miller, M.F. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 8, 3575–3685. DOI: 10.2527 / jas.2007-0565
22. Litwińczuk, Z., Domardzki, P., Florek, M., & Żółkiewski, P. (2016). Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme fattened within a low-input system. *Animal Science Papers and Reports* vol. 34 no. 4, 387–397.
23. Litwińczuk, Z., Florek, M., & Pietraszek, K. (2006). Physico-chemical quality of meat from heifers and young bulls of the Black-and-White (B.W.) variety of Polish Holstein-Friesian breed, and commercial B.W. crossbreds sired by Limousine and Charolaise bulls. *Animal Science Papers and Reports*, 24, 179–186.
24. Nogalski, Z., Wielgosz-Groth, Z., Purwin, C., Sobczuk-Szul, M., Mochol, M., Pogorzelska-Przybyłek, P., & Winarski, R. (2014). Effect of slaughter weight on the carcass value of young crossbred (‘Polish Holstein Friesian’ × ‘Limousin’) steers and bulls. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(1), 59–66. DOI:10.4067/S0718-58392014000100010.
25. Pena-Torres E.F., Gonzales-Rios H., Avendano-Reyes L., Valenzuela-Grijalva N.V., Pinelli-Saavedra A. (2019). Hydroxycinnamic acids in animal production: pharmacokinetics, pharmacodynamics and grown

productivity effects, Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10, 2, 391-415. DOI.org/10.22319/rmcp.v10i2.4526

26. Pesonen, M., Joki-Tokola, E., & Huuskonen, A. (2014). Effect of silage plant species concentrate proportion and sugar beet pulp supplementation on the performance of growing and finishing crossbred bulls. *Animal Production Science*, 54, 1703-1708.
27. Prevornik, M., Čandek-Potokar, M., & Škorjanc, D. (2004). Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality - A review. *Czech Journal of Animal Science*, 49, 500-515. DOI:10.17221/4337-CJAS.
28. Prieto, N., Ross, D.W., Navajas, E.A., Nute, G.R., Richardson, R.I., Hyslop, J.J., Simm, G., & Roehe, R. (2009). Online application of visible and near-infrared reflectance spectroscopy to predict chemical-physical and sensory characteristics of beef quality. *Meat Science*, 83, 96-103. DOI:10.1017/S1751731110001618
29. Purwin, C., Wyżlic, I., Nogalski, Z., Sobczuk-Szul, M., Pogorzelska-Przybyłek, P., Lipiński, K., Wierzbowska, J., Starczewski, M., & Michalski, J.P. (2016). The effect of grass silage quality and supplementary concentrate levels on feed intake and fattening performance of crossbred steers. *Journal of Elementology*, 21(4), 1103-1113. DOI:10.5601/jelem. 2015.20.4.1061.
30. Randby, A.T., Nørgaard, P., & Weisbjerg, M.R. (2010). Effect of increasing plant maturity in timothy-dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. *Grass and Forage Science*, 65(3), 273-286. DOI:10.1111/j.1365-2494.2010.00745.x.
31. Seremak Bulge, J. (2014). *Rynek rolny. 2013-2014*, IERiGŻ - PIB Warszawa.
32. Standards of Poland. (2010). PN-A-82109:2010. *Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu, białka i wody. Metoda spektrometrii transmisyjnej w bliskiej podczerwieni (NIT) z wykorzystaniem kalibracji na sztucznych sieciach neuronowych (ANN)*
33. Standards of Poland. (2019). PN-EN ISO 12099:2017-10. *Pasze, ziarno zbóż i produkty przemiału - Wytyczne stosowania spektrometrii bliskiej podczerwieni*. 36.
34. Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J., & Porter, M.G. (2002). Effects of the proportions of high or medium digestibility grass silage and concentrates on beef cattle's diet on live weight gain, carcass composition, and fatty acid composition of muscle *Grass and Forage Science*, 57(3), 279-291. DOI:10.1046/j.1365-2494.2002.00326.x.
35. Van Elswyk, M.E., & McNeill, S.H. (2014). Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience, *Meat Science*, Vol. 96, 1, 535-540. DOI: 10.1016 / j.meatsci.2013.08.010
36. Webb, E. (2006). Manipulating beef quality through feeding. *South African Journal of Animal Science*, 7, 5-15. <http://www.sasas.co.za/Popular/Popular.html>.
37. Wyrwisz, J., Półtorak, A., Zalewska, M., Zaremba, R., & Wierzbicka, A. (2012). Analysis of relationship between basic composition, pH, and physical properties of selected bovine muscles. *Bulletin of the Veterinary Institute in Puławy*, 56, 403-409, DOI:10.2478/v10213-012-0071-8.

*Received 21 Jul 2023**Revised 8 Sep 2023**Accepted 12 Sep 2023**Konrad WIŚNIEWSKI* , *Beata KUCZYŃSKA* 

COMPARATIVE STUDIES OF REPRODUCTIVE AND MEAT PERFORMANCE OF THE LOCAL BREED OF POLISH RED CATTLE AGAINST THE BACKGROUND OF THE LIMOUSINE BREED OF POLISH AND FRENCH HERITAGE

Department of Animal Breeding, Institute of Animal Science, Warsaw University of Life Science, Warsaw, Poland

Abstract. The aim of the study was to compare of the reproductive and meat performance of meat breeds, such as the local Polish Red cattle and the Limousine cattle breed, which is dominant in Poland. The examined individuals of the Limousine breed, which were divided into two groups depending on the origin of the parents, the so-called Polish and French. The criterion for assigning the animals to the group of Polish origin was that the tested bulls did not have in their pedigree a descendant of the French line for two generations. Three groups of fatteners with 138 Polish Red bulls and 447 French and 478 Polish Limousin bulls were used to assess meat performance. All animals were kept in an extensive production system, using the pasture at will throughout the year, during the so-called peak season. At the end, they were fed additionally with haylage and concentrated feed. Reproductive parameters (type of calving and viability of calves) were assessed in 348 Polish Limousin cows, 367 French cows and 289 Polish Red cows. Calves were observed and measured throughout their life cycle from birth to slaughter. In the assessment of the utility value of meat, reference features were taken into account, e.g. body weight after calving, body weight at 210 and 420 days of age and gains, height at withers and chest circumference, and conformation assessment. The PRC group showed significantly greater ease of calving and vitality of calves compared to both groups of limousines. Calf and adult body weight measurements at 210 and 420 days were significantly higher in French Limousine cattle. Differences in body weight and gain were significant. There was a slight difference in height between Polish and French bulls. Native breed cattle were characterized by very good reproductive parameters and satisfactory meat performance characteristics in relation to the use of grassland fodder. Beef producers can be successfully recommended to use Polish Red cattle for meat purposes in an extensive production system.

Key words: polish red cattle, Limousine, calving, vitality, calf, fattening.

INTRODUCTION

A key role in beef cattle herds is played by the reproduction and rearing of calves. The tradition of using beef cattle in Poland is about 40 years old. The Limousine breed currently dominates the population of beef cattle in Poland. Since 2017, more and more breeders of native Polish Red

cattle are switching from dairy cattle breeding to only beef cattle. The aim of beef cattle breeding is economically effective meat production based on the most rational methods of feeding and keeping (Barwick et al. 2018). In the context of economic efficiency and consumer preferences, this type of cattle use poses great challenges to breeders. This goal can be achieved through the implementation of breeding programs aimed at improving the fattening value (higher daily gains, higher feed conversion ratio, better degree of musculature) and improving the carcass value (higher slaughter yield, higher proportion of meat, lower proportion of fat and bones in the carcass, better quality meat, higher evaluation of the degree of musculature and lower fatness when evaluating half-carcasses using the EUROP system) (Terry et al. 2020).

Slaughter efficiency is the basic criterion for evaluating the value of meat performance and an indicator of the possibility of obtaining the most valuable culinary meat and processing elements from the carcass (Cliquart et al. 2022). These features are determined by the working type, breed, sex and age of the animals (Sakowski et al. 2022). In Poland, body weight (standardized) is measured at 210 and 420 days of age and the thickness of the longissimus dorsi muscle (Nogalski 2003). The breeder should focus primarily on the elements of the production system that affect the economics of beef cattle breeding. Problems related to the reproductive performance of animals play a fundamental role in the beef cattle population. The effectiveness of breeding work is evidenced by the proper maintenance of reproduction at an appropriate level, and these are such features as: breed, health, the course of conception and childbirth, and the calving season (Moorey and Biase 2020). According to Orihuela and Galina (2021), reproduction and rearing of calves as well as factors reducing labour input play a key role in meat herds. For the first time in 1994–1995, the Beef Cattle Breeding Development Program in Poland was developed, which was adopted by the Ministry of Agriculture and implemented in breeding practice (Bąk-Filipek 2021). One of the main tasks presented was to expand breeding of pure beef breeds for the production of breeding material. In the first period, breeders developing beef cattle breeding received a subsidy for the purchase of breeding animals – heifers and imported cows. State financial aid resulted in an influx of imported purebred farm animals. Beef cattle breeding in Poland began to develop dynamically, despite the liquidation of the state subsidy in 2006. Established in 1995, the National Association of Beef Cattle Breeders, and since 2003, the Polish Association of Beef Cattle Breeders and Producers (PABCBP) was tasked with, among others, keeping herd books, assessing the performance value of animals and selecting breeding material. President Wilson's words, as a passionate breeder, are telling that only this nation deserves state independence that has bred at least one breed of farm animals. In Poland, under the protection of genetic resources, we have four breeds of cattle with the type of dairy or bi-directional use, i.e.: milk and meat – Polish Red (protected since 1999), White-Backed (since 2003), Polish Red-and-White (since 2006) and Polish Black-and-White (since 2007) (Litwińczuk et al. 2015). The oldest of them is Polish Red cattle, commonly kept for milk production (Majewska 2019). However, individuals of this breed are not distinguished by such a high milk yield as cows of the Holstein Friesian breed. The population of Polish Red cattle in Poland is 4108 (as of December 2022, data from the Institute of Animal Production in Balice Kraków), with a noticeable growth trend in the last decade. Polish Red cattle is undoubtedly an indigenous breed. It is characterized by high resistance and excellent adaptation to difficult environmental conditions in the foothills and mountains, but it is also very popular among breeders from other regions of the country (Majewska and Jakiel 2019). In addition, animals of this breed have a number of biological properties of great economic importance, such as good fertility, light births, high viability of calves and a higher survival rate than in other breeds (Szarek et al. 2004). Polish Red cattle are characterized by a very good use of farm fodder (especially dry roughage in the winter, and pasture grass in the summer) and indiscretion in their selection. In addition, it is resis-

tant to infectious diseases (tuberculosis, brucellosis, mastitis). According to Adamczyk et al. (2008) and Gajos and Dymnicki (2012) Polish Red cattle provide not only milk, but also excellent quality meat. It is undeniable that the meat of this breed is characterized by delicacy, proper marbling and juiciness (Choroszy and Choroszy 2005). The above-mentioned meat quality features are also characteristic of outstanding beef cattle breeds; therefore, they can be used to develop a new direction of use, which is the meat direction for breeds used in two directions. The direction of meat use of local breeds of cattle in recent decades has been forgotten and few agricultural producers paid attention to the good meat characteristics of these breeds. Meanwhile, it is a great advantage and untapped potential. Due to the relatively low milk yield, cows of these breeds can be used as wet nurses. Drawing our attention to this direction of use can increase the attractiveness of old cattle breeds and contribute to increasing their population. Such an effect can be achieved especially in relation to the Polish Red breed. Farmers keeping cattle of this breed indicate that the meat direction of use may be the future of breeding Polish native breeds of cattle. This is not surprising if one remembers that it is the southern varieties of this breed that have clearly marked meat characteristics, and mountain and foothill areas are protected by landscape and intensive agricultural production cannot be carried out in these areas.

Nursery farming is becoming more and more popular and attempts are already being made to use cows of this breed in this way (Gajos and Dymnicki 2012). Currently, this direction has a chance to become an attractive alternative to dairy production. Hence the special interest of scientists together with breeders to create indigenous breeds of beef cattle in Poland. The first breeding of Polish Red cattle for meat purposes was established in 2001 by Rydel together with Prochal on the Rumian farm (Warmia and Masuria region). In the years 2019–2023, as part of its own implementation project, there are already 94 breeders who keep Polish Red cattle only for meat purposes. The most numerous and at the same time the most popular breed of beef cattle in Poland is the Limousine breed, which accounts for 75.8% of the national population. This breed is characterized by a good ratio of meat to fat and bones, a high percentage of culinary elements and, what is very important, it has a light colour and good sensory quality. An important feature is also its great usefulness in obtaining well-muscled individuals, which results in high slaughter efficiency (Joo et al. 2013). The Limousine breed was described in publications from the last century as a medium-sized breed, but today it can be classified as a large breed (PZHiPBM 2016). The body weight of cows is between 650–800 kg with a height at the withers of 137 cm, and bulls 1000–1200 kg with a height at the withers of 145 cm. The body weight of newborn heifers is about 35 kg, and bulls about 40 kg. The ease of calving cows of this breed is also widely promoted, but the results of national observations indicate that all births should be monitored by the breeder. According to French data, 93% of births are considered easy, without the help and assistance of breeders, 5% are births with little help from the staff, and only 2% of births can be classified as complicated. Armengol et al. (2021) claims that cattle of this breed are suitable for rearing in an extensive system in the open air. The cows are characterized by very good fertility (pregnancy index over 95%, caesarean sections occur sporadically), as well as special protectiveness. However, the common opinion of breeders is that heifers and Limousine cows often react aggressively to unfamiliar situations (moving, weighing, veterinary treatments, etc.).

In many publications, a very strong maternal instinct is given as a great advantage of this breed. In addition to the resulting undoubted benefits, there are often problems related to the daily handling of the herd. Cows of this breed often protect their own calves in such a way that they even make it impossible to perform simple zootechnical and veterinary procedures, such as: vaccination, weighing, etc. Muscle hypertrophy, commonly referred to as “big luteus” is common in this breed, due to a mutation in the myostatin coding sequence (Rodgers and Garikipati

2008). Pogorzelska-Przybyłek et al. (2021) indicates that the slaughter efficiency of the crossing Holstein-Friesian cows with Limousine bulls for the five most valuable primary cuts (including shoulder, front rib, prime rib, loin, round) was 63.31; 64.3 and 67.29%, respectively for steers, heifers and bulls. In the case of the Limousine breed, both young and old animals had a very good slaughter performance.

MATERIAL AND METHODS

The studies were carried out on live animals in accordance with the relevant guidelines of Directive 2010/63/EU in Europe and because no activities interfering with animal welfare were performed without the need to obtain the approval of the ethics committee. This study was part of the “Implementation Doctorate” program of the Ministry of Science and Higher Education DWD/3/53/2019 in cooperation with the Polish Association of Beef Cattle Breeders and Producers in 2019–2023, the project initially described in Wiśniewski and Kuczyńska (2022a), whose aim was the development of a meat utility model for the local breed of Polish red cattle. Purebred farms representing three different beef cattle farms in extensive production systems were selected. Traditional farms were characterized by the presence of free-range animals and grazed on pastures and fed with local fodder (mainly hay and concentrates). All animals were kept in an extensive production system, used free-range pastures throughout the year, and were finally fed a ration based on previous studies (Wiśniewski et al. 2021) composed of grass silage, hay, and concentrates. Calving in the studied herds was spring (March/April), calves were kept with suckler cows for 7 months, then in early winter they were weaned and fed with fat for up to 24 months. Cattle on each farm were measured and weighed monthly during the experiment, and only one herd was visited daily. The research was carried out on offspring, which allowed for a more accurate assessment of the working value of individuals used for breeding for further breeding. Together with PABCBP, ten farms were selected for the study, where the following are kept: Polish Red cattle (PRC); Limousine cattle with a bull of Polish origin (LIM PL); Limousine cattle with a bull of French origin (LIM FR). The research included evaluation of reproductive performance and evaluation of meat performance. The assessment of reproductive performance consisted in determining for each female in the herd: the type of delivery by qualifying it to the appropriate category, the vitality of the calf born by qualifying it to the appropriate category. The type of calving and calf vitality were assessed on the basis of tables developed by the National Research Institute of Animal Production in Balice (Poland) (Tables 1 and 2).

Table 1. Type of calving

Type of calving	Code
Easy, done by the forces of nature without human help	1
Easy, with little human or mechanical assistance	2
Difficult with the help of 2 or more people, the use of mechanical means of the intervention of a veterinarian	3
Caesarean delivery	4
Embryotomy	5
Miscarriages	6

Table 2. Vitality of calf

Vitality of calf	Code
Living body, without structures defects	1
Living body, with structural defects	2
Dead at birth or dead within 24 hours of birth	3
Calf monstrosity	4

The evaluation of the meat performance of cattle was carried out in accordance with the regulations for the evaluation of the performance value of beef cattle (2016). For the meat evaluation studies, the research material consisted of 942 calves of Limousine bulls, 492 of Polish origin and 450 of French origin, as well as 138 of Polish Red bulls and heifers, which were subject to breeding evaluation only. Limousine cows: 348 of Polish origin, 367 of French origin and 289 of Polish Red, were the research material for the reproductive evaluation study. Calves from the above-mentioned parents were observed and measured throughout the life cycle from birth to slaughter in the years 2019–2023, 1004 individuals were tested in total, and the numbers of measurements were 57.228 records. The assessment of meat performance included the determination of the degree of musculature and development of the animal, the rate of body weight gain. Determination of the degree of musculature and development of the animal was made on the basis of a visual assessment of the animal's build, consisting in the assessment of individual conformation features on a 100-point scale. In bulls, visual assessment of the animal's conformation was performed after weighing at 420 days of age. Determination of the rate of weight gain consisted in determining the weight of the animal in the following periods of its life: from the 1st day of birth to 48 hours. after birth, for the second time between 165 and 255 days of age, and then between 375 and 465 days of age – for bulls. Then, the standardized body weight of the animal was calculated on the 210th day of life and on the 420th day of life. The calculation of the standardized body weight of the animal (MCS) for a specific day of its life was made according to the formula:

$$MCS = [(MCB - MCU)/WW] \times WS + MCU$$

where:

MCS – standardized animal body weight [kg],

MCB – mean body weight of the animal at the actual weighing [kg],

MCU – actual body weight set for 48 h, at birth [kg],

WW – mean age of the animal at the weighing [days],

WS – standardized age of the animal [s].

Calculations of the average daily weight gain of the animal in the periods from the 1st day to the 210th day of life and from the 210th to the 420th day of life were also included. Calculation of the average daily weight gain of the animal (PDMC) was made according to the formula:

$$PDMC = (MCK - MCP) \times [1000/(WK - WP)]$$

where:

PDMC – mean of the increase in daily body weight [g],

MCK – final body weight of the animal on the weighing day [kg],

MCP – initial body weight of the animal at the weighing [kg],

WK – mean age of the animal at the final weighing [days],

WP – mean age of the animal at the initial weighing [days].

The assessment of conformation was made on individuals up to 24 months of age. The conformation of the animal was determined by 19 linear features characterizing musculature, bone, functional features and additional features. Muscle assessment included the following parts of the animal's body: width between the shoulder blades, width of the back, thickness of the back-muscle x 2, arching of the thigh muscles, length of the thigh muscles and width of the croup. The functional features included: the posture of the forelegs, the width of the snout, the line of the back and the posture of the hind legs. However, when evaluating the skeleton, the following were considered: calibre, overshoot circumference, chest width, chest depth, back length, rump length and hip width. Additional features: ischia width and condition assessment of the animal. Each of the features was assessed on a scale of 1–10 points, with an optimum of 10 points, except for the circuit of overvoltage and condition, where the adopted optimum is 6 points. Appropriate weights assigned to a specific group of features, i.e., 0.50 for musculature, 0.30 for skeleton and 0.20 for functional features, do not change.

$$OPZ = 0.50 \times OM + 0.30 \times OK + 0.20 \times OF$$

where:

OM – sum of points after transformation for musculature,

OK – sum of points after bone transformation,

OF – sum of points after transformation for functional features.

The obtained data were processed using statistical methods using the SPSS 29.0 package using the GLM, CORR procedure. Significance of differences between the groups was determined based on multivariate analysis of variance. Factors such as year of calving, season of calving, breed and paternal group were considered in the model.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + e_{ijk}$$

where:

Y_{ijk} – measurement of a given feature,

A_i – year of calving effect,

B_j – breed,

C_k – paternal group,

e_{ijk} – random error,

μ – overall average.

Recording model for bulls. Check whether the effect on growth characteristics is additionally calves by multiple regression. As part of the scientific objective of the work, linear regression was used to check changes in the average values of the analyzed traits in individual years of birth of calves according to the formula:

$$Y = a + b \cdot x$$

where:

Y – average value of the tested feature,

a – feature size change,

b – regression coefficient,

x – year of birth of the calf.

In suckler herds participating in the performance assessment scheme from birth for weaning, where the performance characteristic is body weight corrected for day 210, the following calculation method is recommended (ICAR 2018):

At – age at the time of weighing, expressed in days,

Wt – body weight expressed in kilograms,

WB – estimated birth weight or breed standard.

Then the usability rating is calculated as:

$$RW = ((W_t - W_B)/A_t) \times 200 + W_B$$

RESULTS

Tables 3 and 4 present a comparison of the type of farrowing and viability of calves in Polish Red Limousine cows of Polish and French origin. Due to the autochthonous characteristics, Polish Red cattle are characterized by light births and high viability of calves, which was confirmed in the study. In the conducted research, this breed was characterized by higher parameters of ease of delivery and vitality of calves in relation to the Limousine breed (Table 3). In turn, Limousine cows of French origin were characterized by a greater ease of calving than cows of Polish origin, while Limousine cows of Polish origin were characterized by higher vitality of calves.

Table 3. Comparison of the calving type in cows Polish Red cattle and Limousine of Polish and French heritage

Calving type code	Polish Red [N]	Limousine Polish [N]	Limousine French [N]
1	287	323	346
2	1	15	12
3	0	4	3
4	0	2	3
5	0	0	0
6	1	4	3

Table 4. Comparison vitality calf of Polish Red, Limousine Polish and French

Calving type code	Polish Red [N]	Limousine Polish [N]	Limousine French [N]
1	289	344	363
2	1	0	0
3	0	2	2
4	0	0	1

Table 5 presents the birth weights of Polish Red, Polish Limousine and French Limousine calves and at the age of 210 and 420 days for bulls. The study covered exclusively male calves intended for further fattening. The birth weight of the calf should be 7–9% of the weight of an adult cow. Polish Red cows are of smaller calibre compared to Limousine mothers. The lowest birth weight was found in Polish Red calves (30.72 kg) and was significantly lower than calves from Limousine bulls. Differences for Limousine calves were significant and lower by 8.36 and 9.31 kg for Lim PL and Lim FR, respectively. All of the calves in the experiment were born during the winter months of December to March. The time of birth has a significant impact on the vitality and growth rate of reared calves, directly affecting the economic effects of rearing. The average weight of calves at birth: 34.7 kg, and 210 days – 239.7 kg. Imported Limousine herd with an average calf weight at birth of 38–39 kg (min. 28 to max. 41 kg). The average weight of the calves at weaning during the calving period ranged from 255 to 274 kg.

Table 5. Comparison of birth weight at 210- and 420-days bulls of Polish Red, Limousine Polish and French origin

Breed	Birth weight [kg]	Body weight at 210 days [kg]	Body weight at 420 days [kg]
Polish Red	30.72 ^{AB}	212.29 ^{AB}	302.95 ^{AB}
Limousine Polish	39.08 ^{Ac}	284.86 ^{AC}	537.41 ^{AC}
Limousine French	40.03 ^{ABc}	297.60 ^{ABC}	553.11 ^{ABC}

A, B, C Least-square means within a country origin with same superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $p < 0.01$ in the post hoc analysis.

a, b, c Least-square means within a country origin with same superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $p < 0.05$ in the post hoc analysis.

Table 6 includes a list of daily origin and standardized body weight for 210 and 420 days of Polish Red, Limousine bulls of Polish and French heritage. The lowest start falls on the 210th and 420th day for Polish Red cattle, therefore these values are attributed to Limousine bulls of French origin. The 210-day standardized body weight of Polish Red bulls was 233.26 kg, which was lower by 48.36 kg compared to Limousine bulls of Polish origin and by 53.85 kg for Limousine sires of French origin. The highest standardized body weight for 420 days was also found in Limousine bulls of French origin and it was 17.45 kg higher than Limousine bulls of Polish origin and 152.22 kg higher than Polish Red bulls.

Table 6. Comparison of daily gain and standardized body weight for 210- and 420-days bulls of Polish Red, Limousine Polish and French origin

Breed	PDMC from birth to 210 days of age [g]	PDMC from birth to 420 days of age [g]	Standardized body weight at 210 days [kg]	Standardized body weight at 420 days [kg]
Polish Red	900.54 ^{AB}	880.04 ^{AB}	233.26 ^{AB}	397.13 ^{AB}
Limousine Polish	1154.98 ^{Ac}	1196.32 ^{Ac}	281.62 ^{Ac}	531.90 ^{Ac}
Limousine French	1176.50 ^{ABc}	1257.41 ^{ABc}	287.11 ^{ABc}	549.35 ^{ABc}

A, B, C Least-square means within a country origin with same superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $p < 0.01$ in the post hoc analysis.

a, b, c Least-square means within a country origin with same superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $p < 0.05$ in the post hoc analysis.

Table 7. Comparison of chest circumference, height at the withers and evaluation of conformation (muscles, bones, functional features) bulls of the Polish Red, Limousine Polish and French origin

Breed	Chest circumference [cm]	Height at the withers [cm]	Musculature	Skeleton	Functional features	Overall rating
Polish Red	150.4 ^{AB}	98.77 ^{AB}	73.6 ^{AB}	73.5 ^{AB}	73.3 ^{AB}	73.5 ^{AB}
Limousine Polish	196 ^{Ac}	127 ^{Ac}	78.4 ^{AC}	78.2 ^{AC}	78.5 ^{AC}	78.4 ^{AC}
Limousine French	205 ^{ABc}	130 ^{ABc}	81.6 ^{ABC}	81.2 ^{ABC}	81.4 ^{ABC}	81.4 ^{ABC}

A, B, C Least-square means within a country origin with same superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $p < 0.01$ in the post hoc analysis.

a, b, c Least-square means within a country origin with same superscript letters in the same row indicate pairwise differences at $p < 0.05$ in the post hoc analysis.

Table 7 presents a comparison of chest circumference, height at the withers and evaluation of conformation (muscles, bones, functional features) of the Polish Red, Limousine of Polish and French origin. Limousine bulls showed a larger chest circumference than Polish Red bulls.

DISCUSSION

Body weights at 210 and 420 days, 296.52 kg and 554.47 kg, respectively, also favoured French Limousine sires (Wiśniewski and Kuczyńska 2022b). Sablik et al. (2018), describing a herd of purebred imported Limousines, found that the birth weight of the bulls was 39.0 kg, while the body weight at the age of landing (210 days) averaged 251.0 kg. This trend was not observed in our research. According to the observations of Liu and Makarechaian (1993), calves that are heavier at birth perform better and end up rearing at a higher body weight, which is the main goal of breeders, but results in calving problems. Previously, Wiśniewski and Kuczyńska (2022b) found that the average at the age of 210 days was 230.3 kg, which was similar to that reported by other Polish researchers. In an earlier study, Wiśniewski and Kuczyńska (2022b) found that the average birth weight of Limousine calves of both sexes from an intensive production system was 34 kg at birth, which was significantly lower. According to many studies, among all the factors that determine the birth weight of calves are breed, genotype, sex, type of calving and calving time (Bartoň et al. 2003; Johanson and Berger 2003; Alberti et al. 2005; Nogalski et al. 2018; Pilarczyk et al. 2022). Limousine calves from French bulls were heavier by 0.95 kg compared to Polish ones. López-Paredes et al. (2018) indicate that the season of birth significantly affects the growth of reared calves. With regard to the measurement of linear features, especially the height at the withers, the lowest values were found for Polish Red bulls. Pogorzelska et al. (1998) reported that Limousine cattle were imported on the basis of a ruling that the daily weight of Limousine bulls from birth to weaning was over 1000 g. The largest chest circumference of 205 cm was found in Limousine bulls of French origin and was 54.6 cm larger than in Polish Red bulls. Domestic bulls had the lowest height at the withers, 98.77 cm, which is 28.23 cm lower than the bulls of the Polish Limousine and 31.23 cm lower than the bulls of the French Limousine. Conformity assessment of all bull groups performed on day 420 of weighing. The Limousine bulls of French origin were rated the highest, and the Polish Red bulls the lowest. Also, the same group was characterized by the best musculature, bone and functional characteristics. The seasonality of calving in beef cattle breeding herds is significant due to the regularity of calving, which allows for obtaining excellent quality livestock in the future at the lowest rearing costs (maximum use of pastures). The mating period and the resulting calving time should not be longer than 2–3 months. Beef cows kept on pasture all year round should produce offspring, preferably at the end of winter. At the end of the first milking period, calves born during this period are ready to take full advantage of the pasture, resulting in a rapid increase in the index, healthy and well-developed calves and the lowest rearing costs for the farmer. French data (Institute de L'Elevage 2021) show that the average birth weight of bulls was 43.4 kg and 295 kg at the age of 210 days, while for heifers the average birth weight was 41.1 kg and 268 kg at the age of 210 days. Przysucha (2009) found that an exciting, but still not fully understood, factor that influenced calf body weight at birth, and thus the frequency of difficult births, was geographic location. Heavier calves are born in harsher, cooler climates than calves born in mild and warm temperatures. An example was an experiment conducted in the United States in which a herd of Hereford cows was moved from the warm climate of Florida to the harsh conditions of Montana. A second related herd of Hereford cows has been shifted in the opposite direction. The average weight of calves born to cows moved from a cold to a warm climate decreased from

40.5 to 32.0 kg, and the weight of calves born to cows moved from a mild to a harsh environment increased from 33.0 to 38.5 kg (Ritchie and Anderson 1994). Many authors have shown a significant effect of birth weight on weaning at 210 days. Calves with the highest birth weight tend to have the highest body weight at the end of the rearing period (Johanson and Berger 2003). The Polish Association of Beef Cattle Breeders and Producers in the assessment for 2021 reported that the birth weight of the heifer was 35.7 kg, while the bull was 38.8 kg. After birth to a Polish father, the average body weight of bulls was 39.08 kg and was 0.95 kg ($p \geq 0.01$) lower than that of males of French origin (Wiśniewski and Kuczyńska 2022b). A similar situation was observed in the case of Polish red bulls, where body weight in our own research was lower than in the available statistics. In the case of Limousine bulls, the body weight for 210 days in our own research was higher by an average of 9 kg compared to the data from Polish Federation of Beef Cattle Breeders (PFBCB), while in the case of Limousine bulls of French origin, the values were comparable to the data from the Institute de L'Elevage, and in the case of Polish bulls the values for the Polish Red breed were also comparable to the data from PFBCB. The daily gain for 210 days in the case of Limousine bulls of Polish origin was comparable in our research with the PFBCB data, while higher values were obtained in Polish Red bulls, where in our research the difference was 56.46 g.

CONCLUSION

Significantly greater ease of calving and vitality of fattening calves compared to Limousine has been confirmed by observations. To create a separate line of beef cattle, a pasture breed fed with a native breed should be recommended, characterized by high health and economically satisfactory daily gains compared to the use of fodder. It has been shown that the Polish Red breed is perfect for extensive farms with access to meadows and pastures, where smaller-calibre cattle of this breed make better use of fodder compared to the Limousin breed. Native breed cattle have satisfactory reproductive parameters, but significantly lower performance characteristics of meat in comparison with typical beef cattle of the Limousin breed. Beef producers with small and medium-sized farms can be successfully recommended to use Polish Red cattle for meat purposes, taking into account the simplification of the procedure for assessing the utility value of meat to basic parameters without the need to measure as many as 19 linear features.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the President of the Polish Red Cattle Breeders Association, Mr Piotr Rydel, and the Polish Association of Beef Cattle Breeders and Producers for their support and cooperation.

REFERENCES

- Adamczyk K., Felenczak A., Jamrozy J., Szarek J., Bulla J.** 2008. Conservation of Polish Red cattle. *Slovak J. Anim. Sci.* 41(2), 72–76.
- Albertí P., Ripoll G., Goyache F., Lahoz F., Olleta J.L., Panea B., Sañudo C.** 2005. Carcass characterization of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. *Meat Sci.* 71(3), 514–521. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.04.033.
- Armengol R., Bassols M., Fraile L.** 2021. A cow–calf farming system fully adapted to elevation and harsh conditions in Andorra (Europe). *Animals* 11(3), 611–620. DOI: 10.3390/ani11030611.

- Bartoň L., Teslík V., Zahrádková R., Bureš D.** 2003. Growth, feed efficiency and carcass characteristics of Czech Pied and Holstein bulls. *Czech J. Anim. Sci.* 48(11), 459–465.
- Barwick S.A., Henzell A.L., Walmsley B.J., Johnston D.J., Banks R.G.** 2018. Methods and consequences of including feed intake and efficiency in genetic selection for multiple-trait merit. *J. Anim. Sci.* 96(5), 1600–1616. DOI: 10.1093/jas/sky049.
- Bąk-Filipek E.** 2021. Uwarunkowania rozwoju rynku wołowiny w Polsce. Warszawa, Wydaw. SGGW, 1–122 [in Polish].
- Choroszy Z., Choroszy B.** 2005. Możliwości wykorzystania bydła rasy polskiej czerwonej do produkcji mięsa wołowego [The possibility of using Polish Red Cattle for beef production]. *Wiad. Zootech.* 43(2), 73–78 [in Polish].
- Clinquart A., Ellies-Oury M.P., Hocquette J.F., Guillier L., Santé-Lhoutellier V., Prache S.** 2022. Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality. *Animal* 16(1), 100426. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100426.
- Gajos E., Dymnicki E.** 2012. Beef production based on a suckling system as an alternative to milk production of Polish Red cattle. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 30(4), 353–361.
- ICAR.** 2018. Part 3 – ICAR Guidelines regarding evaluation cattle productivity meat.
- Institute de L'Elevage.** 2021. Resultats du controle des performances bovins allaitants. Eds. N. Malaval, O. Leudet. Paris, Institute de L'Elevage, 76–85.
- Johanson J.M., Berger P.J.** 2003. Birth weight as a predictor of calving ease and perinatal mortality in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 3745–3755. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73981-2.
- Joo S.T., Kim G.D., Hwang Y.H., Ryu Y.C.** 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* 95(4), 828–836. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.04.044.
- Litwińczuk Z., Domaradzki P., Florek M., Żółkiewski P., Staszowska A.** 2015. Content of macro- and microelements in the meat of young bulls of three native breeds (Polish red, White-backed and Polish blaCk-and-White) in Comparison With simmental and Polish holstein-friesian. *Ann. Anim. Sci.* 5(4), 977–985. DOI: 10.1515/aoas-2015-0058.
- Liu M.E., Makarechaian M.** 1993. Factors influencing growth performance of beef bulls in a test station. *J. Anim. Sci.* 71(5), 1123–1127. DOI: 10.2527/1993.7151123x.
- López-Paredes J., Pérez-Cabal M.A., Jiménez-Montero J.A., Alenda R.** 2018. Influence of age at first calving in a continuous calving season on productive, functional, and economic performance in a Blonde d'Aquitaine beef population. *J. Anim. Sci.* 96(10), 4015–4027. DOI: 10.1093/jas/sky271.
- Majewska A.** 2019. Ocena mięsna w rasach polska czerwona i simentalskiej. *Hod. Bydła* 7–8, 58–61 [in Polish].
- Majewska A., Jakiel M.** 2019. Rasy zachowawcze bydła na terenach górskich, in: LXXXIV Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, 18–20 września 2019, Szczecin, Polska. Osiągnięcia i perspektywy zootechniki w aspekcie zrównoważonego rolnictwa i ochrony środowiska. Szczecin, Polskie Towarzystwo Zootechniczne, 16 [in Polish].
- Moorey S.E., Biase F.H.** 2020. Beef heifer fertility: Importance of management practices and technological advancements. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 11, 97. DOI: 10.1186/s40104-020-00503-9.
- Nogalski Z.** 2003. Relations between the course of parturition, body weights and measurements of Holstein-Friesian calves. *Czech. J. Anim. Sci.* 48(2), 51–59.
- Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M., Nogalska A., Modzelewska-Kapituła M., Purwin C.** 2018. Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Ital. J. Anim. Sci.* 17(2), 279–288.
- Orihuela A., Galina C.S.** 2021. The effect of maternal behavior around calving on reproduction and wellbeing of Zebu type cows and calves. *Animals* 11(11), 3164. DOI: 10.3390/ani11113164.

- Pilarczyk R., Wójcik J., Karamucki T., Jakubowska M., Zaborski D., Grzesiak W., Rybarczyk A.** 2022. Growth performance and meat quality of purebred bulls reared under intensive production systems. *Indian J. Anim. Res.* 56(1), 121–125. DOI: 10.18805/ijar.B-1206.
- Pogorzelska J., Romanowski A., Puchajda Z.** 1998. Analiza użytkowania rozplodowego i rozwój importowanego z Francji bydła limousine i charolaise [An analysis of the breeding performance and the development of Limousine and Charolaise cattle imported from France]. *Zesz. Nauk. AR Wrocławiu*, 336, 143–148 [in Polish].
- Pogorzelska-Przybyłek P., Nogalski Z., Sobczuk-Szul M., Momot M.** 2021. The effect of gender status on the growth performance, carcass and meat quality traits of young crossbred Holstein-Friesian×Limousine cattle. *Anim. Biosci.* 34(5), 9–14. DOI: 10.5713/ajas.20.0085.
- Przysucha T.** 2009. Osobnicze uwarunkowanie przebiegu ocielęń krów oraz umięśnienia i żywotności cieląt po ojcach rasy piemontese użytkowanych w Polsce i we Włoszech. Warszawa, Wydaw. SGGW [in Polish].
- PZHiPBM.** 2016. Regulamin prowadzenia oceny wartości użytkowej bydła typu użytkowego mięsnego. Warszawa, Polski Związek Hodowców i Producentów Bydła Mięsnego [in Polish].
- Ritchie H.D., Anderson P.T.** 1994. Calving difficulty in beef cattle. *MSU Extension Beef Bulletins* – E1611921.
- Rodgers B.D., Garikipati D.K.** 2008. Clinical, agricultural, and evolutionary biology of myostatin: A comparative review. *Endocrine Rev.* 29(5), 513–534. DOI: 10.1210/er.2008-0003.
- Sablik P., Szewczuk M., Januś E., Błaszczuk P., Rudzińska M.** 2018. Profitability analysis of Limousine cattle organic farming compared to the conventional cattle management system. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 16(4), 57–62. DOI: 10.21005/asp.2017.16.4.09.
- Sakowski T., Grodkowski G., Gołębiewski M., Słószarz J., Kostusiak P., Solarczyk P., Puppel K.** 2022. Genetic and environmental determinants of beef quality – A review. *Front. Vet. Sci.* 24(9), 1–8. DOI: 10.3389/fvets.2022.819605.
- Szarek J., Adamczyk K., Feleńczak A.** 2004. Polish Red Cattle breeding: Past and present. *Anim. Gen. Res.* 35, 21–35. DOI: 10.1017/S1014233900001784.
- Terry S.A., Basarab J.A., Guan L.L., McAllister T.A.** 2020. Strategies to improve the efficiency of beef cattle production. *Canad. J. Anim. Sci.* 101(1), 1–19. DOI: 10.1139/cjas-2020-0022.
- Wiśniewski K., Kuczyńska B.** 2022a. Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish red breed cattle beef production. *Acta Agricult. Scand. Sect. A Anim. Sci.* 71(1-4), 12–20. DOI: 10.1080/09064702.2022.2116100.
- Wiśniewski K., Kuczyńska B.** 2022b. Analysis and comparison of meat performance parameters in polish and french Limousinee bulls. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech.* 362(61), 25–38. DOI: 10.21005/AAPZ2022.61.1.03.
- Wiśniewski K., Wróbel B., Barszczewski J., Sakowski T., Kuczyńska B.** 2021. Chemical characteristics of Limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat. *Acta Univ. Cibiniensis. Series E Food Technol.* 25(1), 143–154. DOI: 10.2478/aucft-2021-0014.

BADANIA PORÓWNAWCZE UŻYTKOWOŚCI ROZPŁODOWEJ I MIĘSNEJ LOKALNEJ RASY BYDŁA POLSKIEGO CZERWONEGO Z RASĄ LIMOUSIN POCHODZENIA POLSKIEGO I FRANCUSKIEGO

Streszczenie. Celem pracy było porównanie użytkowości rozrodczej i mięsnej ras mięsnych, takich jak miejscowe bydło rasy polskiej czerwonej oraz dominująca w Polsce rasa bydła limousine. Badane osobniki rasy limousine podzielono na dwie grupy w zależności od pochodzenia rodziców, tzw. polskie i francuskie. Kryterium przydzielenia zwierząt do grupy polskiego pochodzenia było, że buhaje nie miały w swoim rodowodzie potomka linii francuskiej od dwóch pokoleń. Do oceny użytkowości mięsnej wykorzystano trzy grupy opasów liczących odpowiednio 138 polskich buhajów bydła polskiego czerwonego oraz 447 francuskich i 478 polskich buhajów rasy limousine. Wszystkie zwierzęta były utrzymywane w ekstensywnym systemie produkcji, korzystały do woli z pastwiska przez cały rok, a w okresie tzw. finiszu żywiono je dodatkowo sianokiszonką i paszą treściwą. Ocenie parametrów rozrodczości (typ wycieleń i żywotność cieląt) poddano 348 polskich krów limousine, 367 krów francuskich i 289 krów rasy polskiej czerwonej. Cielęta obserwowano i mierzono przez cały cykl życia od urodzenia do uboju. W ocenie wartości użytkowej mięsa brano pod uwagę cechy wzorcowe, m.in. masę ciała po wycieleniu, masę ciała w 210. i 420. dniu życia i przyrosty, wysokość w kłębie i obwód klatki piersiowej oraz ocenę budowy. W grupie bydła rasy polskiej czerwonej wykazano istotnie większą łatwość wycielenia i vitalność cieląt w porównaniu z obiema grupami limousine. Pomiar mas ciała cieląt i dorosłych osobników w 210. i 420. dniu były znacznie wyższe u bydła limousine pochodzenia francuskiego. Różnice w masie ciała i przyroście były znaczące. Między polskimi i francuskimi buhajami była niewielka różnica wzrostu. Bydło rasy rodzimej charakteryzowało się bardzo dobrymi parametrami rozrodczymi i zadowalającymi cechami użytkowości mięsnej w odniesieniu do wykorzystania pasz z użytków zielonych. Producentom wołowiny można z powodzeniem polecić wykorzystywanie bydła rasy polskiej czerwonej na cele mięsne w ekstensywnym systemie produkcji.

Słowa kluczowe: bydło polskie czerwone, limousine, wycielenie, vitalność, cielęta, opas.



The nutritional value of beef from Polish Red and Limousin cattle breeds maintained by an extensive production system

Konrad Wiśniewski¹, Marcin Świątek¹, Jolanta Król², and Beata Kuczyńska¹

¹Institute of Animal Sciences, Warsaw University of Life Sciences, Ciszewskiego 8, 02-786 Warsaw, Poland

²Institute of Quality Assessment and Processing of Animal Products, University of Life Sciences in Lublin, Akademicka 13, 20-950 Lublin, Poland

Correspondence: Marcin Świątek (marcin_swiatek@sggw.edu.pl)

Received: 12 February 2024 – Revised: 8 April 2024 – Accepted: 2 May 2024 – Published: 21 June 2024

Abstract. The aim of the study was to compare the quality of beef in three separate types of muscles – musculus longissimus thoracis, musculus infraspinatus, and musculus longissimus lumborum – obtained from the carcasses of bulls of a local breed of Polish Red and of two lines of Limousin maintained by an extensive production system using year-round pasture and bale grazing. Studies of the lumbar longissimus muscle showed that the Limousin breed (LM FR) was characterised by a higher protein content and the lowest intramuscular fat content. The carnosine content showed significant differences between the types of muscles and breeds; however, the anserine content showed minimal differences. The research showed separate characteristics in terms of the meat composition parameters of Limousin and Polish Red bulls. The beef of the Limousin breed had favourable nutritional value, higher protein content, and reduced fat content, potentially contributing to increased tenderness. The beef of local-breed cattle – although, in every respect, not equal to specialised meat breeds – showed features suitable for the production of meat with unique nutritional value, including a favourable essential fatty acid profile, especially with a higher conjugated linoleic acid (CLA) content.

1 Introduction

The primary goal of breeding and raising beef cattle is to produce animals that yield meat that matches consumer preferences through efficient feeding and management practices (Litwińczuk et al., 2006, 2016; Biel et al., 2019; Presumido et al., 2020; Madhusankha and Thilakarathna, 2021; Araújo et al., 2022; Kuczyńska, 2022; Mansfield et al., 2023). To optimise the quality of meat obtained from meat breeds, it is important to use appropriate fattening and maintenance systems such as feeding on pastures throughout the year. Environmental factors, including the maintenance system (extensive, semi-intensive, and intensive), significantly influence the proper growth and rearing of bulls. In Poland, the predominant practice involves fattening calves from dairy breeds, notably the Polish Holstein-Friesian breed, and cross-breeds from commercial crossbreeding in dairy herds (Motot et al., 2020; Solarczyk et al., 2020). The predominant

breed of beef cattle is the Limousin, currently constituting 75.8 % of the population, though this is still increasing (Kostusiak et al., 2023). This breed originated in the northwestern part of the Massif Central in France, specifically from the Limousin and Marche regions (Kostusiak et al., 2019). This breed evolved from two wild ancestors: the big-horned aurochs (*Bos primigenius*) and the short-horned aurochs (*Bos brachyceros*). The homeland of this breed comprises regions with a harsh climate and rocky soil. Undoubtedly, these challenging environmental conditions have influenced features such as the animals' health, fitness, and adaptability. These animals thrive in both livestock-building intensive breeding and in extensive breeding on pastures. There are numerous reasons for the immense popularity of Limousin cattle. In addition to their impressive musculature and the high culinary value of their lean meat, the ability to adapt to various environmental conditions, their good health, their ease of calving,

and the good survival rate of the calves contribute to their appeal. On the other hand, Limousin cattle, a French breed, are known for their lean and muscular body. Limousin beef is often praised for its tenderness and low fat content, making it the preferred choice for lean cuts of meat. However, this means Polish native breeds are gradually being replaced by modern varieties that produce more milk and achieve greater weight gain.

Local breeds include Polish Red cattle, which have been covered by the genetic resources protection programme in Poland since 1999. The Polish Red cattle breed is one of the four native cattle breeds in Poland and is derived from brachyceric short-horned cattle. As of December 2022 (data from the National Research Institute of Animal Production in Balice), the population of Polish Red cattle in Poland is 4108 animals and has been gradually increasing since 2010. Currently, Polish Red cattle constitute 1 % of the domestic animal population and only 0.29 % of the registered population. Due to the relatively low milk yield of Polish Red cows, which is only 3520 kg, meat production is a real alternative for the preservation of this breed (Wiśniewski and Kuczyńska, 2022). The breed is characterised by an excellent ability to adapt to difficult environmental conditions prevailing not only in foothill and mountain areas but also in Warmia and Mazury in Poland. They demonstrate an effective use of agricultural feed, especially dry loose feed in winter and pasture grass in summer; are undemanding in the selection of feed; are resistant to diseases; and demonstrate extreme longevity. The excellent meat composition and culinary values of this breed, its rich chemical composition, and the improving functional properties of the meat confirm its name as a typical meat breed. The Polish Red and Limousin cattle breeds have distinct characteristics. Polish Red cattle, originating from Poland, are known for their endurance and adaptability. Generally, the meat of Polish Red cattle is valued for its excellent taste, tenderness, and distinct marbling, which may be an indicator of its high quality. These features can be attributed to year-round grazing on pastures rich in plant diversity and high outdoor activity (Korzekwa et al., 2023).

As with any breed, factors such as diet and care significantly influence the quality of beef (Litwińczuk et al., 2016; Wiśniewski et al., 2021). The appropriate selection of culinary cuts and the types of muscles present in them are also important (Litwińczuk et al., 2006; Wiśniewski et al., 2021; Hammond et al., 2022). Beef contains a substantial number of biologically active proteins, which are crucial for various physiological functions, encompassing antioxidant and antiinflammatory responses and neurological, muscular, retinal, immune, and cardiovascular activities. Notably, taurine, carnosine, anserine, and L-carnitine play vital roles. The consumption of 30 g of dried beef can fulfil an adult's daily physiological requirement for these bioproducts. Carnosine (β -alanyl-L-histidine), a dipeptide discovered in cattle, and anserine (β -alanyl-L-methyl-L-histidine),

its methylated product, are protein components that aid human immune defences against infections caused by bacteria; fungi; parasites; and viruses, including corona viruses. They strengthen the metabolism and functions of immune system cells such as monocytes and macrophages, positively impacting metabolic, immunological, retinal, muscular, cartilage, neurological, and cardiovascular health (Bagirov et al., 2014; Radzik-Rant et al., 2020; Wu, 2020). Beef fat contains biologically active lipid compounds of significant functional importance, including essential fatty acids (EFAs), conjugated linoleic acid (CLA) dienes, lipophilic vitamins, and phospholipids. These compounds possess antioxidant properties, which inhibit the formation of carbonyl groups in proteins. Proteins also exhibit chelating and antiglycation properties. Essential fatty acids, which the body cannot produce independently, serve as primary precursors for omega-3 and omega-6 fatty acids. All these components contribute positively to human health (Troy et al., 2016; Choi et al., 2000).

The many factors affecting the quality of beef include diet (French et al., 2001; Randby et al., 2010), the animal production system (Duckett et al., 2009; Pighin et al., 2016), the genotype and age of slaughter (Florek et al., 2007; Guzek et al., 2013; Momot et al., 2020), cooking technique (Rant et al., 2019), and the specific cut of meat (Jeremiah et al., 2003; Hammond et al., 2022). Different breeds have unique characteristics that influence factors such as tenderness, flavour, and fat distribution in the meat (Christensen et al., 2011; Liu et al., 2022). Understanding these diverse elements is crucial when evaluating and comparing beef from different sources, highlighting the need for comprehensive information to empower consumers to make informed choices in line with their preferences. The aim of the study was to compare the quality of beef in three separate types of muscles – *musculus longissimus thoracis*, *musculus infraspinatus* and *musculus longissimus lumborum* – obtained from the carcasses of bulls of a local breed of Polish Red and of two lines of Limousin maintained by an extensive production system using year-round pasture and bale grazing

2 Materials and methods

2.1 Animal and rearing conditions

The research was conducted on two farms in Poland that specialised in beef cattle breeding and that featured Polish Red (PRC) and Limousin cattle breeds. Rigorous measures were taken to select animals with minimal relations, aiming to encompass the full spectrum of genetic diversity within each breed. Both lines were maintained on the same farm, under the same environmental conditions. This is the result of years of breeding work conducted on the farm. The breeds differed in terms of carcass weight and daily weight gain.

The Limousin breed was chosen for comparison in this study because it is the most popular breed in Poland. This decision is likely based on its widespread prevalence in the

region, its adaptation to local conditions, and its market demand and on potential research focusing on specific breed characteristics. The study aims to reflect the practical and economic aspects of the local agricultural context, and the choice of the Limousin breed aligns with these considerations.

To standardise the impact of management and breeding systems on meat quality, a uniform beef management system was employed for all breeds, which were representative of the selected farms. This included a standardised diet over 10 months, with animals grazing on pasture and receiving a specified diet. All animals were maintained by an extensive production system using year-round pasture and, additionally, bale grazing in winter season feeding. The pasture sward included meadow fescue (40 %), perennial ryegrass (30 %), alfalfa (15 %), and white clover (15 %). In the winter season feeding, a satisfactory diet was bale grazing, consisting of grass silage (approx. 60 %) and meadow hay (approx. 30 %). During the finishing period (4 months before slaughter), bulls were fattened via the addition of extra concentrate (approx. 10 %), straw and barley added to sodium bicarbonate (0.6 %), and appropriate vitamin supplements (1.5 %), all fed *ad libitum*.

Calves were kept with their mothers in the pastures until weaned, utilising a bale-grazing feeding system or enriched undersown annual plants, following the free-range method. Animals had constant access to water and salt licks. The initial body weights of bulls were 233 ± 5 kg for Polish Red cattle and 281 ± 3 kg for Limousin cattle. Intact bulls born in autumn were selected for slaughter, with 55 being from the PRC herd, 21 being from the Limousin herd of French origin (LM FR), and 32 being from the Limousin herd of Polish origin (LM PL). The bulls had a 100 % breed genotype and were transported to the nearest slaughter point at a distance of 150 ± 30 km from the farms.

On the day of slaughter, the bulls exhibited the following characteristics:

- ages from 24 months for the Limousin breed to 30 months for Polish Red cattle
- body weights of 570 ± 20 kg for Polish Red cattle and 666 ± 40 kg for Limousin cattle
- carcass weights of 350 ± 30 kg for Polish Red cattle and 440 ± 27 kg for Limousin cattle
- daily weight gains of approximately 900 g for Polish Red cattle and 1166 g for Limousin.

Carcasses were processed according to standard protocols without the use of electrical stimulation, maintaining the carcass cooling temperature as per the International Committee for Animal Recording (ICAR) requirements throughout the European Union (ICAR, 2018). Post-slaughter, the carcasses were aged at 4 °C for 5 d, and three cuts were obtained from

each carcass: *musculus infraspinatus* from the shoulder, *musculus longissimus thoracis* from the rib-eye, and *musculus longissimus lumborum* from the roast-beef section.

2.2 Meat sample preparation

The research material comprised 324 beef muscle samples from PRC, LM FR, and LM PL obtained after slaughter. The muscles selected were the *musculus infraspinatus* (cut between the 6th and 13th ribs, equivalent to the culinary cut known as the shoulder), *musculus longissimus thoracis* (culinary equivalent of a cut called *entrecote* with rib-eye), and *musculus longissimus lumborum* (culinary equivalent of a cut known as roast beef), all harvested from the left carcass. Each sample, weighing approximately 300 g, was vacuum packed and frozen at -18 °C in preparation for chemical analyses. Muscle samples were intact before packaging, and no subcutaneous fat or connective tissue were removed. One professional butcher cut up all the carcasses. A portion of steak was cut from each logging site in the identical location, and it came from the same central logging site for each killed bull, maintaining a consistent anatomical location for each animal.

These meat samples, representative of each group, were transported to the research laboratory of the Animal Breeding Department at the Institute of Animal Sciences in Warsaw.

2.3 Chemical analysis

The beef samples underwent chopping, followed by placement in a blender and grinding until homogeneity was achieved. The basic chemical composition of the raw meat was determined by analysing moisture, crude protein, and intramuscular fat using a Food Scan™ analyser. This near-infrared spectroscopy (NIRS) technique employed transmission within the 850–1050 nm range and artificial neural networks, following the method described by Wiśniewski et al. (2021).

Meat fat extraction was conducted using the Folch method (AOAC, 1990). Fatty acid methylation was carried out in accordance with the EN ISO 55093 (ISO, 2000) transesterification method. The functional fatty acid content was determined using an Agilent 7890A GC gas chromatograph with a flame ionisation detector, HP Chem Station software, and a VARIAN Select FAME column (length: 100 m, diameter: 0.25 mm, layer thickness: 0.25 µm; Perlan Technologies, Waldbronn, Germany), as per Kuczyńska et al. (2015). Each peak was identified using pure methyl ester standards, and the fatty acids were identified using reference material BCR 163 (beef and pig fat blend). The linoleic acid (CLA) isomer was determined using the standard *cis*-9, *trans*-11 octadecadienoic acid (Supelco).

The measurement of the antioxidant dipeptides anserine and carnosine was conducted using an RP-HPLC (reverse-phase high-performance liquid chromatograph) Agilent 1100

instrument and a Jupiter 5u C18 300A column, following the methodology outlined by Łukasiewicz et al. (2018).

Based on the content of selected fatty acids and the sum of selected fatty acid groups, atherogenic indices (AIs) and thrombogenic indices (TIs) were calculated using equations developed by Ulbricht and Southgate (1991).

2.4 Statistical analysis

Meat attributes were evaluated through an analysis of variance using ANOVA in IBM SPSS Statistics 29.0 software. For each variable, the mean (LSM) and standard error of the mean (SEM) were calculated. In cases where statistically significant differences were observed, Tukey's test was conducted, with the statistical significance set at $p \leq 0.05$. The level of significance was determined after performing a preliminary statistical analysis.

3 Results

3.1 Differences in the content of protein and intramuscular fat and related indicators of health-promoting features in three types of muscles obtained from Limousin and Polish Red bulls

The protein contents in the longissimus thoracis show significant differences between breeds. Limousin of French origin (LM FR) demonstrated greater protein content (24.16 %) by approximately 11.59 % compared to Polish Red cattle (PRC), which had a protein content of 21.65 %. Similarly, Limousin of Polish origin (LM PL) had a higher content (24.10 %) by about 11.31 % compared to PRC. There were fewer differences, relatively, for the infraspinatus. LM FR exhibited a slightly higher content (22.23 %) by approximately 0.63 % compared to PRC (22.09 %), while LM PL exhibited a lower content (22.03 %) by about 0.27 % compared to PRC. The most pronounced differences were observed for the longissimus lumborum. LM FR demonstrated a substantially greater content (24.20 %) by approximately 15.24 % compared to PRC (21.00 %), while LM PL had a higher content (23.67 %) by about 12.71 % compared to PRC. In summary, the percentage differences between the groups highlight the variability in protein content across the different muscles and breeds (Table 1).

The intramuscular fat content in the longissimus thoracis revealed substantial differences between breeds. Limousin of French origin (LM FR) had a content (2.02 %) that was notably lower, by approximately 63.93 %, than that of Polish Red cattle (PRC), which had a fat content of 5.60 %. Similarly, Limousin of Polish origin (LM PL) had a significantly lower content (1.92 %) by about 65.72 % compared to PRC. In the infraspinatus, the differences in intramuscular fat content were relatively small. LM FR had a slightly lower content (1.96 %) by approximately 1.01 % compared to PRC (1.98 %), while the LM PLs' content (2.01 %) was not prac-

tically different but was greater by about 1.51 % compared to PRC. The most significant differences in intramuscular fat content were observed in the longissimus lumborum. LM FR exhibited a substantially smaller content (1.79 %) by approximately 56.97 % compared to PRC (4.16 %), while LM PL showed a significantly lower content (2.79 %) by about 32.93 % compared to PRC. In summary, the percentage differences highlight the relative changes in intramuscular fat content between the different breeds and muscles (Table 2).

The anserine content in the longissimus thoracis shows modest differences between breeds. LM FR exhibited a slightly higher content (74.30 mg 100 g⁻¹) by approximately 1.54 % compared to Polish PRC, which had an anserine content of 73.17 mg 100 g⁻¹. On the other hand, LM PL had a slightly lower content (72.00 mg 100 g⁻¹) by about 1.61 % compared to PRC. For the infraspinatus, the differences in anserine content were relatively small. LM FR had a content that was not practically different but still greater (74.09 mg 100 g⁻¹), by approximately 0.94 % compared to PRC (73.40 mg 100 g⁻¹), while LM PL had negligibly lower content (73.28 mg 100 g⁻¹) by about 0.16 % compared to PRC. The differences in anserine content were minimal in the longissimus lumborum. LM FR had a content that was not practically different but still greater (74.92 mg 100 g⁻¹) by approximately 0.94 % compared to PRC (74.22 mg 100 g⁻¹), while LM PL had no significant difference (0.00 %) compared to PRC. In summary, the percentage differences highlight the relative changes in anserine content between the different breeds and muscles (Table 3).

The cattle breed had a significant impact on the carnosine content in the tested muscle types (Table 4). LM FR exhibited a significantly greater content (451.61 mg 100 g⁻¹), by approximately 30.38 %, than PRC, which had a carnosine content of 346.52 mg 100 g⁻¹. Conversely, LM PL had a notably smaller content (322.03 mg 100 g⁻¹), by about 7.06 %, than PRC. For the infraspinatus, the differences in carnosine content were notable. LM FR had significantly greater content (324.05 mg 100 g⁻¹), by approximately 10.41 %, than PRC (293.44 mg 100 g⁻¹); while LM PL had a considerably smaller content (271.94 mg 100 g⁻¹), by about 7.34 %, than PRC. The differences in carnosine content were pronounced in the longissimus lumborum. LM FR exhibited a substantially smaller content (274.24 mg 100 g⁻¹), by approximately 12.44 %, than PRC (313.15 mg 100 g⁻¹); while LM PL had significantly less content (254.53 mg 100 g⁻¹), by about 18.75 %, than PRC. In summary, the percentage differences highlight the relative changes in carnosine content between the different breeds and muscles.

The highest contents of the C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer in beef were obtained from local Polish Red bulls and ranged from 10.14 to 10.70 g 100 g⁻¹ of meat. CLA in longissimus thoracis indicates slight differences between the origins of the breeds. Limousin showed a similar, slightly lower content (ranging from 9.19 to 9.30 mg 100 g⁻¹) than PRC, the content of which was 10.1 mg 100 g⁻¹. Simi-

Table 1. The effect of breed on protein content (%) in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC is shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	21.65 ^{A,B}	22.09	21.00 ^{A,B}
LM FR	24.16 ^A (+11.59 %)	22.23 (+0.63 %)	24.20 ^A (+15.24 %)
LM PL	24.10 ^B (+11.31 %)	22.03 (−0.27 %)	23.67 ^B (+12.71 %)
SEM	0.163	0.074	0.152
<i>p</i> value	0.010	0.075	0.010

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin. Means (in columns) marked with the same letters differ significantly for uppercase letters at $p \leq 0.01$. SEM – standard error of the mean.

Table 2. The effect of breed on the intramuscular fat content (%) in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC is shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	5.60 ^{A,B}	1.98	4.16 ^{A,B}
LM FR	2.02 ^A (−63.93 %)	1.96 (−1.01 %)	1.79 ^A (−56.97 %)
LM PL	1.92 ^B (−65.72 %)	2.01 (+1.51 %)	2.79 ^B (−32.93 %)
SEM	0.273	0.041	0.274
<i>p</i> value	0.010	0.082	0.010

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin. Means (in columns) marked with the same letters differ significantly for uppercase letters at $p \leq 0.01$. SEM – standard error of the mean.

larly, LM PL was characterised by a much lower content ($9.30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) by approximately 8.28 % compared to PRC. In the case of the infraspinatus muscle, differences in CLA content were relatively small. LM FR had a slightly lower content ($10.08 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) by approximately 1.75 % compared to PRC ($10.26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), while LM PL had a practically unchanged lower content ($10.04 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) by approximately 2.14 % compared to PRC. Differences in CLA content were noticeable in the lumbar longissimus muscle. LM FR was characterised by a significantly higher content ($10.31 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) by approximately 3.64 % compared to PRC ($10.70 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), while LM PL had a much lower content ($9.91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) by approximately 7.38 % compared to PRC (Table 5).

The omega-6/omega-3 ratio in the longissimus thoracis reveals substantial differences between breeds. LM FR exhibited a significantly higher ratio (4.590) (approximately 1.33 times higher) than Polish Red cattle (PRC), which had a ratio of 3.445. Similarly, LM PL, with a ratio of 4.258, was about 1.24 times higher than PRC. For the infraspinatus, the differences in the omega-6/omega-3 ratio were relatively small. LM FR, with a value of 3.692, was approximately 1.03 times higher than the PRC ratio, which was 3.585. Meanwhile, LM PL, with a value of 3.547, had a slightly lower ratio, approximately 0.99 times that of PRC. The differences in the omega-6/omega-3 ratio were noticeable in the longissimus lumborum. LM FR, with a ratio of 2.390, was substantially lower, approximately 0.67 times lower than that of PRC

(3.550). Similarly, LM PL, with a ratio of 2.730, was lower at about 0.77 times that of PRC (Table 6).

The atherogenic index for the longissimus thoracis shows subtle differences between breeds. LM FR had a slightly lower atherogenic index of 0.726 compared to PRC, which had an index of 0.741. Similarly, LM PL also exhibited a slightly lower atherogenic index at 0.738. For the infraspinatus, the differences in the atherogenic index were minor. LM FR had a slightly higher atherogenic index of 0.738 compared to PRC, which had an index of 0.733. On the other hand, LM PL showed a slightly lower atherogenic index of 0.729. The atherogenic index varied noticeably in the longissimus lumborum. LM FR exhibited a higher atherogenic index of 0.764 compared to PRC, which had an index of 0.741. Conversely, LM PL had a slightly lower atherogenic index of 0.737. In summary, the atherogenicity index reflects the potential cardiovascular risk associated with the fatty acid composition of meat. These subtle differences between muscle types are important in countering negative attitudes toward red-meat consumption, especially in the context of cardiovascular health. Lower values in terms of the atherogenicity index are generally considered to be more beneficial for the health of potential beef consumers (Table 7).

The thrombogenic index for the longissimus thoracis reveals subtle differences between breeds. LM FR had a slightly lower thrombogenic index of 1.521 compared to PRC, which had an index of 1.564. Similarly, LM PL also exhibited a slightly lower thrombogenic index at 1.543. For

Table 3. The effect of breed on the anserine content (mg 100 g⁻¹ of meat) in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC are shown in parentheses.

	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	73.17	73.40	74.22
LM FR	74.30 (+1.54 %)	74.09 (+0.94 %)	74.92 (+0.94 %)
LM PL	72.00 (-1.60 %)	73.28 (-0.99 %)	74.22 (0 %)
SEM	0.931	0.384	0.368
<i>p</i> value	0.068	0.062	0.079

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin, SEM – Standard error of the mean.

Table 4. The effect of breed on the carnosine content (mg 100 g⁻¹ of meat) in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC are shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	346.52 ^a	293.44 ^a	313.15 ^{a,b}
LM FR	451.61 ^{a,b} (+30.33 %)	324.05 ^{a,b} (+10.43 %)	274.24 ^a (-12.42 %)
LM PL	322.03 ^b (-7.06 %)	271.94 ^b (-7.32 %)	254.53 ^b (-18.72 %)
SEM	17.778	1.100	1.150
<i>p</i> value	0.050	0.050	0.050

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin. Means (in columns) marked with the same letters differ significantly for lowercase letters at $p \leq 0.05$. SEM – standard error of the mean.

the infraspinatus, the differences in the thrombogenic index were minor. LM FR had a slightly higher thrombogenic index of 1.485 compared to 1.478 for PRC. By contrast, LM PL showed a slightly lower thrombogenic index of 1.475. The thrombogenic index varied noticeably in the longissimus lumborum. LM FR exhibited a higher thrombogenic index of 1.648 compared to the PRC index of 1.545. Conversely, LM PL had a slightly lower thrombogenic index of 1.556 (Table 8).

4 Discussion

Studies have shown that animal breeds (including native breeds) (Litwińczuk et al., 2016; Kim et al., 2020) and muscles type (Jeremiah et al., 2003; Florek et al., 2007) have an impact on meat taste and composition. Ultimately, the best way to determine what type of beef consumers prefer is for them to try both and decide based on their own taste and culinary preferences (Araújo et al., 2022). Additionally, the specific maintenance, diet, and handling of animals may vary from farm to farm; thus, it is important to consider these factors as well when assessing beef quality (Pighin et al., 2006; Presumido et al., 2020; Korzekwa et al., 2023). For example, the protein content of beef can vary depending on factors such as the age of the animal (Litwińczuk et al., 2006), the cut of meat (Hammond et al., 2022), and the animal's diet (Purchas and Zou, 2008; Bagirov et al., 2014; Puente et al., 2019; Solarczyk et al., 2020; Wiśniewski et al., 2021; Terry et al., 2021).

PRC exhibited a lower body weight (570 kg) compared to both of the Limousin breeds: 680 kg for LM FR and 652 kg for LM PL. This difference may influence carcass weight and has implications for overall meat yield. Carcass weight is a crucial metric for assessing the economic value of the slaughtered animal (Kim et al., 2020). PRC had a lower carcass weight (350 kg) compared to the Limousin breeds (450 kg for LM FR and 430 kg for LM PL), indicating differences in the meat yield per animal. Daily weight gain is an important parameter reflecting the efficiency of feeding and management practices (Momot et al., 2020; Terry et al., 2021). Both Limousin breeds demonstrated higher daily weight gains (1176.50 g for LM FR and 1154.98 g for LM PL) compared to PRC (900.54 g). This suggests that Limousin breeds achieve faster growth rates during the finishing period. The differences in body weight and daily weight gain suggest that Limousin breeds may have advantages in terms of meat production efficiency.

The substantial differences in protein content between the Limousin breeds (LM FR and LM PL) and PRC indicate inherent disparities that are influenced by genetic factors (Wiśniewski et al., 2021). The LM FR consistently demonstrated higher protein content across all three muscles compared to both PRC and LM PL. The study emphasises that the extent of the differences in protein content varies across different muscles. For instance, the longissimus lumborum exhibited more pronounced differences compared to the infraspinatus. Limousin cattle are known for producing lean beef with a relatively high protein content. Our research has

Table 5. The effect of breed on the C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA content (mg 100 g⁻¹ of meat) in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC is shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	10.14 ^{a,b}	10.26	10.70
LM FR	9.19 ^a (−9.36 %)	10.08 (−1.75 %)	10.31 (−3.64 %)
LM PL	9.30 ^b (−8.28 %)	10.04 (−2.14 %)	9.91 (−7.38 %)
SEM	0.132	0.135	0.218
<i>p</i> value	0.050	0.082	0.059

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin. Means (in columns) marked with the same letters differ significantly for lowercase letters at $p \leq 0.05$.

Table 6. The effect of breed on the omega-6/omega-3 ratio in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC is shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	3.445	3.585	3.550 ^{A,B}
LM FR	4.590 (+33.23 %)	3.692 (+2.98 %)	2.390 ^A (−32.67 %)
LM PL	4.258 (+23.59 %)	3.547 (−1.06 %)	2.730 ^B (−23.94 %)
SEM	0.109	0.051	0.113
<i>p</i> value	0.055	0.075	0.010

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin. Means (in columns) marked with the same letters differ significantly for uppercase letters at $p \leq 0.01$. SEM – standard error of the mean.

shown that LM meat is characterised by a higher protein percentage for all analysed muscles. The highest protein content was found in the M. lumborum of the LM FR breed (24.20 mg 100 g⁻¹), but, for this muscle, this was 3 percentage points lower than in the meat of the native breed. These results are comparable to other studies (Wiśniewski et al., 2021; Kostusiak et al., 2023; Kuczyńska, 2022). The muscles in a beef carcass can be divided into two main types: working muscles and supporting muscles. For example, the muscles of the hind legs and fore legs (working muscles) tend to have a higher protein content compared to the muscles of the ribs and lumborum (supporting muscles).

The study underscores substantial differences in intramuscular fat content between the Limousin breeds (LM FR and LM PL) and PRC. LM FR exhibits a remarkably low intramuscular fat content compared to both PRC and LM PL. These findings suggest inherent breed-specific disparities in fat deposition. Intramuscular fat, commonly referred to as marbling, plays a crucial role in meat tenderness and flavour (Troy et al., 2016). The observed decrease in intramuscular fat content, especially in the longissimus lumborum of LM FR, suggests potential implications for the tenderness and flavour profile of the meat (Jeremiah et al., 2003; Puente et al., 2019). Understanding the intramuscular fat differences between breeds and muscles has practical implications for meat producers. It can inform breeding programmes, feeding strategies, and marketing approaches so that they align with consumer demands for specific fat levels in beef (Puente et al., 2019; Bermingham et al., 2021; Terry et al., 2021). In-

tramuscular fat content that is good for meat quality should be within 2 %–3 % (Kostusiak et al., 2023). In French cattle breeds, selection for muscle mass has been shown to be associated with reduced intramuscular fat. For example, the main meat breeds, Limousin, Charolaise, and Blonde Aquitaine, have less intramuscular fat than Salers breeds reared under the same conditions (Christensen et al., 2011).

Carnosine and anserine are recognised as biologically active meat proteins (Wu, 2020). There was a significant increase in protein content, especially in LM FR and the longissimus lumborum, confirmed for only the anserine content in this muscle and breed. The carnosine content in the longissimus lumborum in LM FR and LM PL was significantly less than that of PRC, indicating relative changes in carnosine content between the studied LM breeds. The amount of carnosine in meat, due to its connection with oxygen metabolism, may also depend on the type of muscle and the proportions of the individual fibres it contains. Muscles with a higher content of oxidative and oxidative–glycolytic fibres may have a higher carnosine content. Oxidative red muscles, characterised by low glycogen levels but high lipid concentrations, may involve carnosine in energy production (Radzik-Rant et al., 2020; Wu, 2020). This may explain the higher content of this compound in the infraspinatus in the conducted research. In this study, the genotype had no effect on the content of the analysed bioactive protein components in beef muscles, while for the Limousin breeds of both origins and for Polish Red cattle, there was no effect of muscle type on the anserine content. Similarly, Purchas

Table 7. The effect of breed on the atherogenic index in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC is shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	0.741	0.733	0.741
LM FR	0.726 (−2.02 %)	0.738 (+0.68 %)	0.764 (+3.10 %)
LM PL	0.738 (−0.40 %)	0.729 (−0.54 %)	0.737 (+0.80 %)
SEM	0.004	0.003	0.003
<i>p</i> value	0.069	0.073	0.081

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin, SEM – standard error of the mean.

Table 8. The effect of breed on the thrombogenic index in three types of muscles in Limousin and Polish Red cattle. The percentage (%) variation in relation to PRC is shown in parentheses.

Breed	M. longissimus thoracis	M. infraspinatus	M. longissimus lumborum
PRC	1.564	1.478	1.545
LM FR	1.521 (−2.75 %)	1.485 (+0.47 %)	1.648 (+6.66 %)
LM PL	1.543 (−1.34 %)	1.475 (−0.20 %)	1.556 (+0.71 %)
SEM	0.009	0.007	0.011
<i>p</i> value	0.085	0.082	0.072

PRC – Polish Red cattle, LM FR – Limousin of French origin, LM PL – Limousin of Polish origin, SEM – standard error of the mean.

et al. (2004) found no differences in the values of this parameter between muscles when examining the longissimus and sub-spiral muscles of fresh beef. In a study by Kostusiak et al. (2023), the LM longissimus dorsi muscle was characterised by a significantly higher content in terms of both anserine and carnosine.

Beef and other ruminant products are important dietary sources of CLA (conjugated linoleic acid), especially the *cis*-9, *trans*-11 isomer, which has been identified to be a crucial health-promoting factor that has antioxidant, anti-tumour, and anticarcinogenic activities (Pighin et al., 2016; Troy et al., 2016; Solarczyk et al., 2020). Different cattle breeds likely have different genetic predispositions with regard to producing CLA in the rumen. Some beef producers engage in crossbreeding programmes to improve specific meat characteristics, including CLA content (Puente et al., 2019; Solarczyk et al., 2020). Through the selective breeding of cattle, it is possible to influence the CLA content in the resulting beef (Solarczyk et al., 2020). A second important factor in determining the CLA content in raw material is cattle nutrition. Meat from pastured animals has a higher CLA content, especially if they are native breeds (Purchas et al., 2008; Litwińczuk et al., 2016). The highest contents of the C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer were found in beef obtained from local Polish Red bulls and ranged from 10.14 to 10.70 mg 100^{−1} of meat. Similarly, Litwińczuk et al. (2016) found higher percentages of CLA (0.32 %–0.43 %) and SIM (Simmental; 0.36 %–0.43 %) in the meat of bulls of three local breeds compared with in PHF (Polish Holstein–Friesian) meat (0.20 %–0.29 %).

Several sources of information suggest that humans evolved on a diet containing omega-6 and omega-3 essential fatty acids. A higher ratio of omega-6/omega-3 fatty acids is more desirable for reducing the risk of many chronic diseases that need effective prevention. According to nutritional recommendations, the optimum omega-6/omega-3 ratio is between 1 and 2 and should not exceed 4 (Litwińczuk et al., 2016; Momot et al., 2020). Many authors have put forward the proposal that meat obtained from cattle raised in traditional systems, where feeding is mainly based on grass foraging and haylage, has a higher percentage of polyunsaturated fatty acids and a lower omega-6/omega-3 ratio than intensively fed animals (Randby et al., 2010; Litwińczuk et al., 2016; Pighin et al., 2016; Bermingham et al., 2021; Terry et al., 2021). In this study, the ratio of omega-3 to omega-6 acids was equal for all breeds and types of meat, with no noticeable tendency in favour of cattle of the local breed. The ratio of omega-3 to omega-6 fatty acids ranged from 2.390 in the longissimus lumborum to 4.590 in the longissimus thoracis in LM FR cattle. In other Polish studies (Momot et al., 2020), the most desirable ratio was observed in PHF × LM crosses (2.84) and in the oldest bulls (2.92).

The atherogenic index is often used to assess the nutritional value of foods (Ulbricht and Southgate, 1991; Bermingham et al., 2021). It is calculated using a ratio between saturated fatty acid (SFA) (C12:0, C14:0, and C16:0) and the sum of MUFA (monounsaturated fatty acid) and PUFA (polyunsaturated fatty acid). The atherogenic index was most favourable in the longissimus thoracis muscle in the beef cattle, regardless of the experimental group origin,

at 0.726 and 0.738 for LM beef breeds and 0.741 for PRC. Bermingham et al. (2018) had a similar value in terms of the atherogenic index for ribs, roast beef, and tenderloin for various breeds of beef in New Zealand, suggesting that this type of meat has no negative impact on human health. Many studies (Litwińczuk et al., 2016; Bermingham et al., 2018; Solarczyk et al., 2020; Bermingham et al., 2021; Hammond et al., 2022) have shown that, among biologically active ingredients, the most attention is paid to the content of conjugated linoleic acid (CLA), the ratio of omega-3 to omega-6 fatty acids, and the atherogenic index (AI) in red meat. Therefore, these factors are also important when comparing the health-promoting qualities of beef.

5 Conclusions

In conclusion, the comparative assessment of meat composition parameters between Limousin breeds (LM FR and LM PL) and PRC unveils distinct characteristics that underscore the potential suitability of these breeds for meat production. Limousin breeds showcase higher protein content, especially evident in LM FR's substantially higher content in the longissimus lumborum, suggesting a protein-rich meat profile. Conversely, these breeds exhibit lower intramuscular fat content, aligning with preferences for leaner meat, which is notably pronounced in LM FR and, particularly, in the longissimus lumborum. The percentage differences highlight the relative changes in intramuscular fat, anserine, and carnosine content between the different breeds and muscles. Moreover, beef obtained from PRC bulls had a higher content in terms of the *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer compared to the LM breed, which resulted in a higher nutritional potential of the meat. In turn, the lower omega-6/omega-3 ratio in Limousin beef means a more balanced fatty acid composition, which has potential health benefits. The slightly lower atherogenicity index values calculated for LM beef indicate potential cardiovascular benefits, while the subtle differences in thrombogenicity index values suggest no difference in the associated thrombotic risk when consuming pasture-raised beef regardless of the breed origin of the meat raw material.

The mentioned studies provide valuable information to producers and consumers, highlighting the diversity of meat composition characteristics in different muscle types and the importance of adapting new breeding practices, from year-round pasture farming to market preferences. Ultimately, the results suggest that the Limousin breeds, especially LM FR, present favourable nutritional profiles in their meat, featuring higher protein content and reduced fat. However, consumer preferences, taste considerations, and specific dietary objectives should guide decisions concerning meat consumption. Regarding Polish Red cattle, their distinctive traits, such as higher intramuscular fat content, may influence meat sensory attributes. While PRC may not entirely match specialised beef breeds in all composition aspects, their attributes render

them suitable for meat production. Tailoring breeding and management practices according to diverse market preferences will aid in meeting specific consumer demands. Overall, both breeds exhibit distinct characteristics, offering valuable choices in meat production and allowing producers to cater to varied consumer needs and preferences within the market.

6 Implications

The conclusions from the conducted research suggest that Polish Red cattle have the potential to produce meat of high nutritional value. To optimise the quality of meat obtained from local breeds, it is important to use appropriate fattening and maintenance systems while maintaining high welfare standards, the aim of which should be to obtain profitable fattening values while minimising breeding costs, such as through feeding on pastures throughout the year.

Data availability. The data presented in this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Author contributions. Conceptualisation: KW. Methodology: KW and BK. Software: KW. Validation: BK. Formal analysis: KW, MS, and JK. Investigation: KW and BK. Resources: KW. Data curation: KW and BK. Writing – original draft preparation: KW, MS, and BK. Writing – review and editing: KW and MS. Visualisation: KW. Supervision: BK and JK. Project administration: KW. Funding acquisition: BK. All the authors have read and agreed to the published version of the paper.

Competing interests. The contact author has declared that none of the authors has any competing interests.

Ethical statement. According to Polish law and the EU Directive, the experiment did not require approval from the local ethical committee because it was carried out on the farm under the production conditions (European Parliament and the Council of the European Union, 2010). The animals were slaughtered at the authorised abattoir following the normal commercial procedure, and the meat samples were taken from the beef carcasses.

Disclaimer. Publisher's note: Copernicus Publications remains neutral with regard to jurisdictional claims made in the text, published maps, institutional affiliations, or any other geographical representation in this paper. While Copernicus Publications makes every effort to include appropriate place names, the final responsibility lies with the authors.

Acknowledgements. The article is part of the doctoral dissertation of Konrad Wiśniewski, implemented as part of a tripartite

agreement between the Institute of Animal Sciences and the Association of Polish Red Cattle Breeders and the Association of Beef Cattle Breeders. Here, we would like to thank Piotr Rydel for allowing us to collect meat samples during slaughter.

Financial support. This research has been supported by the Ministerstwo Edukacji i Nauki (grant no. DWD/3/53/2019).

Review statement. This paper was edited by Steffen Maak and reviewed by two anonymous referees.

References

- Araújo, P. D., Araújo, W. M. C., Patarata, L., and Fraqueza, M. J.: Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products, *Meat Sci.*, 193, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108952>, 2022.
- AOAC: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Association of Official Analytical Chemists, Rockville, Maryland, USA, 1, 1990.
- Bagirov, V. A., Chernukha, I. M., Lisitsin, A. V., and Zinovieva, N. A.: Study of biological value of beef produced by interspecies hybrids of domestic cattle and wild yaks, *Vopr. Pitan.*, 83, 81–85, 2014.
- Bermingham, E. N., Reis, M. G., Subbaraj, A. K., Cameron-Smith, D., Fraser, K., Jonker, A., and Craigie, C. R.: Distribution of fatty acids and phospholipids in different table cuts and co-products from New Zealand pasture-fed Wagyu-dairy cross beef cattle, *Meat Sci.*, 140, 26–37, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.012>, 2018.
- Bermingham, E. N., Agnew, M., Reis, M. G., Taukiri K., Jonker, A., Cameron-Smith, D., and Craigie, C. R.: Assessment of atherogenic index, long-chain omega-3 fatty acid and phospholipid content of prime beef: a survey of commercially sourced New Zealand Wagyu and Angus beef cattle, *Anim. Prod. Sci.*, 61, 179–190, <https://doi.org/10.1071/AN19427>, 2021.
- Biel, W., Czerniawska-Piątkowska, E., and Kowalczyk, A.: Of-fal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems, *Animals*, 9, 489–499, <https://doi.org/10.3390/ani9080489>, 2019.
- Choi, N. J., Enser, M., Wood, J. D., and Scollan, N. D.: Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, *Anim. Sci.*, 71, 509–519, <https://doi.org/10.1017/S1357729800055417>, 2000.
- Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., Olleta, J. L., Panea, B., Albertí, P., Juárez, M., Hocquette, J. F., and Williams, J. L.: Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds, *Meat Sci.*, 87, 61–65, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.003>, 2011.
- Duckett, S. K., Neel, J. P. S., Fontenot, J. P., and Clapham, W. M.: Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin and cholesterol content, *J. Anim. Sci.*, 87, 2961–2970, <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1850>, 2009.
- Florek, M., Litwińczuk, Z., Kędzierska-Matysek, M., Grodzki, T., and Skalecki, P.: Nutritional value of meat from musculus longissimus lumborum and musculus semitendinosus of young slaughter cattle, *Med. Vet.*, 63, 242–247, 2007.
- French, P., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Mooney, M. T., Troy, D. J., and Moloney, A. P.: The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates, *Meat Sci.*, 57, 379–386, 2001.
- Guzek, D., Głowska, D., Pogorzelski, G., Kozań, K., Pietras, J., Konarska, M., Sakowska, A., Głowski, K., Pogorzelska, E., Barszczewski, J., and Wierzbińska, A.: Variation of meat quality parameters due to conformation and fat class in Limousin bulls slaughtered at 25 to 27 months of age, *Asian Austral J. Anim. Sci.*, 26, 716–722, <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12525>, 2013.
- Hammond, P. A., Chun, C. K. Y., Wu, W. J., Welter, A. A., O’Quinn, T. G., Magnin-Bissel, G., Geisbrecht, E. R., and Chao M. D.: An Investigation on the Influence of Various Biochemical Tenderness Factors on Eight Different Bovine Muscles, *Meat and Muscle Biology*, Amer. Meat Sci. Assoc., 1, 1–17, <https://doi.org/10.22175/mmb.13902>, 2022.
- ICAR Guidelines for Beef Cattle Production Recording: Section 3, The Global Standard for livestock data, 1–88, 2018.
- ISO 5509: 2000, Animal and vegetable fats and oils-preparation of methyl esters of fatty acids, ISO, Geneva, Switzerland, 2000.
- Jeremiah, L. E., Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., and Gibson, L. L.: Assessment of palatability attributes of the major beef muscles, *Meat Sci.*, 65, 985–992, [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00307-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00307-8), 2003.
- Kim, D. G., Shim, J. Y., Cho, B. K., Wakholi, C., Seo, Y., Cho, S., and Lee, W. H.: Discrimination study between carcass yield and meat quality by gender in Korean native cattle (Hanwoo), *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 33, 1202–1208, <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0472>, 2020.
- Korzekwa, A. J., Siemieniuch, M., Kaczmarczyk, J., and Kordan, W.: Prospects for traditional livestock breeding of Polish Red cattle with the agreement of biodiversity protection, *Pol. J. Natur. Sci.*, 38, 5–18, <https://doi.org/10.31648/pjns.8724>, 2023.
- Kostusiak, P., Puppel K., Kunowska-Słószarz, M., Słószarz, J., Gołębiowski, M., Grodkowski, G., Solarczyk, P., Wiśniewski, K., and Przysucha, T.: Beef cattle breeds in Poland, *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW Anim. Sci.*, 58, 4, 261–277, <https://doi.org/10.22630/AAS.2019.58.4.26>, 2019.
- Kostusiak, P., Słószarz, J., Gołębiowski, M., Sakowski, T., and Puppel, K.: Relationship between beef quality and bull breed, *Animals*, 13, 16, <https://doi.org/10.3390/ani13162603>, 2023.
- Kuczyńska, B.: Analysis of the quality of raw meat, *Analiza Jakości Surowca Mięsnego, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW)*, Warsaw Univ. Life Sci., 2022.
- Kuczyńska, B., Puppel, K., Nałęcz-Tarwacka, T., and Czub, M.: Variation in the activity of stearyl-CoA desaturase enzyme and endogenous precursors of unsaturated fatty acids in cow’s milk during grazing season, *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW Anim. Sci.*, 54, 37–43, 2015.
- Litwińczuk, Z., Florek, M., and Pietraszek, K.: Physico-chemical quality of meat from heifers and young bulls of the Black-and-White (B.W.) variety of Polish Holstein-Friesian breed, and commercial B.W. crossbreds sired by Limousine and Charolaise bulls, *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 24, 179–186, 2006.

- Litwińczuk, Z., Domardzki, P., Florek, M., and Żółkiewski, P.: Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme fattened within a low-input system, *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 34, 387–397, 2016.
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Stoyanchev, T., and Hocquette, J. F.: Consumer perception of beef quality and how to control, improve and predict it? Focus on eating quality, *Foods*, 11, 1732–1759, <https://doi.org/10.3390/foods11121732>, 2022.
- Łukasiewicz, M., Puppel, K., Balcerak, M., Ślósarz, J., Gołębiewski, M., Kuczyńska, B., Batorska, M., Wićcek, J., Kunowska-Słósarz, M., and Popczyk, B.: Variability of anserine and carnosine concentration in the wild boar (*Sus scrofa scrofa*) meat, *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 36, 185–192, 2018.
- Madhusankha, G. D. M. P. and Thilakarathna, R. C. N.: Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: A review, *Arab. J. Chem.*, 14, 1–18, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.102967>, 2021.
- Mansfield, E., Wahba, J. C., and De Grandpré, E.: A risk-based labelling strategy for supplemented foods in Canada: consumer perspectives, *Appl. Physiol. Nutr. Me.*, 48, 771–788, <https://doi.org/10.1139/apnm-2022-0391>, 2023.
- Momot, M., Nogalski, Z., Pogorzelska-Przybyłek, P., and Sobczuk-Szul, M.: Influence of genotype and slaughter age on the content of selected minerals and fatty acids in the Longissimus Thoracis muscle of crossbred bulls, *Animals*, 10, 11, <https://doi.org/10.3390/ani10112004>, 2020.
- Pighin, D., Pazos, A., Chamorro, V., Paschetta, F., Cunzolo, S., Godoy, F., Messina, V., Pordomingo, A., and Grigioni, G.: A contribution of beef to human health: A Review of the role of the animal production systems, *Sci. World J.*, 2016, 1–10, <https://doi.org/10.1155/2016/8681491>, 2016.
- Presumido, P. H., Sousa, F., Gonçalves, A., Dal Bosco, T. C., and Feliciano, M.: Environmental sustainability in beef production and life cycle assessment as a tool for analysis, *U. Porto J. Eng.*, 6, 11–25, https://doi.org/10.24840/2183-6493_006.001_0002, 2020.
- Puente, J., Samanta, S. S., and Bruce, H. L.: Bovine M. longissimus thoracis meat quality differences due to Canada quality grade, *Meat Sci.*, 155, 43–49, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.002>, 2019.
- Purchas, R. W. and Zou, M.: Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus for several group of pasture-finished cattle, *Meat Sci.*, 80, 470–479, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.01.013>, 2008.
- Purchas, R. W., Rutherford, S. M., Pearce, P. D., Vather, R., and Wilkinson, B. H. P.: Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine, *Meat Sci.*, 66, 629–637, [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00181-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00181-5), 2004.
- Radzik-Rant, A., Rant, W., Sosnowiec, G., Świątek, M., Niżnikowski, R., and Szymańska, Ż.: The effect of genotype and muscle type on the physico-chemical characteristics and taurine, carnosine and L-carnitine concentration in lamb meat, *Arch. Anim. Breed.*, 63, 423–430, <https://doi.org/10.5194/aab-63-423-2020>, 2020.
- Randby, A. T., Nørgaard, P., and Weisbjerg, M. R.: Effect of increasing plant maturity in timothy-dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls, *Grass Forage Sci.*, 65, 273–286, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00745.x>, 2010.
- Rant, W., Radzik-Rant, A., Świątek, M., Niżnikowski, R., Ślęzak, M., Szymańska, Ż., and Morales-Villavicencio A.: The Effect of cooking method on the physico-chemical characteristics and fatty acid composition in lamb longissimus dorsi muscle, *Emirat J. Food Agric.*, 31, 118–124, <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i2.1914>, 2019.
- Solarczyk, P., Gołębiewski, M., Ślósarz, J., Łukasiewicz, M., Przy-sucha, T., and Puppel, K.: Effect of breed on the level of the nutritional and health-promoting quality of semimembranosus muscle in purebred and crossbred bulls, *Animals*, 10, 1822, <https://doi.org/10.3390/ani10101822>, 2020.
- Terry, S. A., Basarab, J. A., LuoGuan, L., and McAllister, T. A.: Strategies to improve the efficiency of beef cattle production, *Can. J. Anim. Sci.*, 101, 1–19, <https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0022>, 2021.
- Troy, D. J., Tiwari, B. K., and Joo, S. T.: Health implications of beef intramuscular fat consumption, *Korean J. Food Sci. An.*, 36, 577–582, <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.5.577>, 2016.
- Ulbricht, T. L. and Southgate, D. A.: Coronary heart disease: seven dietary factors, *Lancet*, 338, 985–992, [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M), 1991.
- Wiśniewski, K. and Kuczyńska, B.: Current opportunities and challenges in the implementation and recognition of Polish Red breed cattle beef production, *Acta Agr. Scand. A-An.*, 71, 12–20, <https://doi.org/10.1080/09064702.2022.2116100>, 2022.
- Wiśniewski, K., Wróbel, B., Barszczewski, J., Sakowski, T., and Kuczyńska, B.: Chemical characteristics of Limousine beef depending on finishing diets and muscle type of meat, *Acta Univ. Cibiniensis Ser. E: FOOD TECHN.*, 143, 143–154, <https://doi.org/10.2478/auaft-2021-0014>, 2021.
- Wu, G.: Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health, *Amino Acids*, 52, 329–360, <https://doi.org/10.1007/s00726-020-02823-6>, 2020.