



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach

kierunek: **Zootechnika**

zakres: **Hodowla zwierząt**

numer albumu **48692**

Seminarium: **dr hab. Ryszard Steppa**

Magdalena Kowalska

Wpływ wielkości kojców na wybrane parametry wieprzowiny
rodzimej rasy puławskiej

The effect of pen size on selected parameters of pork of the native
puławski breed

Praca inżynierska

wykonana w Katedrze Hodowli Zwierząt i Oceny Surowców
pod kierunkiem dr inż. Joanny Składanowskiej-Baryzy

Pracę przyjęto

(data i podpis Promotora)

Poznań 2025

*Składam najserdeczniejsze podziękowania
Pani Profesor dr hab. Małgorzacie Kasprowicz-Potockiej
za opiniowanie mojej pracy inżynierskiej
oraz poświęcony czas*

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wielkości kojców na wybrane parametry jakości fizykochemicznej mięsa świń rodzimej rasy puławskiej. Doświadczenie przeprowadzono na 42 tucznikach podzielonych na trzy grupy różniące się powierzchnią przypadającą na jedno zwierzę: 1 m², 1,5 m² oraz 2 m². Zwierzęta były utrzymywane w systemie ściółkowym, a w kojcach zastosowano elementy manipulacyjne, takie jak piłki i liny. Materiał badawczy stanowił mięsień najdłuższy grzbietu (m. longissimus thoracis et lumborum), a przeprowadzone analizy obejmowały zdolność zatrzymywania wody (WHC), kwasowość mięsa (pH), barwę oraz teksturę mięsa.

Wyniki badań wykazały, że większa powierzchnia kojca znacząco wpływa na poprawę parametrów fizykochemicznych mięsa. Zwierzęta utrzymywane w większych kojcach (1,5 m² i 2 m²) charakteryzowały się bardziej stabilnym pH mięsa, wyższą zdolnością zatrzymywania wody, ciemniejszą barwą mięsa (niższe wartości L*) oraz większą kruchością. Zastosowanie elementów manipulacyjnych w kojcach dodatkowo poprawiło dobrostan świń, ograniczając poziom stresu i sprzyjając naturalnym zachowaniom eksploracyjnym.

Wyniki pracy wskazują, że powiększenie powierzchni kojca oraz wzbogacenie środowiska bytowego może przyczynić się do poprawy dobrostanu świń oraz jakości produktu końcowego. Wyniki te mają istotne znaczenie zarówno dla przemysłu mięsnego, jak i dla praktyk hodowlanych, promując bardziej zrównoważone systemy utrzymania trzody chlewnej.

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of pen size on selected physicochemical quality parameters of pork from the native Pulawska breed. The experiment was conducted on 42 fattening pigs divided into three groups differing in the area allocated per animal: 1 m², 1.5 m², and 2 m². The animals were kept in a bedding system, and enrichment elements such as balls and ropes were introduced into the pens. The research material consisted of the longissimus thoracis et lumborum muscle, and the analyses included water-holding capacity (WHC), meat acidity (pH), color, and texture.

The results showed that a larger pen size significantly improved the physicochemical parameters of the meat. Animals kept in larger pens (1.5 m² and 2 m²) exhibited more stable meat pH, higher water-holding capacity, darker meat color (lower L* values), and greater tenderness. The use of enrichment elements further enhanced the welfare of the pigs, reducing stress levels and promoting natural exploratory behaviors.

The findings indicate that increasing pen size and enriching the living environment can improve both the welfare of pigs and the quality of the final product. These results are of significant importance for the meat industry and livestock practices, promoting more sustainable pig farming systems.

Wykaz skrótów

LTL – *m. longissimus thoracis et lumborum*

SSF – ang. *Slice Shear Force*

WB – ang. *Warner-Bratzler*

WHC – ang. *water-holding capacity*

IMF – ang. *Intramuscular fat*, tłuszcz śródmięśniowy

Spis treści

1. WSTĘP	6
1.1 RODZIME RASY ŚWIŃ	7
1.2 SYSTEMY UTRZYMANIA.....	8
1.2.1 System intensywny,.....	8
1.2.2 System ekstensywny lub inaczej nazywany tradycyjnym	8
1.2.3 System półintensywny	9
1.2.4 System ekologiczny	9
1.3 POPRAWA DOBROSTANU.....	10
2. HIPOTEZA I CEL BADAWCZY	11
2.1. HIPOTEZA BADAWCZA	11
2.2. CEL BADAŃ	11
3. MATERIAŁY I METODY	12
3.1 MATERIAŁ BADAWCZY	12
3.2. METODY BADAŃ	14
3.2.1. Wykonane analizy	14
W niniejszym doświadczeniu oznaczono zdolność zatrzymania wody własnej, kwasowość mięsa, barwę danego surowca oraz jego teksturę.....	14
3.2.2. Woda własna	14
3.2.3 Kwasowość mięsa	17
3.2.4. Barwa mięsa.....	20
3.2.5. Pomiar tekstury mięsa.....	22
4. WYNIKI I WNIOSKI	25
5. DYSKUSJA	31
6. PODSUMOWANIE.....	37
7. WNIOSKI	39
8. BIBLIOGRAFIA	34
9. WYKAZ TABEL	46
10. WYKAZ RYSUNKÓW	46
11. WYKAZ WYKRESÓW	46
12. WYKAZ FOTOGRAFII	47

1. Wstęp

Europejczycy uważają, że obecne stosowane praktyki hodowli zwierząt są zbyt intensywne. Projekt *mEATquality* analizuje postawy i percepcje konsumentów wobec chowu i hodowli oraz ich preferencje dotyczące zrównoważonej produkcji zwierzęcej. Czynniki związane z „ekstensywnością” chowu mogą być wdrażane i optymalizowane w systemach ekologicznych, tradycyjnych oraz wolnowybiegowych. Celem projektu jest wsparcie rolników w poprawie jakości mięsa poprzez wdrażanie praktyk, które podnoszą jakość chowu i promują zrównoważoną produkcję zwierzęcą. Uwzględnia to takie aspekty, jak dobrostan zwierząt, opłacalność gospodarstw oraz ochronę środowiska (mEATquality.eu).



Projekt ten otrzymał dofinansowanie z programu Unii Europejskiej w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont 2020” na podstawie umowy o grant nr 101000344.

1.1 Rodzime rasy świń

Jednym z doświadczeń przeprowadzonych w ramach projektu, było sprawdzenie wpływu wielkości kojców na jakość mięsa u rasy rodzimej - puławskiej. Rasy rodzime to rasy, które są hodowane tradycyjnie w określonych rejonach czy krajach. Są dobrze przystosowane do lokalnych warunków środowiskowych. Charakteryzują się zazwyczaj mniejszą wydajnością pod względem wzrostu, ilości mięsa, tempem przyrostu masy ciała (w porównaniu do ras przeznaczonych do intensywnej produkcji). Jednakże rasy rodzime mają wiele cenionych cech takie jak; wysoka plenność, wyraźny instynkt macierzyński i długowieczność. Produkty pochodzące od nich mają wyjątkowe wartości jakościowe, kulinarne oraz odżywcze. Obecnie w Polsce występują następujące rasy rodzimych świń: puławska, złotnicka biała i pstra. (Szyndler-Nędza R i in. 2006). Ponadto rasy te pomagają utrzymać genetyczną bioróżnorodność trzody chlewnej, co jest istotne dla stabilności populacji na choroby oraz przyszłe potrzeby hodowlane (Szulc 2015)

Mięso pochodzące od takich ras często cechuje się wyższą jakością fizykochemiczną oraz unikalnym smakiem. W niektórych rejonach hodowla tych ras jest częścią lokalnych tradycji i historii ich hodowla wspiera dziedzictwo rolnicze a nawet różnorodność krajobrazu rolniczego. Lokalne rasy trzody chlewnej m.in. puławska, mają wysoki poziom zawartości wewnątrzmięśniowego tłuszczu (Nevrkla i in. 2017).

Krzyżowanie ras rodzimych z rasami wysokoprodukcyjnymi ma wiele zalet. Pozwala na uzyskanie potomstwa, które łączy cechy obu ras – lepszą wydajność z odpornością i wytrzymałością ras rodzimych. Krzyżowanie ma na celu poprawę jakości tuszy, czyli zwiększenie ilości mięsa i poprawę jego struktury, np. większą kruchość czy marmurkowatość. W krzyżowaniu z wykorzystaniem ras rodzimych dodatnio wpływa na zawartość tłuszczu śródmięśniowego. (K. Szulc, E. Skrzypczak 2015). Kolejną zaletą w krzyżowaniu z rasami rodzimymi jest poprawa cech reprodukcyjnych. Niektóre rasy rodzime mogą mieć lepsze cechy rozrodcze, takie jak wyższa płodność lub wyraźniejszy instynkt macierzyński. Krzyżowanie może wspierać te cechy, zapewniając większą efektywność hodowli (Kapelański 2018). Krzyżowanie ma więc na celu uzyskanie efektu heterozji, gdzie potomstwo łączy korzystne cechy obu ras, co może przynieść lepsze wyniki produkcyjne, zdrowotne i ekonomiczne

1.2 Systemy utrzymania

W hodowli trzody chlewnej możemy wyróżnić kilka różnych systemów utrzymania. Różnią się one stopniem intensywności produkcji, sposobem zarządzania zwierzętami oraz warunkami bytowania zwierząt.

1.2.1 System intensywny,

Charakteryzuje się prowadzeniem na dużą skalę w zamkniętych budynkach. W tym systemie optymalizują się warunki środowiskowe (wilgotność, temperaturę, ruch powietrza). System ten najczęściej wyposażony jest w automatyzację karmienia oraz usuwania odchodów. Pozwala to precyzyjnie zarządzać żywieniem zwierząt oraz prowadzeniem gospodarstwa (S. Banaszak 2022). Świnie w takim systemie utrzymywane są najczęściej na rusztach wykonanych z różnych materiałów które muszą spełniać kryteria wytrzymałości, trwałości oraz bezpieczeństwa dla zwierząt. Materiały stosowane to min. beton, plastik, stal, żeliwo oraz żelbeton, beton z dodatkami. System ten pozwala z łatwością utrzymać higienę w chlewni oraz zmniejsza nakłady pracy rolnika. Z drugiej strony, zmniejsza komfort zwierząt, możliwość wykonywania naturalnych zachowań oraz podnosi ryzyko występowania problemów zdrowotnych (R. Pawłowski 2019).

1.2.2 System ekstensywny lub inaczej nazywany tradycyjnym

Trzoda chlewna jest utrzymywana w bardziej naturalnych warunkach, gdzie zwierzęta mają dostęp do pastwisk, wybiegów. Charakteryzuje się mniejszą gęstością obsady w porównaniu z intensywnym. Dzięki takim rozwiązaniom zwierzęta mogą realizować swoje wrodzone potrzeby, takie jak rycie w podłożu, poszukiwanie pokarmu czy utrzymywaniu kontaktów osobniczych, co znacząco poprawia ich dobrostan. Stała aktywność ruchowa wspiera gospodarkę hormonalną i poprawia metabolizm, sprawność fizyczną (A. Wójcik 2020). Występuje jednak niższa wydajność produkcyjna i wydłużony czas tuczu. Zwierzęta utrzymywane w wolnym wybiegu są narażone na zmienne warunki pogodowe oraz ryzyko chorób i pasożytów. Niesie to ze sobą wyższe koszty utrzymania oraz większej opieki nad nimi. W takim systemie najczęściej hodowane są rasy takie jak: Puławska, Mangalicka, Słowieńska siodłowata, Yorkshire. (M. Frątczak 202)

1.2.3 System półintensywny

Jest połączeniem systemu intensywnego oraz ekstensywnego. Zwierzęta utrzymywane są na naturalnym podłożu najczęściej jest to słoma żytnia, ale występuje także torf lub trociny. Utrzymanie na ściółce zapewnia lepszy komfort dla zwierząt oraz zaspokojenie potrzeb behawioralnych (np. rycie). System ten jednak wymaga większych nakładów pracy związanych z ścieleniem oraz usuwanie powstałego obornika. Dodatkowo w systemie tym mogą występować dostęp do wybiegów. Zadawanie paszy oraz wody najczęściej występuje zautomatyzowane. Zaletami tego systemu są leprze warunki dobrostanowe w porównaniu do systemu intensywnego oraz możliwość uzyskania mięsa wyższej jakości. Za to wadą są wyższe koszty utrzymania związane z ściółką. (Biesiada-Drzazga 2018)

1.2.4 System ekologiczny

Wśród systemów utrzymania wyróżniamy także system ekologiczny. Zwierzęta są utrzymywane w warunkach zbliżonych do naturalnych z dostępem do wybiegów, pastwisk. W pomieszczeniach jest powierzchnia wystarczająco duża, wygodna, sucha, która służyć ma do wypoczynku i leżenia. Najlepiej, aby wyłożona była to ściółka. Zwierzęta w chowie ekologicznym karmione są paszami bez GMO, dodatków chemicznych, pochodzących tylko z upraw ekologicznych. Powierzchnia w kojcach na jedno zwierzę powinna wynosić minimum 1,5 m (dla tucznika ponad 110 kg). Dodatkowo co najmniej połowa powierzchni minimalnej pomieszczeń i wybiegu powinna być powierzchnią o konstrukcji litej (pozbawione krat, listew) (Anna Litwinow 2020). Zabronione jest stosowanie tradycyjnego leczenia (farmakologicznego) a stosuje się naturalne metody. Rolnicy muszą przestrzegać obowiązujących norm oraz zasad, co wiąże się z większymi nakładami pracy oraz finansowych. Produkcja ekologiczna dostarcza dostępne dobra, które przyczyniają się do dobrostanu zwierząt, ochrony środowiska oraz rozwoju wiejskich obszarów (Rozporządzenie 2018/848).

Każdy z systemów wywiera inny wpływ na zdrowie, środowisko, efektywność produkcji oraz dobrostan i behawior zwierzęcia.

1.3 Poprawa dobrostanu

Zgodnie z definicją Kołacza, dobrostan zwierząt odnosi się do ich reakcji na panujące warunki środowiskowe oraz do ogólnej jakości życia, która obejmuje zaspokojenie różnych potrzeb. Nie ogranicza się on jedynie do aspektów fizycznych, takich jak odpowiednio zbilansowana dawka pokarmowa, opieka zdrowotna czy właściwe przystosowanie budynków inwentarskich. Równie istotne są potrzeby behawioralne zwierząt, które spełnianie przejawia się w naturalnych, charakterystycznych dla danego gatunku zachowaniach. Wszystkie te elementy składają się na całościowy obraz dobrostanu (Kołacz 1999). Dobrostan obejmować powinien tzw. pięć wolności; wolność od głodu i pragnienia, wolność od urazów, bólu i chorób, wolność od strachu i stresu, zdolność do wyrażania normalnego zachowania odpowiedniego dla każdego gatunku oraz wolność od dyskomfortu fizycznego i psychicznego (Małgorzata Kasproicz-Potocka, Dagmara Franek 2022).

Powszechnie przyjmuje się, że wzbogacanie środowiska poprzez elementy absorbujące uwagę świń poprawiają dobrostan zwierząt (Arey 1993). Już w pierwszych dniach życia prosięta wykazują zachwiania, które związane są z poznawaniem otaczającego go środowiska. Ma to związek ze znalezieniem pożywienia (Petersen, 1994). W środowisku pozbawionych tzw. zabawek zwierzęta mają tendencje do kierowania zachowań eksploracyjnych w kierunku innych zwierząt. Prowadzić to może do agresji czy kanibalizmu. (Beattie i in., 1995). Badania wykazały, iż materiały wzbogacające środowisko są najlepsze do zapobiegania gryzieniu ogonów (Studnitz i in., 2007).

Według Studniza środowisko wzbogacone, aby było efektywne musi spełniać kilka zasad. Zainteresowanie powinno być podtrzymywane poprzez wprowadzanie walorów nowości. Elementy wzbogacające powinny być wale od drobnoustrojów oraz zabrudzeń (Studnitz i in., 2007). Dodatkowo, w Dyrektywie 2008/120/WE są zawarte wytyczne dotyczące materiałów manipulacyjnych. Powinny one być: jadalne (najlepiej, by zawierały składniki pokarmowe korzystnie wpływające na zdrowie), nadawać się do żucia i rycia, powinny ulegać zniszczeniu (Studnitz i in., 2007). Elementami wzbogacającymi środowisko mogą być: sama ściółka, torf, stojaki słomiane, łańcuchy zawieszane, piłki, plastikowe zabawki, palet (W. Kozera 2020). W efekcie obniży znacznie koszty produkcji oraz poprawi biologiczną wartość mięsa minimalizując między innymi stres. (D. Bugacka., W. Kozera 2020).

2. Hipoteza i cel badawczy

2.1. Hipoteza badawcza

Hipoteza badawcza zakłada, że zwiększenie powierzchni kojca świń rasy puławskiej (w odniesieniu na jedno zwierzę), korzystnie wpłynie na wybrane parametry fizykochemiczne mięsa. Takie jak kwasowość mięsa, zdolność zatrzymania wody oraz jasność mięsa.

2.2. Cel badań

Celem badań było określenie wpływu wielkości kojca na wybrane parametry jakości fizykochemicznej mięsa, pochodzącego od rodzimej rasy Puławskiej.

3. Materiały i metody

3.1 Materiał badawczy

Badanie przeprowadzono na 42 tucznikach rasy Puławskiej ($n=42$) o wadze ubojowej 100-120kg. Celem badań było określenie wpływu wielkości kojca na wybrane parametry wieprzowiny. W niniejszej pracy inżynierskiej oceniono zatem wpływ gęstości obsady - ilości metrów kwadratowych na zwierzę.

Badany materiał podzielono na trzy grupy badawcze. Każda z grup liczyła 14 zwierząt w kojcu, a gęstość obsady w każdej z grup wyglądała następująco:

1. Gęstość obsady grupie pierwszej (kontrolnej) wynosiła $1\text{m}^2/\text{szt.}$ (całkowita przestrzeń kojca wynosiła $24,75\text{ m}^2$),
2. Gęstość obsady grupie drugiej (badawczej) wynosiła $1,5\text{m}^2/\text{szt.}$ (całkowita przestrzeń kojca wynosiła $41,25\text{ m}^2$)
3. Gęstość obsady grupie trzeciej (badawczej) wynosiła $2\text{m}^2/\text{szt.}$ (całkowita przestrzeń kojca wynosiła 66 m^2).

Dodatkowo w każdym kojcu znajdowały się zabawki absorbujące uwagę takie jak: piłki, liny. Wszystkie grupy zwierząt były utrzymywane w systemie ściółkowym. Przeprowadzenie doświadczenia miało miejsce w miesiącach grudzień i styczeń. Wykonano dwa pomiary temperatury oraz wilgotności dla tych dwóch miesięcy.



Fot. 1. Autor mgr inż. Dagmara Łodyga



Fot. 3. Autor mgr inż. Dagmara Łodyga

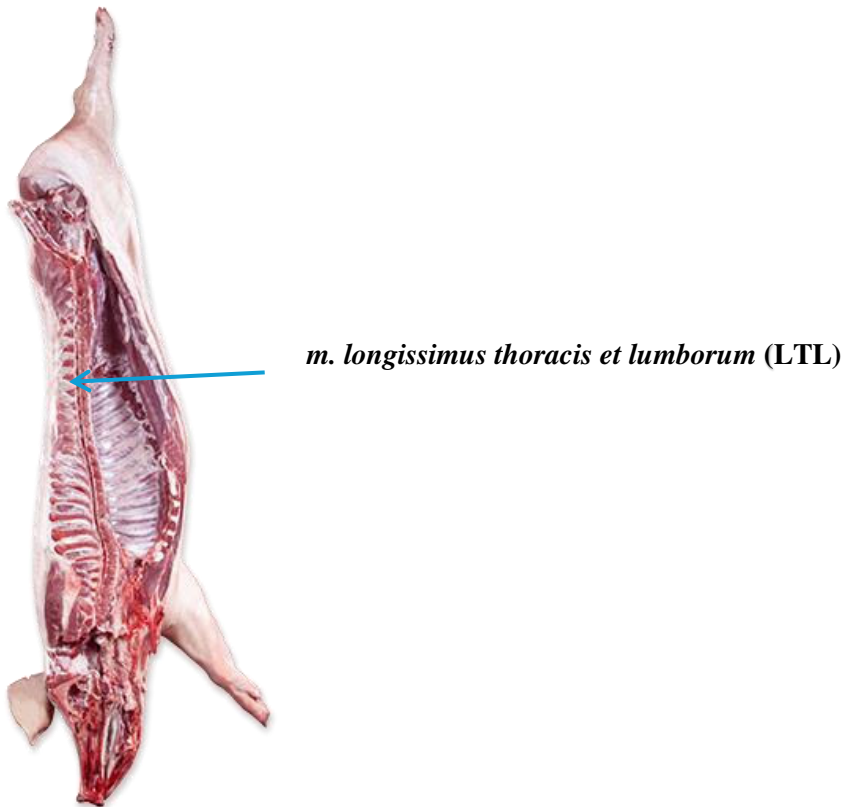


Fot. 2. Autor mgr inż. Dagmara Łodyga

Tabela 1 Podział zwierząt w grupach

Kojec	Wymiar	Liczba zwierząt	Średni wiek (tyg.)	Średnia temp.		Średnia wilgotność	
				Pomiar I	Pomiar II	Pomiar I	Pomiar II
Grupa 1	1m ² /zw.	14	24	14°C	11°C	80%	76,4%
Grupa 2	1,5m ² /zw.	14	24				
Grupa 3	2m ² /zw.	14	24				

Materiał do przeprowadzenia badania stanowił mięsień najdłuższy grzbietu - LTL (*m. longissimus thoracis et lumborum*) wyodrębniony z tuczników rasy puławskiej. Przebadano cechy rzeźne oraz fizykochemiczną jakość mięsa.



Fot. 4 Autor Prof. Marhen Hviid

3.2. Metody badań

3.2.1. Wykonane analizy

W niniejszym doświadczeniu oznaczono zdolność zatrzymania wody własnej, kwasowość mięsa, barwę danego surowca oraz jego teksturę.

3.2.2. Woda własna

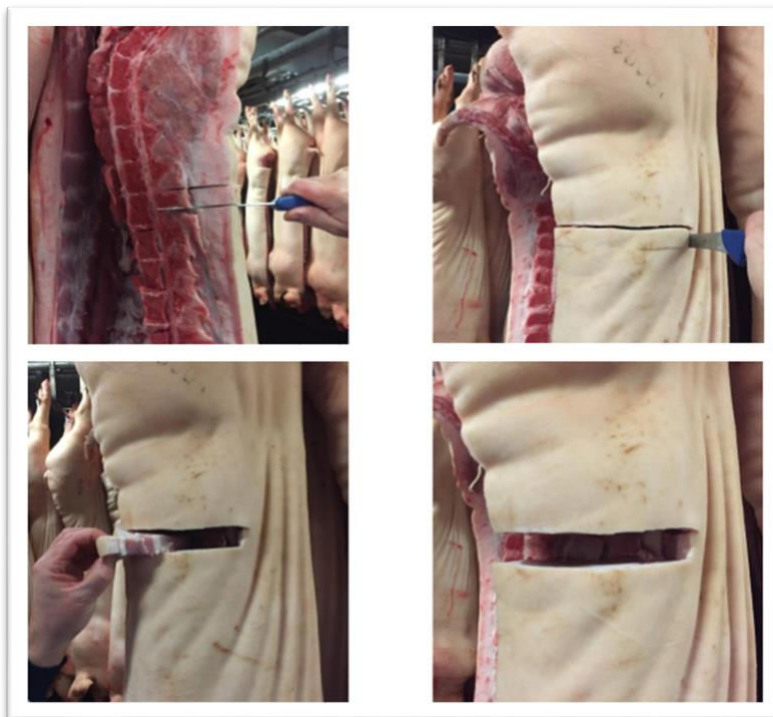
Woda, która w mięsie występuje dzieli się na; wodę związaną, unieruchomioną i wolną. (Karol Borzuta 2023). Według Lisiak (2023) woda związana stanowi ok 5% całej wody zawartej w mięsie i jest związana głównie przez białka sarkoplazmy, miofibryli oraz białka tkanki łącznej. Usunięcie tej wody może nastąpić poprzez rozdrobnienie, a następnie nacisk.

Z kolei woda wolna zwana również niezwiązana stanowi główną część wody mięśniowej. Woda niezwiązana znajduje się w przestrzeniach w obrębie miofibryli między filamentami miozyny i aktyny, przestrzenie między miofibrylami a błoną komórkową oraz przestrzenie między wiązkami mięśniowych włókien. Woda wolna wypływa swobodnie z

mięsa w postaci wycieku, dopiero podczas rozwoju stężenia pośmiertnego oraz dojrzewanie mięśnia. Wynika to ze zmiany pH oraz struktury mięśnia (Włodawiec 2023).

Cząsteczki wody są unieruchomione w przestrzeniach kapilarnych mięśnia w wyniku działania siły przestrzennych i interakcji z cząsteczkami wody związanej. Siła przestrzenna, z jaką woda jest unieruchomiona, zależy m.in. od wielkości kapilarnych przestrzeni. Gdy jest większa ich średnica to mamy mocniejsze unieruchomienie wody (Borzuta 2023). Woda unieruchomiona stanowi największą część wody i stanowi to blisko 80%. Zlokalizowana jest w postaci pozornie wolnych cząsteczek w przestrzeniach kapilarnych we wnętrzu i między komórki mięśnia (Pośpiech 2011). Za unieruchomienie wody odpowiada ujemne ciśnienie hydrostatyczne w śródmięśniowej przestrzeni (Kończak 2007).

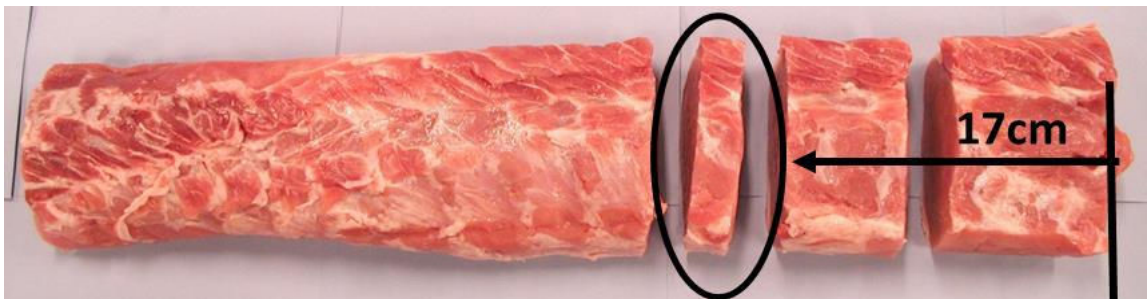
Zdolność zatrzymania wody (WHC, ang. *water-holding capacity*) to zdolność mięsa do zatrzymania wody, nawet jeśli wywieramy na niego nacisk wewnętrzny. WHC ma wpływ zarówno na cechy smakowitości, właściwości przetwórcze, jak i cechy ekonomiczne. (Huff-Lonergan, 2006). W niniejszym badaniu ocenę wycieku naturalnego badano z wycinka o grubości 20 mm przy 5 tylnym kręgu lędźwiowym. Wycinek ten pobierano z tuszy wiszącej.



Fot. 5. Autor Prof. Marhen Hviid

Metoda badania, jaką wykorzystano to EZ- *DripLoss*. Metoda ta nazywana grawimetryczną, została opracowana przez DMIR (*Danish Meat Research Institute*). Służy ona do oznaczania ubytku wody w mięsie wieprzowym, która wycieka z mięsa pod wpływem działania siły grawitacji bez dodatkowego nacisku. Metoda, ta nadaje się do ilościowego określania jakości mięsa (Otto G. 2004).

Etapy przeprowadzenia badania metodą *DripLoss* wykonana jest etapami. Pobieranie próbek mięsa wykonano poprzez wycięcie plastra w odległości ok. 17 cm od tylnej krawędzi biodra. Z każdego lewego LTL pobrano plaster do dalszych badań, następnie z każdego schabu, za pomocą formy tnącej wycięto okrągłe próbki o średnicy 25 mm w kierunku włókien mięśniowych (Fot.7. Autor Prof. Marhen Hviid).



Fot. 6. Autor Prof. Marhen Hviid

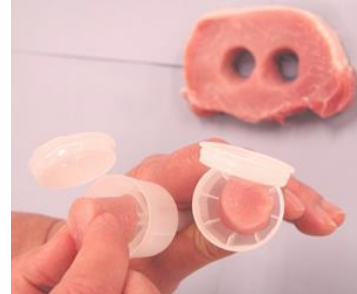


Fot. 7. Autor Prof. Marhen Hviid

Krokiem następnym było umieszczenie próby w pojemnikach EZ-DripLoss. Każda próbka została umieszczona w zbiorniczku pionowo - ustawiając włókna równoległe do osi pojemnika. Próbki opisano i upewniono się, że mięso nie przylega do pokryw pojemnika.



Fot. 8. Autor Prof. Marhen Hviid

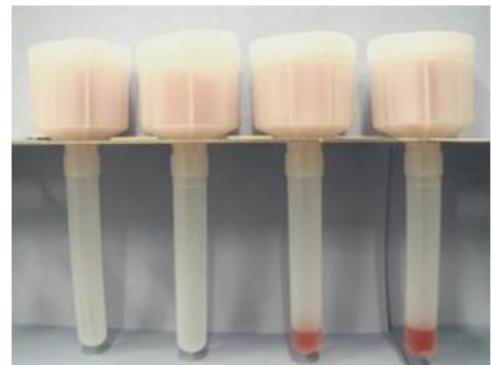


Fot. 9. Autor Prof. Marhen Hviid

Następnie zapisano masę pustego pojemnika oraz masę pojemnika z próbą (w celu dalszych obliczeń). Kontener z pojemnikami przechowywano przez okres 24h, w 4°C, po tym czasie zważono pusty pojemnik (z sokiem, bez próbek mięsa).



Fot. 10. Autor Prof. Marhen Hviid



Fot. 11. Autor Prof. Marhen Hviid

3.2.3 Kwasowość mięsa

Kwasowość (pH) jest wyznacznikiem jakości mięsa oraz kształtowania się parametrów właściwych zmian poubojowych. Od razu po uboju wartość pH mięsa wieprzowego wynosi około 6,8÷7,0. Szybkość obniżania pH głównie zależy od zdrowia zwierzęcia w chwili uboju. Spada szybciej, gdy zwierzę było niezestresowane, zdrowe. Z kolei, gdy zwierzę jest zmęczone, zestresowane bądź chore pH spada wolniej. Dzieje się tak za sprawą endogennych zmian w organizmie. Obniżenie pH w mięsie spowodowane jest między innymi w wyniku rozkładu

glikogenu, przez co powstaje kwas mlekowy oraz kwas fosforowy z adenozyntotrójfosforan-ATP (Jakubowski 2019). Zależy również od stopnia wykrwawienia, gatunku zwierzęcia, techniki wychładzającej mięsa w tuszach (Waldzik 2018). Z praktycznej strony wartość kwasowości mięsa wpływa na: wodochłonność, zdolność przerobową, trwałość przechowalnicza, barwę oraz smakowitość (Jerzy Wajdzik 2018).

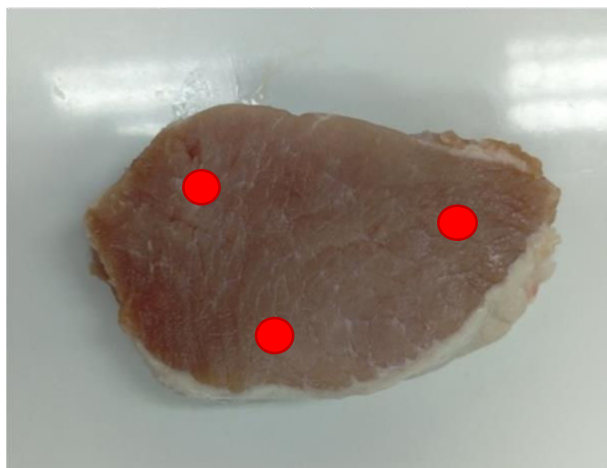
Najpopularniejsze dwa niepożądane zestawy cech, które mięso może nabrać to blade, miękkie, wysiękowe (PSE- *Pale, Soft, Exudative*) oraz ciemne, twarde, suche (DFD- *Dry, Firm, Dark*) (Cieślak 2022).

W niniejszych badaniach wykonano dwa pomiary pH badanego mięsa. Badano kwasowość po 45 minutach (pH45') oraz 48 godzin (pH48h) od chwili uboju. Instrument był kalibrowany co 10 pomiarów. W tym celu wykorzystano pH metr przenośny Mettler Toledo. Przenośny miernik ww. marki służy do pomiaru ujemnych logarytmów dziesiętnych aktywności jonów wodorowych, ale również stężenia jonów, potencjału redoks, tlenu rozpuszczonego (www.mtcom).



Fot.12. Autor Dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Bezpośredni pomiar pH polegał na wprowadzeniu ostro zakończonego końca elektrody kalomelowej do badanej próby mięsa. Po wcześniejszym ustaleniu stałych punktów pomiarowych, dokonano trzykrotnej analizy wartości pH. Miejsca te zaznaczono na poniższym zdjęciu (Fot. 14).

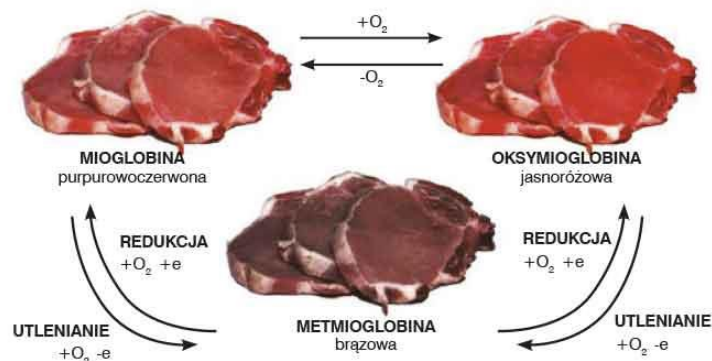


Fot. 13. Autor Dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

3.2.4. Barwa mięsa

Jest uważana za jedną z najważniejszych cech jakościowych w sensorycznej ocenie mięsa. W dużej mierze zależna jest od stężenia i chemicznej formy barwnika hemowego, jakim jest mioglobina. Mioglobina stanowi blisko 90% wszystkich barwników obecne w mięsie. Poziom mioglobiny w mięsie w zależności od pochodzenia kształtuje się na poziomie 1 mg/kg do 20 mg/kg. Hemoglobina również pewną pełni rolę w kształtowaniu barwy mięsa, stanowi 10-20% ogólnego udziału barwników hemowych w mięsie (J. Wajdzik 2018).

Mioglobina występuje w trzech formach: dezoksymioglobulina, oksymioglobulina, metmioglobulina. Wpływ na to ma wartość żelaza w świeżym mięsie oraz obecności ligandu połączonego z atomem żelaza hemu (Katarzyna Tkacz 2021).



Rysunek 1. Przemiany mioglobiny w mięsie, źródło: www.spozywczetechnologie.pl

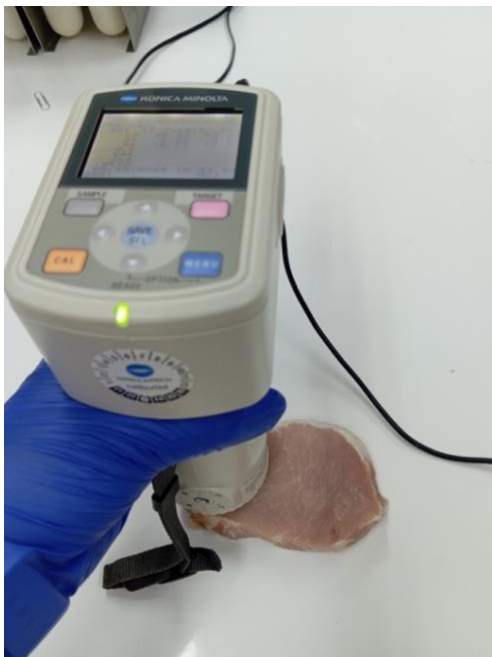
Parametry barwy mięsa są uzależnione od jego składu chemicznego, struktury (rozmiar przestrzeni międzykomórkowych, poziom denaturacji białek mięśniowych), a także od szybkości i zakresu spadku pH w trakcie dojrzewania. Te czynniki wpływają na zdolność tkanki mięśniowej do absorbowania światła i tlenu, co oddziałuje na postać mioglobiny i w konsekwencji decyduje o barwie mięsa (Monika Modzelewska-Kapituła 2021).

Barwę mięsa ocenia się głównie na dwa sposoby: wzrokowo (subiektywnie) lub za pomocą urządzeń pomiarowych, takich jak spektrofotometry i kolorymetry (obiektywnie) (Guzek i in., 2013). Sensoryczna ocena barwy zależy od cech wzroku i indywidualnych predyspozycji, co ogranicza jej precyzję. Dlatego do obiektywnej oceny barwy mięsa warto

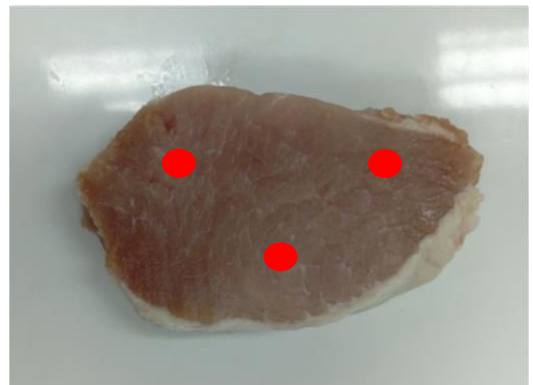
używać przyrządów pomiarowych. W porównaniu z oceną wzrokową metody instrumentalne są szybsze i niezawodne pod względem powtarzalności wyników (Z. Woźniak 2013).

Do badania percepcji kolorów służy model CIE $L^*a^*b^*$, opracowany przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową w 1978 roku. Opisuje barwę za pomocą trzech parametrów: L^* odpowiada za jasność, a^* i b^* wskazują na odcienie. Dodatnie a^* oznacza czerwień, ujemne – zieleń. Z kolei dodatnie b^* wskazuje żółć, a ujemne – niebieski (Jarosław Molenda 2012).

W badaniu barwy mięsa wykorzystano spektrofotometr marki Konica Minolta (Fot.15). Podobnie, jak w przypadku pomiaru kwasowości mięsa, wykonano 3 pomiary w stałych ustalonych wcześniej punktach pomiarowych. Miejsca wykonania pomiarów przedstawiono poniżej (fot. 16).



Fot.14. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza



Fot.15. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

3.2.5. Pomiar tekstury mięsa

W przypadku mięsa tekstura uwarunkowana jest kilkoma czynnikami m.in. jakością oraz udziałem tkanki łącznej, strukturą włókien mięśniowych, zawartością tłuszczu (Surmacka-Szcześniak, 2002). Wpływ na teksturę ma także procesy enzymatyczne podczas dojrzewania mięsa. (Augustyńska-Prejsnar A. 2014). Teksturę mięsa badać można metodami instrumentalnymi i sensorycznymi. Metody sensoryczne są mniej wiarygodne i są zależne od m.in. czynników psychologicznych, reakcje zmysłowe człowieka. Metody instrumentalne są mniej pracochłonne oraz bardziej powtarzalne.

Pomiar instrumentalny tekstury powinien być uzupełnieniem oceny sensorycznej, która jako jedyna uwzględnia odczucia konsumenta podczas spożywania produktu (Grunert i in., 2004; Surmacka-Szcześniak, 2002). W analizie instrumentalnej kruchości mięsa najpopularniejsze są dwie metody; *Slice Shear Force* (SSF) oraz Warner-Bratzler (WB). W analizowaniu tekstury mięsa wieprzowego pochodzącego do rasy Puławskiej wykorzystano test SSF. Polega on na jednorazowym cięciu większej próbki mięsa bez konieczności jej chłodzenia (S. D. Shackelford 2016).

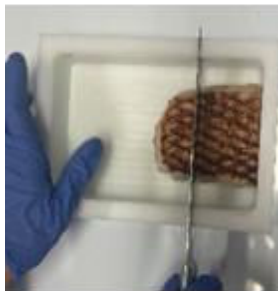
W przeciwieństwie do testu WB, szybki test siły ścinającej (SSF) wymaga tylko jednego pomiaru na próbce mięsa o wymiarach 50 mm na 10 mm. Próbka ta powinna być wycięta prostopadle do włókien mięśniowych, bezpośrednio po grillowaniu. Dlatego też nowa metoda jest bardziej wydajna, ponieważ pomiar można wykonać bez chłodzenia mięsa i wymagany jest tylko jeden pomiar zamiast kilku. Wyniki są również bardziej obiektywnie i wiarygodnie odzwierciedlają kruchości mięsa. SSF jest także bardziej powtarzalny niż test WB. Ponadto wyniki testu kruchości w tym badaniu są również nieznacznie lepsze niż te uzyskane w teście WB. Dodatkowo metoda ta często lepiej koreluje z odczuciami konsumentów.

W niniejszej pracy plaster schabu o grubości 1cm i długości 5 cm zgrillowano w temperaturze 180°C (grill otwarty), kontrolując temperaturę mięsa (74°C).



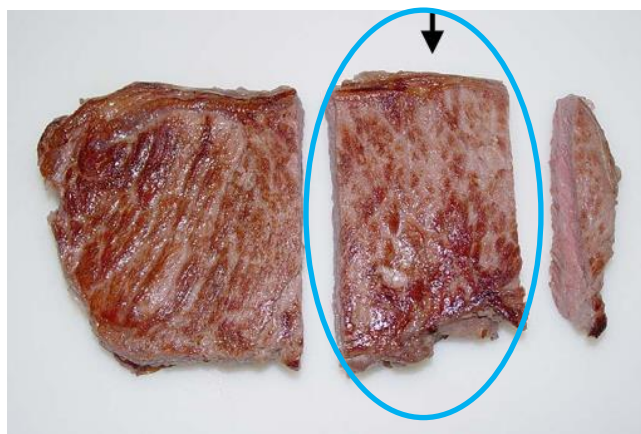
Fot. 16. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Po grillowaniu pobierano próbę równoległe do włókien mięśniowych (długość włókna 5 cm) za pomocą przeznaczonych do tego formy oraz noża (fot 17). Cięcie należy wykonać na całej szerokości mięśnia najdłuższego w punkcie oddalonym o około 2 cm od bocznego koca mięśnia (T.L Wheeler 2005).



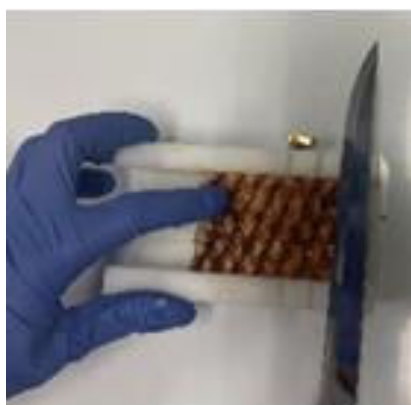
Fot. 17. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Początkowo, plaster schabu został przecięty w poprzek szerokości mięśnia. Następnie przecinaliśmy schab równoległe do pierwszego cięcia w odległości 5,0 cm od pierwszego.



Fot. 18. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Wcześniej wyodrębnioną próbkę (Fot 18.) przecięliśmy pod kątem 45°, do długiej osi schabu i równoległe do włókien mięśniowych, aby uzyskać próbkę z równoległymi włóknami o wymiarach 5 cm x 1 cm (długość x wysokość).



Fot. 19. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

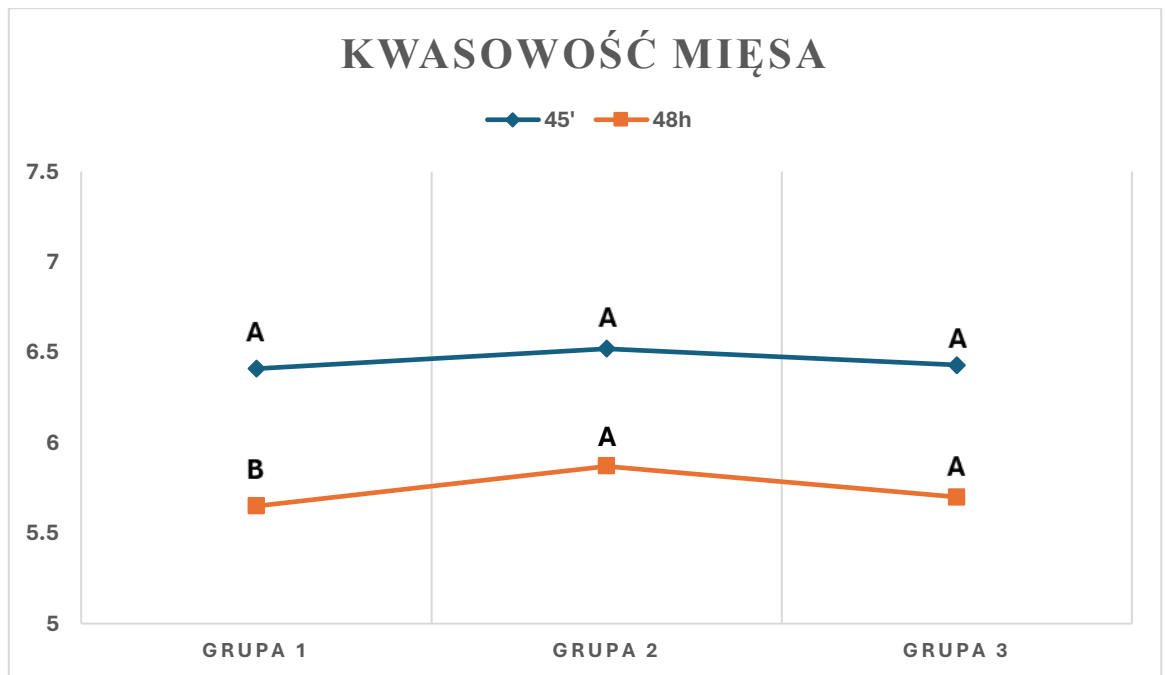


Fot. 20. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Następnie tak przygotowany plaster należy przeprowadzić cięcie za pomocą elektronicznej maszyny wykonującej test. Urządzenie wyposażone jest w płaskie, tępo zakończone ostrze.

4. Wyniki i wnioski

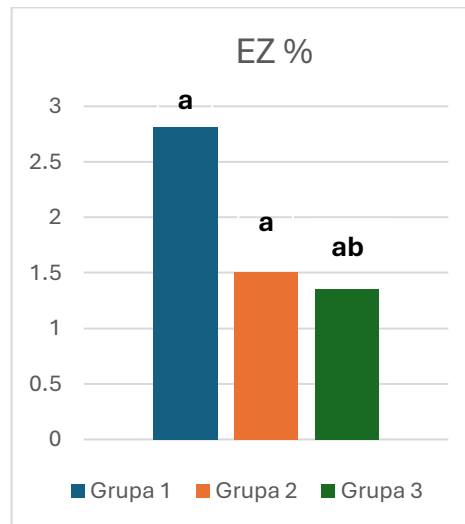
Wartości pH mięsa przedstawiono na wykresie 1. Zgodnie z wynikami badania, kwasowość mięsa stabilizowała się 24 godziny po uboju, osiągając zakres 5,70–5,87. W grupach o większej powierzchni kojca (1,5 m²/szt. oraz 2 m²/szt.) zaobserwowano korzystniejszą stabilizację pH w porównaniu z grupą kontrolną (1 m²/szt.). Wyniki te wskazują, że lepsze warunki bytowe mogą ograniczać poziom stresu przedubojowego, co korzystnie wpływa na końcowe parametry mięsa.



Wykres 1. kwasowość mięsa po 45 minutach oraz po 48 godzinach.

Średnie A, B są wysoce istotne statystycznie przy $p < 0,01$; a, b są istotne statystycznie przy $p < 0,05$

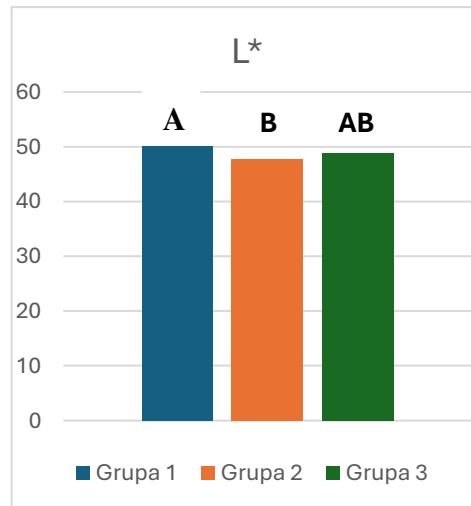
Parametr zdolności zatrzymywania wody (WHC) mięsa przedstawiono na wykresie 2. Statystycznie istotny wyciek soku mięśniowego ($p < 0,05$) zaobserwowano w grupie kontrolnej (1 m²/szt.), podczas gdy grupy 2 i 3 charakteryzowały się mniejszym wyciekaniem, co świadczy o lepszej jakości mięsa.



Wykres 2. Wyciek soku mięśniowego (EZ%)

Średnie A, B są wysoce istotne statystycznie przy $p < 0,01$; a, b są istotne statystycznie przy $p < 0,05$

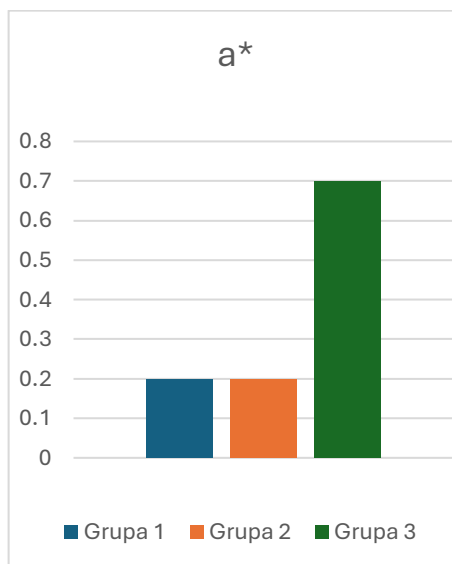
Jasność mięsa (parametr L^*), przedstawiona na wykresie 3, była najwyższa w grupie kontrolnej (1 m²/szt.) i wynosiła $L^* = 50,8$. Najniższą jasność mięsa zarejestrowano w grupie 2 (1,5 m²/szt.), gdzie $L^* = 47,7$. Mięso pochodzące od zwierząt z mniejszą przestrzenią kojca charakteryzowało się jaśniejszą barwą, natomiast większe kojce sprzyjały pozyskaniu mięsa o ciemniejszej, bardziej pożądanej przez konsumentów barwie.



Wykres 3. Jasność mięsa (L^*)

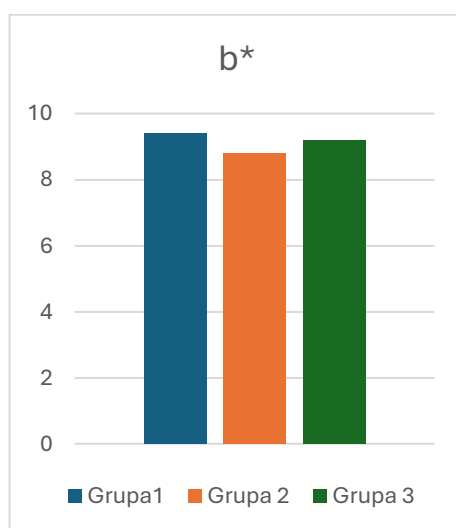
Średnie A, B są wysoce istotne statystycznie przy $p < 0,01$; a, b są istotne statystycznie przy $p < 0,05$

Parametry zaczerwienienia (a^*) oraz zażółcenia (b^*) przedstawiono na wykresach 4 i 5. Wartości a^* (intensywność czerwieni) były najwyższe w grupie 3 (2 m²/szt.) i wynosiły 0,7, podczas gdy w grupach 1 i 2 wartości wynosiły odpowiednio 0,3 i 0,2.



Wykres 4. Natężenie kolorów a^*

Z kolei wyniki z wartość b^* parametru zażółcenia przedstawiono na wykresie 5. W grupie 1 oraz 3 wyniki są podobne i wynoszą one następująco $b^*=9,4$ oraz $b^*=9,2$. W niniejszym badaniu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami. Natomiast w grupie 2 jest parametr zażółcenia mięsa był najniższy i wynosił $b^*=8,8$. Co świadczy o mniejszym natężeniu odcienia żółci w tej grupie zwierząt.

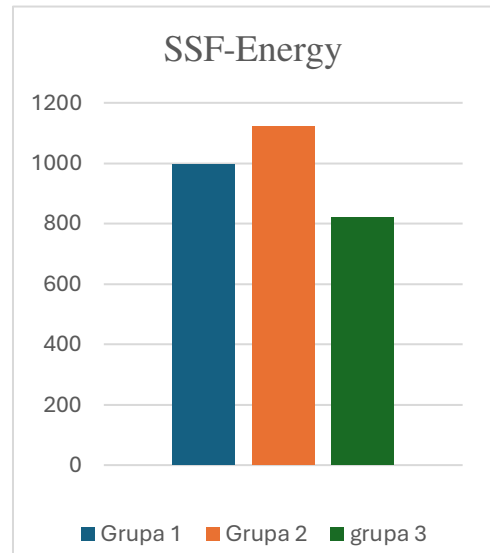


Wykres 5. Natężenie kolorów b^*

Analiza kruchości mięsa, przeprowadzona metodą SSF (Slice Shear Force), wykazała największą kruchość w grupie 3 (8,4 N). Grupy 1 i 2 nie różniły się istotnie pod względem wartości tego parametru. Dodatkowo, analiza energii cięcia (SSF-Energy) wskazała, że mięso z grupy 3 wymagało najmniejszej ilości energii do przecięcia (819,6 N*mm), co również potwierdza jego większą kruchość. Najwyższą wartość SSF-Energy odnotowano w grupie 2 (1122,8 N*mm).



Wykres 7. SSF (N)



Wykres 6. Ilość energii potrzebny do przecięcia próbki (siła oraz droga przecięcia)

5. Dyskusja

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują istotny wpływ powierzchni kojca na parametry fizykochemiczne mięsa pochodzącego od świń rasy puławskiej. Analiza takich wskaźników, jak zdolność zatrzymywania wody (WHC), kwasowość mięsa (pH) oraz barwa mięsa, pozwala na wyciągnięcie wniosków dotyczących zarówno dobrostanu zwierząt, jak i jakości końcowego produktu. Korelacja pomiędzy tymi parametrami może mieć kluczowe znaczenie dla poprawy efektywności hodowli oraz zdolności przerobowej mięsa.

Wartość pH mięsa jest jednym z kluczowych wskaźników jakości surowca. W niniejszym badaniu stwierdzono, że zwierzęta utrzymywane w większych kojcach (1,5 m²/szt. oraz 2 m²/szt.) wykazywały stabilniejsze pH po 48 godzinach od uboju w porównaniu do grupy pierwszej (1 m²/szt.). Wyniki te sugerują, że większa przestrzeń kojca, a tym samym lepsze warunki bytowe, mogą przyczyniać się do obniżenia poziomu stresu u zwierząt, co jest zgodne z wynikami badań przeprowadzonych przez Kołacza (1999), w których podkreślono istotny wpływ stresu przedubojowego na spadek jakości mięsa. Liorancas i współautorzy (2006) zbadali, że przydział przestrzeni znacząco wpłynął na zachowania świń. Zwierzęta utrzymywane w zagęszczeniu 0,5m²/zwierzę częściej wykazywały zachowania walki, gryzienia, w porównaniu ze świniami utrzymywanych w zagęszczeniu 1,2m²/zwierzę. Takie zachowania powodują stres i dyskomfort zwierzęcia a to ma wpływ na zakwaszenie mięsa. Zybert (2021) analizując badania Gentryego i in. (2002) oraz Klonta i in. (2001) stwierdził, że świnie hodowane na słomie w powiększonej przestrzeni miały pH₄₅ = 5,8. Jest to korzystny wynik pod względem początkowego pH mięsa. W swoich badaniach zaobserwowali także większe utraty wody oraz jaśniejszą barwę mięsa (L*) w porównaniu z zwierzętami utrzymywanych w warunkach standardowych. Ma to wpływ na jego jakość szczególnie pod względem soczystości i kruchości. Wynika to z zmniejszenia stresu u zwierząt. Zbyt niskie lub zbyt wysokie pH może powodować powstanie mięsa typu PSE lub DFD, a to znacznie obniża jego wartość (Huff-Lonergan 2002).

W przeprowadzonym badaniu analizowano zdolność mięsa do zatrzymywania wody (WHC) u świń rasy puławskiej w zależności od powierzchni kojca. Wyniki wskazały, że mięso pochodzące od zwierząt utrzymywanych w większych kojcach (1,5 m²/szt. oraz 2 m²/szt.) charakteryzowało się wyższą wartością WHC, co oznaczało mniejszy wyciek soku mięśniowego podczas obróbki technologicznej. Natomiast w grupie kontrolnej (1 m²/szt.)

zaobserwowano istotnie wyższy wyciek soku, co wskazuje na niższą zdolność zatrzymywania wody. Te obserwacje są spójne z wynikami opisanymi w literaturze, szczególnie z badaniami Falkowskiego (2013) oraz Huff-Lonergan i Lonergan (2010). Falkowski zaobserwował, że zwiększenie powierzchni bytowej dla zwierząt prowadzi do poprawy WHC mięsa, co jest wynikiem ograniczenia stresu i zapewnienia lepszych warunków środowiskowych. Podobne zależności zaobserwowano w niniejszym badaniu – większa przestrzeń bytowa (grupy 2 i 3) skutkowała znacznym ograniczeniem strat soku mięśniowego, co wskazuje na wyższą retencję wody w tkance mięśniowej. Wyniki te potwierdzają hipotezę, że lepsze warunki utrzymania zwierząt przekładają się na wyższą jakość mięsa.

Interesujące jest także porównanie wyników dotyczących systemów utrzymania. Falkowski wskazał, że system bezściółkowy z dostępem do wybiegów o średniej wielkości zapewniał najwyższe WHC. W omawianym badaniu wszystkie zwierzęta były utrzymywane w systemie ściółkowym, co samo w sobie sprzyja poprawie dobrostanu i wynikających z niego parametrów jakości mięsa. Wyniki wskazują, że powierzchnia kojca w systemie ściółkowym może być równie istotnym czynnikiem poprawiającym zdolność zatrzymywania wody, jak warunki wybiegowe opisane przez Falkowskiego.

Huff-Lonergan i Lonergan wykazali, że stres u zwierząt przed ubojem wpływa na obniżenie pH mięsa oraz uszkodzenie białek miofibrylarnych, co prowadzi do obniżenia WHC. W niniejszym badaniu podobną zależność zaobserwowano w grupie kontrolnej (1 m²/szt.), w której zwierzęta miały ograniczoną przestrzeń, co mogło przyczynić się do większego poziomu stresu i obniżenia zdolności mięsa do zatrzymywania wody. Grupy 2 i 3 (1,5 m²/szt. oraz 2 m²/szt.) charakteryzowały się wyższą retencją wody, co można tłumaczyć bardziej komfortowymi warunkami bytowymi i wynikającym z tego niższym poziomem stresu. Wyniki te są zgodne z hipotezami literaturowymi, które wskazują na kluczową rolę stresu przedubojowego w kształtowaniu jakości mięsa.

W obu przypadkach, zarówno w wynikach własnych, jak i w literaturze, wyższe WHC w mięsie zwierząt utrzymywanych w większych kojcach wynika z kilku kluczowych mechanizmów. Niższy poziom stresu u zwierząt w większych kojcach wpływa na bardziej stabilny spadek pH mięsa po uboju, co sprzyja zachowaniu białek miofibrylarnych w ich naturalnej strukturze, a tym samym poprawia retencję wody. Większa powierzchnia kojca

pozwała na większą aktywność ruchową zwierząt, co wspomaga prawidłowy rozwój mięśni i zapobiega ich uszkodzeniom, które mogłyby negatywnie wpływać na WHC. Większy komfort bytowy zmniejsza napięcie mięśniowe wynikające z agresji w ciasnych kojcach, co przekłada się na mniejszą degradację białek odpowiedzialnych za zatrzymywanie wody w tkance mięśniowej.

Wyniki własne są zgodne z literaturą w zakresie stwierdzenia, że większa powierzchnia kojca sprzyja wyższemu WHC. Istotną różnicą jest jednak system utrzymania – w badaniu Falkowskiego oceniano system bezściółkowy z wybiegami, natomiast w niniejszym badaniu zastosowano system ściółkowy. Pomimo tej różnicy, efekt zwiększenia powierzchni kojca na poprawę retencji wody pozostał wyraźny w obu przypadkach, co wskazuje na uniwersalność tej zależności.

Barwa mięsa stanowi jeden z kluczowych parametrów sensorycznych ocenianych przez konsumentów i jest istotnym wskaźnikiem jego jakości. W przeprowadzonym badaniu stwierdzono, że jasność mięsa, wyrażona jako parametr L^* w systemie CIE Lab^* , była najwyższa w grupie kontrolnej (1 m²/szt.) i wynosiła $L^* = 50,8$, co wskazuje na jaśniejszą barwę mięsa. Najniższe wartości L^* odnotowano w grupie o powierzchni 1,5 m²/szt. ($L^* = 47,7$). Wyniki te sugerują, że większa przestrzeń bytowa może przyczyniać się do uzyskania mięsa o ciemniejszej barwie, co jest często preferowane przez konsumentów ze względu na postrzeganą wyższą jakość produktu.

Barwa mięsa jest ściśle związana z zawartością i formą mioglobiny, głównego barwnika hemowego obecnego w mięsie, oraz z wartością pH. Stabilne pH mięsa, utrzymywane na poziomie około 5,8–6,0, wspiera odpowiednie właściwości fizykochemiczne mioglobiny, co pozwala na zachowanie ciemnoczerwonej barwy mięsa, atrakcyjnej dla konsumentów. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi badaniami Modzelewskiej-Kapituły (2021), która wykazała, że zarówno stabilne pH, jak i odpowiednia koncentracja barwników hemowych, takich jak mioglobina, są kluczowe dla utrzymania intensywnej, ciemnoczerwonej barwy mięsa.

Dodatkowo, wyniki innych badań (Molenda, 2012) wskazują, że barwa mięsa zależy także od stopnia denaturacji białek mięśniowych oraz zmian strukturalnych zachodzących w mięśniach podczas dojrzewania. W omawianym badaniu niższa jasność mięsa w grupach o większej przestrzeni bytowej może być związana z ograniczeniem stresu przedubojowego, co sprzyja stabilizacji pH oraz właściwemu wiązaniu tlenu przez mioglobinę.

Kruchość mięsa jest jednym z kluczowych parametrów decydujących o akceptowalności produktu przez konsumentów. W niniejszym badaniu analizowano kruchość mięsa świń rasy puławskiej przy użyciu testu SSF (Slice Shear Force), który charakteryzuje się większą precyzją i prostotą w porównaniu z tradycyjnym testem siły ścinającej WB (Warner-Bratzler) (Wheeler et al., 2005).

Wyniki badania wskazują, że mięso z grupy 3 (o największej powierzchni kojca, tj. 2 m²/zwierzę) cechowało się najwyższą kruchością, co potwierdzają najniższe wartości siły cięcia. Wartości SSF w tej grupie były istotnie niższe w porównaniu do pozostałych grup, co oznacza łatwiejsze przecięcie mięsa i bardziej pożądane właściwości teksturalne.

Zależność pomiędzy zawartością tłuszczu śródmięśniowego (IMF) a wartością SSF została również potwierdzona w literaturze. Shackelford i współautorzy (2011) wykazali, że większa zawartość IMF jest negatywnie skorelowana z wartością SSF ($P < 0,001$), co oznacza, że im więcej tłuszczu śródmięśniowego, tym większa kruchość mięsa i niższa wartość siły ścinającej. Wyniki niniejszego badania sugerują, że zwierzęta z grupy 3, dzięki większej przestrzeni kojca, mogły wykazywać wyższy poziom IMF, co wpłynęło na poprawę ich jakości mięsa.

Dodatkowo, wyniki Brayana i współautorów (2021) wskazują, że pH mięsa istotnie wpływa zarówno na barwę, jak i na kruchość. Wyższe pH wiąże się z większym zatrzymaniem wody, co z kolei przekłada się na większą soczystość i miękkość mięsa. Korelacja ta została zaobserwowana również w opisywanym badaniu, gdzie mięso z grup o większej powierzchni kojca charakteryzowało się korzystniejszymi parametrami pH oraz zdolnością zatrzymywania wody, co finalnie poprawiło jego teksturę.

Warto również wspomnieć o badaniach Bailey'a i współautorów (2021), którzy porównywali jakość mięsa przy użyciu różnych metod obróbki cieplnej – sous-vide oraz grillowania. Wykazali oni, że metoda sous-vide pozwala na precyzyjne kontrolowanie temperatury, minimalizując denaturację białek, co przekłada się na większą kruchość mięsa. Natomiast wyższe temperatury stosowane podczas grillowania zwiększały utratę soku mięśniowego, co skutkowało bardziej twardą teksturą mięsa. Wyniki te podkreślają, jak ważny jest nie tylko sam proces hodowli, ale także metoda przygotowania mięsa w końcowej fazie obróbki.

W przeprowadzonych badaniach własnych zaobserwowano, że większa przestrzeń kojca (1,5 m²/szt. i 2 m²/szt.) oraz zastosowanie elementów manipulacyjnych, takich jak piłki i liny, pozytywnie wpływają na dobrostan świń rasy puławskiej oraz jakość pozyskanego mięsa. Wyniki te są zgodne z wynikami przedstawionymi w literaturze, które wskazują, że wzbogacenie środowiska bytowego i powiększenie kojców wpływają nie tylko na zachowania behawioralne świń, ale również na parametry fizykochemiczne mięsa.

Badania Studnitz (2007) wykazały, że wzbogacenie środowiska elementami manipulacyjnymi, takimi jak piłki czy liny, znacząco poprawia dobrostan świń, ograniczając stres oraz sprzyjając naturalnym zachowaniom eksploracyjnym. W badaniach własnych również zastosowano elementy manipulacyjne we wszystkich grupach, co mogło przyczynić się do pozytywnego wpływu na jakość mięsa. Zwierzęta miały możliwość realizacji swoich naturalnych zachowań, co mogło obniżyć poziom stresu i poprawić ich ogólny dobrostan. Zgodnie z wynikami Studnitz, ograniczenie stresu przekłada się na korzystniejsze parametry mięsa, w tym lepszą zdolność zatrzymywania wody (WHC) oraz stabilne pH. W badaniach własnych potwierdzono tę zależność – grupy zwierząt z większymi kojcami (1,5 m²/szt. i 2 m²/szt.) wykazały lepsze właściwości fizykochemiczne mięsa, takie jak wyższe WHC, niższy wyciek soku mięśniowego oraz bardziej stabilne pH.

Lykhach (2020) wskazał, że dodanie zabawek do środowiska bytowego świń zwiększa poziom serotoniny, co pozytywnie wpływa na ich zachowanie eksploracyjne oraz wzrost masy ciała. W badaniach własnych zastosowanie piłek i lin mogło również ograniczyć agresywne zachowania zwierząt, które często występują w ciasnych i ubogich środowiskowo kojcach. Niższy poziom stresu u zwierząt w grupach z większą powierzchnią (1,5 m²/szt. i 2 m²/szt.) mógł być dodatkowo wspierany przez te elementy manipulacyjne. Lepsze wyniki behawioralne zaobserwowane w omawianym badaniu – mniejsze napięcie społeczne i rzadsze zachowania agresywne – są zgodne z obserwacjami Lykhacha. Co więcej, ograniczenie stresu wpłynęło na poprawę jakości mięsa, co przejawiało się m.in. w wyższej kruchości mięsa w grupach z większymi kojcami.

Wyniki Yongzhena (2021) wskazują, że materiały manipulacyjne znacząco poprawiają przyrosty masy ciała oraz zmniejszają negatywne zachowania społeczne w ograniczonych przestrzeniach. W badaniach własnych zwierzęta utrzymywane w większych kojcach z dostępem do piłek i lin miały nie tylko lepsze wyniki jakościowe mięsa, ale również niższy poziom stresu, co mogło sprzyjać efektywniejszemu wzrostowi. Choć w niniejszych badaniach

nie analizowano przyrostów masy ciała, zaobserwowano, że większe kojce i elementy manipulacyjne wpłynęły na poprawę parametrów fizykochemicznych mięsa, takich jak zdolność zatrzymywania wody, stabilność pH i kruchość mięsa, co może być bezpośrednio związane z lepszym dobrostanem zwierząt.

Barnett (1992) wskazał, że powiększenie wielkości kojców poprawia wyniki produkcyjne oraz jakość mięsa, a także wpływa na zmniejszenie zachowań agresywnych u świń. Wyniki te są zgodne z przeprowadzonymi badaniami własnymi, w których zwierzęta utrzymywane w większych kojcach (1,5 m²/szt. i 2 m²/szt.) wykazywały lepsze właściwości mięsa oraz poprawę dobrostanu. Mięso pochodzące od świń z większych kojców charakteryzowało się wyższą kruchością, lepszym WHC oraz ciemniejszą barwą, co jest preferowane przez konsumentów. Zwiększenie powierzchni kojców pozwoliło również na ograniczenie stresu i poprawę zachowań behawioralnych, co zgadza się z wynikami Barnetta.

6. Podsumowanie

W niniejszej pracy inżynierskiej analizowano wpływ wielkości kojców na wybrane parametry jakości fizykochemicznej mięsa świń rodzimej rasy puławskiej. Badania przeprowadzono na 42 tucznikach podzielonych na trzy grupy różniące się powierzchnią przypadającą na jedno zwierzę: 1 m² (grupa kontrolna), 1,5 m² oraz 2 m² (grupy badawcze). Wszystkie zwierzęta utrzymywano w systemie ściółkowym, a w kojcach zastosowano elementy manipulacyjne, takie jak piłki i liny, mające na celu poprawę dobrostanu zwierząt. Głównym celem pracy było określenie zależności pomiędzy powierzchnią kojców a parametrami fizykochemicznymi mięsa, takimi jak zdolność zatrzymywania wody (WHC), kwasowość (pH), barwa oraz tekstura mięsa.

Przeprowadzone badania wskazują, że zarówno powierzchnia kojca, jak i zastosowanie elementów manipulacyjnych mają istotny wpływ na jakość fizykochemiczną mięsa oraz dobrostan świń. Większa przestrzeń bytowa pozwala zwierzętom na swobodniejsze realizowanie naturalnych zachowań, co ogranicza poziom stresu i wpływa na lepsze parametry mięsa, takie jak zdolność zatrzymywania wody, stabilność pH, kruchość oraz barwa.

Zwiększenie powierzchni kojca oraz wzbogacenie środowiska o elementy manipulacyjne może znacząco poprawić warunki bytowe świń, co jest zgodne z wymogami dobrostanu zwierząt i oczekiwaniami konsumentów.

Zastosowanie optymalnych warunków utrzymania świń przekłada się na uzyskanie mięsa o lepszych parametrach fizykochemicznych, co może zwiększyć jego atrakcyjność na rynku oraz opłacalność produkcji.

Praca ta jest częścią szerszego projektu mEATquality realizowanego w ramach programu „Horyzont 2020”. Dalsze badania mogą uwzględniać wpływ dodatkowych czynników, takich jak żywienie, warunki środowiskowe oraz różne genotypy świń, co pozwoli

na pełniejsze zrozumienie zależności między dobrostanem zwierząt a jakością mięsa. Wyniki takich badań mogą mieć istotne znaczenie dla przemysłu mięsnego i rolniczego.

7. Wnioski

1. Powiększone kojce (grupa 2 i 3) pozwalają zwierzętom na swobodniejsze zachowania naturalne, zmniejszają poziom stresu.
2. Mięso od zwierząt utrzymywane w 2 i 3 grupie wykazywały mniejsze powinowactwo do wycieku soku mięśniowego.
3. Jasność mięsa (parametr L*) była najwyższa w grupie kontrolnej (1 m²), co sugeruje jaśniejszą barwę mięsa, mniej pożądaną przez konsumentów. W grupach 1,5 m² i 2 m² mięso charakteryzowało się ciemniejszą, bardziej atrakcyjną barwą. Wyniki wskazują, że stabilne pH i lepsze warunki bytowe wpływają na odpowiednią koncentrację mioglobiny, kluczowego barwnika mięsa.
4. Mięso z grupy 3 (2 m²/zwierzę) charakteryzowało się największą kruchością, co potwierdzono najniższymi wartościami siły cięcia w teście SSF (Slice Shear Force). Wyniki te wskazują, że większa przestrzeń bytowa sprzyja poprawie jakości tekstury mięsa, prawdopodobnie dzięki wyższemu poziomowi tłuszczu śródmięśniowego (IMF) oraz ograniczeniu stresu.
5. Wielkość kojca w grupie 2 istotnie wpływa na stabilizację pH końcowego na prawidłowym poziomie (5,8).

8. Bibliografia

1. A. Wójcik., D. Bugacka., W. Kozera „Podstawowe zagadnienia w zakresie chowu i hodowli trzody chlewnej- aktualne problemy i nowe wyzwania” 2020121-122
2. A. Wójcik., D. Bugacka., W. Kozera „Podstawowe zagadnienia w zakresie chowu i hodowli trzody chlewnej- aktualne problemy i nowe wyzwania” 121-122)
3. A. Wójcik., D. Bugacka., W. Kozera „Podstawowe zagadnienia w zakresie chowu i hodowli trzody chlewnej- aktualne problemy i nowe wyzwania” 121-122.
4. Alexandrowicz S., Czubak J., Ratajczak M. (1954). Use of hybrids of native pigs with large white's pigs to produce breed groups with meat and meat-bacon utility (in Polish). *Rocz. Nauk. Rol.*, 68B: 369–395.
5. Andrzej Zybert „, The effect of straw-based housing on selected quality attributes of pork – a meta-analysis” 5-10.
6. Anna Litwinow (2020) Ekologiczny chów zwierząt w świetle nowych przepisów prawnych. Centrum doradztwa rolniczego w Brwinowie oddział w Radomiu.
7. Bailey, J. R., & Dilger, A. C. (2021). Sous-vide versus grilling: Impact on pork tenderness, juiciness, and consumer preferences. *Meat Science*, 173, 108364.
8. Barnett, J. Hemsworth, P., Cronin, G., Newman, E., McCallum, T., & Chilton, D. (1992). Effects of pen size, partial stalls, and method of feeding on welfare-related behavioral and physiological responses of group-housed pigs. *Applied Animal Behavior Science*, 34, 207-220
9. Barnett, J. L., Hemsworth, P. H., & Cronin, G. M. (1992). Effects of pen size, partial stalls, and method of feeding on welfare-related behavioral and physiological responses of group-housed pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 34(3-4), 207-220.
10. Barnett, J., Hemsworth, P., Cronin, G., Newman, E., McCallum, T., & Chilton, D. (1992). Effects of pen size, partial stalls, and method of feeding on welfare-related behavioral and physiological responses of group-housed pigs. *Applied Animal Behavior Science*, 34, 207-220.

11. Biesiada-Drzazga, B., Kowalski, Z. (red.). Chów trzody chlewnej: systemy utrzymania i żywienia. Wydawnictwo UP we Wrocławiu, 2018
12. Biesiada-Drzazga, B., Kowalski, Z. (red.). Chów trzody chlewnej: systemy utrzymania i żywienia. Wydawnictwo UP we Wrocławiu, 2018).
13. Bryan, E. E., Shirey, D. C., Redifer, J. D., Harsh, B. N., & Dilger, A. C. (2021). Endpoint temperature and tenderness variability in pork and beef cooked using sous-vide style immersion heaters and grills. *Meat Science*, 176, 108451.
14. Dariusz Lisiak, Tadeusz Blicharski, Bolesław Smoliński, Wiesław Przybylski, E. Poławska, „Wieprzowina mięsem bezpiecznym dla konsumentów” 2018.
15. E. Krzęcio-Nieczporczuk i in „Związek wycieku naturalnego z właściwościami fizykochemicznymi mięśnia longissimus lumborum tuczników” *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, t. 10 (2014), nr 4, 141-149.
16. Elżbieta Szymańska „Produkcja żywca wieprzowego w zrównoważonym rozwoju rolnictwa” 2012 89-103.
17. Erin E. Bryan, Danielle C. Shirey, Jack D. Redifer, Bailey N. Harsh, and Anna C. Dilger „Endpoint Temperature and Tenderness Variability in Pork and Beef Cooked Using Sous-Vide Style Immersion Heaters and Grills” 2021.
18. Falkowski, J. (2013). Wpływ warunków chowu tuczników na jakość mięsa i profil kwasów tłuszczowych w mięśniu najdłuższym grzbietu. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 40(2), 23-29.
19. Faustman, C., & Cassens, R. G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217-243.
20. G. Otto et al. *Meat Science*, 68 (2004) 401-409. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs.
21. G. Otto et al. *Meat Science*, 68 (2004) 401-409. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs.
22. Gentry J.G., McGlone J.J., Blanton J.R., Miller M.F. (2002). Alternative housing systems for pigs: influences on growth, composition, and pork quality. *Journal of Animal Science*, 80: 1781-1790.
<https://doi.org/10.2527/2002.8071781x>

23. Guzek D., Głębska D., Wierzbička A. Guidelines for application of the constant on-line measurements in the beef industrial production – using computer image analysis and other modern techniques of measurement. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2013, 58(2), 47-51
Woźniak Z. Wykorzystanie pomiaru spektrofotometrycznego w pracach laboratorium technologizing. *Biuletyn Newsletter, Materiały ceramiczne*, 2013, 65, 1, 121-125.
24. Huff-Lonergan Elisabeth, 2010, Water-holding capacity of fresh meat, National Board meat pork.
25. Huff-Lonergan Elisabeth, 2010, Water-holding capacity of fresh meat, National Board meat pork.
26. Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2010). Water-holding capacity of fresh meat. *Meat Science*, 86(1), 75-80.
27. J. Krawczyk, K. Nowaicka, E. Górska, D. Jaworska, „Ocena pH końcowego na jakość sensoryczną” 2014 69 nr1 21-32.
28. Jankowiak, H., Cebulka, A. i Bocian, M. (2021). Związek między zakwaszeniem (pH) a cechami jakości mięsa świń rasy polskiej. *Europejskie badania i technologia żywności*, 247, 2813 - 2820.
29. Janusz Falkowski i.in „wpływ warunków chowu tuczników na jakość mięsa i profil kwasów tłuszczowych w mięśniu najdłuższym grzbietu” 42-45.
30. Jerzy Władzik “Charakterystyka mięsa dobrej jakości” 2018 Ogólnopolski Informator Masarski informatormasarski.pl.
31. K. Szulc i E. Skrzypczak R. LIII (2015), 1: 48–57.
32. K. Szulc, S. Nowaczewski, E. Skrzypczak, M. Babicz „Quality and processability of meat in Polish native pigs – a review” *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 24, No. 4 (2024) 1114-1117.
33. Kapelański, W., Bocian, M., & Kołodziej-Skalska, A. "Wpływ krzyżowania międzyrasowego na cechy reprodukcyjne świń rasy Żłotnicka Biała i Puławska." *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 2018, t. 14, nr 1, s. 75–82
34. Kapelański, W., Bocian, M., & Kołodziej-Skalska, A. "Wpływ krzyżowania międzyrasowego na cechy reprodukcyjne świń rasy Żłotnicka Biała i

- Puławska." *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 2018, t. 14, nr 1, s. 75–82.
35. Karolina Szulc, Ewa Skrzypczak "Effect of slaughter weight and sex on slaughter traits and meat quality of Polish autochthonous Zlotnicka Spotted pigs crossbred with Duroc" 2017 2-3.
 36. Katarzyna Tkacz, Monika Modzelewska-Kapituła "BARWA MIĘSA – CZYNNIKI JĄ KSZTAŁTUJĄCE I METODY POMIARU" 2021 *Ogólnopolski Informator Masarski* informatormasarski.pl.
 37. Kołacz R., Bodak E., 1999 – dobrostan zwierząt i kryteria jego oceny. *Medycyna weterynaryjna* 55(3), 147-154.
 38. Kołacz r., Dobrzyński Z. (red.), 2019- Higiena i dobrostan zwierząt Wyd. UP, Wrocław.
 39. Kołczak Tadeusz., 2007, Retencja wody w mięsie, *Gospodarka Mięсна*, 30-35.
 40. Kołczak Tadeusz., 2007, Retencja wody w mięsie, *Gospodarka Mięсна*, 30-35.
 41. Kołczak, T., Pośpiech, E., & Borzuta, K. (2007). Retencja wody w mięsie: Czynniki determinujące i znaczenie dla jakości produktu. *Gospodarka Mięсна*, 30-35.
 42. Li, Y., Wang, C., Huang, S., Liu, Z., & Wang, H. (2021). Space allowance determination by considering its coefficient with toy provision on production performance, behavior, and physiology for grouped growing pigs. *Livestock Science*, 243, 104389.
 43. Lioran ėcas, W.; Bakutis, B.; Januškevi ėciene, G. Wpływ przestrzeni hodowlanej na zachowanie, wydajność, tuszę i jakość mięsa świń. *Med. Weter.* 2006, 62, 274-277.
 44. Lykhach, A., Lykhach, V., Shpetny, M., Mykhalko, O., & Zhyzhka, S. (2020). Influence of toys on behavioral patterns of pigs and their association with the concentration of serotonin in blood plasma., 11, 146-150.
 45. Lykhach, A., Lykhach, V., Shpetny, M., Mykhalko, O., & Zhyzhka, S. (2020). Influence of toys on behavioral patterns of pigs and their association with the concentration of serotonin in blood plasma., 11, 146-150.
 46. Lykhach, A., Shpetny, M., & Mykhalko, O. (2020). Influence of toys on behavioral patterns of pigs and their association with the concentration of serotonin in blood plasma. *Animal Welfare*, 11, 146-150.

47. Małgorzata Kasprowicz-Potocka, Agnieszka Ludwiczak, Anita Zaworska-Zakrzewska, Joanna Składanowska-Baryza „Praktyki hodowlane związane z ekstensyfikacją w europejskiej produkcji trzody chlewnej i ich wpływ na jakość wieprzowiny” *Meat Science*, Volume 206. 2023
48. Małgorzata Kasprowicz-Potocka, Dagmara Franek „Czy dobrostan wpływa na jakość wieprzowiny?” Wrzesień/2022 „Trzoda chlewna” 25-29
49. Modzelewska-Kapituła M., Cierach M., 2012, Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do oznaczania zawartości wody wolnej w mięsie metodą Graua-Hamma – wpływ wielkości nacisku i czasu na wynik oznaczenia, *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 23-25.
50. Modzelewska-Kapituła M., Cierach M., 2012, Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do oznaczania zawartości wody wolnej w mięsie metodą Graua-Hamma – wpływ wielkości nacisku i czasu na wynik oznaczenia, *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 23-25.
51. Modzelewska-Kapituła, M., & Cierach, M. (2021). The influence of meat pH and heme pigment concentration on the color stability of pork. *Meat Science*, 174, 108392.
52. Molenda, J. (2012). Zastosowanie systemu CIE Lab* w ocenie barwy mięsa i produktów mięsnych. *Przemysł Spożywczy*, 66(3), 12-15.
53. Petersen V. (1994). The development of feeding and investigatory behavior in free-ranging domestic pigs during their first 18 weeks of life. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 42 (2): 87–98.
54. Pisula Andrzej., Pośpiech Edward., 2011, Mięso- podstawy nauki i technologii Pisula A., Pospiech E., 2011, Mięso – podstawy nauki i technologii, wyd. SGGW, Warszawa, 15-21.
55. Pisula Andrzej., Pośpiech Edward., 2011, Mięso- podstawy nauki i technologii Pisula A., Pospiech E., 2011, Mięso – podstawy nauki i technologii, wyd. SGGW, Warszawa, 15-2.
56. Pospiech E.: Diagnozowanie odchyłeń jakości mięsa. *Gosp. Mięs.* 2000, 4, 68-71.
57. Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. Uwaga techniczna: użycie gotowania z grilla taśmowego i siły ścinania plastrów do oceny miękkości wieprzowiny. *J Anim Sci.* 2004 styczeń.

58. Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (2011). Relationships between intramuscular fat content and tenderness across beef muscles. *Journal of Animal Science*, 79(3), 285-295.
59. Studnitz M., Jensen M.B., Pedersen L.J. (2007). Why do pigs root and in what will they root? A review on the exploratory behavior of pigs in relation to environmental enrichment. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 107 (3–4): 183–197.
60. Studnitz, M., Jensen, M. B., & Pedersen, L. J. (2007). Why do pigs root and in what will they root? A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. *Applied Animal Behaviour Science*, 107(3-4), 183-197.
61. T. L. Wheeler, S.D. Shackelford and M. Koohmaranie: Shear Force Procedures for Meat tenderness Measurement” 2016 3-5.
62. Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M. (2005). Technical note: Use of belt grill cookery and slice shear force for assessment of pork longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 83(2), 539-544.
63. Wodr.poznan/Sławomir Banaszak/autor. 06/05/2022.
64. Yongzhen, L., Wang, C., & Huang, S. (2021). Space allowance determination by considering its coefficient with toy provision on production performance, behavior, and physiology for grouped growing pigs. *Livestock Science*, 243, 104389.

9. Wykaz tabel

Tabela 2. Podział zwierząt w grupach

10. Wykaz rysunków

Rysunek 2. Przemiany mioglobiny w mięsie Źródło: www.spozywczeTechnologie.pl

11. Wykaz wykresów

Wykres 1. kwasowość mięsa po 45 minutach oraz po 48 godzinach

Wykres 2. Wyciek soku mięśniowego (EZ%)

Wykres 3. Jasność mięsa L*

Wykres 4. Natężenie kolorów a*

Wykres 5. Natężenie kolorów b*

Wykres 8. Siła cięcia (N)

Wykres 9. Ilość energii potrzebny do przecięcia próbki (siła oraz droga przecięcia)

12. Wykaz fotografii

Fot. 1 Autor mgr inż. Dagmara Łodyga

Fot. 2 Autor mgr inż. Dagmara Łodyga

Fot. 3 Autor mgr inż. Dagmara Łodyga

Fot. 4 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 5 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 6 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 7 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 8 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 9 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 10 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 11 Autor Prof. Marhen Hviid

Fot. 12 Autor Dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 13 Autor Dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 14 Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 15 Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 16. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 17 Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 18. Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 19 Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

Fot. 20 Autor dr inż. Joanna Składanowska-Baryza

