



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach
kierunek: **zooteknika**
zakres: **hodowla zwierząt wolnożyjących i amatorskich**
numer albumu: **142689**
Seminarium: **dr hab. Ryszard Steppa**

Wiktoria Chałupka

Wpływ dobrostanu na teksturę wieprzowiny
Effect of welfare on pork texture

Praca magisterska

wykonana w katedrze Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt
pod kierunkiem dr hab. inż. Ewy Sell-Kubiak
opieka w laboratorium dr hab. inż. Agnieszka Ludwiczak

Pracę przyjęto

(data i podpis Promotora)

Poznań 2024

*Serdeczne podziękowania składam
mojej rodzinie oraz promotorowi
za nieocenioną pomoc, wsparcie i zaangażowanie,
które towarzyszyły mi przez cały okres realizacji pracy.*

FINANSOWANIE

Projekt zrealizowany dzięki finansowaniu z projektu Programu Ramowego Badań i Innowacji Horyzont 2020 o akronimie mEATquality umowa grantowa nr. 101000344.

mEAT
quality



**Funded by
the European Union**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation programme under Grant Agreement No 101000344

Streszczenie

Celem pracy jest dostarczenie wiedzy na temat wpływu warunków hodowli na jakość mięsa, co może przyczynić się do poprawy praktyk hodowlanych oraz jakości produktów mięsnych. Badania składały się z dwóch doświadczeń, które miały na celu ocenę wpływu dostępnej przestrzeni dla trzody chlewnej na teksturę mięsa wieprzowego. W ramach badań przeprowadzono analizy laboratoryjne na łącznie 83 próbkach mięsa: 41 próbek z doświadczenia 1 oraz 42 próbki z doświadczenia 2. Pierwsze doświadczenie obejmowało 102 sztuki trzody chlewnej, w tym 45 loszek i 57 knurów, pochodzących z hybrydy DanBred, które były utrzymywane na głębokiej ściółce. Zwierzęta zostały podzielone na trzy grupy: kontrolną (1 m² na zwierzę) oraz dwie grupy eksperymentalne G1 (1,5 m²) i G2 (2 m²). Drugie doświadczenie obejmowało 80 sztuk trzody chlewnej, składających się z 40 loszek i 40 knurów, z mieszańców ras (Polska LW x Polska L) x (Duroc x Pietrain), które były utrzymywane na rusztach. Podobnie jak w pierwszym doświadczeniu, zwierzęta zostały podzielone na te same grupy. Celem obu doświadczeń było zbadanie, w jaki sposób zwiększona przestrzeń na jedno zwierzę wpływa na jakość mięsa, zwłaszcza na jego teksturę. Badania miały na celu ocenę różnych parametrów jakościowych, takich jak pomiar masy mięsa, obliczenie wycieków (EZ%), pomiar temperatury i kwasowości (pH) po 48, 72 i 120 godzinach od uboju, analiza barwy mięsa w systemie CIE Lab*, obliczenie wycieku termicznego (cooking loss%) oraz procentowej utraty wody po rozmrożeniu (THAW%). Wykonano analizy statystyczne, obejmujące weryfikację rozkładu zmiennych przy użyciu testu Shapiro-Wilka, regresję masy ubojowej na każdy z zmierzonych parametrów jakości mięsa, analizę wariancji (ANOVA), uwzględniającą efekt grupy doświadczalnej oraz płci, oraz test post-hoc Tukey'a dla istotnych wyników analizy wariancji. Wyniki badań nie wykazały istotnych zmian w wpływie systemu utrzymania trzody na cechy jakościowe wieprzowiny. Jednakże, zaobserwowano istotne wyniki dotyczące zwiększenia przestrzeni na masę ubojową oraz przyrosty w drugiej fazie tuczu. W przyszłości warto przeprowadzić więcej analiz, aby lepiej zrozumieć te zależności i ich wpływ na jakość mięsa.

Abstrakt

The aim of this study is to provide knowledge about the impact of housing conditions on meat quality, which can contribute to improving breeding practices and the quality of meat products. The research consisted of two experiments aimed at assessing the influence of available space for pigs on the texture of pork. A total of 83 meat samples were analyzed: 41 samples from Experiment 1 and 42 samples from Experiment 2. The first experiment involved 102 pigs, including 45 gilts and 57 boars, from the DanBred hybrid, which were kept on deep bedding. The animals were divided into three groups: a control group (1 m² per animal) and two experimental groups G1 (1.5 m²) and G2 (2 m²). The second experiment involved 80 pigs, consisting of 40 gilts and 40 boars, from hybrids of (Polish LW x Polish L) x (Duroc x Pietrain), which were kept on slatted floors. Similarly to the first experiment, the animals were divided into the same groups. The objective of both experiments was to investigate how increased space per animal affects meat quality, particularly its texture. The research aimed to evaluate various quality parameters, such as meat weight measurement, calculation of purge loss (EZ%), measurement of temperature and acidity (pH) after 48, 72, and 120 hours post-slaughter, analysis of meat color in the CIE Lab* system, calculation of cooking loss%, and percentage water loss after thawing (THAW%). Statistical analyses were performed, including verification of variable distribution using the Shapiro-Wilk test, regression of carcass weight on each of the measured meat quality parameters, analysis of variance (ANOVA), accounting for the effect of the experimental group and sex, and Tukey's post-hoc test for significant ANOVA results. The results of the studies did not show significant changes in the impact of the housing system on the quality traits of pork. However, significant results were observed regarding the increase in space for carcass weight and gains in the second fattening phase. In the future, it is worth conducting more analyses to better understand these relationships and their impact on meat quality.

SPIS TREŚCI

1	WSTĘP	8
1.1	JAKOŚĆ WIEPRZOWINY	8
1.2	DOBROSTAN	10
2	HIPOTEZA BADAWCZA I CEL PRACY	13
3	MATERIAŁ I METODY	14
3.1	MATERIAŁ	14
3.2	METODY	15
3.3	Analiza statystyczna	20
4	WYNIKI	21
4.1	WYNIKI LABORATORYJNE Z DOŚWIADCZENIA 1	21
4.2	WYNIKI LABORATORYJNE Z DOŚWIADCZENIA 2	24
5	DYSKUSJA	27
6	WNIOSKI	31
7	WYKAZ LITERATURY	32
8	SPIS TABEL I RYCIN	36
8.1	TABELE	36
8.2	RYCINY	36

1 WSTĘP

1.1 JAKOŚĆ WIEPRZOWINY

W 2022 roku w Polsce spożyto łącznie ok. 73 kg mięsa na mieszkańca, w tym ok. 39 kg mięsa wieprzowego (FAO, 2023). Wieprzowina od dawna jest jednym z głównych źródeł białka i mięsa na świecie, a jej jakość jest kluczowym czynnikiem wpływającym na akceptację konsumentów i opinię o produkcie mięsnym (Szymańska, 2012). Jednym z kluczowych wskaźników jakości produktów mięsnych jest ich tekstura, która jest opisana jako zestaw cech mechanicznych, geometrycznych oraz powierzchniowych, postrzeganych za pomocą zmysłów dotyku, wzroku i smaku (Szczesniak, 2002). Celem badania produktu jest jak najlepsze dopasowanie go do oczekiwań klientów (Seńcio et al., 2012). Parametry tekstury mogą być oceniane metodą sensoryczną, gdzie interpretuje się reakcje na cechy żywności, które są odbierane przez ludzkie zmysły, takie jak wzrok, węch, smak, dotyk i słuch. Ta ocena nie jest jednak dokładna, ponieważ wpływ na nią ma stan fizjologiczny oraz psychiczny oceniającego (Kaić et al., 2020). Metody instrumentalne, takie jak *shear force*, mierzą siłę potrzebną do przecięcia włókien ugotowanych próbek mięsa i są najczęściej stosowane do oceny jego tekstury, natomiast za pomocą analizy profilu tekstury (TPA) można symulować proces żucia. Pozwala ona ocenić między innymi siłę nacisku i parametry tekstury (Caine et al., 2003) oraz miękkość- określaną jako odczucie podczas gryzienia i żucia produktu (Flores et al., 1999; Sieczkowska et al., 2017).

Tekstura stanowi ważny atrybut mięsa, który decyduje o jego przydatności do różnorodnych rodzajów przetwarzania i obróbki cieplnej, dlatego to na nim skupiono się w tej pracy. Inne parametry, które mają wpływ na ocenę jakości mięsa wieprzowego i wybór konsumentów to:

- pH, kluczowy parametr dla utrzymania długotrwałej jakości mięsa wieprzowego. Świeże mięso powinno posiadać pH w zakresie od 5,5 do 6,2 (Lane et al., 1989). Jednakże, w przypadku niewłaściwej konserwacji lub nieprawidłowego przechowywania, wartość pH ulega obniżeniu (Sienkiewicz & Lewandowska, 2012). Mięso o niewłaściwym pH może wykazywać różne niepożądane cechy, takie jak bladość, miękkość, wysiękowość (tzw. PSE) lub ciemność, twardość, suchość (tzw. DFD), co prowadzi do utraty walorów kulinarnych

(Brewer et al., 2001; Seńcio et al., 2012). Regularne monitorowanie pH pozwala na szybką interwencję w przypadku nieprawidłowości w procesie przechowywania i konserwacji mięsa, zapewniając jego świeżość i smak (T. W. Kim et al., 2016),

- *water-holding capacity* (WHC), czyli zdolność mięsa do zatrzymywania wody, która jest integralna dla jakości produktu pod względem soczystości, miękkości oraz koloru (Sienkiewicz & Lewandowska, 2012; Warner, 2017). Wpływa zarówno na wydajność produktu, co ma istotne konsekwencje ekonomiczne, jak i na jakość jedzenia. Na zdolność mięsa do zatrzymywania wody wpływa wiele czynników przed- i poubojowych. Bezpośredni wpływ przyżyciowy na charakterystykę mięśni ma genotyp oraz dieta zwierząt podczas ich wzrostu i rozwoju. W okresie bezpośrednio przed ubojem stres zwierząt, w tym głodzenie oraz różne metody ogłuszania, a po uboju istotny wpływ na WHC mają procesy takie jak schładzanie czy dojrzewanie (Du et al., 2021),

- barwa mięsa jest istotna dla wyborów konsumentów (Brewer et al., 2001; Warriss et al., 2006), których preferencje skłaniają się ku ciemno-różowej barwie wieprzowiny (Sieczkowska et al., 2017). Może być mierzona metodą wzrokową, która jest subiektywna i obciążona błędem lub instrumentalnie za pomocą spektrofotometru lub metodą instrumentalną, wyrażoną w systemie CIE $L^*a^*b^*$ (L^* - jasność), a^* - barwa czerwona i b^* - barwa żółta) (O'Neill et al., 2003; Valous et al., 2009), Jasność, która jest istotnym wskaźnikiem jakości, może wskazywać na właściwości technologiczne mięsa (O'Neill et al., 2003; Valous et al., 2009). Barwa bladej lub szarobiałej może wskazywać na wadę mięsa PSE, które charakteryzuje się dużą wodnością i podatnością na przerywanie pod naciskiem, a poddane obróbce staje się gąbczaste i luźne (Warriss et al., 2006). Natomiast ciemniejsza barwa na DFD, które także nie jest pożądane (Brewer et al., 2001).

Warto także zauważyć, że procesy poubojowe, takie jak chłodzenie i dojrzewanie mięsa, również mogą istotnie wpłynąć na ostateczną teksturę, podobnie jak różne techniki obróbki cieplnej (Flores et al., 1998). Pośmiertne czynniki wpływające na właściwości tekstury mięsa obejmują sposób obróbki tuszy, sposób przechowywania, rozwijanie się *rigor mortis* oraz warunki technologiczne (Sieczkowska et al., 2017). Pośmiertna glikoliza powoduje powstanie kwasu mlekowego, który obniża pH i skutkuje utratą zdolności mięsa do jej zatrzymywania. Niska zdolność mięsa do zatrzymywania wody prowadzi do niskiej wydajności podczas gotowania oraz często powoduje, że mięso staje się suche (Brewer, 2014). Skutkuje to dużymi stratami płynów podczas gotowania i wycieku z mięsa oraz

produktów mięsnych, co może stanowić znaczącą stratę masy ciała z tusz i kawałków, wpływając na wydajność i jakość przetworzonych mięs (Warner, 2017).

Istotny wpływ przedubojowy na parametry jakościowe wieprzowiny ma między innymi stres. Choroba stresowa u świń jest najczęściej związana z intensywną selekcją ras pod kątem wysokiej mięsności. Gen mięsności, który znany jest również jako gen „halatowy” (HAL), wpływa na intensywny rozwój tkanki mięśniowej, ale jednocześnie sprawia, że świnię są bardziej wrażliwe na sytuacje stresowe takie jak transport czy zmiana warunków otoczenia (Čobanović et al., 2020). Dieta również ma wpływ na jakość mięsa. Świnię są zwierzętami monogastrycznymi, dlatego składniki diety łatwo przenoszą się z paszy do mięśni i tkanki tłuszczowej u świń (Bonneau & Lebret, 2010). Dotyczy to m.in. składu kwasów tłuszczowych oraz witamin i minerałów, na przykład witaminy E (Rosenvold & Andersen, 2003).

1.2 DOBROSTAN

Na przestrzeni lat definicja dobrostanu się zmieniała i rozwijała wraz z jego kryteriami. Termin ten odnosi się do warunków życia, w jakich są utrzymywane zwierzęta hodowlane, a także do sposobu, w jaki są traktowane podczas procesu hodowli (Elżanowski, 2018; Marć-Pieńkowska et al., 2014)(Elżanowski, 2018). Według Brambell (1965) dobrostan to szeroki zakres aspektów, łącznie z fizycznym i psychicznym samopoczuciem. Broom (1996) definiuje dobrostan jako stan, w którym organizm zwierzęcia może dostosować się do warunków otoczenia. Definicja weterynaryjna opisuje dobrostan jako stan całkowitego fizycznego, psychicznego i społecznego samopoczucia, przy braku choroby lub osłabienia organizmu.

W 1979 roku Farm Animal Welfare Council określiło pięć wolności zwierząt, obejmującą m.in. wolność od głodu, pragnienia, dyskomfortu, bólu, urazu, choroby, możliwość wyrażania normalnego zachowania oraz wolność od strachu i stresu. Te pięć wolności znajduje szerokie zastosowanie w programach certyfikacyjnych, kodeksach postępowania oraz przepisach dotyczących ochrony zwierząt, jak unijna legislacja (Botreau et al., 2008). Na przestrzeni ostatnich lat Pięć wolności zostało rozwinięte w Model Pięciu Dziedzin (Mellor et al., 2020), który regularnie aktualizowany jest, aby uwzględnić najnowsze potwierdzone postępy w naukach o dobrostanie zwierząt i obejmuje:

1. Żywnienie,
2. Środowisko,

3. Zdrowie,
4. Interakcje zachowawcze,
5. Stan mentalny.

Współcześnie, coraz większa uwaga przywiązywana jest do dobrostanu zwierząt hodowlanych, co skłania do zastanowienia się nad potencjalnym wpływem warunków hodowli na jakość tekstury wieprzowiny. (Bonneau & Lebret, 2010). Istnieje przekonanie, że stres, złe warunki hodowli i złe traktowanie zwierząt mogą mieć negatywny wpływ na jakość mięsa, w tym na jego teksturę.

W intensywnych systemach hodowli świń, zwierzęta muszą radzić sobie zarówno z długotrwałymi intensywnymi krótkotrwałymi bodźcami stresowymi, które negatywnie wpływają na ich dobrostan. Wysokie poziomy stresu i złego dobrostanu mają negatywne skutki dla pięciu głównych czynników związanych z produkcją świń: wydajnością, reprodukcją, zachowaniem, odpornością i jakością mięsa (Martínez-Miró et al., 2016). Stres u zwierząt jest reakcją układu nerwowego na różnorodne bodźce środowiskowe. Uwalnianie przez układ nerwowy hormonu adrenokortykotropowego (ACTH) prowadzi do uwalniania katecholamin, które przygotowują organizm do reakcji obronnych, a następnie do uwalniania adrenalnych glukokortykoidów, które wpływają na metabolizm energetyczny. W pracach naukowych Rocha et al., (2016), Beattie et al., (2000) oraz Bonneau & Lebret, (2010), stwierdzają, że zarządzanie stresem, właściwe praktyki obsługi i techniki humanitarnego uboju mogą pomóc zminimalizować negatywne skutki stresu na jakość mięsa wieprzowego takie jak: obniżone pH, zmiany w kolorze mięsa wieprzowego oraz obniżona zdolność mięsa do zatrzymywania wody (Dalla Costa et al., 2019; Lebret et al., 2006)

W swoich badaniach Klont et al., (2001) zauważa, że wzbogacenie środowiska poprzez dodanie zabawek, trzymanie świń w grupach, unikanie gorących temperatur i spokojna opieka poprawia dobrostan świń. Lepsze samopoczucie zwierząt może przynieść korzyści ekonomiczne poprzez poprawę zdolności wiązania wody w mięsie. Wśród głównych przyczyn, które mogą wpływać na jakość mięsa, są czynniki zewnętrzne, które obejmują postępowanie przedubojowe, długotrwałe okresy głodzenia, transport z gospodarstwa do rzeźni i odpoczynek w przejściowym stadzie, załadunek i wyładunek zwierząt. Wszystkie te czynności, narażają zwierzęta na stres, który prowadzi do znacznego pogorszenia się jakości wieprzowiny i pojawiania się mięsa PSE oraz DFD (Warner, 2017)

Oprócz wpływu na parametry mięsa, stres u świń budzi obawy etyczne związane z dobrym traktowaniem zwierząt. Niektóre programy certyfikacyjne i preferencje konsumentów priorytetowo traktują humanitarne traktowanie zwierząt, a stres w procesie produkcji może wpływać na zgodność z takimi standardami (Hemsworth, 2018). Dobrostan zwierząt jest złożonym zagadnieniem, które obejmuje różnorodne aspekty, w tym mierniki oparte na zachowaniach zwierząt, takie jak stereotypowe zachowania, gryzienie ogonów i uszu, agresja, a także minimalne warunki przestrzenne. Ocena dobrostanu zwierząt hodowlanych jest wyzwaniem, jednak staje się coraz bardziej istotnym obszarem zainteresowania wspieranym przez liczne programy zapewnienia jakości, które są prowadzone przez różne firmy handlowe i sieci supermarketów (Rocha et al., 2016), (Smulders et al., 2006).

Popyt na mięso wieprzowe jest również istotnym czynnikiem dla producentów oraz dla gospodarek narodowych wielu krajów. W związku z tym, jego cechy i jakość mają wpływ na konkurencyjność na rynku. W miarę jak społeczeństwa stają się coraz bardziej świadome kwestii związanych z etyką hodowli zwierząt, zrównoważonym rozwojem i jakością żywności, pytanie o wpływ dobrostanu zwierząt na jakość mięsa nabiera coraz większego znaczenia (Tandon et al., 2020)

2 HIPOTEZA BADAWCZA I CEL PRACY

Wyższy poziom dobrostanu tj. mniejsza obsada kojców, wpływa korzystnie na teksturę mięsa wieprzowego, prowadząc do bardziej delikatnej i soczystej konsystencji w porównaniu do zwierząt, które były utrzymywane w warunkach niższego dobrostanu.

Celem jest ocena związku między dobrostanem zwierząt, a jakością mięsa, co może pomóc w doskonaleniu praktyk hodowlanych i poprawie jakości produktów mięsnych dla dobra konsumentów oraz samych zwierząt.

3 MATERIAŁ I METODY

3.1 MATERIAŁ

Doświadczenie 1 rozpoczęło się 9 marca 2023 roku i było przeprowadzone na prywatnym gospodarstwie zlokalizowanym w miejscowości Nowy Gołębin. Badaniem objęto 102 sztuki trzody chlewnej, w tym 45 loszek oraz 57 knurów, z których pobrano mięsień najdłuższy grzbietu (m. longissimus thoracis et lumborum). Zwierzęta były z komercyjnej hybrydy DanBred, znanej z wysokiego przyrostu dziennego, efektywnego wykorzystania paszy, wysokiej wydajności rzeźnej oraz podniesionej wartości biologicznej mięsa. Średnia początkowa masa ciała świń wynosiła około 30 kg. Zwierzęta losowo podzielono na dwie grupy: kontrolną (n=48) oraz eksperymentalną (G1 i G2), w której zwiększono przestrzeń przypadającą na jedno zwierzę do 2 m² (n=32 i n=24) (Tab. 1). Tucz trwał 80 dni w okresie wiosennym, od marca do maja. Świnie były utrzymywane w intensywnym systemie hodowli na ściółce ze słomy. Grupa kontrolna miała zapewnioną przestrzeń 1 m² na zwierzę, podczas gdy w grupie eksperymentalnej powierzchnia na jedno zwierzę wynosiła 2 m². Wszystkie zwierzęta karmiono suchą paszą, opartą na mieszance zbożowej. Dieta była zbilansowana zgodnie z potrzebami żywieniowymi świń w dwóch fazach wzrostu: fazie wzrostowej (grower) oraz fazie końcowej (finisher). Świnie miały stały dostęp do paszy. Po zakończeniu tuczu, przy osiągnięciu średniej masy ciała około 123 kg, świnie zostały poddane ubojowi.

Tabela 1. Podział trzody na grupy w doświadczeniu 1, powierzchnia przypadająca na jedno zwierzę oraz liczba świń (n) w badanych grupach

Grupa	Powierzchnia	Liczba zwierząt w kojcu	Loszki (n)	Wieprzki (n)
Kontrola	1 m ²	48	21	27
G1	1.5 m ²	32	14	18
G2	2 m ²	24	10	14

Doświadczenie 2 rozpoczęto 28 sierpnia 2023 i obejmowało łącznie 80 sztuk trzody chlewnej (40 loszek i 40 knurów). Do doświadczenia wybrano mieszańce towarowe ras [(Polska LW x Polska L) x (Duroc x Pietrain)]. Zwierzęta zostały losowo podzielone na trzy grupy: kontrolną (n=30) oraz dwie grupy eksperymentalne (G1 i G2), w których zwiększono powierzchnię przypadającą na jedno zwierzę do 1,5 m² (G1, n=20) oraz 2 m² (G2, n=30) (Tab. 2). Okres tuczu trwał 97 dni, od połowy sierpnia do 04 grudnia 2023 roku. Początkowa masa ciała zwierząt wynosiła 25 kg. Świnie były utrzymywane w intensywnym systemie hodowli

na rusztach. Grupa kontrolna miała zapewnioną powierzchnię 1 m² na zwierzę, podczas gdy w grupach eksperymentalnych powierzchnię na jednego osobnika zwiększono odpowiednio do 1,5 m² i 2 m². Wszystkie zwierzęta były karmione suchą paszą, opartą na mieszance zbożowej. Dieta była zbilansowana zgodnie z potrzebami żywieniowymi świń w dwóch fazach wzrostu: fazie wzrostowej (grower) oraz fazie końcowej (finisher). Świnie miały stały dostęp do paszy. Po zakończeniu tuczu, przy osiągnięciu średniej masy ciała około 108 kg, zwierzęta zostały poddane ubojowi.

Tabla 2. Podział trzody na grupy w doświadczeniu 2, powierzchnia przypadająca na jednego osobnika oraz liczba świń (n) w badanych grupach

Grupa	Powierzchnia	Liczba zwierząt w kojcu	Loszki (n)	Wieprzki (n)
Kontrola	1 m ²	30	15	15
G1	1,5 m ²	20	10	10
G2	2 m ²	30	15	15

Ubój zwierząt miał miejsce w Zakładach Mięsnych Waldi spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k. Ptaszkowo 1A, 62-065 Grodzisk Wielkopolski.

3.2 METODY

Analizy laboratoryjne przeprowadzono na łącznie 83 mięśniach, (41 pochodzących od zwierząt z doświadczenia 1 oraz 42 z doświadczenia 2). Reprezentatywne próby wybrano z każdej z grup badawczych (Tab.3). Połędwicę (*m. longissimus thoracis et lumborum*) pocięto na plastry o grubości 2 cm, zapakowano do szczelnych woreczków próżniowych, oznaczono i zamrożono do czasu rozpoczęcia pomiarów.

Tabela 3. Liczba osobników (n), w grupie badawczej, dla których wykonano analizy laboratoryjne

Doświadczenie	Grupa	Liczba prób	Loszki (n)	Wieprzki (n)
1	Kontrola	13	6	7
	G1	13	7	6
	G2	15	8	7
2	Kontrola	14	7	7
	G1	14	7	7
	G2	14	7	7

Pomiary po 48 godzinach od uboju zostały wykonane na mięsie świeżym, ogrzanym do temperatury pokojowej. Wieprzowinę zważono (Ryc. 1), i obliczono wyciek (EZ%), zmierzono temperaturę i dokonano pomiaru kwasowości (pH48h) za pomocą Ph-metru skalibrowanego przy pomocy roztworu buforowego pH 4,00 o numerze katalogowym: 177655708 oraz roztworu buforowego pH 7,00 o numerze katalogowym: 177659304 (Ryc. 2). Określono również barwę mięsa w systemie CIE L*a*b*, nasycenie C* i jego ton h° za pomocą Konicy Minolta CM-700d.

Część materiału po 72 godzinach dojrzewania była mrożona. Następnie mięso rozmrażano do temperatury pokojowej, ponownie zważono, zmierzono temperaturę i dokonano pomiaru kwasowości (pH72). Próbkę o temperaturze pokojowej włożono do łaźni wodnej i podgrzano do uzyskania temperatury 70 stopni Celsjusza (Ryc. 3). Następnie ostudzono i ponownie zważono mięso. Na podstawie różnic w masie, obliczono wyciek termiczny (coocking loss%) i procentową utratę wody po rozmrożeniu (THAW%).



Ryc. 1. Ważenie próbki



Ryc. 2. Mierzenie pH

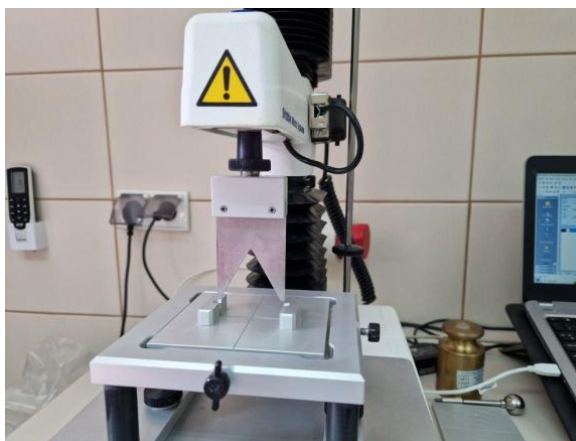


Ryc. 3. Próbkki w łaźni wodnej

Następnie po schłodzeniu przez noc do temperatury 2-5°C z każdego plastra wykrojono równoległe do orientacji podłużnej włókien mięśniowych po cztery próbki w kształcie cylindrów za pomocą specjalnego korka o średnicy 1,27 cm (Ryc. 4) i od razu wykonano pomiary siły cięcia za pomocą urządzenia Warner-Bratzler Share Froce o sile ramienia wynoszącej 50 kg (Ryc. 5). Próbki zostały ścięte raz w środku, aby uniknąć utwardzonego brzegu próbki. Wykonano to ostrzem tnącym o grubości 1.016 mm, w kształcie litery V, ustawionym pod kątem 60 stopni. Wyniki odczytano w postaci maksymalnej siły cięcia, wyrażonej w N (WB force N oraz WB energy N*mm).



Ryc. 4. Wycięte próbki



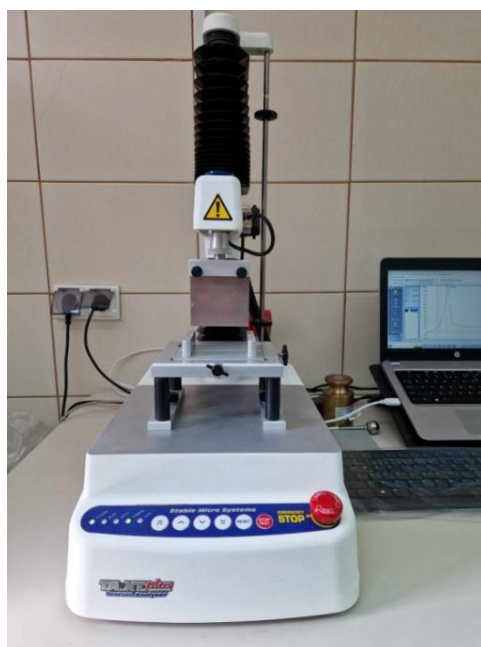
Ryc. 5. Ostrze tnące w kształcie litery V

Kolejna porcja materiału po 5 dniach dojrzewania była zamrażana. Później mięso to było rozmrażane do temperatury pokojowej i ponownie wykonano pomiary temperatury, kwasowości oraz obliczono procentową utratę wody po rozmrożeniu (THAW%). Następnie grillowano plastry do temperatury 78 stopni Celsjusza (Ryc. 6), aby zrealizować kolejne pomiary siły cięcia.



Ryc. 6. Grillowane próbki

Nie doprowadzając do wystygnięcia, ponownie zważono plastry i wycięto z nich równoległe do orientacji podłużnej włókien mięśniowych po dwie próbki w kształcie prostokąta, za pomocą specjalnej formy i przeprowadzono test cięcia pomocą urządzenia Warner-Bratzler TA.XTplusC Texture Analyser z ostrzem o krawędzi gilotyny ustawionym pod kątem 60 stopni (Ryc. 7).



Ryc. 7. Ostrze tnące o krawędzi w kształcie gilotyny

3.3 Analiza statystyczna

W pierwszym kroku analiz statystycznych zweryfikowano rozkład każdej z badanych zmiennych przy użyciu testu Shapiro-Wilka. Następnie wykonano regresję masy ubojowej na każdy ze zmierzonych parametrów jakości mięsa. Główne analizy wykonano przy pomocy ANOVA i testu post-hoc Tukey'a dla istotnych wyników analizy wariancji. Analiza wariancji zawierała efekt grupy doświadczalnej (3 poziomy) i płci (2 poziomy) oraz interakcję między nimi. Wszystkie analizy statystyczne wykonano w pakiecie statystycznym RStudio.

4 WYNIKI

4.1 WYNIKI LABORATORYJNE Z DOŚWIADCZENIA 1

Analiza ANOVA wpływu zwiększenia powierzchni w kojcu na osobnika, wykazała istotny wpływ ($p < 0,05$) na masę oraz przyrosty w drugiej fazie tuczu (Tab. 4). Średnia masa zwierząt oraz ich przyrosty w grupie doświadczalnej 1 oraz 2 były wyraźnie wyższe niż w grupie kontrolnej. Średnia masa w grupie doświadczalnej była nawet o 6,26 kg wyższa od średniej w grupie kontrolnej (Ryc. 8).

We wszystkich fazach tuczu wpływ płci na masę i przyrosty (Tab. 4) był bardzo istotny ($p < 0,05$). Wieprzki wykazywały znacznie lepsze przyrosty masy mięśniowej niż loszki (Ryc.9). Wpływ grupy badawczej ma istotny wpływ na barwę (L^* , a^*) wieprzowiny (Tab. 5)

Wyniki nie wskazują na różnice istotnie statystycznie parametrów fizykochemicznych mięsa wieprzowego badanego po 48 (Tab.5), 72 godzinach (Tab.6) oraz po 120 godzinach od uboju (Tab.7)

Tabela 4: Średnia oraz istotność (p-value) wpływu grupy oraz płci na masę i przyrosty w trzech fazach tuczu

Parametr	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
masa- faza 1	55,66	57,77	57,31	0,21	57,80 ^A	52,78 ^B	0,01
przyrost- faza 1	0,88	0,93	0,94	0,32	1,00 ^A	0,84 ^B	<0.001
masa- faza 2	91,78 ^B	96,66 ^A	98,02 ^A	0,02	98,95 ^A	92,73 ^B	0,01
przyrost- faza 2	1,22 ^B	1,30 ^A	1,32 ^A	0,01	1,35 ^A	1,25 ^B	0,04
masa- faza 3	119,87	125,47	125,45	0,07	127,52 ^A	120,17 ^B	<0.001
przyrost- faza 3	1,22	1,25	1,18	0,38	1,24	1,19	0,32

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0,05$

Tabela 5: Średnia oraz p-value wpływu grupy oraz płci na parametry laboratoryjne po 48 godzinach od uboju

parametr	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
moisture%	74,71	75,00	74,92	0,95	74,66	75,07	0,79
EZ%	6,33	7,20	7,94	0,52	6,67	7,02	0,60
pH48	5,46	5,45	5,47	0,62	5,46	5,46	0,80
L*	56,04 ^A	55,63 ^B	56,35 ^A	<0.001	56,02	56,03	0,54
a*	3,25 ^B	10,95 ^A	10,93 ^A	<0.001	7,81	8,64	0,17
b*	10,72	11,02	10,97	0,54	11,05	10,76	0,22
C*	10,72	10,90	10,97	0,67	10,94	10,8	0,56
h	86,44	86,15	86,77	0,88	86,52	86,43	0,93

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0,05$

Tabela 6: Średnia oraz p-value wpływu grupy oraz płci na parametry laboratoryjne po 72 godzinach od uboju

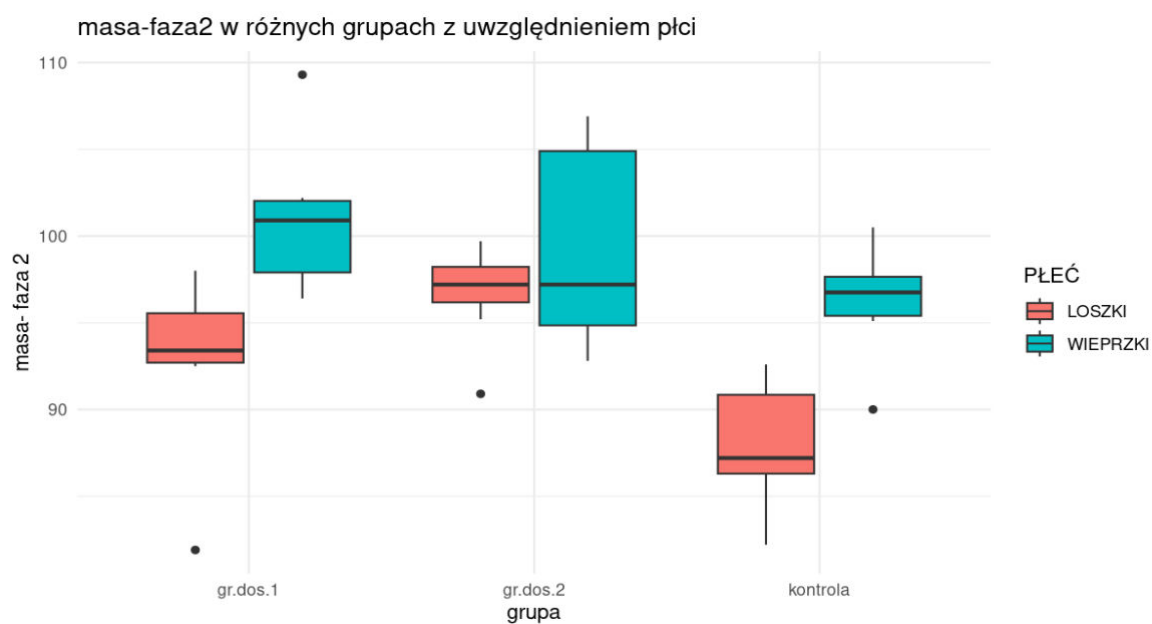
parametr	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
pH72	5,43	5,40	5,44	0,20	5,45	5,41	0,10
THAW%	13,22	11,38	15,34	0,24	14,41	12,55	0,91
WB force N	183,90	182,66	186,05	0,83	176,19	191,29	10,38
WB energy N*mm	20,72	21,81	20,25	0,83	20,21	21,49	0,18
cooking loss%	19,81	17,19	20,26	0,50	20,33	18,34	0,64

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0$

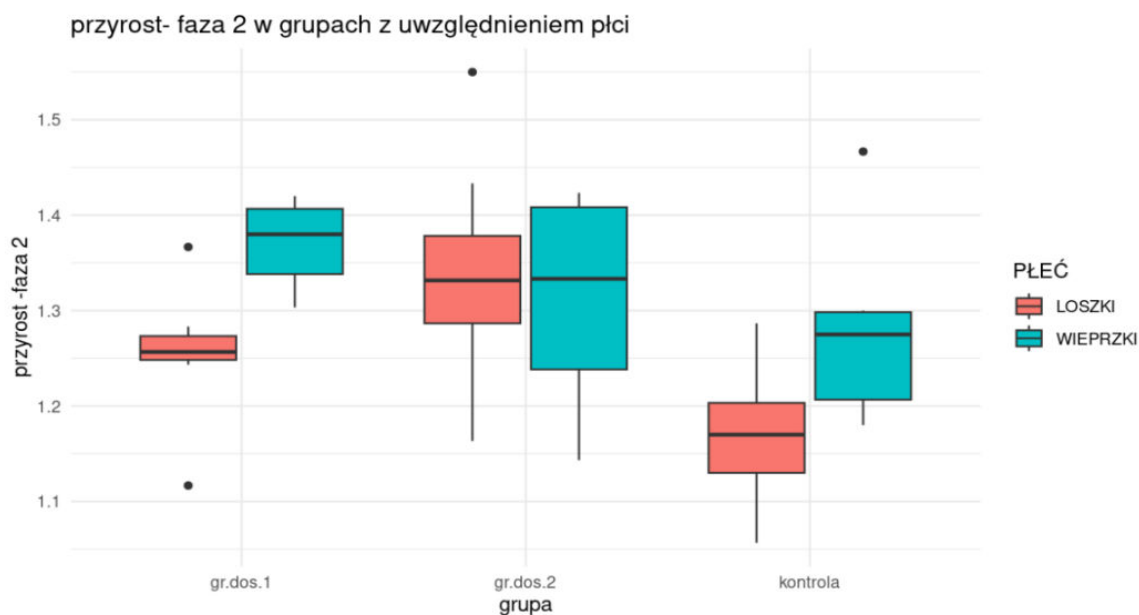
Tabela 7 Średnia oraz p-value wpływu grupy oraz płci na parametry laboratoryjne po 120 godzinach od uboju

	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
pH120	5,48	5,47	5,46	0,79	5,48	5,45	0,16
THAW%	12,98	11,53	12,63	0,57	11,94	12,78	0,28
Firmness%	110,54	113,15	109,91	0,29	105,03	116,06	0,65
Area	929,10	951,58	946,49	0,98	843,65	1028,04	0,06
Young	2,59	2,33	2,88	0,43	2,16 ^A	2,01 ^B	0,04
Young	14,22	15,30	13,74	0,59	13,32	15,32	0,24

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0,05$



Ryc. 8 Wpływ zwiększenia powierzchni na osobnika na średnią masę w 2 fazie tuczu



Ryc. 9 Wpływ zwiększenia ilości miejsca na zwierzę na średnie przyrosty w 2 fazie tuczu

4.2 WYNIKI LABORATORYJNE Z DOŚWIADCZENIA 2

Analizy nie wykazały istotnych różnic wpływu płci lub grupy badawczej na badane parametry świeżego mięsa (Tab.8) oraz na parametry laboratoryjne po 120 godzinach od uboju (Tab. 10)

W grupie kontrolnej i grupie badawczej 1 wyniki SSF ENERGY oraz SSF 0-10% badane po 72 godzinach od uboju istotnie różniły się od wyników w grupie badawczej, natomiast na THAW% istotny wpływ wykazała płeć (Tab.9).

Tabela 8. Wyniki parametrów laboratoryjnych świeżego mięsa

parametr	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
EZ%	6,84	6,33	7,02	0,09	7,14	6,93	0,96
pH	5,47	4,44	5,52	0,48	5,46	5,49	0,23
protein%	23,06	23,43	22,94	0,59	22,98	23,30	0,06
L*	56,04	55,63	56,35	0,63	53,00	52,95	0,61
a*	0,17	-0,05	0,19	0,95	0,20	0,00	0,37
b*	7,08	6,83	7,12	0,82	7,05	6,90	0,65
C*	7,14	6,90	7,20	0,77	7,13	7,03	0,54
h	88,75	86,15	88,92	0,93	88,66	90,32	0,34

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0,05$

Tabela 9 Wyniki parametrów laboratoryjnych po 72 godzinach

parametr	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
pH	5,47	5,44	5,52	0,48	5,46	5,49	0,23
THAW%	12,98	11,53	12,63	0,57	11,94 ^B	12,88 ^A	0,02
SSF FORCE	168,31	173,71	139,49	0,09	165,82	156,71	0,53
SSF ENERGY	1287,67 ^A	1301,44 ^A	1062,78 ^B	0,04	1251,02	1194,36	0,91
SSF 0-10%	4,49 ^A	4,20 ^A	3,67 ^B	0,01	4,19	4,07	0,67
SSF 20-80%	20,67	21,29	17,92	0,42	19,74	20,36	0,44

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0,05$

Tabela 10 Wyniki parametrów laboratoryjnych po 120 godzinach od uboju

parametr	kontrola	gr.dos.1	gr.dos.2	p-value	wieprzki	loszki	p-value
pH	5,53	5,56	5,56	0,29	5,56	5,54	0,22
THAW%	11,38	11,69	12,50	0,15	11,52	12,20	0,28
SSF FORCE	168,31	173,71	139,49	0,09	165,82	156,71	0,53
SSF ENERGY	1197,42	994,61	1228,30	0,75	1156,09	1124,13	0,69
SSF 0-10%	3,57	2,60	4,10	0,30	3,44	3,41	0,93
SSF 20-80%	20,67	21,29	17,92	0,42	19,74	20,36	0,44

A, B oznacza, że wartości w wierszu oznaczone różnymi indeksami, różnią się istotnie statystycznie na poziomie $P < 0,05$

5 DYSKUSJA

Praca została wykonana zgodnie z założeniami projektu *mEATquality*, który ma na celu udzielenie wsparcia rolnikom w doskonaleniu jakości swojego mięsa wieprzowego poprzez wdrożenie ekstensyfikacyjnych praktyk hodowlanych. W ramach tego wsparcia rolnicy mogą być zachęceni i szkoleni do zastosowania zaawansowanych technik i standardów w zakresie hodowli, żywienia, warunków chowu oraz dbałości o zdrowie zwierząt. Działania te mają na celu nie tylko zwiększenie wydajności hodowlanej, ale także podniesienie ogólnej jakości mięsa, spełniając standardy dobrostanu zwierząt oraz oczekiwania konsumentów dotyczące wysokiej jakości żywności. W rezultacie rolnicy mogą oczekiwać poprawy swoich produktów, co może przyczynić się do zwiększenia ich konkurencyjności na rynku mięsa wieprzowego.

Dążenie do poprawy dobrostanu świń może obejmować różne aspekty, takie jak zapewnienie odpowiednich warunków środowiskowych, zdrowotnych i behawioralnych. Zwiększenie przestrzeni dostępnej w m² na zwierzę w hodowli, redukcja stresu związanego z transportem oraz unikanie bolesnych procedur bez znieczulenia to przykłady działań, które mają kluczowe znaczenie (Ludwiczak et al., 2021).

W doświadczeniu 1 zwierzęta utrzymywane były na głębokiej ściółce, natomiast w doświadczeniu 2 użyte zostały ruszta. Różne systemy hodowlane, w których trzymane są świnię, mają różny wpływ na ich dobrostan. Zastosowanie podłoża, takiego jak słoma, pozwalają świniom na wykazywanie naturalnych zachowań, takich jak kopanie, budowanie gniazd czy socjalizacja z innymi zwierzętami. Te zachowania są kluczowe dla ich dobrostanu psychicznego i fizycznego. Jednym z głównych problemów związanych z systemami wewnętrznymi jest ryzyko wystąpienia problemów z układem oddechowym (Ludwiczak et al., 2021). Wilgotność i gromadzenie się amoniaku z odchodów mogą prowadzić do chorób płuc i innych schorzeń. System na rusztach często prowadzi do ograniczenia naturalnych zachowań i zwiększa ryzyko urazów mechanicznych, co wpływa negatywnie na dobrostan zwierząt (Zybert, 2021). Badanie dobrostanu w kontekście wpływu różnych systemów hodowli na dobrostan świń wykonano w Hiszpanii i Francji. Obejmowało systemy konwencjonalne, systemy na ściółce, intensywne i ekstensywne.. Wyniki wykazały, że w systemach konwencjonalnych jest najniższy odsetek świń w złej kondycji ciała, ale najwyższa częstość występowania zapaleń. Systemy na ściółce powodowały gorszą higienę i większe

ryzyko złej kondycji ciała. Systemy ekstensywne cechowały się najmniejszą liczbą przypadków zapaleń (Scott et al., 2006).

Wyniki badań nie wykazały zmian wpływu systemu utrzymania trzody na cechy jakościowe wieprzowiny. Inaczej w swoich badaniach wykazał (Zybert, 2021). Świnie utrzymywane na ściółce produkowały mięso o szybszym spadku pH początkowego (pH45), większym wycieku soku i większej jasności w porównaniu z systemami bezściólkowymi (z betonowymi rusztami), a większa przestrzeń dla świń na ściółce negatywnie wpływała na pH45, wyciek soku i jasność mięsa w porównaniu z minimalnymi wymaganiami przestrzeni.

Pomiary laboratoryjne przeprowadzono w trzech fazach: 48, 72 i 120 godzinach od uboju, na pośladwicy wieprzowej (*m. longissimus thoracis et lumborum*) świeżej i mrożonej, ponieważ jest jednym z najbardziej cenionych jakościowo mięśni. Wyniki przeprowadzonych analiz nie potwierdziły założonej hipotezy. Zwiększenie dobrostanu zwierząt poprzez zwiększenie przestrzeni na jednego osobnika nie wpłynęło istotnie na parametry tekstury wieprzowiny. Wykazano jednak istotny wpływ na przyrosty masy ciała.

Według Kim et al., (2014) stres jest nieuchronnym elementem współczesnych hodowli zwierząt. Czynniki stresowe, takie jak zmiany środowiskowe, regulacje dotyczące żywienia, procedury postępowania przedubojowego i inne stresory, mogą wpływać na funkcje odpornościowe i metaboliczne, prowadząc do zmian biochemicznych i metabolicznych we wczesnym okresie pośmiertnym, co poważnie wpływa zarówno na dobrostan zwierząt, jak i na cechy jakościowe mięsa (Van Der Wal et al., 1999). Zwiększenie ilości dostępnego miejsca na zwierzę, redukuje sytuacje stresowe związane z konkurencją między osobnikami do pożywienia (Fornós et al., 2022) co pozytywnie wpływa na dobrostan, a także przyrosty trzody chlewnej (Weatherup et al., 1998).

W swoich pracach Ferguson & Warner (2008), a także Martínez-Miró et al. (2016) i Čobanović et al., (2020) zaznaczają, że istnieją przekonujące dowody na to, że stres może znacząco pogorszyć cechy jakościowe mięsa zarówno wołowego, jagnięcego, jak również wieprzowego. Badania sugerują, że świnie utrzymywane w warunkach wzbogaconych lepiej radzą sobie ze stresem przedubojowym, co prowadzi do poprawy jakości mięsa w porównaniu z tymi hodowanymi w ubogich środowiskach (Geverink et al., 1999). Badano również wpływ różnych systemów utrzymania na jakość wieprzowiny. Wykazano, że świnie hodowane w wzbogaconym środowisku, z odpowiednią przestrzenią i materiałami do ścielenia, doświadczały mniejszego stresu, co prowadziło do poprawy kruchości mięsa w porównaniu

do tych, które były utrzymywane w mniej wzbogaconych warunkach (Muchenje & Ndou, 2011).

W przeciwieństwie do nich, wyniki badań tej pracy nad wieprzowiną, a także (Foury et al., 2011) nie potwierdziły tych założeń. W podobnym doświadczeniu zbadano wpływ przestrzeni dostępnej dla świń w systemach z głęboką ściółką na ich wzrost, skład kwasów tłuszczowych oraz jakość mięsa. Analizy wykonano na 100 loszkach, zwierzęta utrzymywano w dwóch grupach: 0,7 m² oraz 1,13 m² na świnię. Temperatura i pH mięsa po uboju były podobne w obu grupach. Mięso od świń z większą przestrzenią było ciemniejsze, ale różnice w kolorze nie były znaczące. Straty wody podczas gotowania i właściwości teksturalne mięsa nie różniły się między grupami. Wyniki nie wykazały by zwiększenie przestrzeni w systemach z głęboką ściółką miało niewielki wpływ na wydajność wzrostu świń i jakość mięsa (Patton et al., 2008).

Analizy nie wykazały wpływu płci na kolor mięsa, o czym piszą również w swoich pracach (Ellis et al., 1996; Unruh et al., 1996). Nie miały także istotności dla siły ścinania mierzonej za pomocą urządzenia Warner-Bratzler oraz cooking loss co potwierdza w swoich badaniach (Weatherup et al., 1998) oraz (Hamilton et al., 2000). W przeciwieństwie do nich (Warriss et al., 1990) stwierdza, że mięso loszek jest bardziej czerwone niż mięso wieprzków. Utrata wody przy rozmrażaniu (THAW%) również nie wykazała zależności od grupy i płci, co jest zgodne z wynikami Martel et al., (1988), ale nie z wynikami Unruha i in. (1996), którzy stwierdzili, że straty przy rozmrażaniu i wycieki wilgoci były większe u loch niż u knurków.

Brak wpływu zwiększenia dobrostanu na teksturę mięsa mógł wynikać ze zbyt małej próby lub zbyt dużej rozbieżności w masach ubojowych świń, chociaż wyniki regresji nie wykazały istotnego jej wpływu na laboratoryjne parametry tekstury. Przyszłe badania powinny skupić się na większych próbach oraz większej ilości czynników wpływających na dobrostan. Oprócz przestrzeni dla zwierząt, można rozważyć połączenie wpływu także innych czynników, takich jak dieta, genetyka czy warunki środowiskowe na cechy jakościowe mięsa wieprzowego. Wyniki wskazujące na istotny wpływ przestrzeni na przyrosty należy zbadać i potwierdzić w kolejnych badaniach. Istotność tych wyników może zachęcić rolników do wprowadzenia praktyk, które będą wiązały się z większym dobrostanem, jeśli przyniesie to zyski ekonomiczne.

Zwiększona powierzchnia na osobnika nie wpłynęła negatywnie na wyniki jakościowe wieprzowiny, a więc lepsze warunki utrzymania zwierząt nie wpłyną na jakość mięsa, które otrzyma konsument. Dobrostan może wpłynąć na poprawę wyników badawczych, ponieważ zdrowe i mniej zestresowane zwierzęta dostarczają bardziej wiarygodnych danych w kontekście nauki. W edukacji z kolei umożliwia to promowanie standardów opieki i etycznego traktowania zwierząt, które mogą inspirować przyszłe pokolenia rolników, weterynarzy oraz konsumentów (Rocha et al., 2016). Dodatkowo, społeczeństwo zyskuje lepsze zrozumienie, jak dbałość o zwierzęta wpływa na jakość produktów spożywczych i zdrowie konsumentów, co wzmacnia ich zaufanie do przemysłu rolnego. Poprawa dobrostanu świń przyczynia się więc nie tylko do ich życia, ale również do długoterminowej stabilności i wiarygodności sektora rolniczego (Zielińska-tadych, 2021).

6 WNIOSKI

Na podstawie wyników badań może wyciągnąć następujące wnioski:

- nie wykazano istotnego wpływu zwiększenia przestrzeni na parametry tekstury zwierząt,

- wykazano istotne wyniki zwiększenia przestrzeni na masę ubojową oraz przyrosty w drugiej fazie tuczu,

- lepszy dobrostan zwierząt nie wpłynął negatywnie na wyniki jakościowe wieprzowiny, a więc lepsze warunki utrzymania zwierząt nie wpłyną na jakość mięsa, które otrzyma konsument,

- brak istotnych wyników może wynikać z zbyt małej próby badawczej lub dużych rozbieżności w masach ubojowych świń, co może wpływać na jakość mięsa,

- lepszy dobrostan zwierząt sprzyja promowaniu standardów opieki i etycznego traktowania zwierząt, co może wpłynąć na przyszłe pokolenia rolników,

- przyszłe badania powinny skupić się na większych próbach oraz analizie innych czynników (takich jak dieta, genetyka, warunki środowiskowe), które wpływają na dobrostan zwierząt i jakość mięsa.

7 WYKAZ LITERATURY

- Beattie, V. E., O'connell, N. E., & Moss, B. W. (2000). Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. In *Livestock Production Science* (Vol. 65). www.elsevier.com/locate/livprodsci
- Bonneau, M., & Lebret, B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. In *Meat Science* (Vol. 84, Issue 2, pp. 293–300). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013>
- Botreau, R., Capdeville, J., Perny, P., & Veissier, I. (2008). *Multicriteria evaluation of animal welfare at farm level ; an application to MCDA methodologies. May 2014.*
- Brewer, M. S. (2014). Water-Holding Capacity. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (Vol. 1). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00247-6>
- Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., & McKeith, F. K. (2001). Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science*, 57(2), 169–176. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00089-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00089-9)
- Caine, W. R., Aalhus, J. L., Best, D. R., Dugan, M. E. R., & Jeremiah, L. E. (2003). Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. *Meat Science*, 64(4), 333–339. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00110-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00110-9)
- Čobanović, N., Stanković, S. D., Dimitrijević, M., Suvajdžić, B., Grković, N., Vasilev, D., & Karabasil, N. (2020). Identifying physiological stress biomarkers for prediction of pork quality variation. *Animals*, 10(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ani10040614>
- Du, L., Chang, T., An, B., Liang, M., Duan, X., Cai, W., Zhu, B., Gao, X., Chen, Y., Xu, L., Zhang, L., Li, J., & Gao, H. (2021). Transcriptome profiling analysis of muscle tissue reveals potential candidate genes affecting water holding capacity in Chinese Simmental beef cattle. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91373-2>
- Ellis, M., Webb, A. J., Avery, P. J., & Brown, I. (1996). The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Animal Science*, 62(3), 521–530. <https://doi.org/10.1017/S135772980001506X>
- Elżanowski, A. (2018). Czym jest i czym nie jest dobrostan. *Dobrostan Zwierząt - Różne Perspektywy, 1964*, 51–70.
- Ferguson, D. M., & Warner, R. D. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.004>
- Flores, M., Armero, E., Aristoy, M.-C., & Toldra, F. (1999). Sensory characteristics of cooked pork loin as affected by nucleotide content and post-mortem meat quality. *Meat Science*, 51(1), 53–59. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00097-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00097-7)
- Fornós, M., Sanz-Fernández, S., Jiménez-Moreno, E., Carrión, D., Gasa, J., & Rodríguez-Estévez, V. (2022). The Feeding Behaviour Habits of Growing-Finishing Pigs and Its Effects on Growth Performance and Carcass Quality: A Review. In *Animals* (Vol. 12, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani12091128>
- Foury, A., Lebret, B., Chevillon, P., Vautier, A., Terlouw, C., & Mormède, P. (2011). Alternative rearing systems in pigs: Consequences on stress indicators at slaughter and meat quality. *Animal*, 5(10), 1620–1625. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000784>

- Geverink, N. A., De Jong, I. C., Lambooi, E., Blokhuis, H. J., & Wiegant, V. M. (1999). Influence of housing conditions on responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 79(3), 285–291. <https://doi.org/10.4141/A98-108>
- Hamilton, D. N., Ellis, M., Miller, K. D., McKeith, F. K., & Parrett, D. F. (2000). The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2862–2867. <https://doi.org/10.2527/2000.78112862x>
- Kaić, A., Kasap, A., Širić, I., & Mioč, B. (2020). Drip loss assessment by EZ and bag methods and their relationship with pH value and color in mutton. *Archives Animal Breeding*, 63(2), 277–281. <https://doi.org/10.5194/aab-63-277-2020>
- Kim, T. W., Kim, C. W., Kwon, S. G., Hwang, J. H., Park, D. H., Kang, D. G., Ha, J., Yang, M. R., Kim, S. W., & Kim, I. S. (2016). PH as analytical indicator for managing pork meat quality. *Sains Malaysiana*, 45(7), 1097–1103.
- Kim, Y. H. B., Warner, R. D., & Rosenvold, K. (2014). Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. *Animal Production Science*, 54(4), 375–395. <https://doi.org/10.1071/AN13329>
- Klont, R. E., Hulsege, B., Hoving-Bolink, A. H., Gerritzen, M. A., Kurt, E., Winkelman-Goedhart, H. A., De Jong, I. C., & Kranen, R. W. (2001). Relationships between behavioral and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing conditions. *Journal of Animal Science*, 79(11), 2835–2843. <https://doi.org/10.2527/2001.79112835x>
- Lane, W., Cb, C., & Swatland, H. J. (1989). *A Review of the Relationships of pH with Physical Aspects of Pork Quality Adductor muscle*. 24(1988), 85–126.
- Lebret, B., Meunier-Salaün, M. C., Foury, A., Mormède, P., Dransfield, E., & Dourmad, J. Y. (2006). Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *Journal of Animal Science*, 84(9), 2436–2447. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-689>
- Ludwiczak, A., Skrzypczak, E., Składanowska-Baryza, J., Stanisiz, M., Ślósarz, P., & Racewicz, P. (2021). How housing conditions determine the welfare of pigs. *Animals*, 11(12), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani11123484>
- Marć-Pieńkowska, J., Paulina, T., & Katarzyna, M. (2014). Poziom stresu wskaźnikiem dobrostanu zwierząt. *Wiadomości Zootechniczne*, 36–42.
- Martel, J., Minvielle, F., & Poste, L. M. (1988). Effects of Crossbreeding and Sex on Carcass Composition, Cooking Properties and Sensory Characteristics of Pork. *Journal of Animal Science*, 66(1), 41–46. <https://doi.org/10.2527/jas1988.66141x>
- Martínez-Miró, S., Tecles, F., Ramón, M., Escribano, D., Hernández, F., Madrid, J., Orengo, J., Martínez-Subiela, S., Manteca, X., & Cerón, J. J. (2016). Causes, consequences and biomarkers of stress in swine: An update. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0791-8>
- Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, 10(10), 1–24. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>
- Muchenje, V., & Ndou, S. P. (2011). How pig pre-slaughter welfare affects pork quality and the pig industry. *News and Industry Article, South African Pork Producers Organization (SAPPO), November 2011*, 1–44.
- O'Neill, D. J., Lynch, P. B., Troy, D. J., Buckley, D. J., & Kerry, J. P. (2003). Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat Science*, 64(2), 105–111. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00116-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00116-X)

- Patton, B. S., Huff-Loneragan, E., Honeyman, M. S., Kerr, B. J., & Lonergan, S. M. (2008). Effects of space allocation within a deep-bedded finishing system on pig growth performance, fatty acid composition and pork quality. *Animal*, 2(3), 471–478. <https://doi.org/10.1017/S1751731107001280>
- Rocha, L. M., Velarde, A., Dalmau, A., Saucier, L., & Faucitano, L. (2016). Can the monitoring of animal welfare parameters predict pork meat quality variation through the supply chain (from farm to slaughter)?1. *Journal of Animal Science*, 94(1), 359–376. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9176>
- Rosenvold, K., & Andersen, H. J. (2003). The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. *Meat Science*, 63(2), 199–209. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00071-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00071-2)
- Scott, K., Chennells, D. J., Campbell, F. M., Hunt, B., Armstrong, D., Taylor, L., Gill, B. P., & Edwards, S. A. (2006). The welfare of finishing pigs in two contrasting housing systems: Fully-slatted versus straw-bedded accommodation. *Livestock Science*, 103(1–2), 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.01.008>
- Seńcio, M., Diakun, J., Dolik, K., & Tomkiewicz, D. (2012). Ocena tekstury mięsa z wykorzystaniem środowiska Matlab. *Pomiary Automatyka Kontrola*, R. 58, nr(5), 480–483.
- Sieczkowska, H., Andrzejczuk, A., Zybert, A., Krzęcio-Nieczyporuk, E., Antosik, K., Tarczyński, K., & Koćwin-Podsiadła, M. (2017). Przydatność kryteriów diagnozujących klasy jakości mięsa wieprzowego do szacowania cech przydatności kulinarnej mięsa. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 13(3), 53–62.
- Sienkiewicz, J., & Lewandowska, D. (2012). CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA JAKOŚĆ MIĘSA WIEPRZOWEGO FACTORS EFFECTING QUALITY OF PORK MEAT. http://ptz.utp.edu.pl/streszczenia/H_Trzody.pdf.
- Smulders, D., Verbeke, G., Mormède, P., & Geers, R. (2006). Validation of a behavioral observation tool to assess pig welfare. *Physiology and Behavior*, 89(3), 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.07.002>
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Tandon, A., Dhir, A., Kaur, P., Kushwah, S., & Salo, J. (2020). Why do people buy organic food? The moderating role of environmental concerns and trust. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102247>
- Unruh, J. A., Friesen, K. G., Stuewe, S. R., Dunn, B. L., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., & Tokach, M. D. (1996). The Influence of Genotype, Sex, and Dietary Lysine on Pork Subprimal Cut Yields and Carcass Quality of Pigs Fed to Either 104 or 127 Kilograms. *Journal of Animal Science*, 74(6), 1274–1283. <https://doi.org/10.2527/1996.7461274x>
- Valous, N. A., Mendoza, F., Sun, D. W., & Allen, P. (2009). Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat Science*, 81(1), 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.009>
- Van Der Wal, P. G., Engel, B., & Reimert, H. G. M. (1999). The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. *Meat Science*, 53(2), 101–106. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00039-X)
- Warner, R. D. (2017). The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. In *Lawrie's Meat Science: Eighth Edition*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Adams, S. J. M., & Lowe, D. B. (1990). Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Science*, 28(4), 321–329. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(90\)90046-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(90)90046-9)
- Warriss, P. D., Brown, S. N., & Paściak, P. (2006). The colour of the adductor muscle as a

- predictor of pork quality in the loin. *Meat Science*, 73(4), 565–569.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.009>
- Weatherup, R. N., Beattie, V. E., Moss, B. W., Kilpatrick, D. J., & Walker, N. (1998). The effect of increasing slaughter weight on the production performance and meat quality of finishing pigs. *Animal Science*, 67(3), 591–600.
<https://doi.org/10.1017/S1357729800033038>
- Zielińska-tadych, M. (2021). *DOBROSTAN ŚWINI*.
- Zybert, A. (2021). The effect of straw based housing on selected quality attributes of pork – a meta-analysis. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 17(2), 1–12.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2584>

8 SPIS TABEL I RYCIN

8.1 TABELE

Tabela 1. Podział trzody na grupy w doświadczeniu 1, powierzchnia przypadająca na jedno zwierzę oraz liczba świń (n) w badanych grupach	14
Tabla 2. Podział trzody na grupy w doświadczeniu 2, powierzchnia przypadająca na jednego osobnika oraz liczba świń (n) w badanych grupach.....	15
Tabela 3. Liczba osobników (n), w grupie badawczej, dla których wykonano analizy laboratoryjne	16
Tabela 4: Średnia oraz istotność (p-value) wpływu grupy oraz płci na masę i przyrosty w trzech fazach tuczu	21
Tabela 5: Średnia oraz p-value wpływu grupy oraz płci na parametry laboratoryjne po 48 godzinach od uboju.....	22
Tabela 6: Średnia oraz p-value wpływu grupy oraz płci na parametry laboratoryjne po 72 godzinach od uboju.....	22
Tabela 7 Średnia oraz p-value wpływu grupy oraz płci na parametry laboratoryjne po 120 godzinach od uboju.....	23
Tabela 8. Wyniki parametrów laboratoryjnych świeżego mięsa	25
Tabela 9 Wyniki parametrów laboratoryjnych po 72 godzinach.....	25
Tabela 10 Wyniki parametrów laboratoryjnych po 120 godzinach od uboju.....	26

8.2 RYCINY

Ryc. 1. Ważenie próbki.....	17
Ryc. 2. Mierzenie pH.....	17
Ryc. 3. Próbki w łaźni wodnej	17
Ryc. 4. Wycięte próbki	18
Ryc. 5. Ostrze tnące w kształcie litery V	18
Ryc. 6. Grillowane próbki.....	19
Ryc. 7. Ostrze tnące o krawędzi w kształcie gilotyny	19
Ryc. 8 Wpływ zwiększenia powierzchni na osobnika na średnią masę w 2 fazie tuczu	23

Ryc. 9 Wpływ zwiększenia ilości miejsca na zwierzę na średnie przyrosty w 2 fazie tuczu.....	24
--	----