



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach

Patrycja Dobrzyńska

**OPRACOWANIE METODY POPRAWY JAKOŚCI ŻYWCA I
WYBRANYCH CECH UŻYTKOWYCH GĘSI**

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE METHOD OF IMPROVING THE
CARCASS QUALITY AND OTHER PERFORMANCE TRAITS IN GEESE

Rozprawa doktorska w dziedzinie nauk rolniczych

w dyscyplinie zootechnika i rybactwo

Doctoral dissertation in the field of agricultural sciences

in the discipline of animal science and fishery

Promotor:

Prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt

Promotor pomocniczy:

Dr inż. Łukasz Tomczyk

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Katedra Zarządzania Jakością i

Bezpieczeństwem Żywności

Poznań, 2025

Prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski
imię i nazwisko promotora

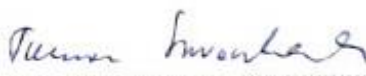
Dr inż. Łukasz Tomeczyk
imię i nazwisko promotora pomocniczego

Oświadczenie promotorów rozprawy doktorskiej

Oświadczam, że niniejsza rozprawa doktorska pt.: „OPRACOWANIE METODY POPRAWY JAKOŚCI ŻYWCA I WYBRANYCH CECH UŻYTKOWYCH GĘSI” została przygotowana pod naszym kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego.

Data 30.09.2025r.

Podpis promotora rozprawy


.....

Podpis pomocniczego rozprawy


.....

Patrycja Dobrzyńska
imię i nazwisko doktoranta

Oświadczenie autora rozprawy doktorskiej


Niniejszym oświadczam, że przedłożoną rozprawę doktorską pt.: „OPRACOWANIE METODY POPRAWY JAKOŚCI ŻYWCA I WYBRANYCH CECH UŻYTKOWYCH GĘSI” napisałam samodzielnie, tj.:

- nie zleciłam opracowania rozprawy lub jej części innym osobom,
- nie przepisałam rozprawy lub jej części z innych opracowań i prac związanych tematycznie z moją pracą,
- korzystałam jedynie z niezbędnych konsultacji,
- wszystkie elementy rozprawy, które zostały wykorzystane do jej realizacji (cytaty, ryciny, tabele, programy itp.), a nie będące mojego autorstwa, zostały odpowiednio zaznaczone wraz z podaniem źródła ich pochodzenia,
- rozprawa nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem stopnia naukowego.

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

Mam świadomość, że złożenie nieprawdziwego oświadczenia skutkować będzie niedopuszczeniem do dalszych czynności postępowania w sprawie nadania stopnia doktora lub cofnięciem decyzji o nadaniu mi stopnia doktora oraz wszczęciem postępowania dyscyplinarnego.

Data 30.09.2025r.


.....
podpis autora rozprawy

Pragnę serdecznie podziękować Panu prof. dr. hab. Tomaszowi Szwaczkowskiemu za cenne wskazówki, opiekę naukową wsparcie merytoryczne, a także motywację w trakcie realizacji niniejszej pracy.

Dziękuję także Promotorowi Pomocniczemu Dr. inż. Łukaszowi Tomczykowi oraz Opiekunowi Merytorycznemu dr. hab. Marcinowi Hejdyszowi za ich życzliwość, zaangażowanie i pomoc w rozwiązywaniu napotykanymi trudnościami badawczymi.

Szczególne podziękowania kieruję do Prezesa firmy Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. k. Pana Mariusza Szymkowiaka za możliwość realizacji badań w ramach prowadzonego projektu oraz za wsparcie organizacyjne jak i merytoryczne.

Panu Eugeniuszowi Piaskowskiemu pragnę podziękować za udostępnienie fermy oraz nieocenioną pomoc praktyczną podczas prowadzenia doświadczeń.

Dziękuję również Zespołowi Metod Hodowlanych Katedry Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt za wsparcie statystyczne, które w znacznym stopniu przyczyniło się do właściwej analizy wyników badań.

Na końcu, lecz z największą wdzięcznością dziękuję mojemu Mężowi Hubertowi Dobrzyńskiemu za cierpliwość, wyrozumiałość i wsparcie, bez których powstanie tej pracy nie byłoby możliwe.

Badania do niniejszej pracy realizowane były w ramach projektu:

**„OPRACOWANIE METODY POPRAWY JAKOŚCI ŻYWCA I
WYBRANYCH CECH UŻYTKOWYCH GĘSI”**

finansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach programu
Doktorat Wdrożeniowy – numer umowy DWD/5/0410/2021– realizowanego we
współpracy z Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. k.



Wykaz artykułów naukowych wchodzących w skład zbioru:

Rodzaj pracy	Opis bibliograficzny	Punktacja wg MEiN	Impact Factor
1 oryginalna praca twórcza	Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Hejdysz, M., Stangierski, T., Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. <i>Animal Science Papers and Reports</i> , 43 (3), 283-300. https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020	100 pkt	1,1
2 oryginalna praca twórcza	Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Stangierski, J., Hejdysz, M., Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. <i>Applied Sciences</i> , 15(15), 8230. https://doi.org/10.3390/app15158230	100 pkt	2,5

Spis treści

Streszczenie.....	5
Abstract.....	6
1. Wstęp.....	7
2. Wpływ dwóch alternatywnych sposobów żywienia na wzrost, wykorzystanie paszy i jakość mięsa mieszkańców gęsi.....	12
2.1. Wstęp.....	12
2.2. Materiał i metody.....	13
2.3. Wyniki i dyskusja.....	23
3. Kształtowanie jakości mięsa gęsięgo: rola genotypu oraz diety bezsojowej.....	29
3.1. Wstęp.....	29
3.2. Materiał i metody.....	30
3.3. Wyniki i dyskusja.....	33
4. Zmienność wybranych cech puchu gęsięgo.....	41
4.1. Wstęp.....	41
4.2. Materiał i Metody.....	43
4.3. Wyniki i dyskusja.....	44
4.4. Podsumowanie i wnioski.....	50
5. Analiza opłacalności produkcji mieszkańców gęsi.....	51
5.2. Materiał i metody.....	54
5.3. Wyniki i dyskusja.....	57
5.4. Podsumowanie i wnioski.....	65
6. Dyskusja ogólna.....	67
7. Podsumowanie i wnioski ogólne.....	74
8. Spis literatury.....	76
Publikacja 1.....	85
2 Publikacja.....	103
Oświadczenia współautorów.....	116

Streszczenie

Celem rozprawy było opracowanie innowacyjnej technologii produkcji gęsiny, łączącej aspekty genetyczne, żywieniowe i ekonomiczne, w odpowiedzi na rosnące wymagania rynku krajowego i zagranicznego. Badania skoncentrowano na ocenie mieszańców uzyskanych z przemiennej krzyżówki dwóch niemieckich linii mięsnych gęsi (Tapphorn i Eskildsen) oraz na zastosowaniu alternatywnych źródeł białka paszowego, takich jak łubin i bobik, w miejsce importowanej śruty sojowej. Założono że wprowadzenie takich rozwiązań umożliwi uzyskanie ciężkich ptaków (powyżej 7,0 kg w żywcu) poprawi jakość mięsa i pierza, a także zwiększy opłacalność produkcji w warunkach gospodarczych Polski.

Materiał badawczy obejmował 1250 jednodniowych piskląt gęsich utrzymywanych do 17. tygodnia życia w systemie grupowym i żywionych dwoma systemami żywienia: standardową opartą na śrucie sojowej (SBM) oraz alternatywną z udziałem krajowych roślin strączkowych (LPS). Analizy obejmowały: tempo wzrostu, wykorzystanie paszy, cechy rzeźne i jakość mięsa (pH, barwa, retencja wody, tekstura, walory sensoryczne), a także parametry jakości pierza i puchu (udział puchu, sprężystość, właściwości sensoryczne). Dodatkowo przeprowadzono ocenę efektywności ekonomicznej produkcji w zależności od wariantu żywienia i genotypu.

Uzyskane wyniki potwierdziły, że mieszańce TE (♂Tapphorn x ♀Eskildsen) charakteryzowały się większą masą ciała i tuszki niż ET, co wskazuje na znaczący efekt matczyny linii Tapphorn. Zastąpienie śruty sojowej lokalnymi źródłami białka pozwoliło na utrzymanie korzystnych parametrów jakości mięsa i pierza, a jednocześnie poprawiło profil kwasów tłuszczowych mięsa poprzez zwiększenie udziału PUFA. Sprężystość puchu i jego zawartość w tuszce spełniały wymagania rynku tekstylnego. Analiza ekonomiczna wykazała, że choć mieszanki LPS charakteryzowały się wyższym kosztem jednostkowym, mogą być konkurencyjne w segmencie produktów PTREMIUM (mięso bez GMO), oferując dodatkowe walory rynkowe.

Podsumowując, uzyskane wyniki potwierdzają możliwość wykorzystania efektu heterozji oraz krajowych komponentów białkowych w produkcji gęsiny. Rezultaty badań stanowią podstawę do wdrażania innowacyjnych rozwiązań w hodowli i żywieniu wspierających rozwój zrównoważonej produkcji gęsiny w Polsce i zwiększających jej konkurencyjność na rynkach światowych.

Abstract

The aim of this dissertation was to develop an innovative technology for goose meat production by integrating genetic, nutritional, and economic approaches in response to the increasing demands of domestic and international markets. The research focused on evaluating crossbreds obtained from reciprocal crossing of two German meat-type goose lines (Tapphorn and Eskildsen) and on the use of alternative protein sources such as lupin and faba bean instead of imported soybean meal. It was hypothesized that such solutions would allow the production of heavier carcasses, improve the quality of meat and feathers, and enhance production profitability under Polish farming conditions.

The experimental material consisted of 1250 one day old goslings reared until 17 weeks of age in group housing and fed with two dietary variants: a standard soybean meal-based diet (SBM) and an alternative diet containing domestic legumes (LPS). The analyses included growth performance, feed conversion, carcass traits, and meat quality (pH, color, water-holding capacity, texture, sensory attributes), as well as feather and down quality (down percentage, fill power, sensory properties). In addition, an economic evaluation of production efficiency was carried out depending on genotype and feeding system.

The results demonstrated that TE crossbreds ($\text{♂Tapphorn} \times \text{♀Eskildsen}$) exhibited higher body and carcass weights compared to ET, indicating a maternal effects of the Tapphorn line. Replacement of soybean meal with local protein sources maintained favorable meat and feather quality parameters while improving the fatty acid profile of meat by increasing PUFA content. Down elasticity and proportion in the carcass met the requirements of the textile industry. The economic analysis showed that although LPS diets were characterized by higher unit costs, they may be competitive in the premium market segment (non-GMO meat), offering additional marketing advantages.

In conclusion, the study confirmed the feasibility of applying heterosis and domestic protein sources in practical goose production. The findings provide a basis for implementing innovative solutions in breeding and nutrition that support the development of sustainable goose meat production in Poland and strengthen its competitiveness in international markets.

1. Wstęp

Gęś domowa (*Anser anser f. domestica*) od wielu stuleci zajmuje szczególne miejsce w polskiej tradycji hodowlanej, a krajowa gęsiną od dawna uchodzi za produkt wysokiej jakości ceniony zarówno na rynku krajowym, jak i zagranicznym. Współczesna produkcja drobiarska charakteryzuje się rosnącą potrzebą dywersyfikacji produktów, odpowiadającą zróżnicowanym wymaganiom rynków i konsumentów. Oczekuje się zarówno lekkich, łatwych w przygotowaniu tuszek przeznaczonych dla gospodarstw domowych, jak i cięższych gęsi dostosowanych do potrzeb rynku eksportowego czy gastronomii. Realizacja tych celów wymaga wdrażania innowacyjnych rozwiązań hodowlanych i żywieniowych, które pozwalają na lepsze dostosowanie produkcji do zmieniających się warunków gospodarczych i oczekiwań odbiorców.

Gatunek ten wywodzi się od dzikiej gęsi gęgawy (*Anser anser*), a w Azji Wschodniej również od gęsi łabędziosęj (*Anser cygnoides*). Ptaki te wyróżniają się wysoką zdolnością adaptacyjną do różnych warunków środowiskowych i charakterystycznym systemem trawiennym, który umożliwia efektywne wykorzystanie pasz objętościowych, w tym zielonek i ziaren zbóż (Buckland i Guy 2002). W porównaniu z kurami i indykami, gęsi cechują się wolniejszym tempem wzrostu, jednak ich mięso charakteryzuje się wyższą zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz korzystnym profilem mineralno-witaminowym, co zwiększa jego wartość odżywczą i prozdrowotną. Dodatkowo gęsi dostarczają cennego pierza i puchu, szeroko stosowanego w przemyśle tekstylnym i odzieżowym. Fakt, iż u ptaków tych okres nieśności przypada na miesiące styczeń – czerwiec, sprawia, że produkty pochodzenia gęsięgo (mięso, podroby, tłuszcz czy pierze), są ciężiej dostępne, zwłaszcza poza miesiącami ubojowymi.

Historia domestykacji gęsi domowej jest niezwykle daleka i sięga ponad 3000 lat p.n.e., kiedy w starożytnym Egipcie rozpoczęto chów gęsi jako jednych z pierwszych udomowionych ptaków wodnych (Honka i in., 2018). W basenie Morza Śródziemnego, zwłaszcza w Grecji i Rzymie, gęsi pełniły zarówno funkcję użytkową (mięso, pierze, tłuszcz), jak i symboliczną, tj. były zwierzętami sakralnymi i strażniczymi. W średniowiecznej Europie chów gęsi rozpowszechnił się dzięki ich zdolności do wykorzystania pasz objętościowych i wypasu na pastwiskach, co czyniło je ważnym elementem gospodarki wiejskiej. W Europie Środkowej, szczególnie w Polsce, Niemczech i na Węgrzech, rozwinięto tradycję intensywnego chowu gęsi, z czasem wyspecjalizowanego w kierunku produkcji mięsa i pierza (Honka i in., 2018).

W skali globalnej pogłowie gęsi szacuje się na około 370 mln, z czego ponad 90% przypada na Chiny, gdzie chów tych ptaków ma wielowiekową tradycję i silne znaczenie kulturowe (FAO, 2024). W Europie głównymi producentami są Polska, Węgry i Niemcy, a Polska utrzymuje wiodącą pozycję eksportera gęsiny, kierując większość produkcji na rynki

Wysoka jakość mięsa gęsiego, bogatego w kwasy tłuszczowe nienasycone oraz walory sensoryczne, sprawiają, że produkt ten cieszy się rosnącym zainteresowaniem konsumentów i jest postrzegany jako produkt luksusowy.

Strategie genetycznego doskonalenia populacji drobiu ukierunkowane są na poprawę przyrostów masy ciała, wydajności rzeźnej i jakości mięsa. W nowoczesnych programach hodowlanych (Neeteson i in., 2023) kluczowe jest tworzenie wyspecjalizowanych linii ojcowskich i matczyńskich oraz ocena zdolności kombinacyjnej ogólnej (*General Combining Ability* - GCA) odzwierciedlającej addytywne efekty genów linii rodzicielskich oraz specyficznej (*Specific Combining Ability* - SCA) wynikającej z efektów nieaddytywnych (tj. dominacja, epistaza) i ujawniającej się tylko w konkretnych parach linii. Dodatkowo należy uwzględniać efekty krzyżowania odwrotnego (*reciprocal effects*) - różnice między wariantami AxB i BxA, wskazujące na odrębne wpływy rodzicielskie (m.in. efekt matczyński lub ojcowski), które mogą modyfikować tempo wzrostu, współczynnik konwersji paszy FCR (*Feed Conversion Ratio*), cechy rzeźne i jakość mięsa. Taki schemat oceny (GCA/SCA/*reciprocal*) jest standardem w analizach krzyżowniczych (Van Arendonk i in., 2002).

W przypadku gęsi towarowych/mięsnych, istotne różnice między różnymi genotypami odnotowano w zakresie mikrostruktury mięśni, zawartości kolagenu czy tłuszczu śródmięśniowego co bezpośrednio wpływa na kruchość i smakowitość mięsa (Gumułka i in., 2009). Z kolei Huang i in. (2023) wykazali, że krzyżowanie wpływa nie tylko na tempo wzrostu i masę ciała, lecz także na cechy jakościowe mięsa, takie jak barwa, pH i profil kwasów tłuszczowych. Na marginesie warto zwrócić uwagę, że pojęcie genotypu w hodowli nie jest tożsame z terminem używanym w genetyce mendlowskiej. W programach genetycznego doskonalenia populacji, kategoria genotyp jest znacznie szersza w porównaniu z jej klasycznym rozumieniem (jako zestawu genów i alleli unikalnymi dla poszczególnych osobników). Genotypem jest wówczas określana grupa osobników podobnych genetycznie, niekoniecznie blisko spokrewnionych (Johannsen, 1911; Cahan, 2004; Ezeokeke i in., 2019). Taka formuła jest używana również w tej dysertacji.

Drugim istotnym elementem kształtującym efektywność produkcji i jakość mięsa gęsiego jest żywienie. Śruta sojowa od wielu lat stanowi podstawowy komponent białkowy w mieszankach paszowych ze względu na korzystny skład aminokwasowy i wysoką strawność

(Zhenming et al., 2021). Jednakże jej wysoka cena, zależność od importu oraz kwestie związane z wykorzystaniem surowców GMO sprawiają, że poszukuje się lokalnych alternatyw (Biesek et al., 2020; Fu et al., 2021). W ostatnich latach szczególną rolę zaczyna ogrywać łubin żółty (*Lupinus luteus*), charakteryzujący się wysoką zawartością białka (nawet 40%) oraz korzystnym profilem aminokwasów, a także obniżonym poziomem substancji antyżywniowych w nowoczesnych odmianach (Kaczmarek i in., 2014; Tesarowicz i in., 2022).

Wyniki badań wskazują, że zastąpienie soi białkiem roślin strączkowych może korzystnie wpływać na jakość mięsa drobiowego. U gęsi karmionych paszami z dodatkiem łubinu obserwowano m.in. wyższą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), obniżenie poziomu tłuszczu całkowitego oraz korzystne zmiany w składzie mineralnym mięsa (Biesek i in., 2020; Kuźniacka i in., 2020). Ponadto żywienie roślinami strączkowymi może poprawiać parametry technologiczne mięsa, takie jak zdolność wiązania wody czy soczystość (Haraf i in., 2014; Uhlířová i in., 2018).

Jakość mięsa jest złożoną cechą determinowaną zarówno przez czynniki genetyczne, jak i środowiskowe. Do kluczowych wskaźników zalicza się barwę, pH, zdolność wiązania wody, kruchość oraz walory sensoryczne, które wprost przekładają się na decyzje zakupowe konsumentów (Adamski i in., 2014; Haraf i in., 2023). Z badań Zhang i in. (2019) wynika, że zdolność mięśni do utrzymania wody w dużej mierze zależy od struktury białek mięśniowych i procesów metabolicznych zachodzących po uboju, a różnice w tych parametrach mogą być kształtowane zarówno przez genotyp, jak i rodzaj stosowanej diety. Wang i in. (2024) podkreślają natomiast rolę czynników genetycznych, wskazując na identyfikację polimorfizmów w genach związanych z regulacją pH mięsa gęsiego, które mogą determinować jego jakość technologiczną.

Odrębnym, ale niezwykle istotnym elementem produkcji gęskiej jest jakość pierza i puchu, które stanowią wartościowy surowiec użytkowy. Pod względem produkcji pierza i puchu gęsiego, Polska zajmuje trzecie miejsce w świecie - po Rosji oraz Chinach (Herbut, 2018). Na rynku międzynarodowym docenia się je ze względu na właściwości izolacyjne, sprężystość oraz trwałość. Rezultaty badań wskazują, że parametry te zależą od wielu czynników, w tym genotypu, wieku, żywienia i warunków utrzymania ptaków (Shu i in., 2023). Leeson (2021) zwraca uwagę, że dieta bogata w odpowiednie aminokwasy i mikroelementy wspiera proces keratynizacji piór, a tym samym poprawia ich jakość. Jenni i in. (2020) oraz Alshamy i in. (2018) wykazali, że warunki środowiskowe i metabolizm ptaków podczas intensywnego pierzenia wpływają na strukturę i właściwości puchu. Gvoždíková Javůrková i

in. (2023) podkreślają dodatkowo znaczenie dobrostanu zwierząt, wskazując, że stres środowiskowy może obniżać sprężystość i jednorodność pierza, co przekłada się na jego wartość handlową.

Produkcja gęsiny, mimo wysokiej jakości uzyskiwanego mięsa i pierza, wiąże się z istotnymi kosztami, z których największy udział stanowi żywienie. Analizy ekonomiczne wskazują, że koszty paszy mogą sięgać nawet 60 -70% całkowitych nakładów w chowie drobiu (Moise i in., 2024). Z tego względu wprowadzenie lokalnych źródeł białka, takich jak łubin, może przyczynić się nie tylko do poprawy zrównoważenia produkcji, ale również do redukcji kosztów zależnych od importu soi. Równocześnie istotny jest sezonowy charakter popytu na mięso gęsie. W Polsce i Europie Zachodniej największe zapotrzebowanie notowane jest okresie jesienno-zimowym, zwłaszcza w okolicach Bożego Narodzenia. Produkcja ukierunkowana na ten okres wymaga odpowiedniego dostosowania technologii, w tym wydłużenia okresu reprodukcji czy możliwości przechowywania jaj, aby zapewnić dostępność żywych piskląt i surowca do tuczu w późniejszych miesiącach roku.

W ocenie opłacalności produkcji gęsi coraz większe znaczenie zyskują parametry takie jak Europejski Wskaźnik Wydajności (EWW), które umożliwiają kompleksową analizę przyrostów, zużycia paszy oraz kosztów jednostkowych. Jak zauważają Khan i in. (2024), wdrożenie alternatywnych źródeł białka w żywieniu zwierząt może istotnie poprawić ekonomikę produkcji w długim okresie, pod warunkiem optymalizacji składu mieszanek paszowych i dostosowania technologii chowu.

Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. k. w Gorzowie Wielkopolskim należy do największych producentów i eksporterów gęsiny w Polsce, od wielu lat specjalizując się m. in. w organizacji systemu kontraktacyjnego z gospodarstwami rolnymi. Produkcja przedsiębiorstwa jest w znacznej części ukierunkowana na rynki zagraniczne, zwłaszcza niemiecki i duński, gdzie szczególnie poszukiwane są tuszki ciężkie, o masie ciała powyżej 7 kg w żywcu. Uzyskanie takiej masy w obecnie użytkowanych liniach krajowych jest utrudnione i z perspektywy rolnika, mało opłacalne, co stwarza potrzebę opracowania nowych rozwiązań hodowlanych i żywieniowych.

Wobec powyższego zasadniczym celem badań było opracowanie innowacyjnej technologii produkcji gęsiny opartej na utworzeniu nowej populacji gęsi rzeźnych, uzyskanej w wyniku naprzemiennego krzyżowania dwóch linii niemieckich, dotychczas niewykorzystywanych w krajowych programach hodowlanych. Zakładano, że nowa populacja będzie charakteryzowała się: ubojową masą ciała przekraczającą 7,0 kg, zawartością białka w mięśniu piersiowym nie niższą niż 21%, zawartością tłuszczu surowego w mięśniu piersiowym

nieprzekraczającą 3%, korzystnym stosunkiem kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych na poziomie 7:3, a także wysoką jakością pierza i puchu, wyrażającą się zawartością co najmniej 150 g puchu na sztukę i sprężystością nie niższą niż 750 cui. Integralnym elementem badań była ponadto optymalizacja żywienia poprzez wykorzystanie krajowych źródeł białka roślinnego, co miało sprzyjać poprawie efektywności ekonomicznej i stabilności produkcji, przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego wpływu na środowisko. Na potrzeby realizacji pracy przyjęto następujące hipotezy badawcze.

1. Specyficzne kombinacje dwóch linii rodzicielskich różnią się wynikami produkcyjnymi i jakością produktów: warianty krzyżowania wykażą istotne różnice w tempie wzrostu, FCR, ubojowej masie ciała oraz wybranych cechach jakości mięsa i pierza/puchu.
2. Przygotowanie pełnoporcjowych mieszanek paszowych w oparciu o krajowe źródła białka roślinnego jest możliwe bez pogorszenia wartości odżywczej i technologicznej mięsa gęsiego;
3. Zastosowanie zaproponowanych rozwiązań hodowlanych i żywieniowych przyczyni się do zwiększenia efektywności ekonomicznej produkcji gęsiny.

Rozprawa została opracowana w formie sześciu powiązanych rozdziałów. Po wstępie (rozdział I) zaprezentowano zagadnienia związane z użytkowością mieszańców gęsich (wyniki dotyczące tempa wzrostu i wartości rzeźnej) jak również skład mięsa. Następny rozdział dotyczy jakości mięsa i czynników kształtujących jego profil chemiczny. Kolejna część pracy obejmuje analizy jakości pierza i puchu, natomiast w piątym rozdziale przedstawiono wyniki oceny opłacalności produkcji w oparciu o przeprowadzone doświadczenia. Każdy z powyższych rozdziałów ma układ typowy dla oryginalnej pracy twórczej - obejmuje wstęp, materiał i metody, wyniki wraz z dyskusją oraz krótkie podsumowanie. Dysertację kończy dyskusja ogólna oraz podsumowanie i wnioski.

2. Wpływ dwóch alternatywnych sposobów żywienia na wzrost, wykorzystanie paszy i jakość mięsa mieszańców gęsi.

Publikacja 1 - Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Hejdysz, M., Stangierski, T., Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3) 283-300. <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>

2.1. Wstęp

Krzyżowanie, obok selekcji, jest jedną z najważniejszych metod genetycznego doskonalenia populacji, w tym stad drobiu. Jak już wspomniano, jednym z najważniejszych celów krzyżowania jest uzyskanie efektu heterozji, wielokrotnie udokumentowanej w badaniach nad kaczkami i gęsiami. Pozwala uzyskać mieszańce o wyższej masie ciała, lepszym wykorzystaniu paszy i korzystniejszym składzie tuszki w porównaniu z liniami rodzicielskimi (Rouvier i in., 1992; Tai i Rouvier, 1998; Szwaczkowski i in., 2007). Istotną rolę odgrywa przy tym kierunek krzyżowania, który może determinować wyniki ze względu na efekty matczyne i związane z nimi różnice w tempie wzrostu czy składzie mięsa (Saleh i in., 2020; Fulla, 2022).

Równolegle coraz większe znaczenie w produkcji gęsiny przypisuje się poszukiwaniu alternatywnych źródeł białka paszowego. Standardowo w mieszankach dominuje śruta sojowa. Jednak jej wysoka cena i zależność od importu skłaniają do wprowadzania komponentów lokalnych, takich jak nasiona łubinu żółtego czy śruta rzepakowa (Biesek i in., 2020; Fu i in., 2021). Nowoczesne odmiany łubinu charakteryzują się wysoką zawartością białka i niskim poziomem substancji antyżywniowych, co czyni je realną alternatywą dla soi (Kaczmarek i in., 2014; Tesarowicz i in., 2022). Badania wskazują, że zastosowanie roślin strączkowych w żywieniu gęsi może nie tylko ograniczyć koszty, ale również wpłynąć na skład chemiczny mięsa, w tym zwiększenie udziału kwasów PUFA (Kuźniacka i in., 2020; Haraf, 2014).

W świetle powyższego, celem tego etapu badań była ocena wpływu dwóch czynników - genotypu (Eskildsen x Tapphorn w układzie naprzemiennym) oraz rodzaju diety (soja vs. lokalne źródła białka) - na tempo wzrostu, wykorzystanie paszy i wybrane cechy jakości mięsa gęsi. Przeprowadzono również ocenę interakcji genotyp x dieta, co jest szczególnie ważne w poprawnej rekomendacji danej grupy ptaków (zestawu „hodowlano-żywniowego”) do praktyki.

2.2. Materiał i metody

2.2.1. Opis materiału

Do realizacji niniejszego badania zakupiono 1250 jednodniowych piskląt gęsi w proporcji płci 1:1 z dwóch niemieckich linii mięsnych: Tapphorn (625 osobników) i Eskildsen (625 osobników), wywodzących się z intensywnych systemów produkcyjnych, ukierunkowanych na osiągnięcie dużej masy ciała oraz efektywność rzeźną. Linie te różnią się m.in. tempem wzrostu, budową ciała, pokrojem oraz cechami metabolicznymi, a co za tym idzie pulą genową.

Linia Tapphorn została pierwotnie utworzona w oparciu o sztuczną inseminację z udziałem kilku ciężkich ras gęsi, m.in. lipickiej, duńskiej oraz tuluskiej, co nadało jej duży potencjał wzrostowy i dobrze rozwiniętą masę mięśniową. Dorosłe osobniki osiągają masę ciała na poziomie ok. 6,8 kg w 16. tygodniu życia. Osobniki tej linii ta cechuje się silnym umięśnieniem części piersiowej oraz długim tułowiem.

Linia Eskildsen pochodzi natomiast z krzyżowania ciężkiego typu gęsi niemieckich, głównie Dithmarscher i gęsi saksońskich. Linia ta była selekcjonowana pod kątem wysokiej wydajności rzeźnej oraz efektywnego wykorzystania paszy. Ptaki charakteryzują się mocnym kośćcem, szeroką klatką piersiową i dobrze umięśnioną tuszką. To sprawia, że linia jest użytkowana w intensywnych systemach produkcji, a jej materiał genetyczny wykorzystywany jest w programach genetycznego doskonalenia, nie tylko w Niemczech i lecz także w innych krajach.

2.2.2. Schemat krzyżowania

Przed utworzeniem grup doświadczalnych, w każdy poniedziałek po kontroli masy ciała wszystkich osobników w stadzie, prowadzono systematyczne brakowanie zdrowotne i użytkowe. Odrzucano osobniki odbiegające od standardu pod względem masy ciała (zarówno zbyt lekkie, jak i zbyt ciężkie), wykazujące wady pokroju (np. skrócony lub zdeformowany dziób, słabo rozwiniętą pierś), objawy słabego wigoru, chorób lub zahamowanego rozwoju. Celem tego etapu było uzyskanie wyrównanej, zdrowej populacji bazowej przed podziałem na grupy doświadczalne. W celu ujednolicenia materiału wyjściowego przeprowadzono również selekcję stabilizującą masy ciała ptaków, tj. ptaki o skrajnych wartościach masy ciała były odrzucane od stada. Po okresie odchowu (28 tygodni) ptaki przeseksowano, a następnie poddano szczegółowej ocenie zdrowotnej oraz fenotypowej. Do doświadczenia wybrano samce oraz samice mieszczące się środkowej granicy masy ciała (samce 9,00-10,50 kg; samice 6,5 kg - 8,0 kg). Ponadto dokonano selekcji na podstawie:

- behawioru – osobniki bardzo agresywne brakowano ze stada;
- pokroju: osobniki o nieprawidłowościach w budowie ciała także nie wybierano do kolejnego etapu projektu.

Na podstawie przyjętych kryteriów wytypowano po 128 samic oraz 32 samce z każdej linii do krzyżowania, stosując układ naprzemienny: ♂Tapphorn x ♀Eskildsen (TE) oraz ♂Eskildsen x ♀T Tapphorn (ET). Utworzony materiał mieszańców stanowił podstawę dalszych analiz w ramach późniejszego doświadczenia produkcyjnego (tj. uzyskanie mieszańca żywionego paszą opartą na krajowych źródłach białka).

2.2.3. Warunki prowadzenia doświadczenia krzyżowniczego

Realizacja niniejszych badań była możliwa dzięki finansowaniu w ramach działania WSPÓŁPRACA Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020 (projekt nr DDD.6509.00065.2019.04), którego celem było przeprowadzenie projektu badawczo-inwestycyjnego ukierunkowanego na opracowanie innowacji produktowej i procesowej, obejmującej stworzenie nowego typu gęsi mięsnej oraz technologii jej żywienia, umożliwiającej skrócenie czasu osiągania masy rzeźnej przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości surowca. Ptaki stad rodzicielskich (Tapphorn i Eskildsen) były utrzymywane przez cały okres trwania doświadczenia w zmodernizowanym ze środków projektowych budynku gospodarczym mieszczącym się w miejscowości Mały Klincz (woj. pomorskie)

W celu realizacji doświadczenia niezbędne było przeprowadzenie modernizacji gospodarstwa, w którym utrzymywano stado rodzicielskie gęsi wykorzystywane w doświadczeniu. Modernizację przeprowadzono w gospodarstwie zlokalizowanym w Małym Klinczu, gdzie przez cały okres realizacji projektu utrzymywano stado rodzicielskie liczące łącznie 160 ptaków (128 samic i 32 samce).

Stan techniczny obiektu przed modernizacją nie pozwalał na spełnienie wymogów doświadczenia, szczególnie w zakresie pełnej separacji grup reprodukcyjnych, kontroli pokrewieństwa oraz zapewnienia każdej z nich indywidualnego, równoważnego dostępu do własnej przestrzeni zewnętrznej. Brak odrębnych wybiegów uniemożliwiłby zachowanie integralności grup i realizację założeń eksperymentu.

Równolegle prowadzono program profilaktyki zdrowotnej zgodny z praktyką weterynaryjną: pisklęta w pierwszej dobie życia szczepiono preparatem Deparvax przeciwko chorobie Derzsy’ego, w 14. dniu życia powtarzano szczepienie, a w 9. tygodniu podawano autoszczepionkę obejmującą wybrane jednostki chorobowe. Dodatkowo, przed rozpoczęciem

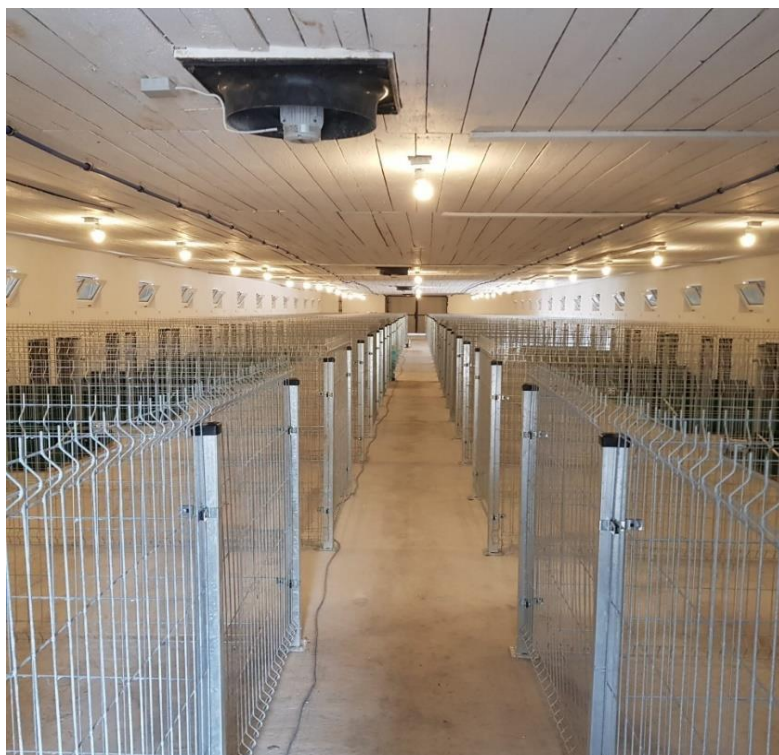
okresu nieśności gęsi były dwukrotnie doszczepiane preparatem Deparvax w celu utrzymania odporności stada. W ramach inwestycji przeprowadzono szereg prac adaptacyjnych, umożliwiających:

- podział stada na grupy o układzie 1 ♂ : 4 ♀ (tj. 5 ptaków/grupę),
- wyodrębnienie i oznaczenie indywidualnych kojców dla każdej grupy (wraz z numeracją i dokumentacją obsady),
- montaż systemu ogrodzeń zewnętrznych (wybiegi z dostępem dziennym),
- poprawę warunków zoohigienicznych i bioasekuracyjnych w budynku.

Modernizacja była koniecznym warunkiem przeprowadzenia doświadczenia, ponieważ umożliwiła właściwe prowadzenie krzyżowania ptaków i zapewnienie powtarzalnych warunków środowiskowych. Dla pełnej transparentności załączono dokumentację fotograficzną przedstawiającą stan budynku po modernizacji (Ryc. 1-3).



Ryc. 1. Wnętrze głównego budynku inwentarskiego w gospodarstwie w Małym Klinczu przed przeprowadzeniem modernizacji i dostosowaniem do potrzeb doświadczenia badawczego. (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).



Ryc. 2. Wnętrze głównego budynku inwentarskiego w gospodarstwie w Małym Klinczu po przeprowadzeniu modernizacji i dostosowaniu do potrzeb doświadczenia badawczego. (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).



Ryc. 3. Zewnętrzna część głównego budynku inwentarskiego, wraz z wybiegami zewnętrznymi w gospodarstwie w Małym Klinczu po przeprowadzeniu modernizacji i dostosowaniu do potrzeb doświadczenia badawczego. (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).

2.2.4. Przebieg doświadczenia towarowego

Operacja została podzielona na kilka faz, z których w każdej realizowano odrębne cele badawcze i technologiczne, jednocześnie wpisując się w ogólny harmonogram działań zaplanowany na lata 2020-2024.

2.2.4.1. Odchów

Wstawienie 360 gęsi mieszańców TE (180 osobników) i ET (180 osobników) w proporcji płci 1:1 do Zakładu Doświadczalnego Żywienia Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w Gorzynie miało miejsce 17 czerwca 2023 roku (Ryc. 4-5).

W doświadczeniu zastosowano system grupowego odchovu gęsi z uwzględnieniem kontroli proporcji płci oraz dostępu do wybiegów zewnętrznych na późniejszym etapie odchovu (od 5 tygodnia życia).

W pierwszym etapie doświadczenia, obejmującym okres do 4. tygodnia życia (faza starter), gęsi utrzymywane były w budynku inwentarskim, w oddzielnych kojcach, gdzie ściółkę stanowiły trociny. Każdy kojec zasiedlany był przez 6 ptaków (3 samce i 3 samice). Ponadto, każdy ptak był oznakowany kolczykiem z numerem, przez cały okres odchovu. Łącznie w tej fazie utrzymywano 360 osobników, co odpowiadało 60 kojcom po 6 ptaków. Po czterech tygodniach odchovu stado zostało podzielone na dwie części. Losowo wybrano 120 ptaków, które pozostały w Zakładzie Doświadczalnym w Gorzynie, natomiast kolejne 120 osobników przewieziono do fermy w Małym Klinczu, gdzie utrzymywano także stado reprodukcyjne. Od 5. do 17. tygodnia życia gęsi były odchowywane w tych dwóch lokalizacjach.

W drugim etapie odchovu (od 5. tygodnia życia) wszystkie grupy zostały przeniesione do kojców z dostępem do wybiegów zewnętrznych (ryc. 6-8), co umożliwiło ptakom przebywanie na świeżym powietrzu oraz realizację naturalnych zachowań. Utrzymano podział na grupy 6-osobnikowe o identycznym składzie jak w pierwszym etapie. Każda grupa miała zapewnioną odpowiednią powierzchnię bytową w budynku, i na wybiegu zgodnie z obowiązującymi normami dobrostanu określonymi w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 czerwca 2010 r. w sprawie minimalnych warunków utrzymywania gatunków zwierząt gospodarskich, które obejmuje wymagania dla gęsi jako gatunku drobiu (Dz. U. 2010 nr 116, poz. 778).



Ryc. 4. Jednodniowe pisklęta gęsie z grup doświadczalnych (TE i ET) w Zakładzie Doświadczalnym Żywienia Zwierząt w Gorzynie, tuż po wstawieniu do budynku odchowalni. (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska)



Ryc. 5. Jednodniowe pisklęta gęsi z grup doświadczalnych (TE i ET) w podziale na grupy żywieniowe (LPS i SBM) w Zakładzie Doświadczalnym Żywienia Zwierząt w Gorzynie, po wstawieniu do budynku odchowalni. (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska)



Ryc. 6. Mieszkańce gęsi (TE i ET) na wybiegach zewnętrznych w wieku 7 tygodni w gospodarstwie w Małym Klinczu (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).



Ryc. 7. Odpoczywające mieszkańce gęsi (TE i ET) w pomieszczeniu inwentarskim w wieku 7 tygodni w gospodarstwie w Małym Klinczu (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).



Ryc. 7. Mieszańce gęsi TE żywione mieszanką LPS w pomieszczeniu inwentarskim w wieku 16 tygodni w gospodarstwie w Małym Klinczu (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).

2.2.4.2. Doświadczenie żywieniowe

W doświadczeniu zastosowano dwa warianty żywieniowe różniące się głównym źródłem białka paszowego:

- Dieta SBM – oparta na poekstrakcyjnej śrucie sojowej
- Dieta LPS – oparta na całych nasionach łubinu żółtego i bobiku

Ptaki losowo dobrano do grup żywieniowych. W obu grupach zastosowano identyczny schemat programu żywienia dostosowany do wieku ptaków:

- 0–4 tydzień życia – gęsi otrzymywały mieszankę typu starter, o wyższej zawartości białka ogólnego i energii metabolicznej, co zapewniało intensywny wzrost młodych ptaków.
- 5–17 tydzień życia – stosowano mieszankę typu grower, odpowiednio zbilansowaną dla dalszego wzrostu i rozwoju. W tym okresie ptaki otrzymywały także świeżą zielonkę (mieszanka traw), która stanowiła cenne źródło włókna surowego i naturalnych przeciwutleniaczy. Dziennie podawano 1kg. zielonki/osobnika.

- od 9. tygodnia życia rozpoczęto stopniowe wprowadzanie owsa do dawki pokarmowej poprzez połączenie go z mieszanką grower. Celem było przyzwyczajenie ptaków do żywienia owsianego, a w konsekwencji poprawa jakości mięsa w końcowej fazie tuczu. Gęsi były żywione owsem w proporcji 1:1 mieszanka grower - owies.
- na 3 tygodnie przed planowanym ubojem całkowicie zrezygnowano z podawania zielonki, aby ograniczyć wpływ włókna i składników zielonki na smak, teksturę oraz inne cechy jakości tuszek.

Zarówno mieszanka starter jak i grower zostały zbilansowane osobno dla każdej grupy, w zależności od zastosowanego źródła białka, aby zapewnić porównywalne wartości energetyczno-białkowe. Dokładny skład mieszanek zaprezentowano w tabeli 1.

2.2.5. Skład chemiczny mięsa

Analizę chemiczną mięsa przeprowadzono na próbkach mięśnia piersiowego bez skóry, które po uboju były zamrażane i przechowywane w temperaturze -22°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) do momentu oznaczeń. Oznaczono:

- zawartość białka ($\text{N} \times 6,25$),
- tłuszczu ogółem (wg ISO 1443:1973),
- wody (wg PN-ISO 1442:2000),
- popiołu (wg PN-ISO 936:2000),
- węglowodanów i soli ($\text{Na} \times 2,5$),
- wartość energetyczną (wg rozporządzenia (UE) 1169/2011).

2.2.6. Profil kwasów tłuszczowych

Ekstrakcję tłuszczu wykonano metodą Folcha, a oznaczenia wykonano chromatografią gazową (GC) zgodnie z normami ISO 12966. Zidentyfikowano udział:

- nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA),
- jednonienasyconych (MUFA),
- wielonienasyconych (PUFA),
- kwasów omega-3 i omega-6 (w tym EPA, DPA, DHA), a także stosunek n-6:n-3.

Tabela 1. Skład oraz wartości odżywcze mieszanek paszowych dla gęsi w wieku 0-17 tygodni życia.

Skład mieszanki %	GRUPA ŻYWIENIOWA			
	SMB Starter	SBM Grower	LPS Starter	LPS Grower
Poekstrakcyjna śruta sojowa, 44%	17.5	9.8	-	
Łubin żółty, 37%			13.5	8.0
Bobik			14	10.0
Kukurydza, 9.5%	24	26.06	23.1	27.0
Pszonczyto	21.17	25.0	14	22.0
Pszemica	20	26.0	17	21.0
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa, 33.7%	11	9.5	11	8.0
Olej sojowy	2.6	0.6	3.1	0.8
Premix ²	1	1.0	1	1.0
Fosforan monowapniowy	0.98	0.84	0.73	1.0
Kreda pastewna	0.8	0.42	1.22	0.39
NaHCO ₃	0.43	0.36	0.43	0.32
Sól pastewna	0.06	0.11	0.04	0.14
L-lizyna	0.24	0.06	0.31	
DL-metionina	0.11	0.08	0.18	0.13
L-treonina	0.11	0.08	0.17	0.12
Wartość odżywcza				
Energia metaboliczna (ME), MJ/kg	11.79	11.79	11.76	11.77
Białko surowe, %	19	19.0	19	19.0
Wapń, %	1	1.0	1	1.0
Fosfor przyswajalny, %	0.4	0.4	0.4	0.4
Lizyna, %	1.1	1.1	0.97	0.69
Metionina, %	0.4	0.4	0.4	0.35
Walina, %	0.75	0.75	0.75	0.75
Treonina, %	0.81	0.81	0.81	0.66
Na, %	0.16	0.16	0.16	0.16
Cl, %	0.14	0.14	0.14	0.14

2.2.7. Analiza statystyczna

Analizę rozpoczęto od weryfikacji zgodności empirycznego rozkładu cech z rozkładem normalnym, przy pomocy testu Shapiro–Wilka oraz sprawdzenia jednorodności wariancji obiektowych testem Levene’a. W przypadku niespełnienia założeń normalności lub homogeniczności wariancji, zastosowano transformację Boxa-Coxa w celu stabilizacji wariancji i aproksymacji rozkładu empirycznego do rozkładu normalnego. Dla zmiennych, które nie spełniały założeń analizy parametrycznej, przeprowadzono analizy nieparametryczne z wykorzystaniem testu Kruskala–Wallisa, a następnie testu post-hoc Dunna. Natomiast kiedy powyższe założenia były spełnione stosowano klasyczną dwuczynnikową analizę wariancji. W przypadku istotnych efektów głównych lub interakcji, porównań średnich dokonywano przy użyciu testu post-hoc Tukeya (HSD).

Model liniowy przyjął następującą postać:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + D_j + (GD)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

gdzie:

- y_{ijk} – wartość cechy dla k-tej obserwacji z grupy i-tego genotypu i j-tego typu diety,
- μ – średnia ogólna,
- G_i – efekt stały i-tego genotypu,
- D_j – efekt stały j-tej systemu żywienia,
- $(GD)_{ij}$ – efekt stały interakcji genotyp \times system żywienia,
- ε_{ijk} – błąd losowy.

Poziom istotności statystycznej ustalono na $p < 0,05$.

Wszystkie obliczenia wykonano przy użyciu pakietu R (R Core Team, 2025).

2.3. Wyniki i dyskusja

W początkowym okresie odchowu (0–28 dni) odnotowano istotne różnice w przyroście masy ciała (tabela 2). Najwyższe wartości BWG uzyskały gęsi TE karmione dietą opartą na śrucie sojowej (2,36 kg), natomiast najniższe ET LPS (2,14 kg). Wynik ten wskazuje na wyraźną interakcję genotyp \times system żywienia, co może potwierdzać hipotezę, że alternatywne źródła białka są gorzej wykorzystywane we wczesnym etapie rozwoju, zwłaszcza u mieszańców u których matkami były samice Eskildsen (Ravindran, 2013). W literaturze podkreśla się, że dostępność aminokwasów w ziarnach łubinu jest niższa niż w soi, co początkowo ogranicza tempo wzrostu (Kaczmarek i in., 2014). Jednak w kolejnych tygodniach (29–119 dni) różnice między grupami zmniejszały się, co sugeruje zdolność adaptacji ptaków do alternatywnych komponentów paszowych. Podobne efekty adaptacyjne obserwowano u świń i drobiu karmionych bobikiem czy łubinem (Biesek i in., 2020; Kuźniacka i in., 2020; Fu i in., 2021). Łączne przyrosty masy ciała (BWG 0–119) były zbliżone we wszystkich grupach (6,87–7,01 kg), co wskazuje, że zastąpienie soi mieszanką łubinu i śruty rzepakowej nie obniżyło końcowego potencjału wzrostowego mieszańców. Należy podkreślić, że wartości współczynników zmienności (CV) dla wskaźników produkcyjnych mieściły się przeważnie w granicach 7–10%, co potwierdza dobre wyrównanie grup i rzetelność uzyskanych wyników.

Wskaźnik wykorzystania paszy (FCR) w pierwszym okresie wynosił średnio 1,7 i nie różnił się między grupami. Jednak w późniejszym etapie (29–119 dni) gęsi karmione dietą LPS miały wyraźnie wyższe wartości FCR (2,77 vs. 2,41), co świadczy o gorszej efektywności

wykorzystania paszy. Taki efekt obserwowano również u Gęsi Białej Kołudzkiej, gdzie włączenie roślin strączkowych zwiększało pobranie paszy, lecz nie zawsze przekładało się na lepsze przyrosty (Kuźniacka i in., 2020). Skumulowane pobranie paszy w grupach LPS było średnio o 1,5-2 kg wyższe niż w SBM, co sugeruje kompensacyjne mechanizmy żywieniowe. Z punktu widzenia praktyki hodowlanej oznacza to, że chociaż sposób żywienia z udziałem łubinu jest korzystne żywieniowo i może wpływać pozytywnie na jakość mięsa, może także wiązać się z wyższymi kosztami paszy.

Masa tuszki była największa w grupie TE SBM (4591 g.) i najmniejsza w TE LPS (4354 g.). Wyniki te wskazują na znaczący efekt matczyzny, gdyż potomstwo samic Tapphorn charakteryzowało się wyższą końcową masą ciała, co potwierdzają wcześniejsze obserwacje dotyczące istotnej roli efektów matczyńskich u ptaków (Rouvier i in., 1992; Fulla, 2022). Efekt ten może wynikać zarówno z czynników genetycznych, jak i różnic w jakości jaj czy zasobów odżywczych w żółtku (Saleh i in., 2020). Według Wilsona (1991) oraz Lilburn (1998) większe jaja typowe dla cięższych linii dostarczają pisklętom większej ilości rezerw tłuszczowych i białkowych, co przekłada się na wyższą masę w momencie wylęgu oraz szybszy wzrost w początkowym okresie życia. Oprócz zasobów energetycznych, istotne znaczenie ma także profil kwasów tłuszczowych, witamin i mikroelementów w żółtku, które wspierają metabolizm i rozwój układu odpornościowego młodych ptaków (Noble i Cocchi, 1990). Ważnym elementem są również przekazywane do jaj immunoglobuliny (IgY) oraz hormony matczyne, w tym androgeny i glikokortykoidy, które mogą programować tempo wzrostu i cechy behawioralne potomstwa (Groothuis et al., 2005; Williams, 2012). Wszystkie te czynniki wskazują, że samice Tapphorn mogły zapewnić korzystniejsze warunki rozwojowe pisklętom, co w dalszej perspektywie przełożyło się na wyższą końcową masę tuszki.

Analiza składu mięsa (tabela 3) wykazała brak różnic w zawartości białka (22,3–22,6%), popiołu i soli. Różnice pojawiły się natomiast w zawartości wody – gęsi karmione LPS miały jej istotnie więcej (73,4% vs. 73,0%). Efekt ten był szczególnie wyraźny w TE LPS i może świadczyć o lepszej retencji wody w mięśniach przy obniżonej zawartości tłuszczu. Podobne zjawiska opisywali Biesek i in. (2020), wskazując na korelację między mniejszą zawartością lipidów a wyższą zdolnością mięsa do zatrzymywania wody. Różnice w zawartości wody i wartości energetycznej mogą być także konsekwencją interakcji genotyp x sposób żywienia, co potwierdzają wyniki testów statystycznych ($p < 0,05$). W przeprowadzonych analizach nie uwzględniono podziału na płeć, ponieważ w warunkach ferm przemysłowych gęsi ptaki nie są seksowane.

Tabela 2. Średnie wskaźniki produkcyjne (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu i rodzaju sposobu żywienia.

Cecha						Efekty główne – wartości średnie				Efekty główne – wartość prawdopodobieństwa		
	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	Genotyp TE	Genotyp ET	Ż SBM	Ż LPS	G	Ż	G×Ż
Śmiertelność [%]	1,7	3,3	8,3	3,3	-	5	3,3	2,5	5,8	-	-	-
BW 0 (kg)	0.119 ^a (9.8%)	0.121 ^b (10.1%)	0.118 ^a (8.9%)	0.119 ^b (9.4%)	0.002	0.119	0.120	0.220	0.118	0.217	0.283	0.391
BWG 0–28 (kg)	2.36 ^a (8.1%)	2.22 ^a (6.7%)	2.27 ^b (5.3%)	2.14 ^{b^c} (7.3%)	0.002	2.25	2.20	2.31	2.14	0.392	<0.001	0.034
BWG 29–119	4.65 (7.9%)	4.70 (8.4%)	4.60 (9.3%)	4.75 (6.9%)	0.003	4.74	4.81	4.75	4.80	0.645	0.342	0.111
BWG 0–119	7.01 (7.9%)	6.92 (8.1%)	6.87 (7.4%)	6.89 (7.0%)	0.005	6.99	7.01	7.06	6.94	0.421	0.537	0.443
FI 0–28 (kg)	4.04 ^a (4.1%)	3.77 ^a (3.3%)	3.87 ^b (3.9%)	3.64 ^b (3.2%)	0.002	3.81	3.71	3.89	3.62	0.361	<0.001	0.583
FI 29–119	24.96 (5.3%)	24.55 (7.1%)	26.98 (5.8%)	27.02 (5.1%)	0.005	25.48	26.29	25.98	25.79	0.654	0.676	0.343
FI 0–119	29.00 (9.3%)	28.32 (10.1%)	30.85 (9.7%)	30.66 (10.5%)	0.028	29.29	29.98	29.87	29.41	0.298	0.380	0.103
FCR 0–28	1.71 (10.4%)	1.70 (9.3%)	1.70 (9.3%)	1.70 (9.9%)	0.019	1.70	1.68	1.69	1.69	0.402	0.296	0.130
FCR 29–119	2.43 (12.3%)	2.39 (11.1%)	2.79 (13.2%)	2.75 (11.9%)	0.052	2.47	2.59	2.53	2.53	0.338	0.530	0.234
FCR 0–119	4.14 (8.2%)	4.09 (9.8%)	4.49 (8.3%)	4.45 (7.9%)	0.032	4.17	4.27	4.22	4.22	0.110	0.936	0.107
Masa tuszki [g]	4590.85 (8.8%)	4499.12 (7.9%)	4353.52 (8.3%)	4484.64 (9.1%)	0.075	4472,19	4491,88	4544,99	4419,08	0.735	0.131	0.641

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b, c) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$. BW – masa ciała (*body weight*), BWG – przyrost masy ciała (*body weight gain*), FI – pobranie paszy (*feed intake*), FCR – współczynnik wykorzystania paszy (*feed conversion ratio*), SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż – żywienie

Tabela 3. Średnie składu chemicznego mięsa piersiowego gęsi (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu i rodzaju sposobu żywienia.

Genotyp	Sposób żywienia	Białko	Popiół surowy	NaCl	Wartość energetyczna (kJ/100 g)	Woda
TE	SBM	22.426 (1.7%)	1.190 (3.5%)	0.093 (8.5%)	534.47 (5.5%)	73.014 ^a (1.7%)
TE	LPS	22.315 (1.6%)	1.224 (3.6%)	0.097 (8.4%)	512.11 (5.3%)	73.691 ^b (1.6%)
ET	SBM	22.589 (1.8%)	1.225 (3.8%)	0.094 (9.1%)	533.180 (5.8%)	73.066 ^a (2.2%)
ET	LPS	22.457 (1.6%)	1.205 (3.7%)	0.095 (8.8%)	530.340 (6.5%)	73.191 ^{ab} (2.7%)
SEM		0.044	0.006	0.001	3.621	0.055
Główne efekty – wartości średnie						
G TE		22.370	1.208	0.096	523.103	73.359
G ET		22.521	1.216	0.095	531.759	73.128
Ż SBM		22.511	1.208	0.094	533.832	73.04
Ż LPS		22.384	1.215	0.096	520.991	73.448
Główne efekty – wartości prawdopodobieństwa						
G		0.088	0.551	0.788	0.230	0.031
Ż		0.176	0.560	0.101	0.077	<0.001
G×Ż		0.907	0.061	0.384	0.176	0.009

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$. SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż-żywienie

Należy podkreślić, że wartości współczynników zmienności (CV) dotycząca parametrów badanego mięsa wskazują na dobre wyrównanie cech w badanych grupach, co jest szczególnie istotne w analizie mieszańców, u których zróżnicowanie fenotypowe bywa większe niż w populacjach czystych linii. Relatywnie niskie wartości CV (zwykle poniżej 10%) potwierdzają jednorodność materiału badawczego oraz rzetelność przeprowadzonych analiz. W zakresie składu lipidowego wykazano istotne różnice zależne od sposobu żywienia i genotypu. Gęsi karmione mieszanką LPS miały niższą zawartość tłuszczu śródmięśniowego (3,96% vs. 4,16% w SBM), a jednocześnie wyższy udział PUFA (0,72 vs. 0,69). Najwyższą zawartość PUFA odnotowano u ET LPS (0,77), co wskazuje na zróżnicowaną reakcję genotypów na zmiany w diecie. Zdaniem Beley i in. (2015) i Gumułka i in. (2020) te różnice mogą wynikać z odmiennej

aktywności enzymatycznej i metabolizmu lipidów między liniami gęsi. Z kolei udział MUFA był niższy w grupach LPS, szczególnie w TE, co sugeruje większą podatność tej kombinacji na modyfikacje żywieniowe. Zawartość SAFA pozostała względnie stabilna, co potwierdza, że kwasy nasycone w mięsie drobiu są w większym stopniu uwarunkowane genetycznie (Biesiada-Drzazga i in., 2006).

Tabela 4. Zawartość tłuszczu całkowitego i frakcji kwasów tłuszczowych (SAFA, MUFA, PUFA) w mięśniach piersiowych gęsi (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu oraz sposobu żywienia.

Genotyp	Dieta	Tłuszcz	SAFA	MUFA	PUFA
TE	SBM	4.095 ^a (2.4%)	1.287 ^a (2.2%)	2.035 ^a (4.2%)	0.674 ^a (1.8%)
TE	LPS	3.749 ^b (2.3%)	1.237 ^a (2.4%)	1.732 ^b (5.1%)	0.681 ^b (1.9%)
ET	SBM	4.232 ^a (2.1%)	1.342 ^a (2.1%)	2.084 ^a (4.4%)	0.705 ^a (1.8%)
ET	LPS	4.191 ^b (2.2%)	1.302 ^a (2.3%)	2.014 ^a (4.2%)	0.768 ^b (1.9%)
SEM		0.056	0.017	0.034	0.009
Główne efekty – średnie wartości					
G TE		3.911	1.262	1.881	0.678
G ET		4.212	1.322	2.049	0.737
Ż SBM		4.163	1.315	2.059	0.689
Ż LPS		3.964	1.269	1.870	0.723
Główne efekty – wartości prawdopodobieństwa					
G		0.008	0.079	0.012	<0.001
Ż		0.075	0.181	0.005	0.05
G × Ż		0.166	0.891	0.080	0.12

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż – żywienie

Uzyskane wyniki potwierdzają, że dieta oparta na łubinie i śrucie rzepakowej może poprawiać profil kwasów tłuszczowych mięsa, zwiększając udział PUFA korzystnych dla zdrowia konsumentów (Haraf, 2014; Zhang i in., 2020). Jednocześnie jednak powoduje pogorszenie wskaźników wykorzystania paszy, co ogranicza jej praktyczną opłacalność. Wskazuje to na konieczność dalszej optymalizacji mieszanek, zwłaszcza w zakresie bilansu aminokwasowego.

Porównanie do wyników uzyskiwanych u Gęsi Białej Kołodzkiej pokazuje, że mieszańce TE i ET osiągały wyższe masy ciała i mniejsze otłuszczenie mięsa. W kontekście rosnącego zapotrzebowania na mięso drobiowe o korzystnym składzie lipidowym, wyniki te sugerują, że omawiane krzyżówki mogą stanowić wartościową alternatywę hodowlaną, łączącą efekty heterozji z możliwością wykorzystania lokalnych źródeł białka w żywieniu (Adamski i in., 2014; Huang i in., 2023).

2.4. Podsumowanie i wnioski

- Badania wykazały, że zastąpienie śrutki sojowej łubinem żółtym oraz bobikiem, jako głównym źródłem białka w żywieniu gęsi pozytywnie wpływa na wyniki wzrostu, jakość mięsa oraz jego cechy sensoryczne.
- Wyższa zawartość PUFA oraz poprawa parametrów sensorycznych podkreślają prozdrowotne korzyści takiej zmiany.
- Pomimo wyzwań związanych z efektywnością wykorzystania paszy, wyniki wskazują na potencjał alternatywnych źródeł białka w zrównoważonej produkcji gęsi.
- Stwierdzono, że grupa genetyczna TE przewyższała ET pod względem masy ciała i masy tuszki, co sugeruje efekt matczyny linii Tapphorn i przemawia za wykorzystaniem kombinacji TE w produkcji towarowej.
- Zgodnie z celem badań mieszańców gęsi osiągnęły wyższą masę ciała w 17. tygodniu, bez pogorszenia jakości mięsa ani współczynnika wykorzystania paszy, przy akceptowalnym poziomie tłuszczu surowego i białka.
- Uzyskane wyniki dostarczają cennych wskazówek dla optymalizacji programów hodowli i żywienia gęsi, wspierając zrównoważoną produkcję.

3. Kształtowanie jakości mięsa gęsiego: rola genotypu oraz diety bezsojowej.

Publikacja 2 - Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Stangierski, J., Hejdysz, M., Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Applied Sciences*, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230>

3.1. Wstęp

Jakość mięsa gęsiego stanowi jeden z kluczowych czynników decydujących o jego przydatności kulinarnej i technologicznej, a tym samym o wartości rynkowej. Do podstawowych parametrów opisujących jakość zalicza się wartość pH, barwę, retencję wody, teksturę oraz właściwości sensoryczne. Wskaźniki te są ze sobą ściśle powiązane - pH wpływa na zdolność mięśnia do zatrzymywania wody, a tym samym na soczystość i kruchość, podczas gdy barwa mięsa kształtuje postrzeganie świeżości i akceptację konsumentką (Haraf i in., 2014; Adamski i in., 2014). Szczególną rolę odgrywają także cechy sensoryczne, takie jak aromat i smak, które mogą być modyfikowane zarówno czynnikami genetycznymi, jak i żywieniowymi. W literaturze podkreśla się, że genotyp oraz system żywienia wpływają istotnie na większość podstawowych cech jakości mięsa, obejmujących zarówno barwę, teksturę, jak i straty cieplne (Biesek i in., 2020; Çimen i in., 2025). Wyniki badań wskazują, że odmiany i linie gęsi różnią się nie tylko tempem wzrostu i udziałem tkanki tłuszczowej, lecz także poziomem pH po uboju, zawartością barwników mięśniowych czy zdolnością do zatrzymywania wody (Biesiada-Drzazga, 2014; Gvoždíková Javůrková i in., 2023). Również czynniki środowiskowe, takie jak system chowu czy rodzaj białka paszowego, mogą istotnie modyfikować cechy jakościowe mięsa – od kruchości i barwy po ocenę sensoryczną (Fu i in., 2021; Zhang i in., 2024).

Szczególne znaczenie przypisuje się interakcji pomiędzy genotypem, a sposobem żywienia. Badania nad gęsiami wskazują, że różne kombinacje genetyczne mogą odmiennie reagować na skład paszy, co przekłada się na parametry takie jak pH, barwa czy straty cieplne (Uhlířová i in., 2018; Huang i in., 2023). Wykazano również, że dieta oparta na alternatywnych źródłach białka, np. łubinie żółtym, może poprawiać zdolność mięsa do zatrzymywania wody oraz jego delikatność, nie obniżając wartości sensorycznej (Kuźniacka i in., 2020; Biesek i in., 2020). W praktyce oznacza to możliwość kształtowania zarówno cech technologicznych, jak i akceptacji konsumentkiej poprzez odpowiedni dobór komponentów paszowych.

Zrozumienie zależności pomiędzy wskaźnikami technologicznymi a oceną sensoryczną ma istotne znaczenie praktyczne. Wyższe pH wiąże się z lepszą retencją wody i większą

soczystością, a niższe wartości siły i energii cięcia świadczą o delikatniejszej strukturze mięśnia, co zwiększa atrakcyjność produktu (Meullenet i in., 2004; Lee i in., 2015). Barwa, choć w dużej mierze determinowana genetycznie, pozostaje podatna na modyfikacje dietetyczne, a zmiany w intensywności czerwieni czy żółtości znajdują odzwierciedlenie w preferencjach konsumenckich (Haraf i in., 2023).

W świetle dotychczasowych badań zarówno dobór materiału genetycznego, jak i systemu żywienia należy traktować jako kluczowe narzędzia w kształtowaniu jakości mięsa gęsiego. Opracowanie strategii żywienia wolnych od soi, opartych na lokalnych źródłach białka, wpisuje się w aktualne trendy zrównoważonej produkcji i może jednocześnie poprawiać parametry technologiczne i sensoryczne produktu (Neeteson i in., 2023).

Celem niniejszego etapu prac badawczych była ocena wpływu genotypu i rodzaju diety (śruta sojowa vs. lokalne źródła białka) na parametry jakości mięsa gęsiego, ze szczególnym uwzględnieniem pH, barwy, retencji wody, cech teksturalnych oraz walorów sensorycznych. Ponadto podjęto próbę określenia zależności pomiędzy cechami technologicznymi a oceną sensoryczną mięsa.

3.2. Materiał i metody

Do badań wykorzystano mięśnie piersiowe i udowe pochodzące od gęsi objętych doświadczeniem opisanym w poprzednim rozdziale. Zwierzęta były utrzymywane w jednakowych warunkach środowiskowych, a ubój przeprowadzono zgodnie z zasadami dobrostanu i obowiązującymi przepisami prawnymi. Tuszki chłodzono w temp. 4°C, a oceny jakości przeprowadzono po 24 godzinach od uboju. Analizom poddano wszystkie osobniki wchodzące w skład doświadczenia.

3.2.1. Pomiar pH mięsa

Pomiaru wartości pH mięśnia piersiowego dokonano po 24 godzinach chłodniczego przechowywania (Ryc. 9-10). Zastosowano pH-metr Testo 205 (Testo SE Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Niemcy) wyposażony w elektrodę penetracyjną, kalibrowany w buforach o pH 4,01 i 7,00. Pomiary wykonywano w przedniej części fileta, na głębokości co najmniej 1 cm. W literaturze podkreśla się, że pH mięśni jest jednym z najważniejszych wskaźników jakości technologicznej, gdyż wpływa bezpośrednio na zdolność mięsa do zatrzymywania wody, barwę oraz teksturę (Adamski i in., 2014; Haraf i in., 2014).



Ryc. 9. Pomiar pH mięsa gęśiego i rejestracja wyników podczas badań (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).



Ryc. 10. Pomiar pH mięsa gęśiego i rejestracja wyników podczas badań (Autor zdjęcia: Patrycja Dobrzyńska).

3.2.2. Barwa mięsa

Barwę mięśni mierzono około 24 godziny po uboju. Zmiany barwy określono poprzez pomiar wartości L^* , a^* , b^* (L^* - jasność, a^* - zaczerwienienie, b^* - żółć) za pomocą kolorymetru Minolta Chroma Meter CR 200 (Osaka, Japonia). Przed uzyskaniem wartości barwy, kolorymetr został skalibrowany, wykorzystując standardową białą płytkę kalibracyjną. Wartości barwy (L^* , a^* , b^*) mierzono 3 razy (w lokalizacjach czaszkowej, przyśrodkowej i

ogonowej) na powierzchni grzbietowej (strona kości, w kontakcie z mięśniem piersiowym większym), a następnie zanotowano odpowiednio średnie wartości L^* , a^* , b^* .

3.2.3. Retencja wody

Wyciek cieplny (utrata masy po ogrzewaniu) określano po rozmrożeniu prób w temperaturze około 4°C i po podgrzaniu mięśni piersiowych i udowych do temperatury wewnątrz nie mniejszej niż 78°C (parowanie w 90°C, w komorze PEK-MONT (Bielsk, Polska). Obliczano procentowy ubytek masy przed i po obróbce cieplnej.

Teksturę mięsa oceniano metodą Meulleneta-Owensa (MORS) z użyciem analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Wielka Brytania). Zmierzono maksymalną siłę ścinania (N) i energię ścinania ($N \times mm$) na próbkach mięsa ogrzanego, w 9 powtórzeniach, przy standardowych parametrach (prędkość głowicy 5 mm/s, głębokość penetracji 20 mm).

3.2.4. Tekstura mięsa

Ocenę tekstury przeprowadzono metodą Meulleneta-Owensa (MORS) z wykorzystaniem analizatora TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Wielka Brytania). Badania wykonano na próbkach mięsa poddanych obróbce cieplnej, przy parametrach testu: prędkość głowicy 5 mm/s, głębokość penetracji 20 mm. Oceniano maksymalną siłę ścinania (N) i energię ścinania ($N \times mm$), w dziewięciu powtórzeniach dla każdej próbki. Metoda MORS, szeroko stosowana w ocenie mięsa drobiowego, pozwala na obiektywną charakterystykę kruchości i delikatności produktu (Meullenet i in., 2004; Lee i in., 2015).

3.2.5. Ocena sensoryczna

Oceny sensorycznej mięsa dokonano przy udziale wytrenowanego panelu, zgodnie z normą PN-ISO 8586:2014 „Analiza sensoryczna - Wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających (paneli oceniających)”. W badaniu uczestniczyło 17 osób oceniających mięso piersiowe oraz 18 osób oceniających mięso udowe. Oceniano pięć cech:

- intensywność zapachu,
- intensywność smaku,
- soczystość,
- kruchość,

- ogólną akceptowalność.

Ocena odbywała się w skali liniowej (od 1 – cecha niepożądana, do 9 – cecha pożądana), z wykorzystaniem 80-milimetrowej skali punktowej.

Ocena sensoryczna, uzupełniająca obiektywne parametry technologiczne, stanowi ważny element analizy, gdyż pozwala określić faktyczną wartość konsumencką produktu (Haraf i in., 2023; Çimen i in., 2025).

3.3. Wyniki i dyskusja

3.3.1. Pomiar pH

Wartość pH mięśnia piersiowego 24 godziny po uboju (pH₂₄) mieściła się w zakresie od 5,72 w grupie TE-SBM do 5,83 w grupie ET-LPS (tabela 5). W grupach TE-LPS i ET-SBM wartości te wyniosły odpowiednio 5,81 i 5,76.

W analizie statystycznej wykazano istotny wpływ zarówno genotypu ($p = 0,00619$) jak i typu diety ($p < 0,001$) na wartość pH. Interakcja genotyp x dieta nie była istotna statystycznie ($p = 0,984$). Wyższe pH w grupach karmionych LPS wskazuje na lepszą retencję wody w mięśniach, co jest korzystne z punktu widzenia soczystości i technologicznej jakości mięsa. Niższe pH w TE-SBM jest typowe dla intensywnego tuczu na paszy sojowej i może wiązać się z większym wyciekiem cieplnym.

Tabela 5. Średnie pH mięsa gęśiego (24 godziny po uboju) grup genetycznych i żywieniowych (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności).

	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	G	Ż	G × Ż
pH ₂₄	5.72 a (2.8%)	5.76 b (3.2%)	5.81 c (2.3%)	5.83 c (2.9%)	0.0046	0.00619	<0.001	0.98361

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b, c) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż – żywienie

3.3.2. Barwa mięsa

Wartość jasności (L*) była najwyższa w grupie TE-SBM (50,69) i najniższa w grupie TE-LPS (47,32) (Tabela 6). W grupach ET-SBM i ET-LPS wartości L* wynosiły odpowiednio 47,39 i 47,55. Dla tej cechy odnotowano istotne statystycznie różnice zarówno dla efektu genotypu ($p < 0,001$), diety ($p < 0,001$), jak i interakcji ($p < 0,001$). Wartość SEM wynosiła 0,1181.

Wskaźnik a* (czerwoność) przyjmował wartości od 12,07 (ET-LPS) do 13,18 (ET-SBM). Pozostałe grupy uzyskały: 12,88 (TE-SBM) oraz 12,65 (TE-LPS). Dla tego parametru wykazano istotny wpływ diety ($p < 0,001$) oraz interakcji genotyp \times dieta ($p < 0,001$), natomiast efekt genotypu nie był istotny ($p = 0,214$). SEM wynosił 0,0551.

Wartość b* (żółtość) wahała się od 1,22 (ET-LPS) do 2,08 (ET-SBM). Grupy TE-SBM i TE-LPS osiągnęły odpowiednio 2,02 i 1,69. Dla tej cechy odnotowano istotny wpływ diety ($p < 0,001$) oraz interakcji ($p = 0,020$), natomiast efekt genotypu nie osiągnął poziomu istotności statystycznej ($p = 0,089$). SEM wyniósł 0,0591.

Tabela 6. Średnie grup genotypowych i żywieniowych (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) na barwę mięśnia piersiowego u gęsi.

Grup a	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	G	Ż	G \times Ż
L *	50.69 ^b (5.1%)	47.39 ^a (5.8%)	47.32 ^a (5.3%)	47.55 ^a (6.2%)	0.118	<0.001	<0.001	<0.001
a *	12.88 ^{bc} (3.3%)	13.18 ^c (3.6%)	12.65 ^b (3.5%)	12.07 ^a (3.9%)	0.055	0.214	<0.001	<0.001
b *	2.02 ^b (8.1%)	2.08 ^b (8.8%)	1.69 ^b (9.1%)	1.22 ^a (7.9%)	0.059	0.089	<0.001	0.020

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b, c) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż – żywienie

3.3.3. Retencja wody

W tabeli 7 zostały zaprezentowane wyniki wycieku termicznego z mięśni piersiowych osiągające od 25,38% w grupie TE-LPS do 30,79% w grupie TE-SBM. W pozostałych grupach odnotowano wartości 27,68% (ET-LPS) oraz 29,65% (ET-SBM). Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ genotypu ($p = 0,005$) i diety ($p < 0,001$), natomiast interakcja genotyp \times dieta nie była istotna ($p = 0,296$). SEM dla tej cechy wyniósł 1,2423. Niższy wyciek w grupie TE-LPS potwierdza pozytywny wpływ alternatywnej diety na retencję wody. Jest to istotne zarówno z punktu widzenia konsumenta (mięso bardziej soczyste), jak i przemysłu (mniejsza utrata masy w trakcie obróbki).

W przypadku mięśni nóg (tabela 7) wyciek termiczny wahał się od 28,54% (ET-SBM) do 32,95% (TE-LPS). W grupie TE-SBM wartość wyniosła 31,52%, natomiast w ET-LPS 29,61%. Stwierdzono istotny wpływ genotypu ($p < 0,001$), natomiast efekt diety ($p = 0,278$) oraz interakcja ($p = 0,916$) nie były istotne statystycznie. SEM dla tej cechy wynosił 2,1770. Większy wyciek w mięśniach nóg przy diecie LPS (TE-LPS) może wynikać z innej struktury

włókien w tej partii mięsa oraz wyższego poziomu wody. Jest to wskazówka do dalszej optymalizacji diety w końcowym etapie tuczu.

Tabela 7. Średnie wartości wycieku termicznego (%) w mięśniach gęsi (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu i systemu żywienia.

Wyciek termiczny [%]	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	G	Ż	G × Ż
Mięsień piersiowy	30.79 ^c (16.4%)	29.65 ^{bc} (17.1%)	25.38 ^a (16.9%)	27.68 ^b (17.2%)	1.2423	0.005	<0.001	0.2958
Mięśnie nóg	31.52 ^{ab} (21.3%)	28.54 ^a (24.1%)	32.95 ^b (22.7%)	29.61 ^{ab} (23.9%)	2.1770	<0.001	0.278	0.916

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b, c) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż – żywienie

3.3.4. Tekstura mięsa

W mięśniu piersiowym siła cięcia (wyrażona w niutonach - N) wynosiła od 15,27 N w grupie ET-LPS do 17,14 N w ET-SBM (tabela 8). Grupy TE-SBM i TE-LPS osiągnęły odpowiednio 16,61 N i 15,80 N. Wartość SEM wynosiła 0,1881. Wykazano istotny wpływ zarówno genotypu ($p < 0,001$), jak i diety ($p < 0,001$), natomiast interakcja $G \times D$ nie była istotna ($p = 0,734$).

W odniesieniu do energii cięcia mięśnia piersiowego (N/mm), wartości mieściły się w zakresie od 211,01 (ET-LPS) do 245,71 (TE-SBM). Grupy ET-SBM i TE-LPS uzyskały odpowiednio 239,84 i 220,22. SEM wyniósł 3,2525. Zarówno genotyp, jak i dieta wywarły istotny wpływ ($p < 0,001$), a interakcja była nieistotna ($p = 0,391$). Niższa siła cięcia w ET-LPS wskazuje na lepszą kruchość mięsa przy alternatywnej diecie. Wyższe wartości w grupach SBM sugerują bardziej zwartą strukturę mięśni przy żywieniu sojowym.

W mięśniu nóg siła cięcia wynosiła od 14,78 N (TE-SBM) do 15,84 N (ET-SBM). Grupy TE-LPS i ET-LPS osiągnęły odpowiednio 15,37 N i 15,06 N. SEM wyniósł 0,2040. Wpływ genotypu był istotny ($p = 0,035$), natomiast dieta i interakcja nie miały istotnego wpływu ($p = 0,523$ i $p < 0,001$ odpowiednio).

W przypadku energii cięcia mięśni nóg, wartości wahały się od 175,22 N×mm (TE-SBM) do 204,66 N/mm (ET-SBM). Grupy TE-LPS i ET-LPS uzyskały odpowiednio 176,01 i 196,61. SEM wyniósł 3,3357. Wykazano istotny wpływ genotypu ($p < 0,001$), natomiast wpływ diety i interakcji nie był istotny ($p = 0,762$, $p = 0,211$). Podobnie jak w przypadku siły cięcia, niższa energia w ET-LPS potwierdza, że dieta LPS sprzyja uzyskaniu bardziej kruchego mięsa.

Wyższa energia w TE-SBM może wynikać z intensywnego wzrostu i wyższej gęstości włókien. Należy dodać, że współczynniki zmienności (CV) dla siły i energii cięcia mieściły się w przedziale od ok. 9% do 14%. Oznacza to umiarkowane zróżnicowanie osobnicze, przy czym większą zmiennością charakteryzowała się energia cięcia mięśni nóg (12.2-13,7%), a najmniejszą siła cięcia mięśni piersiowych (9,0-9.4%).

Tabela 8. Średnie siły cięcia i energii cięcia mięśni piersiowych i udowych gęsi gęsi (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu i sposobu żywienia.

Genotyp	Sposób żywienia	Siła [N] – pierś	Energia cięcia [N×mm] – pierś	Siła [N] – noga	Energia cięcia [N×mm] – noga
TE	SBM	16.61 ^a (9.0%)	245.71 ^c (11.3%)	14.78 ^a (10.8%)	175.22 ^a (12.3%)
ET	SBM	17.14 ^c (9.1%)	239.84 ^c (11.0%)	15.84 ^b (10.7%)	204.66 ^b (12.7%)
TE	LPS	15.80 ^b (9.3%)	220.22 ^b (11.4%)	15.37 ^{ab} (10.3%)	176.01 ^a (12.2%)
ET	LPS	15.27 ^a (9.4%)	211.01 ^a (11.5%)	15.06 ^a (11.1%)	196.61 ^b (13.7%)
SEM		0.1881	3.2525	0.204	3.3357
Efekty główne - wartość prawdopodobieństwa					
G		<0.001	<0.001	0.035	<0.001
Ż		<0.001	<0.001	0.523	0.762
G×Ż		0.734	0.391	<0.001	0.211

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b, c) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż-żywienie

3.3.5. Ocena sensoryczna

Ocena sensoryczna wykazała wysoką jakość organoleptyczną mięsa we wszystkich badanych grupach (tabele 9-10). Oceny sensoryczne mięsa piersiowego wykazały zróżnicowanie w zależności od genotypu oraz zastosowanej diety (tabela 9). Średnie wartości ocen dla każdej z pięciu cech mieściły się w przedziale 3,5–5,5 punktu. Najwyższą ocenę intensywności zapachu uzyskano w grupie ET-SBM (5,5 punktu), natomiast najniższą w grupie ET-LPS (4,3 punktu).

Grupy TE-SBM i TE-LPS uzyskały odpowiednio 5,3 i 4,9 punktu. Wartość SEM dla tej cechy wynosiła 0,2612. Wyższa ocena zapachu w grupie ET-SBM wskazuje, że dieta sojowa może sprzyjać bardziej intensywnym aromatom mięsa piersiowego. Niższa ocena w ET-LPS może wynikać z delikatniejszego profilu zapachowego mięsa przy diecie łubinowej.

Intensywność smaku była oceniana najwyżej w grupie ET-LPS (5,3 punktu) i najniżej w grupie TE-LPS (3,9 punktu). Grupy TE-SBM i ET-SBM uzyskały wartości 4,9 oraz 4,8 punktu. SEM wyniósł 0,2599. Wysoka ocena smaku w ET-LPS sugeruje korzystny wpływ alternatywnej diety na walory smakowe mięsa tego genotypu. Niska wartość w TE-LPS może oznaczać konieczność dostosowania bilansu aminokwasów przy tej kombinacji.

W zakresie kruchości (*tenderness*), ocenionej w skali punktowej, najwyższy wynik osiągnęła grupa ET-LPS (4,9), a najniższy TE-LPS (3,5). Pozostałe grupy uzyskały: 4,2 (TE-SBM) i 3,9 (ET-SBM). SEM dla tej cechy wyniósł 0,2507. Lepsza kruchość w ET-LPS potwierdza obserwacje z pomiarów instrumentalnych – dieta łubinowa poprawia strukturę mięsa u tego genotypu. Gorszy wynik TE-LPS jest zgodny z wyższym FCR tej grupy, co może wpływać na rozwój tkanki mięśniowej.

Soczystość mięsa była najwyżej oceniana w grupie ET-LPS (5,4 punktu), a najniżej w grupie TE-SBM (4,2). Grupy ET-SBM i TE-LPS osiągnęły odpowiednio 4,1 punktu. SEM wyniósł 0,2804. Wyższa soczystość przy diecie LPS jest zgodna z wynikami wycieku termicznego – alternatywna dieta zwiększa retencję wody, co poprawia wrażenie soczystości po obróbce.

W ocenie ogólnej akceptowalności, najwyższą notę uzyskała grupa TE-SBM (5,0 punktów), a najniższą TE-LPS (3,6 punktu). Grupy ET-SBM i ET-LPS osiągnęły odpowiednio 4,8 i 4,6 punktu. SEM dla ogólnej akceptacji wyniósł 0,2732. Wysoka akceptacja TE-SBM sugeruje, że tradycyjna dieta sojowa daje stabilny, dobrze akceptowany produkt w tym genotypie. Niższa ocena TE-LPS wskazuje, że kombinacja tego genotypu z dietą strączkową wymaga dalszej optymalizacji.

W ocenie intensywności zapachu mięsa z nóg, najwyższy wynik uzyskała grupa ET-LPS (6,8 punktu), a najniższy ET-SBM (5,3 punktu) (tabela 10). Pozostałe grupy osiągnęły: TE-SBM – 5,7, TE-LPS – 6,2. Wartości średnie dla diet wynosiły 5,5 punktu (SBM) oraz 6,5 punktu (LPS). SEM dla tej cechy wyniósł 0,1708. Poprawa zapachu w mięśniach nóg przy ET-LPS pokazuje, że dieta łubinowa może wzmacniać aromat w ciemniejszym mięsie, które ma naturalnie inny profil smakowo-zapachowy niż pierś.

Tabela 9. Średnie cech sensorycznych mięsa piersiowego gęsi (w nawiasie podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu i sposobu żywienia.

Grupa	Intensywność zapachu	Intensywność smaku	Kruchość	Soczystość	Ogólna akceptowalność
TE SBM	5.3 (26.3%)	4.9 (25.4%)	4.2 (27.9%)	4.2 (26.1%)	5.0 (27.1%)
ET SBM	5.5 (26.1%)	4.8 (25.6%)	3.9 (28.0%)	4.1 (25.9%)	4.8 (27.2%)
TE LPS	4.9 (24.9%)	3.9 (25.4%)	3.5 (27.9%)	4.1 (26.4%)	3.6 (27.3%)
ET LPS	4.3 (25.3%)	5.3 (25.7%)	4.9 (28.2%)	5.4 (26.1%)	4.6 (27.1%)
Średnia SBM	5.4	4.6	4.1	4.2	4.9
Średnia LPS	4.6	4.8	4.2	4.7	4.1
SEM	0.261	0.259	0.250	0.280	0.273

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic dla żadnej z ocenianych cech sensorycznych ($p > 0,05$).

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*).

W zakresie intensywności smaku, najwyższe oceny uzyskały grupy TE-LPS (6,6) i ET-LPS (6,7). Grupy sojowe TE-SBM i ET-SBM osiągnęły odpowiednio 5,3 i 5,9 punktu. Średnie dla diet wynosiły 5,6 (SBM) oraz 6,6 (LPS). SEM wyniósł 0,1856. To potwierdza, że dieta alternatywna pozytywnie wpływa na walory smakowe mięśni nóg niezależnie od genotypu.

Kruchość mięsa z nóg oceniano najwyżej w grupie TE-LPS (6,2 punktu), natomiast najniżej w TE-SBM (4,6 punktu). Grupy ET-SBM i ET-LPS osiągnęły odpowiednio 5,0 i 5,3 punktu. Średnie wartości dla diet wynosiły 4,8 (SBM) i 5,7 (LPS). SEM tej cechy to 0,2199. Lepsza kruchość przy LPS jest spójna z wynikami instrumentalnymi – alternatywne białko poprawia strukturę tkanki w mięśniach nóg.

W zakresie soczystości, najwyższą wartość odnotowano dla grupy TE-LPS (6,4), a najniższą dla TE-SBM (5,2). Grupy ET-SBM i ET-LPS osiągnęły odpowiednio 5,7 i 6,1 punktu. Średnie wartości wyniosły 5,4 (SBM) i 6,2 (LPS). SEM: 0,1969. Podobnie jak w przypadku mięśnia piersiowego, dieta LPS zwiększa retencję wody, co przekłada się na lepszą soczystość mięsa.

Ogólna akceptowalność mięsa z nóg została oceniona najwyżej w grupie ET-SBM (6,3 punktu) i ET-LPS (6,3). Grupy TE-SBM i TE-LPS osiągnęły odpowiednio 5,5 i 6,2 punktu. Średnie dla diet wyniosły 5,9 (SBM) i 6,2 (LPS). SEM tej cechy wyniósł 0,1933. Wysoka akceptacja mięsa nóg w obu dietach wskazuje, że ta partia tuszki jest mniej wrażliwa na zmiany żywieniowe i genotypowe, a walory sensoryczne utrzymują się na wysokim poziomie.

Tabela 10. Średnie ocen cech sensorycznych mięsa z nóg gęsi (w nawiasach podane zostały współczynniki zmienności) w zależności od genotypu i sposobu żywienia.

	Intensywność zapachu	Intensywność smaku	Kruchość	Soczystość	Ogólna akceptowalność
TE SBM	5.7 a (25.2%)	5.3 a (25.8%)	4.6 (28.2%)	5.2 (26.3%)	5.5 (27.1%)
ET SBM	5.3 a (27.3%)	5.9 a (25.7%)	5.0 (28.3%)	5.7 (25.9%)	6.3 (27.3%)
TE LPS	6.2 b (24.5%)	6.6 b (26.1%)	6.2 (28.7%)	6.4 (26.1%)	6.2 (27.2%)
ET LPS	6.8 b (23.7%)	6.7 b (24.5%)	5.3 (29.5%)	6.1 (26.2%)	6.3 (27.1%)
SBM	5.5 a	5.6 a	4.8	5.4	5.9
LPS	6.5 b	6.6 b	5.7	6.2	6.2
SEM	0.17	0.185	0.219	0.196	0.193
G	0.213	0.318	–	–	–
Ż	0.006	0.032	–	–	–
G × Ż	0.513	0.498	–	–	–

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż – żywienie

3.4. Podsumowanie i wnioski

- Badania wykazały, że zarówno genotyp, jak i rodzaj białka zastosowanego w żywieniu, mają istotny wpływ na jakość mięsa gęsiego.
- Mieszance linii Tapphorn i Eskildsen różnie reagowały na modyfikacje żywieniowe.
- Zastąpienie śrutu sojowej żółtym łubinem oraz bobikiem poprawiło parametry technologiczne mięsa. Zaobserwowano: wyższe pH (o około 0,07 jednostki), mniejsze straty cieplne w mięśniach piersiowych (o około 5 punktów procentowych), niższą siłę cięcia (o około 11% w mięśniach piersiowych).

- Zastosowanie w żywieniu łubinu żółtego oraz bobiku nie wpłynęło negatywnie na parametry sensoryczne mięsa.
- Wyniki potwierdzają, że łubin żółty może być wartościowym komponentem paszowym w zrównoważonej produkcji gęsi rzeźnych, przynosząc korzyści zarówno pod względem jakości produktu, jak i ograniczenia zależności od soi modyfikowanej genetycznie.
- Genotyp samiec Eskildsen × samica Tapphorn (ET) charakteryzował się bardziej intensywną barwą mięsa i lepszą retencją wody w porównaniu do kombinacji samiec Tapphorn × samica Eskildsen (TE).
- W przyszłości zaleca się rozszerzenie badań nad wpływem diet opartych na łubinie na: procesy oksydacji lipidów oraz trwałość przechowalniczą mięsa.

4. Zmienność wybranych cech puchu gęsiego.

Konferencja: Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Hejdysz, M., Stangierski, J., Szwaczkowski, T. (2025). Zmienność wybranych cech puchu gęsiego. *Proceedings of the XXXV International Symposium of the Polish Branch of the World's Poultry Science Association (WPSA) – 9th International Scientific Symposium "Poultry Days 2025"* (p. 101). Kraków, Poland.

4.1. Wstęp

Pierze i puch gęsi należą do pożądaných surowców, szeroko wykorzystywanych w produkcji ekskluzywnej odzieży zimowej, kołder oraz poduszek. Ich wyjątkowe właściwości termoizolacyjne i mechaniczne wynikają zarówno z unikalnej struktury, jak i składu chemicznego. Kluczowymi parametrami determinującymi wartość użytkową puchu są: jego zawartość w surowcu, sprężystość – najczęściej określana poprzez tzw. *fill power* – oraz jakość sensoryczna, w tym zapach. Ostateczna jakość pierza jest efektem współdziałania szeregu czynników, wśród których istotną rolę odgrywają uwarunkowania genetyczne oraz żywieniowe, wpływające na syntezę keratyny – tj. podstawowego białka budulcowego piór.

Dotychczasowe badania w Polsce koncentrowały się głównie na Gęsi Białej Kołudzkiej. Znacznie mniej uwagi poświęcono mieszańcom komercyjnych linii zagranicznych, które różnią się między sobą tempem wzrostu, wykorzystaniem paszy i potencjałem produkcyjnym.

Jak już wspomniano, wyniki wielu badań (Rouvier i in., 1992; Szwaczkowski i in., 2007; Emmerson i in., 1991; Guy i in., 1999; Baeza i in., 2005; Khawaja i in., 2012; Shrestha i in., 2004; Lewko i in., 2023) jednoznacznie wskazują, że mieszańce charakteryzują się zwykle nie tylko wyższym poziomem cech w porównaniu do populacji rodzicielskich, lecz również kompensują cechy obydwu linii. To sprawia, że krzyżowanie stanowi jedno z najważniejszych narzędzi doskonalenia drobiu, umożliwiające jednocześnie zwiększenie tempa wzrostu, poprawę wykorzystania paszy i wartości rzeźnej, a także uzyskanie mięsa o korzystniejszym składzie chemicznym i lepszych walorach sensorycznych niż w liniach czystych.

Może to wpływać także na rozwój okrywy piórowej oraz skład chemiczny wydzielin skórnych, co z kolei może oddziaływać na właściwości mechaniczne i zapachowe pierza. Badania prowadzone na drobiu potwierdzają, że struktura i skład wydzieliny gruczołu kuprowego są cechami zróżnicowanymi między genotypami. Przykładowo, Gvoždíková Javůrková i wsp. (2023) wykazali, że linie kur różnią się zawartością kwasów tłuszczowych oraz profilem lotnych związków organicznych w wydzielinie kuprowej - co miało istotny

wpływ na percepcję zapachu przez człowieka. W tym samym badaniu stwierdzono, że linie o użytkowości mięsnej miały mniejsze gruczoły oraz niższe stężenia związków aromatycznych, co może wskazywać na wpływ selekcji hodowlanej na biochemię wydzielin skórnych.

U gęsi gruczoł kuprowy odgrywa jeszcze istotniejszą rolę niż u kur, ze względu na ich przystosowanie do środowiska wodnego. Wydzielina bogata w lipidy (m.in. estry wosków, kwasy tłuszczowe i sterole) odpowiada za utrzymanie właściwości hydrofobowych piór, ich elastyczność i sprężystość (Shoaib i Hassanin, 2008; Salibian i Montalti 2009). W literaturze podkreśla się również że aktywność oraz wielkość gruczołu kuprowego różnią się pomiędzy rasami i genotypami gęsi, co może znajdować odzwierciedlenie w jakości pierza i puchu (Hu i in. 2025; Kozák 2011). Zróżnicowanie to dotyczy zarówno ilości wydzieliny jak i profilu chemicznego zawartych w niej lipidów, które mogą warunkować zapach pierza oraz jego trwałość podczas użytkowania. Wskazuje to, że selekcja hodowlana ukierunkowana na cechy użytkowe, takie jak szybki wzrost czy otluszczenie, może pośrednio oddziaływać również na biochemię wydzielin skórnych i tym samym na właściwości okrywy piórowej.

Oprócz uwarunkowań genetycznych, również dieta może kształtować cechy sensoryczne produktów drobiarskich (w tym zapach pierza) poprzez dostarczanie substratów dla metabolitów zapachowych. Znany przykładem jest rybi zapach jaj, wywołany przez obecność trimetyloaminy (TMA), powstającej z choliny dostarczanej w paszach rzepakowych lub rybnych. Wrażliwość na ten efekt jest silnie związana z obecnością mutacji w genie FMO3, odpowiedzialnym za metabolizm TMA (Ward i in., 2009). Pokazuje to, że zarówno skład diety, jak i czynniki genetyczne osobnika współdecydują o pojawieniu się cech zapachowych produktu.

Chociaż wpływ soi i roślin strączkowych na zapach pierza nie został dotąd jednoznacznie udokumentowany, ich działanie pośrednie (przez wpływ na metabolizm i mikroflorę) są prawdopodobne. Badania nad jakością mięsa i jaj wskazują, że zamienniki śruty sojowej, takie jak łubin czy bobik, mogą wpływać na profil związków lotnych, jednak ich działanie różni się w zależności od poziomu w diecie i rodzaju składników towarzyszących (saponiny, taniny, alkaloidy). Co więcej, Wang i in. (2023) zaobserwowali także, że zapach puchu kaczek jest często gorszy /mniej przyjemny niż gęsi, co tłumaczono różnicami w składzie diety i warunkach środowiskowych, w jakich utrzymywane są te gatunki.

W kontekście coraz większego zainteresowania wykorzystaniem lokalnych źródeł białka w paszach, istotne staje się zrozumienie, jak rodzaj diety wpływa nie tylko na efektywność produkcyjną ptaków, ale również na jakość pozyskiwanego od nich pierza. Prezentowane badania stanowią próbę odpowiedzi na pytanie, czy wybór źródła białka oraz kierunek krzyżowania mogą modyfikować cechy fizyczne i sensoryczne pierza gęsiego, a tym samym - jego wartość handlową.

Celem tej części pracy była kompleksowa charakterystyka jakości pierza i puchu gęsiego w zależności od czynników genetycznych i żywieniowych. Założono, że zarówno kierunek krzyżowania (TE vs. ET), jak i rodzaj stosowanej diety (śruta sojowa - SBM vs. mieszanka z krajowych źródeł białka - LPS) mogą istotnie wpływać nie tylko na ilościową zawartość puchu, lecz także na jego cechy użytkowe, takie jak sprężystość czy właściwości sensoryczne. Analizy miały na celu sprawdzenie, czy kombinacje genotypu i diety różnicują strukturę okrywy piórowej, a także czy wybór lokalnych komponentów paszowych nie obniża jakości pierza w porównaniu z dietą opartą na soi.

4.2. Materiał i Metody

Materiałem badawczym w niniejszym etapie badań było pierze i puch pozyskane od gęsi towarowych pochodzących z czterech różnych grup doświadczalnych, zróżnicowanych pod względem genotypu (TE i ET) oraz stosowanej diety (SBM i LPS). Po zakończeniu tuczu, pierze pozyskane poubojowo pochodzące od ptaków z każdej grupy doświadczalnej zostało poddane standaryzowanemu procesowi czyszczenia, obejmującemu pranie i suszenie. Następnie, z każdej grupy wybrano losowo pięć prób pierza, z których każda ważyła 200 gramów, co łącznie dało 20 próbek przygotowanych do dalszej analizy laboratoryjnej. Analizy zostały przeprowadzone w Międzynarodowym Laboratorium Pierza i Puchu w Frauenfeld Szwajcarii (*International Down and Feather Laboratory - IDFL*).

Zakres analiz obejmował ocenę pięciu parametrów jakości pierza:

- zawartość puchu (*down clusters*) [%],
- zawartość całkowitego puchu (*total down*) [%],
- sprężystość wyrażona jako wysokość wypełnienia (*fill power height*) [mm],
- sprężystość wyrażona jako objętość wypełnienia (*fill power volume*) [cuin],

- ocena zapachu (*odor*) – w skali punktowej (1–5), na podstawie metody sensorycznej.

Pomiar sprężystości przeprowadzono zgodnie z normami IDFB, z wykorzystaniem standaryzowanego cylindra pomiarowego (dla *fill power*), w kontrolowanych warunkach temperatury i wilgotności. Zapach oceniano subiektywnie przez zespół analityków zgodnie z procedurą wewnętrzną IDFL.

Wyniki zostały poddane analizie statystycznej z wykorzystaniem dwuczynnikowej analizy wariancji, gdzie czynnikami doświadczalnymi był genotyp oraz dieta oraz testu Kruskala–Wallisa dla parametru zapachu (skala punktowa). Jako miarę zmienności przyjęto współczynnik zmienności (CV).

W celu oceny siły i kierunku zależności pomiędzy oceną zapachu pierza a jego fizycznymi właściwościami (takimi jak zawartość puchu oraz sprężystość wyrażona jako wysokość i objętość napełnienia), zastosowano analizę korelacji rang Spearmana. Wszystkie obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem w środowisku R (R Core Team, 2025), a poziom istotności statystycznej ustalono na $p \leq 0,05$.

4.3. Wyniki i dyskusja

Wyniki przeprowadzonych analiz statystycznych zaprezentowano w tabeli 11. Wskazują, że zarówno genotyp, jak i dieta, a także ich interakcja miały zróżnicowany wpływ na badane cechy pierza gęsiego.

W analizie danych dotyczących składu pierza stwierdzono, że zarówno zawartość całkowitego puchu, jak i udział piór puchowych („*down clusters*”) istotnie różniły się w zależności od genotypu. Ptaki z grupy TE uzyskały wyższe wartości tych parametrów – średnio 39,2% w przypadku piór puchowych i 39,6% w odniesieniu do całkowitej zawartości puchu. Dla porównania, grupa ET osiągnęła odpowiednio 35,0% i 35,6%.

Tabela 11. Średnie i współczynniki zmienności badanych cech: składu pierza, właściwości fizycznych puchu oraz oceny zapachu puchu w zależności od genotypu i sposobu żywienia.

Genotyp	Sposób żywienia	Klaster puchu	Zawartość puchu [%]	Sprężystość - wysokość [mm]	Sprężystość - objętość [cm ³]	Zapach [1–5]
ET	LPS	36.9 (5.03%)	37.5 (5.37%)	86.8 (3.76%)	345 (3.55%)	4.6 (11.91%)
ET	SBM	33.1 (5.61%)	33.6 (6.02%)	116 (2.81%)	459 (2.67%)	4.2 (13.04%)
TE	LPS	40.6 (4.57 %)	41.1 (4.91%)	110 (2.97%)	438 (2.80%)	4.2 (13.04%)
TE	SBM	37.7 (4.92%)	38.2 (5.30%)	105 (3.11%)	417 (2.94%)	4.0 (13.70%)

Główne efekty – wartości średnie

G TE	39.2	39.6	108	428	4.1
G ET	35	35.6	101	402	4.4
Ż SBM	35.4	35.9	110	438	4.1
Ż LPS	38.8	39.3	98.6	392	4.4

Główne efekty – wartości prawdopodobieństwa

G	0.0396	0.0438	0.00219	0.00221	
Ż	0.0863	0.0841	<0.001	<0.001	
G×Ż	0.8103	0.79	<0.001	<0.001	

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$. SEM – błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*), G – genotyp, Ż-żywienie

Zaobserwowane różnice między grupami genotypowymi znajdują potwierdzenie w badaniach nad drobiem, które dowodzą, że kierunek krzyżowania, a więc to, która linia rodzicielska jest ojcowską, a która matczyną, może istotnie wpływać na fenotyp potomstwa. Przykładowo, Okpako Akporhwarho i in. (2025) wykazali u kur, że potomstwo pochodzące od lokalnych kogutów oraz zagranicznych niosek wykazywało wyższą wydajność niż przy odwrotnym schemacie krzyżowania. Jest to zgodne z hipotezą, że dziedziczenie cech takich jak

struktura piór czy intensywność upierzenia może być determinowane specyficznymi wpływami rodzicielskimi. Wówczas poziom cech mieszańców będzie zależny od przyjętego modelu krzyżowania dwóch ras (który komponent genetyczny pochodzi od matki, a który od ojca).

Ponadto, rozwój i morfologia piór są cechami silnie uwarunkowanymi genetycznie. Według Qi i in. (2024) procesy te obejmują złożoną regulację transkrypcyjną i sygnałową, w której uczestniczy wiele genów. Do najlepiej poznanych należą m.in. FGF20, odgrywający kluczową rolę w inicjacji powstawania mieszków piór, oraz BMP2 i BMP4, które regulują różnicowanie komórek nabłonkowych i kształtowanie wzoru piór. Istotną funkcję pełnią także geny z rodziny Wnt i Shh (*Sonic hedgehog*), odpowiadające za proliferację i polarność komórek w trakcie rozwoju piór. W badaniach nad drobiem, zwłaszcza u kurcząt, opisano również udział genów strukturalnych keratyny (KRT), które warunkują właściwości mechaniczne piór oraz ich odporność na czynniki środowiskowe. Podobne mechanizmy są sugerowane u kaczek i gęsi, co wskazuje, że zmienność cech okrywy piór u tych gatunków może wynikać nie tylko z efektów środowiskowych, ale także z różnic w ekspresji genów regulujących rozwój mieszków piór i keratynizację. Również Jenni i in. (2020) wykazali, że uwarunkowania genetyczne stanowią jedną z kluczowych determinant rozwoju piór - obok czynników środowiskowych, w tym żywieniowych.

Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach mogą być też pośrednio związane z odmiennym metabolizmem oraz efektywnością wykorzystania składników pokarmowych przez różne linie genetyczne. Alshamy i in. (2018) wykazali, że kurczęta wolno rosnących linii dwukierunkowego użytkowania różnią się od szybko rosnących nie tylko długością przewodu pokarmowego, ale również powierzchnią chłonną jelit, co przekłada się na ograniczone wchłanianie składników odżywczych. Można zatem przypuszczać, że różnice między grupami TE i ET w zakresie zawartości puchu mogą częściowo wynikać z odmiennej efektywności metabolicznej, która wpływa na tempo wzrostu i rozwój okrywy piórowej.

Zastosowanie różnych diet nie wpłynęło istotnie na poziom zawartości puchu ($p > 0,05$), jednakże widoczna była tendencja sugerująca, że dieta oparta na komponentach lokalnych (LPS) może wspierać nieco wyższą jego zawartość – średnio 38,8% wobec 35,4% w diecie SBM. Chociaż różnica ta nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej, wyniki te mogą sugerować, że krajowe źródła białka mają potencjał do wspomagania produkcji puchu u gęsi, co zasługuje na dalsze badania.

Właściwości fizyczne puchu, istotne z punktu widzenia jego wartości użytkowej, oceniono na podstawie dwóch parametrów: wysokości oraz objętości. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na istotny wpływ zarówno genotypu, rodzaju zastosowanej diety, jak i ich interakcji (wszystkie $p < 0.01$). Interakcje te oznaczają, że efekt żywienia zależał od grupy genotypowej. Przykładowo, w grupie ET wartości sprężystości były wyższe przy diecie SBM (116 mm; 459 cm³), natomiast w grupie TE wyższe wartości odnotowano przy diecie LPS (110 mm; 438 cm³). Wyniki te wskazują na złożone powiązania między czynnikami genetycznymi a środowiskowymi, które mogą warunkować jakość puchu. Z kolei dla udziału puchu i klastrów puchowych efekt interakcji nie był istotny, co sugeruje, że te cechy są stabilniejsze i zależą głównie od czynników genotypowych.

Najwyższe wartości sprężystości uzyskano w grupie ET karmionej dietą opartą na poekstrakcyjnej śrucie sojowej (116 mm; 459 cm³), co może wskazywać, że mimo ogólnie niższej zawartości puchu, jego jakość strukturalna - odpowiadająca za zdolność do odbicia i zatrzymywania powietrza - była w tej grupie bardziej korzystna. Może to wynikać z lepszej dostępności aminokwasów siarkowych, niezbędnych do syntezy keratyny, będącej głównym składnikiem białkowym piór i puchu.

Z kolei w grupie TE otrzymującej dietę LPS, pomimo uzyskania najwyższej zawartości puchu (41.1%), wartości sprężystości były wyraźnie niższe (110 mm; 438 cm³). Sugeruje to, że ilość puchu niekoniecznie przekłada się bezpośrednio na jego jakość użytkową, a decydujące znaczenie mogą mieć tu różnice w profilu aminokwasowym diety lub zdolności organizmu do ich wykorzystania.

Analiza średnich efektów głównych pokazała, że dieta SBM sprzyjała wyraźnie lepszym właściwościom fizycznym puchu. Średnia wysokość sprężystości wynosiła 110 mm, a objętość 438 cm³. Dla porównania, dieta oparta na lokalnych komponentach białkowych (LPS) skutkowała niższymi wartościami: odpowiednio 98.6 mm i 392 cm³. Dane te są zgodne z literaturą, w której podkreśla się znaczenie wysokiej jakości białka paszowego - zwłaszcza pod względem zawartości metioniny i cysteiny – w procesach keratynizacji oraz regeneracji struktur piórowych (Shu i in., 2023; Leeson, 2021; Deschutter i Leeson, 1986).

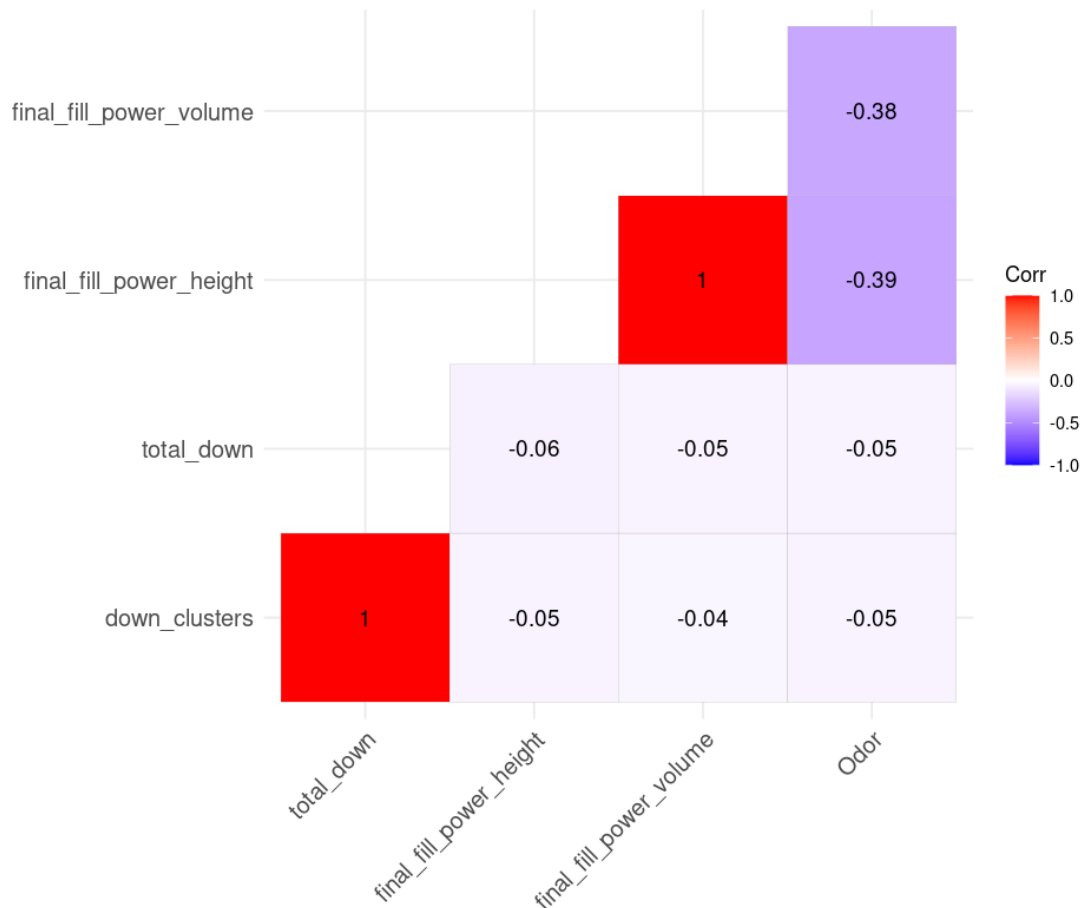
Wnioski te znajdują potwierdzenie również w badaniach nad innymi gatunkami drobiu, gdzie stwierdzono, że zarówno niedobór białka, jak i niewłaściwy stosunek aminokwasów ograniczają wzrost oraz jakość piór, obniżając tym samym ich wartość handlową i użytkową.

Tym samym, obserwowane różnice w sprężystości puchu między grupami mogą być interpretowane jako efekt interakcji czynników genotypowych z jakością stosowanego białka w diecie.

W przypadku cechy sensorycznej, jaką jest zapach pierza, ocenianej w skali 1–5 (gdzie wyższa wartość oznacza bardziej neutralny lub przyjemniejszy zapach), nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami eksperymentalnymi ($p > 0.05$). Średnia ocena zapachu wahała się od 4.0 w grupie TE żywionej dietą SBM do 4.6 w grupie ET LPS. Chociaż różnice te nie były istotne, zauważono wyraźną tendencję wskazującą, że genotyp ET otrzymał wyższe oceny zapachowe (średnio 4.4) w porównaniu do TE (4.1), niezależnie od skarmianej paszy. Może to sugerować potencjalny wpływ kierunku krzyżowania na skład wydzielin skórnych oraz profil zapachowy pierza, co opisano wcześniej m.in. u kur i kaczek (Gvoždíková Javůrková i in., 2023).

Dodatkową analizę przeprowadzono w celu oceny zależności pomiędzy zapachem a fizycznymi parametrami puchu. Współczynniki korelacji rang Spearmana przedstawiono na rycinie 11. Zaobserwowano istotne ujemne zależności pomiędzy oceną zapachu a parametrami sprężystości puchu, zarówno w ujęciu wysokości ($\rho = -0.39$), jak i objętości ($\rho = -0.38$). Oznacza to, że próbki, które charakteryzowały się wyższym wskaźnikiem *fill power* (czyli bardziej sprężystym puchem), otrzymywały nieco niższe oceny zapachu. Chociaż zależności te nie były silne, mogą wskazywać na związek pomiędzy strukturą puchu a jego cechami sensorycznymi.

Tego typu relacja może wynikać z faktu, że puch o wyższej sprężystości może zawierać więcej resztkowego tłuszczu lub wykazywać większą powierzchnię kontaktu z powietrzem, co sprzyja ulatnianiu się lotnych związków zapachowych.



Ryc. 11. Macierz współczynników korelacji rang Spearmana pomiędzy oceną zapachu a parametrami fizycznymi puchu.

Dodatkowo, większa objętość puchu może ułatwiać akumulację zapachów pochodzących z wydzielin gruczołu kuprowego, utlenionych lipidów lub obecnej mikroflory. Warto przy tym dodać, że zapach pierza/puchu jest cechą wieloczynnikową i zależy zarówno od czynników genetycznych, żywieniowych, jak i środowiskowych. Badania wcześniejsze wykazały, że skład chemiczny wydzielin skórnych i obecność określonych związków lotnych różnią się między rasami, liniami genetycznymi, a nawet pomiędzy osobnikami tej samej grupy (Karlsson i in., 2010; Gvoždíková Javůrková i in., 2023).

Brak silnych korelacji pomiędzy zapachem a zawartością puchu ogólnego (*total down*) lub puchu skupionego (*down clusters*) sugeruje, że ilość puchu nie determinuje jednoznacznie jego cech sensorycznych, a bardziej istotne mogą być jego właściwości strukturalne lub skład chemiczny.

4.4. Podsumowanie i wnioski

- Wykazano istotne różnice w zawartości puchu pomiędzy genotypami, wskazując, że układ linii rodzicielskich (samiec Tapphorn x samica Eskildsen vs. samiec Eskildsen x samica Tapphorn) może oddziaływać na intensywność rozwoju okrywy piórowej. Gęsi z grupy samiec Tapphorn x samica Eskildsen charakteryzowały się wyższą zawartością puchu, co sugeruje przewagę tej kombinacji w aspekcie ilościowym.
- Sprężystość puchu ulegała wyraźnym zmianom pod wpływem rodzaju zastosowanego białka paszowego oraz genotypu. Najkorzystniejsze parametry uzyskano u ptaków samiec Eskildsen x samica Tapphorn żywionych dietą opartą na śrucie sojowej, co podkreśla znaczenie profilu aminokwasowego w formowaniu struktur keratynowych puchu.
- Grupy o wyższej zawartości puchu niekoniecznie osiągały lepsze parametry sprężystości, co wskazuje, że czynniki determinujące ilość i strukturę puchu mogą być niezależne i powinny być oceniane odrębnie.
- Mimo że nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie, wyższe oceny zapachu uzyskano dla genotypu samiec Eskildsen x samica Tapphorn, niezależnie od rodzaju diety. Może to sugerować, że profil chemiczny wydzielin skórnych, odpowiedzialny za percepcję zapachu, jest przynajmniej częściowo dziedziczony.
- Zaobserwowano ujemne korelacje pomiędzy oceną zapachu a wskaźnikami sprężystości. Może to wynikać z interakcji struktury puchu z obecnością i ulatnianiem się związków zapachowych, co potwierdza złożony charakter tej cechy.
- Chociaż różnice nie były istotne statystycznie, w grupach żywionych dietą opartą na łubinie oraz bobiku obserwowano tendencję do wyższej zawartości puchu, co sugeruje potencjał krajowych komponentów paszowych w kontekście poprawy ilościowego aspektu jakości pierza.

5. Analiza opłacalności produkcji mieszańców gęsi.

Konferencja: Dobrzyńska P., Tomczyk Ł., Hejdysz M., Stangierski J., Szwaczkowski T. Analiza opłacalności produkcji mieszańców gęsi w zależności od źródła białka paszowego. *Materiały LXXXIX Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego* (Bydgoszcz, 16–19 września 2025).

5.1. Wstęp

Polska jest obecnie największym producentem mięsa gęsiego w Europie, a kluczową rolę w tym sukcesie odgrywa rodzima rasa Gęś Biała Kołudzka®, która od lat stanowi podstawę krajowych stad towarowych (Tridge, 2024). Jest to rasa o wyjątkowym znaczeniu gospodarczym i kulturowym, wyselekcjonowana w Instytucie Zootechniki – Państwowym Instytucie Badawczym, Zakładzie Doświadczalnym w Kołudzie Wielkiej i uznawana za wizytówkę polskiej gęsiny na rynkach zagranicznych. Produkcja gęsiny w Polsce ma w dużej mierze charakter eksportowy. Od lat głównym odbiorcą polskiego mięsa gęsiego są Niemcy. Stanowi ono ceniony sezonowy przysmak. Gęsina uchodzi za produkt luksusowy o wysokiej cenie i prozdrowotnych walorach żywieniowych, ze względu na korzystny profil kwasów tłuszczowych, bogactwo składników odżywczych, co skłania do podejmowania działań promujących jej konsumpcję również na rynku krajowym (Tridge 2024). Z perspektywy producentów kluczowe jest zapewnienie opłacalności chowu gęsi, zwłaszcza w obliczu rosnących kosztów paszy, o dominującym udziale, około 70% ogółu kosztów [Chen i in. 2019; Yu i in. 2020].

Tradycyjnie gęsi w Polsce utrzymywane są w systemach ekstensywnych lub półintensywnych, z obowiązkowym dostępem do wybiegu, co sprzyja rozwojowi mięśni i wpływa na jakość tuszki (Kuźniacka i in. 2020). W praktyce producenci w pierwszych 5-6 tygodniach odchowu stosują pełnoporcjowe mieszanki paszowe typu starter, a następnie stopniowo przechodzą na mieszanki grower, jednocześnie wprowadzając ziarna zbóż, najczęściej owsa, pszenicy i jęczmienia. W mniejszych gospodarstwach, gdzie producenci nie posiadają zbyt dużych areałów ziemi pod uprawy, mieszanki paszowe są łączone z ziarnami zbóż w proporcji około 50:50, co pozwala utrzymać tempo wzrostu, utrzymać wyższy poziom białka w diecie, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów żywienia. Pastwisko i zielonki stanowią dodatkowy, jednak kluczowy komponent w żywieniu, szczególnie w gospodarstwach prowadzących chów w bardziej tradycyjnych systemach. Coraz więcej producentów decyduje

się również na żywieniu mieszankami pełnoporcjowymi przez cały cykl odchowu, poza ostatnim 3 tygodniowym okresem tuczu owsianego. W intensywnym tuczu, nastawionym na uzyskanie wyższych przyrostów masy ciała, podstawę dawki stanowią pełnoporcjowe mieszanki paszowe, w których kluczowym źródłem białka pozostaje poekstrakcyjna śruta sojowa.

Poekstrakcyjna śruta sojowa jest powszechnie stosowanym komponentem białkowym w żywieniu drobiu, cenionym za wysoką koncentrację białka o korzystnym składzie aminokwasowym (Kuźniacka i in. 2020). Jej dostępność w Polsce zależy jednak niemal w całości od importu. Szacuje się, że krajowy sektor paszowy sprowadza rocznie 2,7–3 mln. ton śruty sojowej, przede wszystkim z Ameryki Południowej, głównie z Brazylii i Argentyny (Raport roczny IERiGŻ PIB, 2024).

Wiąże się to z szeregiem wyzwań ekonomicznych i środowiskowych: dużą zmiennością cen na rynkach światowych, ryzykiem zakłóceń w łańcuchach dostaw oraz negatywnym oddziaływaniem na środowisko, obejmującym m.in. wylesianie terenów pod uprawy soi. Dodatkowo większość światowej soi stanowią odmiany genetycznie modyfikowane, co rodzi kwestie akceptacji społecznej w Europie. Zgodnie z regulacjami Unii Europejskiej, pasze zawierające ponad 0,9% komponentów GMO muszą być znakowane, a część odbiorców preferuje produkty bez GMO. Konsekwencją tego trendu jest obserwowany wzrost popytu na pasze wolne od GMO, który wywiera presję na rynek. Ceny importowanej śruty non-GM rosną szybciej niż ceny standardowej śruty GM (Basnet i in., 2023). Zjawisko to nie zawsze przekłada się na wyższe ceny skupu żywca, przez co producenci ponoszą wyższe koszty żywienia bez odpowiedniej rekompensaty na rynku. W odpowiedzi na te wyzwania polityka rolna i przemysł paszowy poszukują alternatywnych lokalnych źródeł białka paszowego, mogących częściowo zastąpić importowaną soję (Biesek i in., 2020).

Badania nad roślinami strączkowymi wskazują, że zastępowanie importowanej soi krajowymi nasionami bobiku, grochu czy łubinu jest technologicznie wykonalne bez pogorszenia jakości produktów drobiowych, a w pewnych aspektach może ją nawet poprawić, np. poprzez korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych mięsa (Biesek i in., 2020; Kuźniacka i in., 2020). Kierunek ten wpisuje się w badania nad roślinnymi źródłami białka paszowego, rozwijanych od lat w ramach wieloletniego programu rządowego (Rutkowski, 2015) Program ten odegrał kluczową rolę w opracowaniu technologii żywienia drobiu i trzody nasionami bobiku, grochu oraz łubinów, w tym odmian o obniżonej zawartości substancji antyżywniowych, stanowiąc fundament dla współczesnych prac nad uniezależnieniem

krajowej produkcji zwierzęcej od importowanej soi (Hejdysz i in., 2014; Hejdysz i in., 2013; Hejdysz i Rutkowski, 2015).

Zastąpienie importowanej soi rodzimymi źródłami białka wpisuje się w nurt zrównoważonego rolnictwa i strategii uniezależnienia białkowego. Mimo wykazanych korzyści środowiskowych i jakościowych, w praktyce kluczowym kryterium pozostaje opłacalność ekonomiczna takiego rozwiązania. Aktualnie mieszanki paszowe oparte na łubinie czy bobiku są droższe od standardowych, głównie z uwagi na ograniczoną podaż tych surowców i brak efektu skali w produkcji pasz alternatywnych. Wytwórnice pasz rzadko produkują duże partie mieszanek „bezssojowych”, często robiąc to jedynie na specjalne zamówienie - co przekłada się na wyższą cenę jednostkową gotowego produktu. Według informacji branżowych przy zwiększeniu skali produkcji i stałym włączeniu pasz łubinowych do oferty ich cena mogłaby ulec obniżeniu, poprawiając konkurencyjność względem śruty sojowej. Z punktu widzenia producenta drobiu, niższa efektywność lub wyższy koszt żywienia muszą zostać zrekomensowane wyższą ceną sprzedaży żywca, aby zachować rentowność. Potencjalną szansą jest ulokowanie produktów z gęsi karmionych paszami bez soi w segmencie PREMIUM, jako mięso bez GMO o prozdrowotnych cechach (korzystny profil tłuszczowy, produkcja lokalna). Rynek europejski wykazuje rosnące zainteresowanie żywnością pochodzącą ze zrównoważonych systemów i wolną od GMO. Według Data Bridge Market Research (2024) konsumenci są skłonni zapłacić więcej za mięso zwierząt żywionych naturalnymi, niemodyfikowanymi paszami. Przykładowo, w krajach Europy Zachodniej dynamicznie rozwija się sprzedaż drobiu certyfikowanego jako non-GMO, a produkty takie osiągają wyższe ceny detaliczne w porównaniu do konwencjonalnych. Wprowadzenie gęsiny o wyróżnionej jakości (dodatkowo żywionej mieszankami paszowymi bez GMO, z korzystniejszym składem mięsa) może zatem stworzyć niszę rynkową o większej marży, pod warunkiem odpowiedniego wypromowania jej walorów wśród konsumentów.

Uwzględniając specyfikę chowu gęsi w Polsce oraz różnorodność warunków środowiskowych i organizacyjnych, w niniejszej pracy przeprowadzono analizę z rozróżnieniem poszczególnych ferm, co pozwala na bardziej precyzyjne odniesienie uzyskanych wyników do praktyki produkcyjnej. Dodatkowo do oceny tempa wzrostu ptaków wykorzystano modelowanie matematyczne z zastosowaniem krzywych Gomperta, co umożliwia opis i porównanie dynamiki przyrostów masy ciała w zależności od genotypu i systemu żywienia.

Celem niniejszego etapu badań było zatem uzyskanie informacji, czy i w jakim stopniu zastąpienie śruty sojowej rodzimymi nasionami roślin strączkowych (łubinu żółtego oraz

bobiku) w żywieniu gęsi wpływa na wyniki odchowu i opłacalność produkcji. Badania przeprowadzono na dwóch genotypach gęsi (mieszańcach uzyskanych z krzyżowania naprzemiennego linii Tapphorn i Eskildsen tj. TE oraz ET), przy zastosowaniu dwóch wariantów diet (standardowej opartej na śrucie sojowej tj. SBM oraz alternatywnej opartej na łubinie i bobiku tj. LPS), co umożliwiło również ocenę interakcji pomiędzy cechami genetycznymi ptaków a rodzajem paszy. W analizie ekonomicznej uwzględniono koszty żywienia w poszczególnych fazach odchowu oraz potencjalne przychody ze sprzedaży gęsi, przy założeniu zarówno standardowej ceny rynkowej, jak i scenariusza PREMIUM (wyższa cena za gęsi żywione paszą bez GMO). Takie całkowite podejście umożliwia ocenę, czy zastosowanie krajowych źródeł białka w żywieniu gęsi może być uzasadnione ekonomicznie a jeśli nie w obecnych realiach rynkowych - to czy uzyskanie lepszej ceny sprzedaży (dzięki wyróżnieniu produktu) mogłoby uczynić ten system opłacalnym. W świetle dążenia do zrównoważonego rozwoju i uniezależnienia od importu, wyniki tych badań dostarczą cennych wskazówek dla producentów gęsi i branży paszowej odnośnie możliwości wdrożenia krajowych komponentów białkowych na szerszą skalę.

5.2. Materiał i metody

Analizę ekonomiczną przeprowadzono w oparciu o wyniki doświadczenia dotyczącego dwóch genotypów gęsi (ET oraz TE), żywionych dwoma typami mieszanek paszowych: tradycyjnymi opartymi na poekstrakcyjnej śrucie sojowej (SBM) oraz alternatywnymi, w których źródłem białka były nasiona roślin strączkowych - łubinu i bobiku (LPS). Doświadczenie obejmowało pełen cykl odchowu, trwający 117 dni.

W analizie uwzględniono rzeczywisty koszt paszy (w PLN) wyceniony przez wytwórcę pasza Agrifirm Polska Sp. z o.o. (tabela 12), w przeliczeniu na tonę mieszanki oraz całkowite zużycie paszy przez jednego ptaka (g). Na tej podstawie wyliczono koszt żywienia przypadający na osobnika, z rozróżnieniem poszczególnych komponentów (starter, grower, owies).

Tabela 12. Koszt mieszanek paszowych [PLN/t] w zależności od wariantu diety (SBM vs LPS)

Rodzaj paszy	SBM	LPS
Starter	1 450	2 000
Grower	1 230	1 780
Owies	1 000	1 000

Przychód jednostkowy określono na podstawie masy końcowej ptaków pomnożonej przez obowiązującą w momencie analizy cenę rynkową żywca (stan na dzień stan na 20 lipca 2025 r., Biuletyn cen drobiu Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, cena 13,61 PLN/kg). Dodatkowo dla grup żywionych mieszanką LPS przyjęto cenę mięsa bez GMO, oraz mięsa PREMIUM, zakładającego 10% wyższą cenę sprzedaży żywca w grupach żywionych dietą LPS. Celem było oszacowanie potencjalnej opłacalności produkcji gęsi w przypadku wprowadzenia mięsa pochodzącego od ptaków karmionych krajowymi źródłami białka do segmentu produktów wysokiej jakości (PREMIUM market). Do oceny efektywności ekonomicznej wykorzystano standardowe wskaźniki stosowane w produkcji drobiarskiej.

- Współczynnik wykorzystania paszy (FCR - *Feed Conversion Ratio*),

Określa ilość paszy (kg) zużytej na przyrost 1 kg masy ciała ptaka. Niższa wartość FCR świadczy o lepszej efektywności żywienia.

- Wskaźnik zapłaty,

Jest to relacja ceny żywca do kosztów jego wytworzenia (1 kg masy ciała), która określa, ile jednostek wartości rynkowej przypada na jednostkę kosztu żywienia. Wartości powyżej 1 oznaczają opłacalną produkcję, natomiast spadek wskaźnika sygnalizuje niższą rentowność.

- Przeżywalność stada,

Wskaźnik ten definiowany jest jako procentowy udział liczby ptaków odchowanych do końca cyklu do liczby początkowej.

- Europejski Wskaźnik Wydajności – EWW.

To złożony wskaźnik produkcyjny, szeroko stosowany w drobiarstwie, pozwalający na jednoczesną ocenę przyrostów, efektywności paszowej, długości odchowu i przeżywalności. Wyrażany jest wzorem:

$$EWW = \frac{\text{masa końcowa [kg]} \times \text{przeżywalność [\%]}}{FCR \times \text{długość odchowu [liczba dni]}} \times 100\%$$

Wyższe wartości EWW świadczą o lepszej wydajności produkcji i są efektem korzystnej relacji pomiędzy przyrostami, zużyciem paszy i przeżywalnością stada.

W obliczeniach uwzględniono także koszt wyprodukowania 1 kg masy ciała (osobno dla okresu starter i grower) oraz całkowity koszt paszy na sztukę.

Analiza statystyczna

W celu oceny wpływu czynników doświadczalnych na cechy produkcyjne i parametry wzrostu przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji. Uwzględniono dwa czynniki: genotyp (TE vs. ET) oraz sposób żywienia (LPS vs. SBM), a także ich interakcję (genotyp \times dieta). Normalność rozkładu i homogeniczność wariancji obiektowych sprawdzano przed wykonaniem analizy przy użyciu odpowiednich testów diagnostycznych (patrz str. 23) Wyniki przedstawiono jako średnie i współczynniki zmienności (CV).

Analiza krzywych wzrostu

Do opisu dynamiki wzrostu gęsi zastosowano model Gompertza (Gompertz, 1825; Kathleen i in., 2017; Cartoni Mancinelli i in., 2023) w postaci:

$$y_t = A \times \exp \{-\exp[-k(t - t_0)]\}$$

gdzie:

y_t – masa ciała w dniu t ,

A – asymptota (przewidywana docelowa masa ciała),

k – współczynnik tempa wzrostu,

t_0 – punkt przegięcia krzywej (dzień maksymalnego tempa przyrostu).

Parametry modelu estymowano metodą najmniejszych kwadratów nieliniowych. Na podstawie dopasowanych modeli wyznaczono dodatkowo masę w punkcie przegięcia ($m_{inf}=A/e$). Jakość dopasowania krzywych oceniano wizualnie poprzez porównanie wartości obserwowanych i predykowanych oraz na podstawie zgodności przebiegu krzywych z danymi empirycznymi.

Wszystkie obliczenia i analizy statystyczne wykonano w środowisku R (R Core Team, wersja 4.3.1).

5.3. Wyniki i dyskusja

Analiza kosztów żywienia wykazała istotne różnice pomiędzy zastosowanymi dietami (Tabela 13). Koszty startera i growera były istotnie niższe w wariantach SBM niż przy diecie LPS. Średnio koszt żywienia starterem wyniósł 5,66 zł/szt. przy diecie SBM wobec 7,51 zł/szt. w LPS, natomiast growera odpowiednio 24,75 i 40,11 zł/szt. Różnice te były wysoce istotne statystycznie ($p < 0,001$), co jednoznacznie potwierdza znaczenie komponentu białkowego dla całkowitej struktury kosztów. Warto zauważyć, że koszty owsa, który stanowił element końcowej fazy odchowu, były wyrównane pomiędzy grupami (4,46–4,63 zł/osobnika) i nie wykazywały różnic istotnych statystycznie, co wskazuje na jego stabilny udział w żywieniu gęsi.

Tabela 13. Średnie i współczynniki zmienności badanych cech: koszty żywienia w poszczególnych fazach odchowu oraz wskaźnik efektywności produkcji (EWW) w zależności od genotypu i rodzaju diety.

Genotyp	Sposób żywienia	Starter - koszt /ptaka	Grower - koszt /ptaka	Owies - koszt /ptaka	EWW
ET	LPS	7.28 ^a (13.79%)	39.62 ^a (6.84%)	4.76 (9.86%)	130.18 (7.95%)
ET	SBM	5.47 ^b (2.76%)	24.49 ^b (4.96)	4.64 (11.06%)	142.28 (6.70%)
TE	LPS	7.74 ^a (4.88%)	40.61 ^a (5.86%)	4.17 (15%)	121.98 (10.73%)
TE	SBM	5.86 ^b (3.31%)	25.01 ^b (5.23%)	4.62 (13.63%)	144.68 (7.60%)

Efekty główne – średnie

G TE	6.8 (8.28%)	32.81 (5.91%)	4.39 (14.31%)	133.33 (7.33%)
G ET	6.37 (4.09%)	32.05 (5.42%)	4.7 (10.46%)	136.23 (9.16%)
Ż SBM	5.66 ^a (9.34%)	24.75 ^a (6.35%)	4.63 (12.43%)	143.48 (9.34%)
Ż LPS	7.51 ^b (3.03%)	40.11 ^b (5.09%)	4.46 (12.35%)	126.08 (7.15%)

Efekty główne - wartość prawdopodobieństwa

G	0.17	0.13	0.09	0.39
Ż	<0.001	<0.001	0.36	0.14
G×Ż	0.765	0.493	0.11	0.51

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.
G – genotyp, Ż-żywienie

Wpływ genotypu na analizowane koszty nie był istotny, chociaż widoczne były pewne tendencje. Najniższy koszt mieszanki grower odnotowano w ET SBM (24,49 zł/szt.), a najwyższy w TE LPS (40,61 zł/szt.), co może wskazywać na różną zdolność wykorzystania paszy w zależności od kombinacji genotyp x dieta. Podobne wnioski przedstawiają Kuźniacka i in. (2020), podkreślając, że skuteczność wykorzystania lokalnych źródeł białka może być modulowana przez uwarunkowania genetyczne ptaków, nawet jeśli efekt interakcji nie osiąga istotności statystycznej.

Wskaźnik efektywności produkcji nie różnił się istotnie ani pomiędzy genotypami, ani pomiędzy dietami ($p > 0,05$), choć średnio grupy żywione SBM osiągały wyższe wartości (143,5) niż LPS (126,1). Najwyższy EWW uzyskano w TE SBM (144,7), a najniższy w TE LPS (122,0), co wskazuje, że gęsi TE są bardziej wrażliwe na rodzaj białka w mieszance paszowej. Wyniki te korespondują z rezultatami analiz przeprowadzonych przez Bieska i in. (2020), którzy podkreślają, że wykorzystanie łubinu w żywieniu drobiu, chociaż technologicznie wykonalne, może wiązać się z obniżeniem wskaźników efektywności i wymaga stosowania dodatków poprawiających strawność.

Wyniki dotyczące przychodów oraz zysku ekonomicznego przedstawione są w tabeli 14, a porównanie strategii STANDARD oraz PREMIUM zostały zobrazowane dodatkowo na rycinach 12-13. Całkowity koszt żywienia różnił się istotnie w zależności od diety ($p < 0,001$), osiągając najniższą wartość w ET SBM (34,6 zł/szt.) i najwyższą w TE LPS (52,5 zł/szt.). Przy zbliżonej masie końcowej (6,99-7,13 kg) różnice te wprost przekładały się na wynik ekonomiczny. Najwyższy zysk w wariancie standardowym uzyskano w TE SBM (61,5 zł/szt.) oraz ET SBM (61,2 zł/szt.), podczas gdy w wariantach LPS kształtował się on na poziomie 42,6-43,8 zł/szt. W scenariuszu PREMIUM (+10% ceny skupu, tj. 14,48 zł netto) zysk w grupach LPS wzrósł do 48,7-49,9 zł/szt., lecz nadal pozostawał niższy o 8-9 zł/szt. niż w wariantach sojowych.

Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowanie lokalnych źródeł białka (łubin, bobik) pozwala obniżyć koszty żywienia i poprawić rentowność produkcji. Co więcej, w przypadku gęsi TE i ET efekt ten był podobny, co sugeruje, że przewagi ekonomiczne są determinowane głównie przez rodzaj diety, a nie sam genotyp. W praktyce oznacza to, że zastąpienie soi krajowymi komponentami białkowymi może być uzasadnione ekonomicznie, zwłaszcza gdy dodatkowo uwzględnimy możliwość wyróżnienia produktu w segmencie PREMIUM.

Tabela 14. Średnie i współczynniki zmienności badanych cech: całkowity koszt żywienia, końcowa masa ciała, przychód oraz zysk w segmencie STANDARD oraz PREMIUM w zależności od genotypu i rodzaju diety

Genotyp	Sposób żywienia	Koszt żywienia całkowity	Końcowa masa ciała (kg)	Przychód STANDARD (zł/ptaka)	Zysk STANDARD (zł/ ptaka)	Przychód PREMIUM (zł/ ptaka)	Zysk PREMIUM (zł/ ptaka)
ET	LPS	51.66 ^a (8,87%)	7.01 (8,18%)	95.41	43.75 ^a	101.51 ^a	49.85 ^a
ET	SBM	34.6 ^b (7,13%)	7.04 (9,32%)	95.81	61.21 ^b	95.81 ^b	61.21 ^b
TE	LPS	52.52 ^a (7,81%)	6.99 (9,63%)	95.13	42.61 ^a	101.21 ^a	48.7 ^a
TE	SBM	35.49 ^b (6,89%)	7.13 (10,03%)	97.04	61.54 ^b	97.04 ^b	61.54 ^b

Efekty główne – średnie

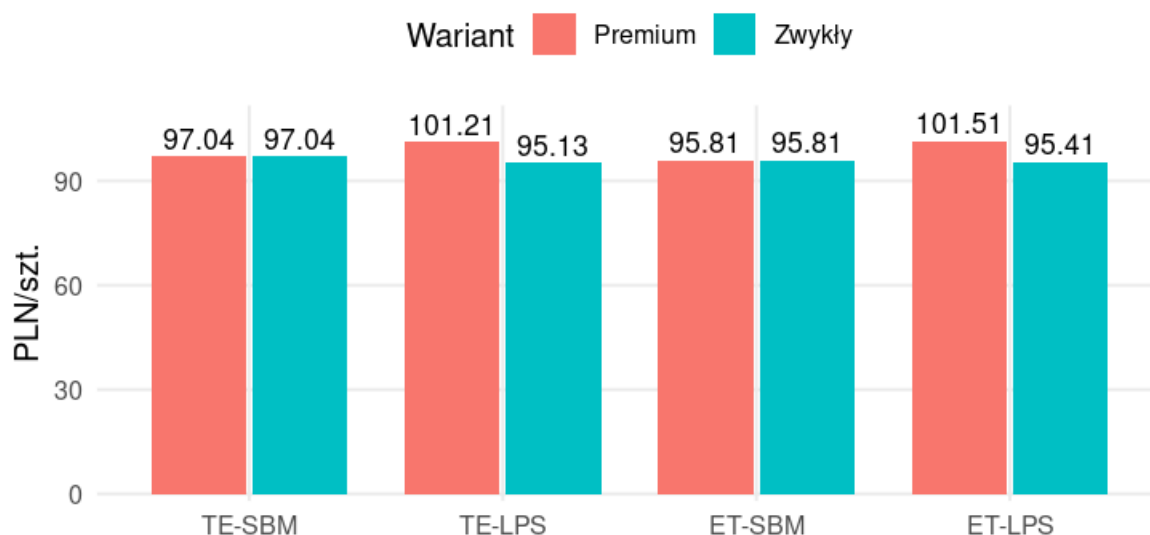
GTE	88,01	7.06	96.09	52.06	99.12	55.12
G ET	86,26	7.03	95.61	52.48	98.66	55.53
Ż SBM	35.05 ^a	7.09	96.45	61.38 ^a	96.45 ^a	61.38 ^a
Ż LPS	52.09 ^b	7	95.27	43.18 ^b	101.36 ^b	49.28 ^b

Efekty główne - wartość prawdopodobieństwa

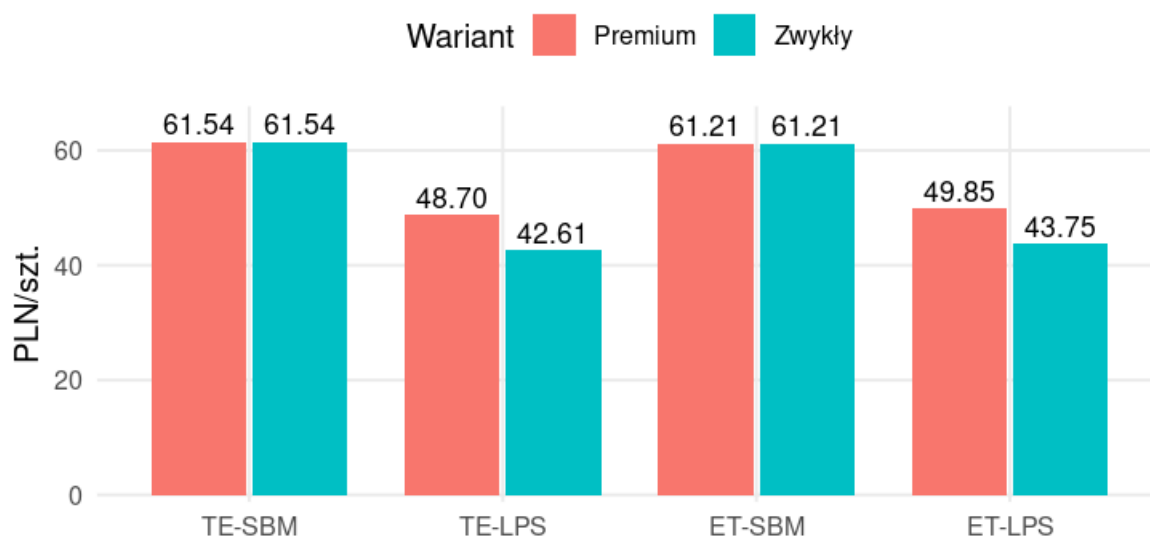
G	0.42	0.23	0.47	0.51	0.48	0.52
Ż	<0.001	0.38	0.29	<0.001	0.042	<0.001
G×Ż	0.765	0.493	0.591	0.482	0.317	0.132

Wartości w wierszu oznaczone różnymi literami (a, b) różnią się istotnie statystycznie przy $p < 0,05$.

G – genotyp, Ż-żywienie



Ryc. 12. Porównanie przychodów na osobnika wg. strategii STANDARD oraz PREMIUM w zależności od genotypu i sposobu żywienia.

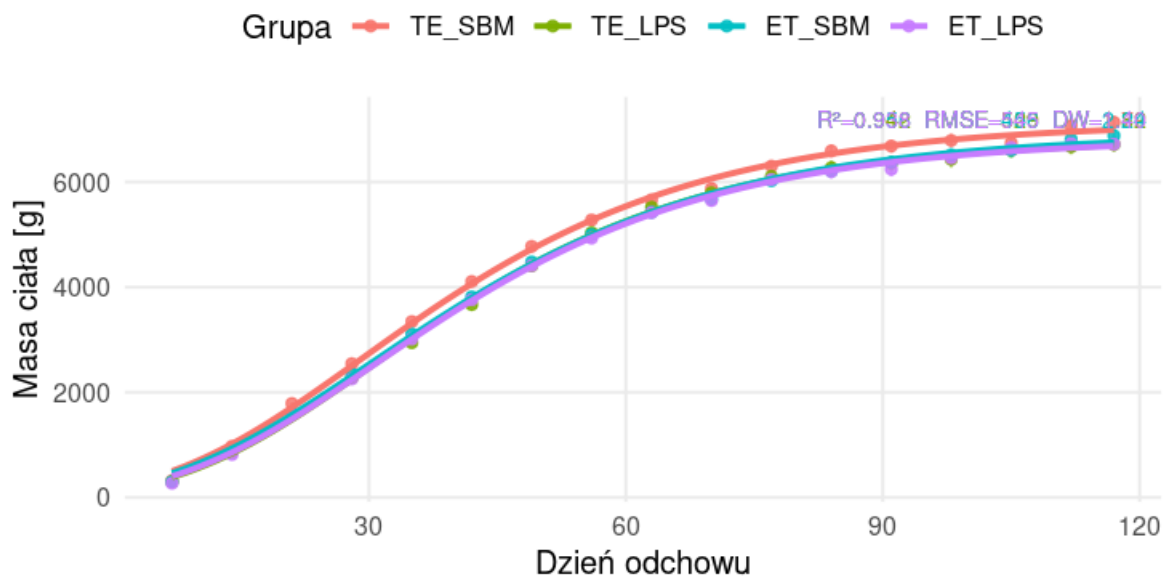


Ryc. 13. Porównanie zysków (wyniku ekonomicznego) na osobnika wg. strategii STANDARD oraz PREMIUM w zależności od genotypu i sposobu żywienia.

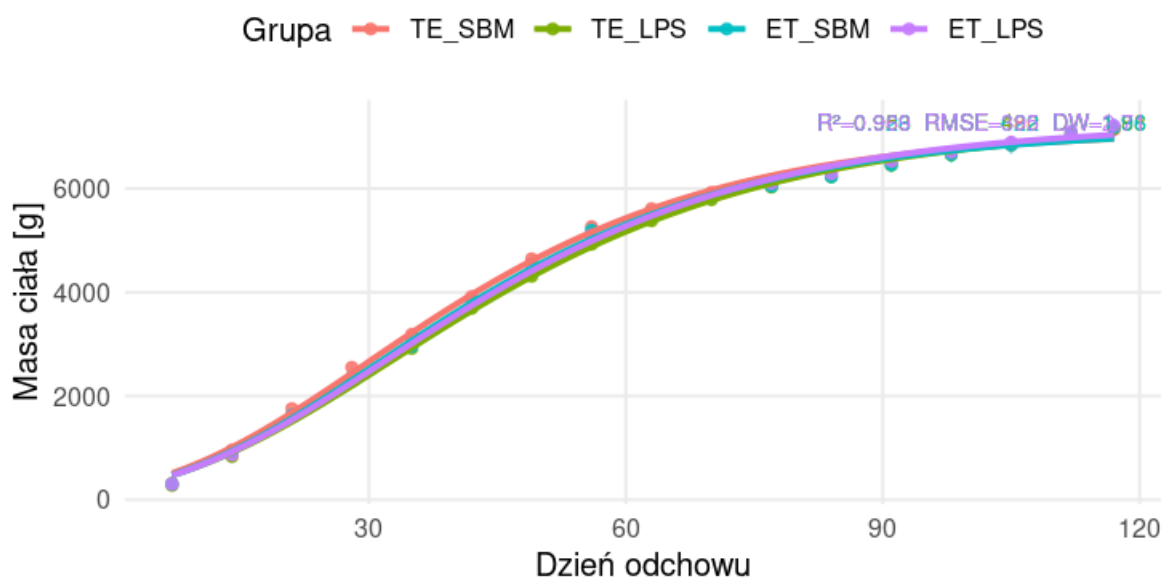
5.3.1. Analiza porównawcza opłacalności produkcji w dwóch fermach

Dopasowanie krzywych Gompertza do danych dotyczących masy ciała gęsi pozwoliło na wyodrębnienie podstawowych parametrów wzrostu: asymptoty (A), współczynnika tempa wzrostu (k) oraz punktu przegięcia krzywej (t_0), który wyznacza dzień maksymalnego tempa

przyrostu. Uzyskane wyniki zaprezentowane na Ryc. 14-15 oraz w tabeli 15, wskazują na wyraźne różnice pomiędzy obiema lokalizacjami, w których prowadzono odchów, tj. Gorzaniem (woj. wielkopolskie) i Małym Klinczem (woj. pomorskie).



Ryc .14. Krzywa wzrostu Gompertza dla lokalizacji Gorznień, w zależności od genotypu i rodzaju sposobu żywienia.



Ryc. 15. Krzywa wzrostu Gompertza dla lokalizacji Mały Klincz, w zależności od genotypu i rodzaju sposobu żywienia.

Tabela 15. Parametry krzywej Gompertza i miary dopasowania wzrostu gęsi w zależności od miejsca odchowu, genotypu (TE; ET) i sposobu żywienia (SBM; LPS).

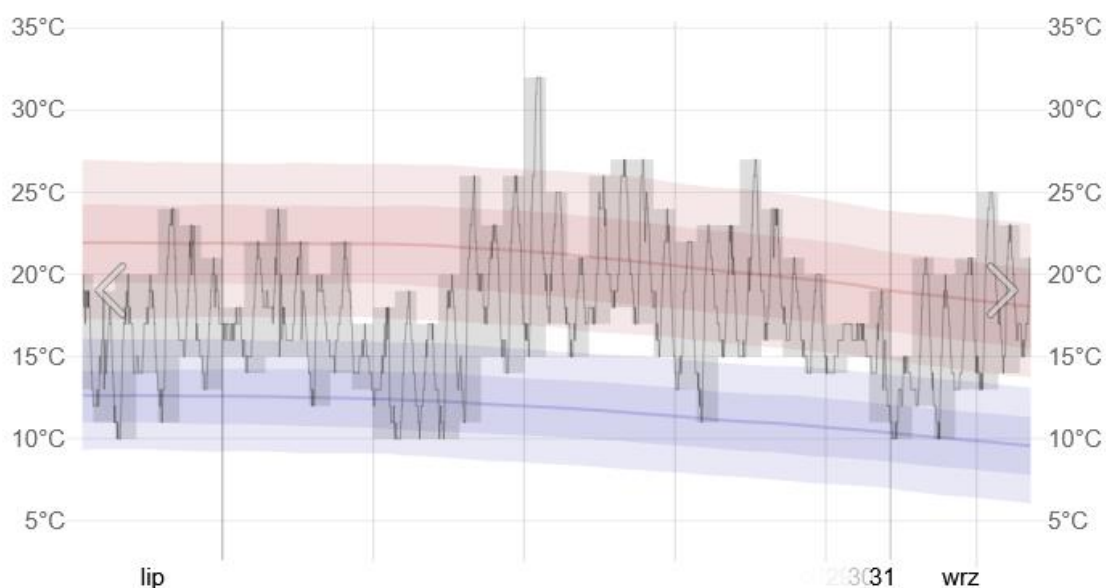
Miejsce	Grupa	A	K	t0	R ²	RMSE	DW
Gorzyn	TE_SBM	7132	0.0444	29.0	0.948	509	1.79
	TE_LPS	6835	0.0451	30.4	0.942	529	1.82
	ET_SBM	6913	0.0431	30.1	0.956	456	2.24
	ET_LPS	6830	0.0442	30.5	0.938	545	1.4
MK	TE_SBM	7127	0.0429	29.6	0.953	480	1.91
	TE_LPS	7259	0.0394	32.5	0.953	492	1.88
	ET_SBM	7163	0.0416	31.0	0.926	622	1.96
	ET_LPS	7263	0.0405	31.8	0.969	395	2.71

A – asymptota (masa ciała w g), *k* – współczynnik szybkości wzrostu, *t0* – punkt infleksji [dzień], *R*² – współczynnik determinacji, *RMSE* – błąd średniokwadratowy, *DW* – statystyka Durбина –Watsona.

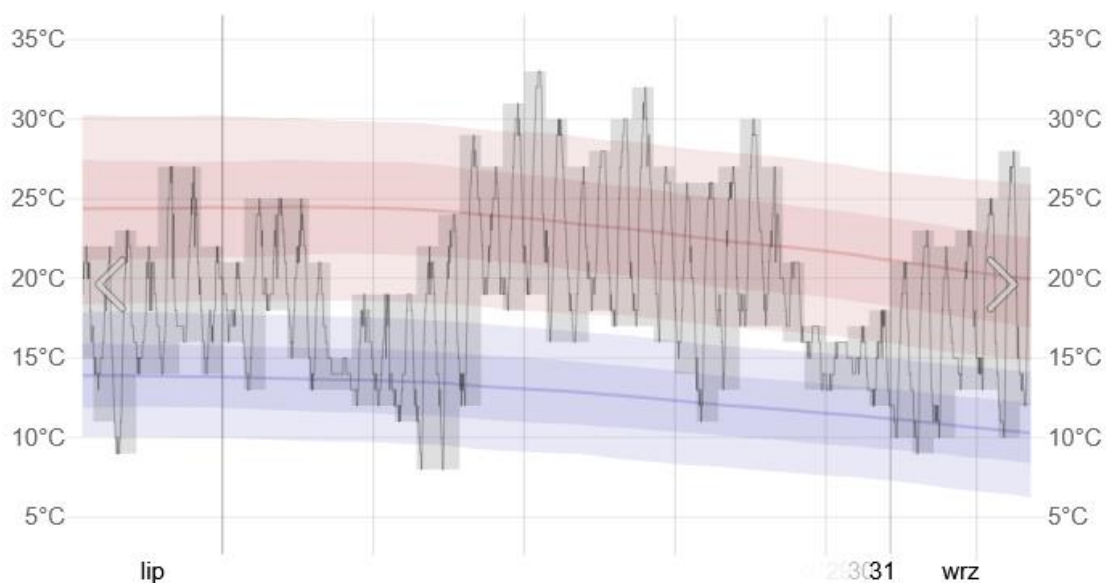
W Gorzynie wartości asymptoty kształtowały się w przedziale 6830–7132 g. Najwyższe wartości *A* odnotowano dla grupy TE SBM (7132 g), podczas gdy najniższe dla ET LPS (6830 g). Wartości współczynnika *k* były stosunkowo wysokie i wynosiły 0,043–0,045, a punkt przegięcia występował wcześniej, w okolicach 29-30 dnia odchowu. Wskazuje to na szybszy, ale krótszy okres intensywnego wzrostu, zakończony na niższym poziomie masy docelowej. W Małym Klinczu wartości asymptoty były wyraźnie wyższe, mieszcząc się w przedziale 7127-7263 g. Największą wartość *A* osiągnęły grupy żywione mieszanką LPS (ET LPS - 7263 g; TE LPS - 7259 g), co sugeruje, że w sprzyjających warunkach środowiskowych alternatywne źródła białka nie tylko dorównują konwencjonalnej śrucie sojowej, ale mogą przewyższać ją pod względem potencjału wzrostowego. Współczynnik *k* w Małym Klinczu był niższy (0,039–0,043), a punkt przegięcia krzywej przypadał później, między 29,6 a 32,5 dniem odchowu. Wskazuje to na wolniejsze, ale bardziej długotrwałe tempo wzrostu, kończące się wyższą masą końcową.

Porównanie lokalizacji jednoznacznie pokazuje przewagę Małego Klincza - średnia wartość *A* była tam wyższa o około 4% w stosunku do Gorzyna (7203 vs. 6928 g). Jednocześnie średni współczynnik *k* był o 7% niższy, a punkt przegięcia opóźniony o około 1,2 dnia. Oznacza to, że w Małym Klinczu (woj. pomorskie) gęsi rozwijały się w wolniejszym tempie, ale uzyskiwały wyższą masę końcową.

Wynik ten można tłumaczyć różnicami mikroklimatycznymi. Dane meteorologiczne IMGW wskazują, że w lipcu 2023 r. w rejonie Poznania (Ławica) średnie temperatury sięgały 30–35°C (ryc. 17) co mogło prowadzić do stresu cieplnego u ptaków. Z kolei w Małym Klinczu (region gdański) wartości były średnio o około 5°C niższe (ryc. 16) a maksymalne temperatury rzadziej przekraczały 30°C. Takie warunki sprzyjały utrzymaniu optymalnego tempa wzrostu i efektywniejszemu wykorzystaniu paszy.



Ryc. 16. Dane meteorologiczne IMGW dla miesiąca lipca 2023 – Port Lotniczy Gdańsk im. Lecha Wałęsy.



Ryc. 17. Dane meteorologiczne IMGW dla miesiąca lipca 2023 – Port Lotniczy Poznań-Ławica.

Podobne wyniki uzyskali Yahav i in. (2001) oraz Lara i Rostagno (2013), wskazując, że stres cieplny u drobiu prowadzi do obniżenia tempa wzrostu i gorszych wyników produkcyjnych.

Analizując interakcję ze sposobem żywienia, przy niższych temperaturach (Gorzyń) obserwuje się wyższe wartości asymptoty uzyskano w grupach żywionych soją (np. TE SBM - 7132 g), natomiast w MK największe wartości osiągnęły grupy żywione dietą LPS (ET LPS i TE LPS - ok. 7260 g). Wyniki te wskazują, że efektywność wykorzystania alternatywnych źródeł białka może zależeć od warunków środowiskowych. W sprzyjającym mikroklimacie mieszanki oparte na łubinie i bobiku dorównują lub przewyższają śrutę sojową pod względem parametrów wzrostu, natomiast w stresie cieplnym dieta sojowa okazuje się korzystniejsza.

Z praktycznego punktu widzenia różnice w wartości asymptoty (rzędu 300-400 g pomiędzy lokalizacjami i sposobami żywienia) mogą przekładać się bezpośrednio na wynik ekonomiczny. Przy obecnych cenach rynkowych każda dodatkowa setka gramów masy końcowej stanowi istotne źródło dodatkowego przychodu w skali całego stada. Wyniki te podkreślają konieczność uwzględniania zarówno czynników żywieniowych, jak i mikroklimatycznych przy planowaniu technologii produkcji gęsi.

Powyższe obserwacje znajdują potwierdzenie w wynikach badań uzyskanych przez innych autorów. Jak podkreślają Yahav i in. (2001) oraz Lara i Rostagno (2013), wysokie temperatury otoczenia obniżają pobranie paszy i przyrosty masy ciała u drobiu, a gęsi ze względu na grube upierzenie są szczególnie wrażliwe na stres cieplny. Wyniki badań własnych sugerują, że lokalizacja i związane z nią warunki mikroklimatyczne powinny być traktowane jako czynnik istotnie modulujący przebieg wzrostu ptaków i potencjalnie wpływający na efektywność produkcji. W kontekście praktycznym oznacza to, że wdrożenie alternatywnych systemów żywienia (np. opartych na lokalnych źródłach białka) powinno uwzględniać także różnice środowiskowe, które mogą maskować lub potęgować wpływ sposobu żywienia na wyniki produkcyjne.

Warto zwrócić uwagę, że obserwowane różnice pomiędzy lokalizacjami mają nie tylko charakter biologiczny, ale również praktyczny. Z punktu widzenia producenta warunki środowiskowe, takie jak temperatura w okresie odchowu, mogą istotnie wpływać na końcową masę ciała, a tym samym na przychód i wynik ekonomiczny. Gęsi utrzymywane w sprzyjających warunkach termicznych osiągają wyższe masy ubojowe, co bezpośrednio przekłada się na lepszą rentowność produkcji. Oznacza to, że czynniki klimatyczne, często pomijane w analizach ekonomicznych, w praktyce mogą stanowić istotne źródło zmienności zysku. Tym samym wyniki badań wskazują na potrzebę uwzględniania lokalnych

uwarunkowań środowiskowych przy planowaniu skali i opłacalności chowu gęsi, szczególnie w kontekście coraz częstszych wahań temperatur związanych ze zmianami klimatycznymi.

5.4. Podsumowanie i wnioski

- W obecnych relacjach cenowych żywienie oparte na śrucie sojowej pozostaje bardziej opłacalne (niższe koszty utrzymania jednego osobnika, wyższy Europejski Wskaźnik Wydajności) w porównaniu ze sposobem żywienia bazującym na łubinie i bobiku. Zastępowanie importowanej soi lokalnymi źródłami białka wymaga dodatkowych przesłanek ekonomicznych, takich jak premiowanie ceny, odpowiednia skala produkcji mieszanek bezsojowych czy kontrakty handlowe.
- Premia cenowa na poziomie około 10% dla żywca żywionego mieszanką opartą na łubinie i bobiku częściowo niweluje różnice, lecz nadal nie zrównuje wyników z sojowym systemem żywienia. Aby osiągnąć parytet ekonomiczny, konieczne byłoby zwiększenie premii cenowej lub obniżenie kosztów mieszanek łubinowo-bobikowych, np. dzięki efektowi skali oraz stałej dostępności surowców.
- Ponieważ żywienie stanowi 60–70% kosztów produkcji, wprowadzanie alternatywnych systemów żywienia powinno być powiązane z optymalizacją receptur (m.in. właściwy bilans aminokwasów siarkowych, stosowanie dodatków poprawiających strawność) oraz z długoterminowymi umowami z paszarniami, co może obniżyć koszt jednostkowy paszy i ograniczyć zmienność cen.
- Mieszance TE wykazują większą wrażliwość na rodzaj źródła białka (ryzyko obniżenia Europejskiego Wskaźnika Wydajności w przypadku diety z łubinem i bobikiem), natomiast mieszance ET reagują łagodniej, co sprzyja stabilności wyników przy stosowaniu diet alternatywnych.
- Planowanie technologii żywienia i oczekiwanego wyniku ekonomicznego powinno uwzględniać warunki termiczne fermy. Stres cieplny obniża efektywność produkcji niezależnie od sposobu żywienia; w chłodniejszych warunkach mieszanki łubinowo-bobikowe mogą dorównywać lub przewyższać dietę opartą na soi pod względem potencjału wzrostowego (wyższe przyrosty masy ciała).
- Dla producentów rozważających wprowadzenie w żywieniu mieszanek na bazie łubinu i bobiku rekomenduje się: ukierunkowanie na rynki produktów PREMIUM i bez GMO, zapewnienie gwarantowanej premii cenowej, kontraktację surowca oraz produkcję

mieszanek w większych partiach, a także monitoring mikroklimatu (chłodzenie i wentylacja w okresach upałów).

- Wskazane są dalsze analizy sezonowe (okres letni vs. jesienny), testy różnych udziałów łubinu i bobiku w mieszankach oraz zastosowania dodatków funkcjonalnych. Konieczne jest również modelowanie opłacalności z uwzględnieniem pełnych kosztów wytworzenia (pisklę, energia, ściółka, praca), aby określić próg opłacalności dla diet łubinowo-bobikowych w warunkach zmiennych cen rynkowych.

6. Dyskusja ogólna

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że zastosowanie przemiennego krzyżowania linii Tapphorn i Eskildsen pozwoliło na osiągnięcie korzystnych efektów produkcyjnych, co może pośrednio świadczyć o efektach heterozji, chociaż nie była ona bezpośrednio przedmiotem badań. Rynek gęsiny jest zróżnicowany i obejmuje zarówno zapotrzebowanie na tuszki o mniejszej, średniej masie ciała, jaką reprezentuje Gęś Biała Kołodzka®, jak i na większe gęsi, których brakuje w obecnej ofercie. Należy dodać, że zapotrzebowanie na mniejsze tuszki w znacznej mierze zaspokajane jest przez import z Węgier, podczas gdy nisza rynkowa dla cięższych gęsi pozostaje otwarta. W tym kontekście mieszańce TE i ET charakteryzowały się wyższą masą ciała w wieku ubojowym niż wartości notowane dla Gęsi Białej Kołodzkiej®, co wskazuje na potencjał praktyczny tej kombinacji w produkcji cięższych tuszek. Szczególnie znaczący okazał się efekt matczyny linii Tapphorn, który determinował zarówno tempo wzrostu, jak i masę tuszki. Potomstwo samic tej linii genetycznej uzyskiwało wyższą masę ciała końcową. Natomiast mieszańce gdzie ojcami były ptaki Eskildsen a matkami Tapphorn (ET) wykazywała przewagi w zakresie cech jakościowych mięsa, zwłaszcza w odniesieniu do profilu kwasów tłuszczowych i parametrów teksturalnych. Stanowi to praktyczną wskazówkę, że ta linia mieszańców może być szczególnie atrakcyjna dla odbiorców poszukujących gęsiny o podwyższonych walorach dietetycznych i lepszej przydatności przetwórczej

Podobne zależności opisywali wcześniej Rouvier i in. (1992) u gęsi oraz Tai i Rouvier (1998) u kaczek, wskazując, że kierunek kojarzenia w układach międzyrasowych może modulować efekty heterozji poprzez czynniki matczynie. Z kolei Saleh i in. (2020) oraz Fulla (2022) dowiedli, że w systemach krzyżowania drobiu czynniki te wpływają na przeżywalność i tempo wzrostu już w pierwszych tygodniach życia. Wyniki niniejszych badań potwierdzają te obserwacje, wskazując, że właściwy dobór linii matczynych oraz ojcowskich pozwala uzyskać kombinacje o wysokim potencjale wzrostowym i jakościowym.

Skład chemiczny mięsa gęsi różnił się w zależności od systemu żywienia i genotypu, co wskazuje na złożony charakter tej cechy. Podstawowe parametry, takie jak zawartość białka i popiołu, pozostawały względnie stabilne co sugeruje, że zamiana soi na krajowe źródła białka nie obniża wartości odżywczej mięsa. Istotne różnice dotyczyły natomiast udziału wody i tłuszczu śródmięśniowego - gęsi żywione mieszanką opartą na łubinie i bobiku (LPS) miały wyższą zawartość wody i niższą zawartość tłuszczu, co w praktyce przekłada się na niższą

wartość energetyczną mięsa. Podobne spostrzeżenia rysują się też z pracy Bieska i in. (2020), którzy wskazali, że pasze na bazie łubinu i bobiku sprzyjają obniżeniu otłuszczenia tuszek.

Szczególnie istotne były wyniki dotyczące profilu kwasów tłuszczowych. U ptaków żywionych mieszanką opartą na łubinie i bobiku obserwowano zwiększony udział PUFA i przy jednocześnie obniżonym MUFA, co wpisuje się w oczekiwania konsumentów dotyczące produktów prozdrowotnych. Najkorzystniejsze wartości PUFA odnotowano w grupie gdzie ojcami były ptaki z Eskildsen a matkami z Tapphorn żywione mieszanką opartą na krajowych źródłach białka. W literaturze wielokrotnie podkreślano, że profil lipidowy mięsa drobiowego można skutecznie zmieniać poprzez dobór komponentów paszowych (Haraf, 2014; Zhang i in., 2020). Wyniki niniejszych badań potwierdzają, że zastosowanie krajowych źródeł białka może stanowić narzędzie poprawy walorów odżywczych gęsiny.

Z punktu widzenia jakości technologicznej i sensorycznej dieta LPS sprzyjała wyższym wartościom pH i lepszej retencji wody, co przekłada się na większą soczystość mięsa. Równocześnie analiza tekstury wykazała niższe wartości siły i energii cięcia w grupach żywionych mieszankami łubinowo-bobikowymi, co wskazuje na lepszą kruchość mięsa. Wyniki te są zgodne z obserwacjami Kuźniackiej i in. (2020) oraz Uhlířovej i in. (2018), które dowodzą, że dieta oparta na roślinach strączkowych może korzystnie wpływać na parametry sensoryczne mięsa drobiowego.

Analiza statystyczna wykazała różnice obserwowane w grupie mieszańców TE (samice Tapphorn, samce Eskildsen) żywionymi mieszanką opartą na łubinie oraz bobiku (LPS), gdzie odnotowano wyższe wartości FCR i niższą akceptację sensoryczną mięsa, pomimo korzystnego profilu kwasów tłuszczowych. Wskazuje to, że istnieje możliwość iż potomstwo samic linii Tapphorn może być bardziej wrażliwe na niedobory lub inne proporcje aminokwasów charakterystyczne dla mieszanek łubinowo-bobikowych. Podobne konkluzje były formułowane przez Balev i in. (2015) oraz Gumułek i in. (2020). Autorzy ci wskazywali, że zdolność metabolizowania lipidów i białek może różnić się znacząco pomiędzy liniami genetycznymi drobiu.

Warto zauważyć, że w grupie ET LPS obserwowano wyraźnie korzystniejsze efekty, zarówno w odniesieniu do profilu lipidowego ale także cech teksturalnych mięsa. Potwierdza to rezultaty uzyskane przez Huang i in. (2023), którzy wykazali że różne kombinacje genetyczne mogą odmiennie reagować na pasze alternatywne, a interakcja genotyp x dieta powinna być traktowana jako kluczowy czynnik w projektowaniu programów żywienia.

Kolejny aspekt badawczy dotyczył oceny jakości pierza i puchu. Wyniki wskazały, że genotyp TE charakteryzował się wyższą zawartością puchu, natomiast ET lepszymi

parametrami sprężystości. Pokazuje to, że ilość i jakość puchu nie są cechami w pełni skorelowanymi i mogą być modulowane przez różne czynniki genetyczne. W literaturze podkreślano już wcześniej znaczenie efektów matczynych w kształtowaniu pierza i puchu (Qi i in., 2024), a także wpływ selekcji na skład chemiczny wydzieliny gruczołu kuprowego, który oddziałuje na cechy sensoryczne pierza (Gvoždíková Javůrková i in., 2023).

System żywienia okazał się czynnikiem różnicującym sprężystość puchu, tj. lepsze wartości uzyskiwano przy żywieniu SBM, co można tłumaczyć wyższą zawartością aminokwasów siarkowych w białku sojowym. Natomiast w diecie LPS obserwowano tendencję do zwiększonej ilości puchu, co może być związane z adaptacyjnymi mechanizmami metabolicznymi i różnicami w dostępności energii dla procesów keratynizacji (Leeson, 2021; Shu i in., 2023).

Zapach pierza, oceniany jako cecha sensoryczna, nie różnił się istotnie pomiędzy grupami, choć zauważono, że genotyp ET uzyskiwał nieco wyższe oceny niezależnie od diety. Może to potwierdzać tezę, że cechy biochemiczne wydzielin skórnych są w dużej mierze uwarunkowane genetycznie (Karlsson i in., 2010; Salibian i Montalti, 2009). Co interesujące, analiza korelacyjna ujawniła ujemne zależności między sprężystością puchu a oceną zapachu, co sugeruje, że parametry strukturalne mogą sprzyjać intensyfikacji uwalniania związków lotnych. Z punktu widzenia praktyki oznacza to, że w ocenie wartości pierza należy brać pod uwagę równolegle zarówno parametry ilościowe, jak i jakościowe, a także ich możliwe kompromisy.

Analiza dynamiki wzrostu potwierdziła korzystny wpływ krzyżowania na kształtowanie masę ciała gęsi. Empiryczne krzywe wzrostu wskazały na tempo przyrostu masy ciała, natomiast zastosowanie krzywej Gomperta, jako klasycznego modelu matematycznego (Gompertz, 1825; Kathleen i in., 2017) do opisu dynamiki wzrostu ptaków, pozwoliło na uogólnienie tych zależności i określenie parametrów asymptotycznych. Obydwa podejścia potwierdziły, że mieszańce osiągały wartości graniczne masy ciała powyżej 7 kg, co odpowiada wymaganiom rynkowym na ciężkie tuszki. Co istotne, wartości te przewyższają notowane w wielu badaniach nad Gęsią Białą Kołudzka, gdzie średnia masa ciała w wieku 16–17 tygodni często nie przekracza 6,5–6,8 kg (Biesiada-Drzazga, 2014; Kuźniacka i in., 2020; Kapkowska i in., 2011; Łukaszewicz i in., 2008). Podobne lub niższe wartości obserwowano również u innych rodzimych ras gęsi, takich jak zatorska czy lubelska, które ze względu na swoje mniejsze rozmiary odznaczają się końcową masą ciała nieprzekraczającą zwykle 5,5–6,0 kg (Haraf i in., 2014; Kapkowska i in., 2011). Oznacza to, że włączenie nowych populacji gęsi, może stanowić

uzupełnienie dla dominującego w Polsce modelu produkcji, wprowadzając do oferty cięższe tuszki, odpowiadające na zróżnicowane potrzeby rynku.

Wskaźnik wykorzystania paszy (FCR) był istotnie zróżnicowany w zależności od diety. Ptaki karmione mieszankami opartymi na śrucie sojowej osiągały lepsze wartości FCR niż w grupach LPS co wynikało z wyższej strawności białka sojowego i jego lepszego bilansu aminokwasowego (Ravindran, 2013; Zheming i in., 2021). Jednocześnie obserwowano zjawisko adaptacji - początkowe pogorszenie przyrostów w diecie LPS kompensowało się w późniejszych fazach tuczu, a końcowe masy ciała były porównywalne z grupami SBM. Koresponduje to z wynikami wcześniejszych badań prowadzonymi przez innych autorów (Biesek i in., 2020; Fu i in., 2021) dotyczącymi włączenia roślin strączkowych do żywienia drobiu (Biesek i in., 2020; Fu i in., 2021).

Warto zwrócić uwagę, że gęsi TE okazały się bardziej wrażliwe na rodzaj białka w mieszance paszowej. W tej grupie odnotowano największe różnice w FCR między systemami żywienia SBM i LPS. Może to sugerować, że efektywność wykorzystania paszy w przypadku alternatywnych źródeł białka jest modulowana nie tylko przez skład mieszanek, ale także przez interakcję z materiałem genetycznym ptaków.

Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie nie tylko naukowe, lecz przede wszystkim wdrożeniowe. Po pierwsze, potwierdzają one możliwość uzyskania ciężkich tuszek o masie powyżej 7 kg, które są szczególnie cenione na rynkach zachodnioeuropejskich. Wskazuje to na potencjał mieszańców TE i ET jako alternatywy dla Gęsi Białej Kołudzkiej®, której możliwości produkcyjne są ograniczone. Po drugie, dzięki zastosowaniu mieszanek paszowych opartych na łubinie i bobiku, możliwe jest kształtowanie mięsa o bardziej korzystnym profilu kwasów tłuszczowych, co odpowiada rosnącemu zapotrzebowaniu na produkty prozdrowotne (Haraf, 2014; Zhang i in., 2020).

Z perspektywy rynku pierza i puchu, uzyskane wyniki sugerują, że mieszańce niemieckich linii mogą stanowić źródło surowca wysokiej jakości, charakteryzującego się wysoką zawartością puchu i dobrą sprężystością. Podobne różnice genetyczne w gęstości i jakości upierzenia między rasami gęsi odnotowali Kozák (2011) oraz Kozák i in. (2021), wskazując, że dobór rodzicielskich linii hodowlanych ma istotne znaczenie dla potencjału produkcji pierza. Puch gęsi, dzięki swojej wyjątkowej strukturze, wyróżnia się doskonałymi właściwościami termoizolacyjnymi i jest szeroko stosowany w odzieży zimowej oraz pościeli (Zhang i in., 2019). Co istotne, pierze i puch stanowią dodatkowe źródło dochodu w chowie gęsi, porównywalne do wykorzystania wełny owiec (Kozák, 2021). Może to stanowić dodatkowy atut ekonomiczny, zwłaszcza w sektorze tekstylnym, gdzie rośnie popyt na

naturalne materiały izolacyjne. Włączenie aspektu pierza do oceny produkcji gęsi podkreśla potrzebę całościowego podejścia, łączącego mięso i surowce uboczne jako element synergiczny w strategii produkcyjnej.

W kontekście praktycznym niezwykle istotna jest także możliwość lokowania mięsa gęsi karmionych dietą bez soi w segmencie PREMIUM. Trendy konsumenckie w Europie wskazują na rosnące zainteresowanie produktami bez GMO i lokalnymi źródłami białka (Data Bridge Market Research, 2024). Wyniki niniejszej pracy dostarczają argumentów za tym, że gęszyna produkowana w takim systemie może być atrakcyjna rynkowo, nawet jeśli jej produkcja wiąże się z wyższymi kosztami.

Na uwagę zasługuje fakt iż, mimo dużego potencjału produkcyjnego gęsi w Polsce zasoby genetyczne tego gatunku pozostają w dużej mierze niewykorzystane. W naszym kraju jest obecnie 14 rodzimych ras/odmian gęsi objętych programami ochrony zasobów genetycznych. Jednak ich udział w produkcji towarowej jest znikomy. Dominującą pozycję zajmuje jedna rasa - Biała Kołodzka® (Grzegorzczak i in., 2021). W efekcie lokalne populacje charakteryzujące się dużą adaptacyjnością, dobrą zdrowotnością i wartościowym surowcem w postaci mięsa oraz pierza, pełnią głównie rolę rezerwuaru genów, nie znajdując szerszego zastosowania w praktyce hodowlanej (Książkiewicz, 2006; Calik, 2013). Dobrym przykładem integracji ochrony i wykorzystania rodzimych zasobów są rozwiązania stosowane na Węgrzech, gdzie obok masowej produkcji gęszyny i foie gras prowadzona jest aktywna hodowla rodzimych ras, wspierana przez państwowe programy genobankowe i rejestry zasobów (Bódi i in., 2019). Również w Słowacji i innych krajach regionu wdrożono systemy dotacji i ochrony *in situ*, które pozwalają na utrzymanie małych populacji gęsi jako elementu dziedzictwa kulturowego i potencjalnego źródła cech użytkowych (Tomka i in., 2022; Romanov i in., 1996). Włączenie podobnych rozwiązań w Polsce mogłoby przyczynić się nie tylko do zabezpieczenia różnorodności genetycznej, lecz także do rozwoju niszowych produktów opartych na rodzimych rasach.

Badania przeprowadzone w niniejszej pracy wnoszą kilka istotnych nowatorskich elementów. Po pierwsze, przedstawiono kompleksową analizę mieszańców niemieckich linii Tapphorn i Eskildsen, które (według dostępnych źródeł) nie były dotychczas przedmiotem badań naukowych ani doświadczeń hodowlanych. Podkreśla to oryginalność niniejszej pracy i jej znaczenie w kontekście poszukiwania nowych rozwiązań w hodowli gęsi. Po drugie, równocześnie oceniono wpływ genotypu i sposobu żywienia na wzrost, efektywność paszową, jakość mięsa, pierza oraz opłacalność ekonomiczną. Po trzecie, po raz pierwszy w Polsce opublikowano wyniki szczegółowej analizy jakości pierza i puchu gęsiego w zależności od

czynników genetycznych i żywieniowych, w oparciu o standaryzowane metody IDFL. Należy jednak podkreślić, że badania nad genetycznym uwarunkowaniem puchu gęsi, w kontekście jego identyfikacji, prowadzone były przez Natonek-Wisniewską i in. (2016)

Uzyskane dane potwierdzają wcześniejsze obserwacje dotyczące znaczenia interakcji genotyp x żywienie (Huang i in., 2023), a jednocześnie rozszerzają wiedzę na temat wpływu lokalnych źródeł białka na jakość mięsa i pierza. Praca ta wobec powyższego wpisuje się w nurt badań nad zrównoważoną produkcją drobiarską, podkreślając konieczność ujmowania decyzji hodowlanych i żywieniowych w szerszym kontekście ekonomicznym i rynkowym, a nie wyłącznie w aspekcie biologicznym.

Jak w każdej pracy eksperymentalnej, także w niniejszych badaniach należy wskazać pewne ograniczenia. Po pierwsze, doświadczenia prowadzono w jednym sezonie i dwóch miejscach o zbliżonych warunkach środowiskowych. Po drugie, analizie poddano jedynie dwa genotypy mieszańców, co ogranicza możliwość szerszego uogólnienia wyników. Po trzecie, brak jest danych na temat wpływu systemu żywienia na skład mikrobioty jelitowej, co determinuje w dużym stopniu efekty produkcyjne (He i in., 2021; Kayal i in., 2025). Ponadto, w analizie ekonomicznej nie uwzględniono wszystkich potencjalnych kosztów produkcji (np. kosztu zakupu pisklęcia, energii, pracy ludzkiej), co oznacza, że pełne wnioski ekonomiczne powinny być interpretowane w kontekście uproszczonego modelu (Herbut i in., 2016; Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 2019). Nie analizowano także cech reprodukcyjnych gęsi warunkujących efektywność hodowli (Kowalczyk i in., 2021)

Uzyskane wyniki stymulują kilka potencjalnych kierunków dalszych badań i analiz. Po pierwsze, wskazane jest przeprowadzenie wieloletnich doświadczeń porównawczych, aby uwzględnić zmienność sezonową i wpływ stresu cieplnego na efektywność różnych systemów żywienia. Po drugie, konieczna jest dalsza optymalizacja mieszanek LPS, zwłaszcza w zakresie bilansu aminokwasów siarkowych oraz zastosowania dodatków poprawiających strawność (np. enzymów). Po trzecie, badania molekularne mogłyby umożliwić identyfikację markerów genetycznych związanych z jakością mięsa i pierza, co stworzyłoby podstawę do wdrożenia zaawansowanych programów doskonalenia genetycznego, w tym w perspektywie selekcji genomowej. Wdrożenie tego podejścia w hodowli i chowie gęsi stanowiłoby istotny krok naprzód, zważywszy, że selekcja genomowa od kilkunastu lat z powodzeniem stosowana jest już w hodowli kur nieśnych i brojlerów przez wiodące koncerny hodowlane (Avendaño i in., 2010; Wolc i in., 2015; Chen i in., 2018, Tan i in., 2022). W praktyce wykorzystanie genomowych informacji SNP w połączeniu z metodami oceny wartości hodowlanej, takimi jak BLUP czy GBLUP, przyspieszyło postęp hodowli u kur, zwłaszcza w zakresie cech

produkcyjnych, reprodukcyjnych i jakościowych (Meuwissen i in., 2001; Wolc i in., 2011, Zhang i in., 2020). Analogiczne podejście może znaleźć zastosowanie w programach selekcyjnych gęsi, umożliwiając ukierunkowaną poprawę cech związanych zarówno z produkcją mięsa, jak i surowców ubocznych, takich jak pierze oraz puch.

Istotnym kierunkiem dalszych prac jest również ocena percepcji konsumenckiej - zarówno w odniesieniu do walorów sensorycznych mięsa, jak i jakości pierza pochodzącego od gęsi żywionych dietami alternatywnymi. Wreszcie, rozwinięcie analiz ekonomicznych o pełne koszty wytworzenia (pisklęta, energia, ściółka, robocizna) oraz modelowanie przy zmiennych cenach rynkowych pozwoliłoby lepiej określić progi opłacalności dla różnych scenariuszy żywienia i utrzymania ptaków.

7. Podsumowanie i wnioski ogólne

- Wyniki badań wskazują, że układ krzyżowania linii gęsi mięsnych ma istotny wpływ na uzyskiwane parametry produkcyjne. Potomstwo samców linii Tapphorn i samic linii Eskildsen charakteryzowało się wyższą masą ciała oraz większą masą tuszki w porównaniu z odwrotnym układem krzyżowania. Świadczy to o znaczącym wpływie pochodzenia matczynego na efekty produkcyjne mieszańców.
- Zastąpienie importowanej śruty sojowej dietami opartymi na krajowych roślinach strączkowych takich jak łubin żółty i bobik, okazało się możliwe bez negatywnego wpływu na tempo wzrostu cechy rzeźne oraz jakość mięsa gęsiego. Potwierdza to potencjał lokalnych surowców białkowych jako pełnowartościowej alternatywy w żywieniu gęsi.
- Analizy jakości mięsa wykazały, że zastosowanie roślin strączkowych w żywieniu gęsi sprzyjało poprawie profilu kwasów tłuszczowych poprzez zwiększenie udziału kwasów wielonienasyconych co podnosi wartość prozdrowotną i odżywczą mięsa. Jednocześnie nie stwierdzono pogorszenia cech sensorycznych ani właściwości technologicznych mięsa.
- Pierze i puch pozyskane od gęsi utrzymywanych w obu wariantach systemu żywienia spełniało wymagania stawiane przez przemysł tekstylny. Szczególnie istotne były korzystne parametry sprężystości puchu oraz jego udział w tuszce, co potwierdza przydatność materiału surowcowego niezależnie od stosowanej paszy.
- Analiza ekonomiczna wykazała, że chociaż pasze oparte na roślinach strączkowych wiązały się z wyższym kosztem jednostkowym, to ich stosowanie może być uzasadnione w kontekście produkcji ukierunkowanej na segment konsumentów poszukujących mięsa wolnego od GMO, o lokalnym pochodzeniu i z podwyższonymi walorami zdrowotnymi. Tego typu produkty mogą uzyskać przewagę konkurencyjną jako oferta PREMIUM.
- Uzyskane wyniki wskazują, że innowacyjne rozwiązania oparte na krzyżowaniu linii Tapphorn i Eskildsen oraz włączeniu lokalnych źródeł białka do diet gęsi mają potencjał zarówno naukowy jak i aplikacyjny. Zastosowane podejście pozwoliło uzyskać gęsi o wysokiej masie ciała, mięsie o korzystnym składzie chemicznym i walorach sensorycznych oraz pierzu i puchu dobrej jakości. Jednocześnie ujawniono ograniczenia związane z kosztami pasz alternatywnych oraz zróżnicowaną reakcją genotypów na

dietę. Decyzje hodowlane i żywieniowe muszą być podejmowane w sposób zintegrowany, z uwzględnieniem aspektów biologicznych, ekonomicznych i rynkowych.

8. Spis iteratury.

1. Abdel-Ghany, A., El-Mansy, S., Alshaya, D., Aboud, N., Gharib, M. (2024). Crossbreeding parameters for body weight data from a complete diallel mating scheme using three breeds of rabbit. *Archives Animal Breeding* 67(1), 335–342. <https://doi.org/10.5194/aab-67-335-2024>
2. Adamski, M., Kucharska-Gaca, J., Kuźniacka, J., Kowalska, E., Czarnecki, R. (2014). Wpływ wybranych czynników na wydajność rzeźną i jakość mięsa gęsiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(92), 33–44.
3. Avendaño, S., Watson, K. A., Kranis, A. (2010). Genomic selection in poultry breeding: From research to implementation. *World's Poultry Science Journal*, 66(2), 209–218. <https://doi.org/10.1017/S0043933910000276>
4. Balev, D., Vlahova-Vangelova, D., Dragoev, S., Nikolova, N. (2015). Fatty acid composition in different breeds of geese fed various diets. *European Poultry Science*, 79, 234–242. <https://doi.org/10.1399/eps.2015.79>
5. Banaszak, M., Kuźniacka, J., Biesek, J., Maiorano, G., Adamski, M. (2020). Meat quality traits and fatty acid composition of breast muscles from ducks fed with yellow lupin. *Animal*, 14(9), 1969–1975. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000610>
6. Biesek, J., Kuźniacka, J., Banaszak, M., Maiorano, G., Grabowicz, M., Adamski, M. (2020). The effect of various protein sources in goose diets on meat quality, fatty acid composition, and cholesterol and collagen content in breast muscles. *Poultry Science*, 99(11), 6278–6286. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.074>
7. Biesiada-Drzazga, B. (2006). Analysis of feeding influence on chemical composition of selected muscles and fatty acid profile in skin with subcutaneous fat and abdominal fat of broiler geese. *Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica*, 5(3), 3–12.
8. Biesiada-Drzazga, B. (2008). Porównanie masy ciała i składu tkankowego tuszek gęsi rasy Białej Kołudzkiej® rodu W11 i mieszańców międzyrodowych W31. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 4(4), 245–253.
9. Biesiada-Drzazga, B. (2014). Growth and slaughter value of W11, W33 and W31 White Kołuda geese. *European Poultry Science*, 78. <https://doi.org/10.1399/eps.2014.78>
10. Bódi, A., Bogenfürst, F., Edvi, T., Nagy, S., Szalay, I., Várkonyi, L. (2019). Conservation and utilization of indigenous poultry breeds in Hungary. *World's Poultry Science Journal*, 75(1), 117–126. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000808>

11. Buckland, R., Guy, G. (2002). Goose Production. FAO Animal Production and Health Paper No. 154. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rzym., 39–40).
12. Box, G. E., Cox, D. R. (1964). An analysis of transformation (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 26(2), 211–252.
13. Cahan, D. (2004). *From Vienna to Göttingen: Ludwig Boltzmann, Max Planck, and the Physics Institute at Göttingen*. University of Chicago Press.
14. Calik, J. (2013). Conservation of genetic resources of geese in Poland. *Annals of Animal Science*, 13(3), 487–499. <https://doi.org/10.2478/aoas-2013-0033>
15. Cartoni Mancinelli, A., Menchetti, L., Birolo, M., Bittante, G., Chiattelli, D., Castellini, C. (2023). Crossbreeding to improve local chicken breeds: Predicting growth performance of the crosses using the Gompertz model and estimated heterosis. *Poultry Science*, 102(8), 102783. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102783>
16. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. (2019). *Poradnik: Kalkulacje kosztów w rolnictwie – przykłady produkcji zwierzęcej (trzoda chlewna, gęsi)*. Brwinów: CDR. Pobrano z <https://www.cdr.gov.pl>
17. Chen, C. Y., Chen, Y. C., Xu, Q., Wang, D., Li, X. (2018). Genome-wide association studies and genomic prediction for meat quality traits in broiler chickens. *Frontiers in Genetics*, 9, 318. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00318>
18. Çimen, H., Kızılkaya, P., Sayın, B., Alp Baltakesmez, D., Kırmacı, F. (2025). Goose meat: Salting/drying effect on nutritional value, physicochemical and sensory properties. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 40–50. <https://doi.org/10.56833/gidaveyem.1620763>
19. Ezeokeke, C. T., Ikeobi, C. O. N., Ozoje, M. O., Adebambo, O. A. (2019). Genotype by environment interaction in two strains of Nigerian indigenous chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 51(6), 1607–1613. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01850-5>
20. FAO. (2024). *Goose production and global trends*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>
21. Fu, Z., Su, G., Yang, H., Sun, Q., Zhong, T., Wang, Z. (2021). Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, carcass traits, serum parameters, and intestinal development of geese. *Animals*, 11(6), 1488. <https://doi.org/10.3390/ani11061488>

22. Fulla, S. (2022). Effect of crossbreeding on growth performance of improved Horro crosses with Koekoek and Kuroiler chicken breeds. *Poultry Science Journal*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.22069/psj.2022.19503.1729>
23. Ghazali, R., Rahim, H. A., Maidin, M. S., Sahlan, S. (2013). Low cost visible/near-infrared reflectance spectroscopy for raw poultry meat texture prediction. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 77, 471–476.
24. Goluch, Z., Bąkowska, M., Haraf, G., Pilarczyk, B. (2024). The effect of thermal processing on selenium content, moisture, and ash in goose breast meat. *Applied Sciences*, 14(9), 4693. <https://doi.org/10.3390/app14094693>
25. Gompertz, B. (1825). On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115, 513–585. <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0026>
26. Griesemer, J. (2016). Wilhelm Johannsen and the genotype concept. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 59, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2016.02.002>
27. Grzegorzczak, E., Biesiada-Drzazga, B., Adamski, M. (2021). Geese genetic resources in Poland: Current status and perspectives. *Animals*, 11(5), 1374. <https://doi.org/10.3390/ani11051374>
28. Gumułka, M., Połtowicz, K., Pietrzak, D. (2020). The effect of dietary fat content on fatty acid composition in goose meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(2), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2019.12.002>
29. Gumułka, M., Połtowicz, K. (2020). Comparison of carcass traits and meat quality of intensively reared geese from a Polish genetic resource flock to those of commercial hybrids. *Poultry Science*, 99(2), 839–847. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.062>
30. Gumułka, M., Wojtysiak, D., Kapkowska, E., Połtowicz, K., Rabsztyn, A. (2009). Microstructure and technological meat quality of geese from conservation flock and commercial hybrids. *Annals of Animal Science*, 9(4), 2005–2013.
31. Haraf, G. (2014). Influence of feeding and geese genotype on carcass dissection and meat quality – A review of research. *Engineering Sciences and Technologies*, 1(1), 24–42.
32. Haraf, G., Wołoszyn, J., Okruszek, A., Wereńska, M. (2023). Technological properties, chemical composition, texture profile, and sensory evaluation of goose muscles from

- Polish native breeds. *Poultry Science*, 102, 102424. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102424>
33. Haytowitz, D. B., Ahuja, J. K. C., Wu, X., Somanchi, M., Nickle, M., Nguyen, Q. A., others. (2019). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy Release. Beltsville, MD: Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA.
34. He, C., Sun, C., Wang, J., Zhong, Q., Yang, Y., Xu, T. (2021). Dietary honeycomb flavonoids supplementation improved growth performance, carcass characteristics, digestive function, and intestinal barrier integrity of geese. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 739237. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.739237>
35. Hejdysz, M., Kaczmarek, S. A., Rutkowski, A. (2013). Bobik niskotaninowy – nowa perspektywa w żywieniu drobiu. *Polskie Drobiarstwo*, 21(12), 16–19.
36. Hejdysz, M., Rutkowski, A. (2015). Aktualne problemy żywienia zwierząt monogastrycznych – podaż pasz wysokobiałkowych i białkowe bezpieczeństwo kraju. *Przegląd Hodowlany*, 1, 17–20.
37. Hejdysz, M., Kaczmarek, S., Mikuła, R., Rutkowski, A. (2014). Białkowy Program Wieloletni – nowa szansa dla roślin strączkowych. *Polskie Drobiarstwo*, 5, 12–15.
38. Herbut, E. (2018). Puch od gęsi Białej Kołudzkiej. *Wiadomości Zootechniczne*, LVI, 1: 178-183.
39. Herbut, E., Walczak, J., Skomorucha, I. (2016). Koszty produkcji zwierzęcej a dobrostan – analiza w wybranych systemach chowu drobiu. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 24(3), 55–64.
40. Honka, J., Heino, M. T., Kvist, L., Askeyev, I. V., Shaymuratova, D. N., Askeyev, O. V., Askeyev, A. O., Heikkinen, M. E., Searle, J. B., Aspi, J. (2018). Over a thousand years of evolutionary history of domestic geese from Russian archaeological sites, analysed using ancient DNA. *Genes*, 9(7), 367. <https://doi.org/10.3390/genes9070367>
41. Hu, S., Huang, F., Chen, Q., Chen, Z., Li, X., Chen, J., Wang, Z., Hu, J., Li, L., Wang, J. (2025). Effects of different rearing systems on the development of uropygial gland in three goose breeds. *Poultry Science*, 104, 104950. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.104950>
42. Huang, J. N., Rao, L. J., Zhang, W. H., Chen, X. L., Li, H. O., Zhang, F. N., Xie, J. F., Wei, Q. P. (2023). Effect of crossbreeding and sex on slaughter performance and meat quality in Xingguo gray goose based on multiomics data analysis. *Poultry Science*, 102, 102753. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102753>

43. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy. (2024). *Rynek pasz. Stan i perspektywy (Analizy rynkowe, nr 46)*. IERiGŻ-PIB, Warszawa.
44. Johannsen, W. (1911). The genotype conception of heredity. *American Naturalist*, 45, 129–159.
45. Kaczmarek, S. A., Hejdysz, M., Kubiś, M., Kasprowicz-Potocka, M., Rutkowski, A. (2014). The nutritional value of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) for broilers. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23(4), 324–331. <https://doi.org/10.22358/jafs/65705/2014>
46. Kapkowska, E., Gumułka, M., Rabsztyn, A., Połtowicz, K., Andres, K. (2011). Comparative study on fattening results of Zatorska and White Kołuda geese. *Annals of Animal Science*, 11(2), 207–217.
47. Kayal, A., Swick, R. A., Ruhnke, I., Choct, M., Wu, S.-B. (2025). Early intervention with anaerobic gut flora improves growth performance and gut health in broilers. *Animal Production Science*, 65(2), 155–165. <https://doi.org/10.1071/AN24354>
48. Khan, N. M., Qadeer, A., Khan, A., Nasir, A., Sikandar, A., Adil, M. (2024). Alternative sources of proteins in farm animal feeding. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 13, e10605. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2024.13.5.e10605>
49. Knight, M. I., Daetwyler, H. D., Hayes, B. J., Hayden, M. J., Ball, A. J., Pethick, D. W., McDonagh, M. B. (2014). An independent validation association study of carcass quality, shear force, intramuscular fat percentage and omega-3 polyunsaturated fatty acid content with gene markers in Australian lamb. *Meat Science*, 96(2), 1025–1033. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.008>
50. Kozak, J. (2011). An overview of feathers formation, moults and down production in geese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(6), 881–887. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10325>
51. Koseniuk, A., Połtowicz, K., Smołuca, G., Kmita, B., Nowak, J., Kłós, K. (2025). The sequence study and expression profiles of ACSL1, ME1, and ELOVL6 genes in Kielecka, Landes and White Koluda® geese livers. *Animal Science Papers and Reports*, 43(2), 103–114. <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0008>
52. Kowalczyk, A., Łukaszewicz, E., Jerysz, A. (2021). Characteristics of semen collected from gander included in the genetic resources conservation program. *Poultry Science*, 100(9), e101314. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101314>

53. Kirmizibayrak, T., Önk, K., Ekiz, B., Yalçintan, H., Yilmaz, A., Yazici, K., Altinel, A. (2011). Effects of age and sex on meat quality of Turkish native geese raised under a free-range system. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5), 817–823.
54. Książkiewicz, J. (2006). Goose genetic resources in Poland. *World's Poultry Science Journal*, 62(3), 429–440. <https://doi.org/10.1079/WPS200510>
55. Lewko, L., Gornowicz, E., Pietrzak, M., Korol, W. (2017). The effect of origin, sex and feeding on sensory evaluation and some quality characteristics of goose meat from Polish native flocks. *Annals of Animal Science*, 17(4), 1185–1196. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0001>
56. Lee, Y., Xiong, R., Owens, C. M. (2015). Noninvasive deformation test for the tenderness classification of broiler breast meat. *Journal of Texture Studies*, 47(1), 68–73. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12152>
57. Liu, B. Y., Wang, Z. Y., Yang, H. M., Wang, J. M., Xu, D., Zhang, R., Wang, Q. (2011). Influence of rearing system on growth performance, carcass traits, and meat quality of Yangzhou geese. *Poultry Science*, 90(3), 653–659. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00591>
58. Łukaszewicz, E., Adamski, M., Kowalczyk, A. (2008). Correlations between body measurements and tissue composition of oat-fattened White Kołuda geese at 17 weeks of age. *British Poultry Science*, 49(1), 21–27. <https://doi.org/10.1080/00071660701821683>
59. Meullenet, J. F., Xiong, R., Finder, T., Owens, C. M., Lyon, C. E. (2004). Prediction of poultry meat tenderness using textural profile analysis and instrumental shear tests. *Poultry Science*, 83(1), 130–136. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17879.x>
60. Meuwissen, T. H. E., Hayes, B. J., Goddard, M. E. (2001). Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157(4), 1819–1829. <https://doi.org/10.1093/genetics/157.4.1819>
61. Moise, A. E., Tudorache, M., Custură, I., Enea, D. N., Osman, A., Drăgotoiu, D. (2024). Technological advances and socio-economic implications in the poultry industry—An analysis of current trends in poultry meat production and consumption. *Scientific Papers Series D. Animal Science*, 67(1), 500–505.
62. Natonek-Wiśniewska, M., Krzyścin, P., Bugno-Poniewierska, M. (2016). Wykorzystanie polimorfizmu MTDNA do rozróżnienia puchu kaczek i gęsi. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 43(1), 51–58.

63. Neeteson, A. M., Avendaño, S., Koerhuis, A., Duggan, B., Souza, E., Mason, J., Ralph, J., Rohlf, P., Burnside, T., Kranis, A., Bailey, R. (2023). Evolutions in commercial meat poultry breeding. *Animals*, 13(19), 3150. <https://doi.org/10.3390/ani13193150>
64. Padhi, M. (2012). Performance evaluation and crossbreeding effects for body weight and conformation traits in different breeds of ducks. *Indian Journal of Animal Sciences*, 82(11), 1372–1376.
65. Połtowicz, K., Wojtysiak, D., Wężyk, S., Bielińska, H. (2007). Effect of genotype on the microstructure and physicochemical properties of breast muscles of White Kołuda geese. In *Proceedings of the XIX International Poultry Symposium PB WPSA* (p. 204). Olsztyn, Poland.
66. Romanov, M. N., Wezyk, S., Cywa-Benko, K., Sakhatsky, N. I. (1996). Poultry genetic resources in Eastern Europe—History and current state. *World's Poultry Science Journal*, 52(4), 381–394. <https://doi.org/10.1079/WPS19960029>
67. Rouvier, R., Poujardieu, B., Rousselot-Pailley, D., Larrue, P., Esteve, D. (1992). Paramètres génétiques des caractères de croissance, de gavage et de foie gras dans le croisement de deux souches d'oies (*Anser anser*) sélectionnées. *Genetics Selection Evolution*, 24(1), 53–61. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-24-1-53>
68. Rutkowski, A. (Red.). (2015). Możliwości wykorzystania roślin strączkowych w żywieniu zwierząt monogastrycznych. *Wydawnictwo Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA*. Warszawa
69. Saleh, M. S., Iraqi, M. M., Khalil, M. H., Camarda, A. (2020). Crossbreeding analyses and polymorphic associations of gallinacin genes with growth traits in chickens. *Livestock Science*, 240, 104118. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104118>
70. Salibian, A., Montalti, D. (2009). Physiological and biochemical aspects of the avian uropygial gland. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2), 437–446. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842009000200029>
71. Sedláková, K., Straková, E., Suchý, P., Krejcarová, J., Herzig, I. (2016). Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – A review. *Acta Veterinaria Brno*, 85(2), 165–175. <https://doi.org/10.2754/avb201685020165>
72. Shoaib, Hassanin, A. (2008). Morphology of the uropygial gland in geese (*Anser anser*) and chicken (*Gallus gallus domesticus*). *Minufiya Veterinary Journal*, 5(2), 503–512.
73. Szwaczkowski, T., Wężyk, S., Stanisławska-Barczak, E., Badowski, J., Bielińska, H., Wolc, A. (2007). Genetic variability of body weight in two goose strains under long-

- term selection. *Journal of Applied Genetics*, 48(3), 253–260.
<https://doi.org/10.1007/BF03195220>
74. Tai, C., Rouvier, R. (1998). Crossbreeding effect on sexual dimorphism of body weight in intergeneric hybrids obtained between Muscovy and Pekin duck. *Genetics Selection Evolution*, 30(2), 163–170. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-30-2-163>
75. Tan, X., Liu, R., Li, W., Zheng, M., Zhu, D., Liu, D., Feng, F., Li, Q., Liu, L., Wen, J., Zhao, G. (2022). Assessment of the effect of genomic selection and detection of selective signature in broilers. *Poultry Science*, 101, 101856. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101856>
76. Tesarowicz, I., Zawiślak, A., Maciejaszek, I., Surówka, K. (2022). Effect of Alcalase modification of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) protein isolate on some functional properties and antioxidant activity. *International Journal of Food Science*, 2022, 6187441. <https://doi.org/10.1155/2022/6187441>
77. Tomka, J., Gábor, L., Kadlečík, O. (2022). Conservation and economic support for poultry genetic resources in Slovakia. *Slovak Journal of Animal Science*, 55(2), 72–79. https://www.cvzv.sk/slju/22_2/Tomka.pdf
78. Uhlířová, L., Tůmová, E., Chodová, D., Vlčková, J., Ketta, M., Volek, Z., Skřivanová, V. (2018). The effect of age, genotype and sex on carcass traits, meat quality and sensory attributes of geese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(3), 421–428. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0197>
79. Utnik-Banaś, K., Żmija, J. (2018). The geese market in Poland. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 20, 157–163. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.1531>
80. Vieira, S. L., Angel, R. (2004). Optimizing broiler performance using different amino acid density diets: What are the limits? *Journal of Applied Poultry Research*, 13(4), 673–682. <https://doi.org/10.1093/japr/13.4.673>
81. Wang, H., Chen, Z., Ma, L., Wu, Y., Zhao, X., Zhang, K., Xue, J., Luo, Y., Wang, C., Liu, Z., others. (2024). Identification of single nucleotide polymorphisms through genome-wide association studies of pH traits in goose meat. *Biology*, 13(11), 865. <https://doi.org/10.3390/biology13110865>
82. Werenśka, M., Haraf, G., Okruszek, A., Marcinkowska, W., Wołoszyn, J. (2023). The effects of sous vide, microwave cooking, and stewing on some quality criteria of goose meat. *Foods*, 12(1), 129. <https://doi.org/10.3390/foods12010129>

83. Wężyk, S., Rosiński, A., Bielińska, H., Badowski, J., Cywa-Benko, K. (2003). A note on the meat quality of W11 and W33 White Kołuda geese strains. *Animal Science Papers and Reports*, 21(3), 191–199.
84. Wolc, A., Arango, J., Settar, P., Fulton, J. E., O’Sullivan, N. P., Preisinger, R., Habier, D., Fernando, R., Garrick, D. J., Dekkers, J. C. M. (2011). Breeding value prediction for production traits in layers using pedigree or genomic relationships. *Genetics Selection Evolution*, 43(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-43-5>
85. Wolc, A., Arango, J., Settar, P., Dekkers, J. C. M. (2015). Implementation of genomic selection in poultry breeding. *Animal Frontiers*, 5(1), 24–31. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0004>
86. Wójcik, M., Grabowski, S., Jarosz, Ł. S., Szymczak, B., Longo, V., della Croce, C. M., Hejdysz, M., Cieślak, A., Gruszczyński, K., Marek, A. (2024). Liver antioxidant capacity and steatosis in laying hens exposed to various quantities of lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds in the diet. *Antioxidants*, 13(2), 251. <https://doi.org/10.3390/antiox13020251>
87. Yuan, Y., Deng, W., Jin, Y., Li, W., Li, S. (2020). Research progress of pork quality evaluation index and influencing factors. *Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary Science*, 1, 31–35.
88. Zduńczyk, Z., Krawczyk, M., Mikulski, D., Jankowski, J., Przybylska-Gornowicz, B., Juśkiewicz, J. (2016). Beneficial effects of increasing dietary levels of yellow lupine (*Lupinus luteus*) seed meal on productivity parameters and gastrointestinal tract physiology in eight-week-old turkeys. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.009>
89. Zhang, M., Wang, D., Xu, X., Xu, W. (2019). Comparative proteomic analysis of proteins associated with water holding capacity in goose muscles. *Food Research International*, 116, 354–361. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.048>
90. Zhang, J., Wang, J., Li, Q., Wang, Q., Wen, J., Zhao, G. (2020). Comparison of the efficiency of BLUP and GBLUP in genomic prediction of immune traits in chickens. *Animals*, 10(3), 419. <https://doi.org/10.3390/ani10030419>
91. Zhang, Y., Qi, S., Fan, S., Jin, Z., Bao, Q., Zhang, Y., Xu, Q., Chen, G. (2024). Comparison of growth performance, meat quality, and blood biochemical indexes of Yangzhou goose under different feeding patterns. *Poultry Science*, 103, 103349. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103349>

Publikacja 1.

Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Hejdysz, M., Stangierski, T., Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3), 283-300. <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>

Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations*

Patrycja Dobrzyńska^{1,2}, Łukasz Tomczyk³, Marcin Hejdysz⁴,
Jerzy Stangierski³, Tomasz Szwaczkowski^{1**}

¹Department of Genetics and Animal Breeding, Poznan University of Life Sciences,
Wolynska 33, 60-637 Poznan, Poland

²Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. Kom., Podmiejska 21a, 66-400 Gorzów Wlkp, Poland

³Department of Food Quality and Safety Management,
Poznan University of Life Sciences, Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznan, Poland

⁴Department of Animal Breeding and Product Quality Assessment,
Poznan University of Life Sciences, Zlotniki, Sloneczna 1, 62-002 Suchy Las, Poland

(Accepted June 5, 2025)

This study evaluated the effects of two dietary protein sources - standard soybean meal (SBM) and local protein sources (LPS: yellow lupin and rapeseed meal) - on growth performance, feed efficiency, and meat quality in two goose reciprocal crossbred populations of Eskildsen (E) and Tapphorn (T). The research material consisted of 240 geese (120 from each of the two groups TE and ET). The following traits were recorded: growth, feed intake, feed conversion ratio (FCR), carcass composition, and meat chemical composition, including fatty acid profiles. Results showed that LPS-fed geese had reduced body weight gain (BWG) during the first 28 days; however, this

*This research was supported by the Ministry of Science and Higher Education under the Implementation Doctorate Programme (No. DWD/5/0410/2021) and by the Agency for Restructuring and Modernisation of Agriculture (ARiMR) under the Rural Development Programme for 2014-2020 (Project No. DDD.6509.00065.2019.04).

**Corresponding author: tomasz.szwaczkowski@up.poznan.pl

difference diminished over time. While final body weights were similar, cumulative feed intake was higher and FCR less efficient in the LPS group. The TE genotype exhibited superior growth and carcass weights compared to ET, suggesting a maternal heterosis effect. Although protein and mineral content were unaffected, meat from LPS-fed geese had higher polyunsaturated fatty acids (PUFA) and lower fat content, indicating potential nutritional benefits. In conclusion, yellow lupin can serve as a viable alternative to SBM in goose diets. On the other hand, effects of population on these studied traits are usually significant. It indicates formulating feeding strategies should be included genetic origin of population.

KEY WORDS: crossbreeding / meat quality / protein sources / yellow lupine

The global demand for high-quality poultry products, including goose meat, has prompted ongoing research into optimizing diet formulations for improved growth and carcass quality. As a result, geese farming has become highly specialized, with production structures varying across different regions of the world. China dominates global goose production, accounting for approximately 93.3% of the domestic goose population (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2024). Within the EU, geese farming is primarily concentrate in Poland, Hungary, and Germany. Poland, in particular, has a long tradition of commercial goose farming and is one of the largest exporters of goose meat to Western European markets, primarily Germany and France. In Poland, the dominant breed in commercial production is the White Kolduda Goose. The breed is known for its high excellent meat quality, and superior fattening ability, making it particularly well-suited for both intensive and free-range production systems. To meet market demands, breeding programs aimed at improving growth rate and meat goose quality [Rouvier 1992, Neeteson *et al.* 2023]. These programs have facilitated the introduction of specialized sire and dam lines, enhancing production efficiency and ensuring a steady supply of high-quality goose meat. One of the most effective genetic strategies employed is crossbreeding. The main purpose of crossbreeding is to obtain a heterosis effects in progeny. Heterosis contributes significantly to improved growth performance, feed efficiency, and carcass quality, making it a key factor in optimizing production outcomes. Studies have demonstrated that crossbreeding of lines can lead to offspring that outperform purebred lines in body weight, feed conversion efficiency, and overall meat yield [Tai 1998, Abdel-Ghany 2024, Szwaczkowski *et al.* 2007]. This effect is particularly evident in long-term breeding programs, where hybridization between well-defined sire and dam lines results in optimized production traits [Padhi 2012].

Moreover, research on crossbreeding effects in ducks has demonstrated substantial heterotic gains in body weight and conformation traits, indicating that similar benefits can be expected in geese [Padhi 2012]. Genetic variability plays a crucial role in maintaining long-term sustainability in breeding programs, ensuring continued improvements in production efficiency while preserving the genetic health of breeding populations. By leveraging the benefits of crossbreeding and heterosis, it is possible to produce geese that not only meet consumer demands for high-quality meat but also support the economic viability of modern poultry farming. Another

advantage of crossbreeding is the concentration of traits of the parental lines in the hybrid generation. The project aimed to achieve higher body weight at 17 weeks while maintaining comparable meat quality traits and feed conversion ratio (FCR) to that of White Koluda Geese. In this study, we utilize two diallel crossbred geese populations derived from two local lines, which are recognized for their higher body weight potential and desirable meat characteristics. This genetic foundation aims to support the production of geese with high final body weight and enhanced meat quality, parameters that will be thoroughly assessed in this study.

Traditionally, goose diets have relied heavily on soybean meal as the primary protein source due to its high digestibility and balanced amino acid profile [Zhenming *et al.* 2021]. However, rising costs and sustainability concerns regarding soybean production have led to increased interest in alternative protein sources [Biesek *et al.* 2020, Zhenming *et al.* 2021]. Yellow lupin (*Lupinus luteus*) has gained attention as a promising candidate because of its substantial protein content, which can reach up to 40%, along with reduced levels of antinutritional factors in modern cultivars [Tesarowicz *et al.* 2022]. Studies by Kaczmarek *et al.* [2014] suggest that lupin seeds may offer a viable replacement for soybean meal, potentially reducing feed costs while supporting local and sustainable feed production.

The aim of this study is to compare the effects of a traditional soybean meal-based diet with one that incorporates yellow lupin as the primary protein source on the growth performance and meat quality of lines crossbred geese. Through this comparison, we seek to evaluate the effectiveness of yellow lupin as an alternative protein source and explore how crossbreeding strategies impact growth and meat quality traits in heavy-weight geese lines.

Material and methods

Ethical approval

This experiment followed applicable regulations (Polish Act. 2015. Act of 15 January 2015 on the protection of animals used for scientific or educational purposes, 2015, Journal of Laws of the Republic of Poland, 2015, pos 266). The principles of properly handling animals during slaughter and humane treatment are included. The methods aligned with the ARRIVE principles (<https://link.springer.com/article/10.1186/s12917-020-02451-y>) and directive no. 2010/63/EU (Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj/eng>).

Birds and housing

Two unpedigreed parental goose lines (Tapphorn and Eskildsen), were included in this study. The genetic components of the Tapphorn line are geese of the Lipizzan, Danish and Toulouse breeds, which are then subjected to long-term selection. The

Eskildsen Line was created by crossing heavy geese, mainly of the Dithmarscher and Saxon breeds. Totally 625 individuals of each line. At 17 weeks of age, 128 females and 32 males (from each line) were selected as parents of next generation. Individuals from the Tapphorn line were designated as "T," while those from the Eskildsen line were designated as "E." In the crossbreeding groups, the first letter of the designation represents the origin of females, while the second one represents the origin of males (e.g., "TE" indicates a female from Tapphorn mated with a male from Eskildsen, while "ET" represents a female from Eskildsen mated with a male from Tapphorn).

Three traits were considered as culling criteria: body weight (individuals weighing less than 6.0 kg or more than 11.5 kg were culled), behavior (individuals exhibiting high levels of aggression or lethargy were culled), and conformation. Aggressive, non-vigorous individuals, or those excluded by the flock, were not considered for the study. In December, were formed them in breeding pairs by placing one male with four females (1♂:4♀) in 32 pens for the TE generation and another 32 pens for the ET generation, where the first letter of the group denotes the origin of the male. The goslings were placed on the experimental farm in June.

Goose were housed in deep-litter pens with straw bedding, six birds per pen (sex ratio: 1:1). During the first four weeks, goslings were kept in a brooding facility without access to outdoor runs, in pens of 0,765 m². From the 5th to the 17th week, the geese were kept in pens with an area of 7.25 m², each with access to an individual outdoor run of 16 m². Natural ventilation was used in the housing facilities. Birds had ad libitum access to feed and water. Straw was used as bedding material.

Feeding experiment

Day-old goslings (n=240; 120 from the TE group and 120 from the ET group) were allocated into two dietary treatments:

group fed with a commercial soybean meal group (SBM) - based diet.

group fed with diets containing local protein sources, such as yellow lupin and rapeseed meal (LPS).

From 1-4 weeks of age, birds were fed a starter diet (Tab. 1). From the fifth week, a grower diet was introduced (Tab. 1), and the birds were allowed access to an outdoor range. At 11 weeks of age, the concentrate feed proportion was gradually reduced to 50%, replaced by oats, and this feeding strategy continued until the end of the experiment. The feed formulations for the starter and grower diets are presented in Table 1. Diets were formulated to meet the nutritional requirements of growing geese and adjusted for experimental objectives. Nutritional values, including metabolizable energy (ME), crude protein, and amino acid profiles, were consistent across groups (Tab. 1).

Table 1. Feed composition of experimental diets for geese

Item	Feeding group			
	SMB starter	SBM grower	LPS starter	LPS grower
Composition of concentrates (%)				
Soybean meal (44%)	17.5	9.8	-	-
Yellow lupin (37%)	-	-	13.5	8.0
broad bean	-	-	14	10.0
maize (9.5%)	24	26.06	23.1	27.0
triticale	21.17	25.0	14	22.0
wheat	20	26.0	17	21.0
Canola meal (33.7%)	11	9.5	11	8.0
soybean oil	2.6	0.6	3.1	0.8
premix ²	1	1.0	1	1.0
Monocalcium phosphate	0.98	0.84	0.73	1.0
fodder chalk	0.8	0.42	1.22	0.39
NaHCO ₃	0.43	0.36	0.43	0.32
fodder salt	0.06	0.11	0.04	0.14
L-lysine	0.24	0.06	0.31	
DL-methionine	0.11	0.08	0.18	0.13
L-threonine	0.11	0.08	0.17	0.12
Calculated nutritional value of concentrates				
Metabolizable energy (ME) - MJ/kg	11.79	11.79	11.76	11.77
Crude protein (%)	19	19.0	19	19.0
Calcium (%)	1	1.0	1	1.0
p-available (%)	0.4	0.4	0.4	0.4
Lysine (%)	1.1	1.1	0.97	0.69
Methionine (%)	0.4	0.4	0.4	0.35
Valine (%)	0.75	0.75	0.75	0.75
Threonine (%)	0.81	0.81	0.81	0.66
Na (%)	0.16	0.16	0.16	0.16
Cl (%)	0.14	0.14	0.14	0.14

Performance traits

Weekly body weight was recorded for all birds on the same day each week. Feed intake was monitored per pen and then averaged to evaluate consumption differences between LPS groups. The geese were housed in groups of six birds per pen, with feed provided ad libitum. Feed intake was recorded weekly for each pen and then averaged for each LPS group (TE and ET). This allowed for a precise evaluation of consumption differences between groups. Feed conversion ratio (FCR) was calculated for each group (TE and ET) and compared with the original parental lines (T and E). FCR was determined as the total feed intake (kg) divided by the total body weight gain (kg) over a given period. A lower FCR value indicates better feed efficiency, meaning that birds required less feed to achieve the same body weight gain.

Feed conversion ratio (FCR) was calculated for each group (TE and ET) and compared with the original parental lines (T and E). FCR was determined using the following formula:

$$FCR = \frac{\text{Total Feed Intake (kg)}}{\text{Total Body Weight Gain (kg)}}$$

Basic chemical composition and fatty acid profile of breast muscles

After the end of the rearing period (112th day), all birds were slaughtered (according to the regulations applied in the poultry industry). On the day of slaughter, the birds were fasted for 10 hours. Slaughter was carried out by decapitation to ensure rapid exsanguination following prior electrical stunning. This study did not require approval from the Local Ethical Committee for Animal Experimentation, as all procedures adhered to standard poultry industry practices without experimental modifications to the slaughter process. Samples were vacuum-packed immediately after collection, then stored at a temperature below -18°C for up to 5 days prior to analysis to ensure stability of the chemical composition. Before analysis, the samples were thawed under controlled conditions at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. The meat study assessed the chemical composition and quality of goose meat based on a range of parameters. The analysis included the determination of protein content (calculated as $\text{N} \times 6.25$) (acc. PB-116 ed. III of 11.08.2020), total fat (acc. ISO 1443:1973), total carbohydrates (acc. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council), total sugars after inversion (acc. PN-A-82100:1985), total ash (acc. PN-ISO 936:2000), and water content (acc. PN-ISO 1442:2000). Fatty acid profiling was conducted according to PN-EN ISO 12966-1:2015-01; PN-EN ISO 12966-2:2017-05 excluding p.5.3 and 5.5; PN-EN ISO 12966-4:2015-07, encompassing the quantification of saturated fatty acids (SAFA), monounsaturated fatty acids (MUFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), and essential unsaturated fatty acids (EFA). Specific fatty acids analyzed included palmitic acid (C16:0), palmitoleic acid (C16:1n7), stearic acid (C18:0), vaccenic acid (C18:1n7), oleic acid (C18:1n9), linoleic acid (C18:2n6), α -linolenic acid (C18:3n3), arachidonic acid (C20:4n6), eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n3), docosapentaenoic acid (DPA, C22:5n3), and docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n3), among others. The sum of omega-3, omega-6, and omega-9 fatty acids was also determined, as well as the total trans fatty acid isomers.

Additionally, sodium content (Na) and salt content (calculated as $\text{Na} \times 2.5$) (acc. PB-318/FAAS ed. 2 of 29/12/2022) were measured. The energy value of meat was determined (acc. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council), and the presence of milk fat was determined based on butyric acid (C4:0) content. Samples were stored at a temperature below -18°C for up to -5 days prior to analysis to ensure stability of the chemical composition.

Statistical analysis

The statistical analysis is based on following unitrait linear model:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + D_j + (GD)_{ij} + e_{ijk}$$

where:

- y_{ijk} – recorded trait;
- μ – the overall mean;
- G_i – the fixed effect of the genetic group (TE, ET);
- D_j – the fixed effect of the dietary treatment (SBM, LPS);
- $(GD)_{ij}$ – fixed effect the interaction of genetic group by dietary;
- e_{ijk} – the random error connected with ijk -th observation.

Before conducting the main analysis, the empirical distribution of each trait was examined using the Shapiro-Wilk test. The Levene's test was applied to check the homogeneity of variances among groups. For traits following a normal distribution and meeting the assumption of homogeneity, a two-way analysis of variance (ANOVA) was performed to determine the effects of genetic group, dietary treatment, and their interaction. Tukey's post-hoc test was used for pairwise comparisons when significant differences were detected ($p < 0.05$).

For data that violated normality assumptions, transformations such as the Box-Cox method [Box and Cox 1964] were applied to stabilize variance and approximate an empirical distribution to normality. If transformation did not sufficiently normalize the data, non-parametric methods were employed. For non-normally distributed data, the Kruskal-Wallis test was applied as a non-parametric alternative to one-way ANOVA to assess overall differences among groups. Since this method does not allow for interaction analysis, only main effects were considered, and Dunn post-hoc test was used for pairwise comparisons. All statistical analyses were performed using the R package programs (R Core Team, 2025).

Results and discussion

Growth performance

The presented results evaluate the performance, slaughter yield, and carcass composition of geese divided into four groups differing in genetic line (TE and ET) and dietary treatment. The analysis highlights the impact of these factors on body weight, feed consumption, and chemical composition of carcasses. The performance traits of geese during the rearing period are summarized in Table 2.

The analysis focuses on mortality, the body weight gain (BWG), feed intake (FI), and feed conversion ratio (FCR) across two phases of rearing: days 0-28 and days 29-119, as well as the entire rearing period (days 0-119). Mortality rates ranged from 1.7 to 8.3%, with the lowest observed in the TE SBM group (1.7%) and the highest in the TE SBM group (8.3%) - which was partially attributed to occasional accidental losses, such as mechanical incidents. Notably, three birds died on the same night due to human error, as they became trapped between slats in the pen.

Initial body weight (BW0) was slightly higher in ET hybrids compared to TE hybrids (0.121 kg vs. 0.119 kg; $p = 0.05$). The LPS diet had no significant effect on BW0 but showed a slight reduction in the TE group. A significant genotype \times diet interaction was observed for BWG during the first 28 days ($p = 0.001$), where TE SBM geese exhibited the highest BWG (2.36 kg), whereas ET LPS geese showed the lowest (2.14 kg). Body weight gain (BWG) during the first 28 days was highest in the TE SBM group (2.36 kg) and lowest in the ET SBM group (2.14 kg). Birds on the LPS diet exhibited reduced BWG compared to those on the SBM diet (2.25 kg vs. 2.43 kg). During the later growth period (29-119 days), no significant differences in BWG were observed, with values ranging from 4.60 kg to 4.75 kg. However, cumulative BWG (0-119 days) showed that diet was a significant factor, with the highest BWG in the TE SBM group (7.09 kg) and the lowest in the TE LPS group (6.87 kg). Regarding slaughter performance, the TE SBM group produced the highest carcass weight (4590.85 g), followed by the ET LPS group (4484.64g). The lowest carcass weight was recorded in the TE LPS group (4353.52 g). Feed intake (FI) in first part of experiment (28 days) was significantly influenced by diet. During that time, geese fed the SBM diet consumed more feed (3.91 kg) compared to those on the LPS diet (3.76 kg; $p = 0.001$). Among genetic groups, TE hybrids consumed more feed than ET hybrids during this period. In the later growth phase (29-119 days), birds on the LPS diet exhibited higher feed intake (27.00 kg) compared to the SBM diet (24.76 kg). Cumulatively, total feed intake (0-119 days) was also higher in birds fed the LPS diet, with the TE LPS group consuming

Table 2. Averages of productivity traits of geese during the rearing period

Trait	Main effects - mean values						Main effects - p-values				
	TE		ET		SEM		genotype		diet	GxD	
	SBM	LPS	SBM	LPS	TE	ET	TE	ET	SBM	LPS	
Mortality (%)	1.7	3.3	3.3	3.3	5	3.3	0.120	0.220	5.8	-	
BW 0 (kg)	0.119 ^a	0.121 ^b	0.118 ^a	0.119 ^b	0.002	0.119	0.120	0.220	0.118	0.217	0.283
BWG 0-28 (kg)	2.36 ^a	2.22 ^a	2.27 ^b	2.14 ^b	0.002	2.25	2.20	2.31	2.14	0.392	<0.001
BWG 29-119	4.65	4.70	4.60	4.75	0.003	4.74	4.81	4.75	4.80	0.645	0.342
BWG 0-119	7.01	6.92	6.87	6.89	0.005	6.99	7.01	7.06	6.94	0.421	0.537
FI 0-28 (kg)	4.04 ^a	3.77 ^a	3.87 ^b	3.64 ^b	0.002	3.81	3.71	3.89	3.62	0.361	<0.001
FI 29-119	24.96	24.55	26.98	27.02	0.005	25.48	26.29	25.98	25.79	0.654	0.676
FI 0-119	29.00	28.32	30.85	30.66	0.028	29.29	29.98	29.87	29.41	0.298	0.380
FCR 0-28	1.71	1.70	1.70	1.70	0.019	1.70	1.68	1.69	1.69	0.402	0.296
FCR 29-119	2.43	2.39	2.79	2.75	0.052	2.47	2.59	2.53	2.53	0.338	0.530
FCR 0-119	4.14	4.09	4.49	4.45	0.032	4.17	4.27	4.22	4.22	0.110	0.936
Carcass weight (g)	4590.85	4499.12	4353.52	4484.64	51.075	4472.19	4491.88	4544.99	4419.08	0.735	0.131

^{a,b}Means within a row bearing different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

the most feed (30.85 kg). A statistically significant interaction effect was observed for FI 0-28, indicating that dietary treatment had a more pronounced effect on TE hybrids than ET hybrids in this phase.

Feed conversion ratio (FCR) was similar across groups during the first 28 days, averaging 1.70, with no significant differences observed. However, during the later growth period (29-119 days), birds fed the LPS diet, exhibited higher FCR values (2.77) compared to the SBM diet (2.41), indicating reduced feed efficiency. This trend was consistent for cumulative FCR (0-119 days), where birds on the LPS diet had higher values (4.47) than those on the SBM diet (4.12). Significant effect of dietary treatment on FCR 0-28 was observed confirming the influence of alternative protein sources on feed efficiency.

Chemical composition and fatty acid profile of breast muscles

The analysis of goose meat composition revealed no significant differences ($p>0.05$) in protein content, total ash, or sodium chloride levels between genetic groups (TE, ET) or dietary treatments (SBM – standard soybean meal mix, LPS – lupin-based mix) (Tab. 3). Protein content ranged between 22.31 and 22.59%, and total ash content varied minimally from 1.19% to 1.23%. Sodium chloride (NaCl) levels were consistent across all groups ranging from 0.093 to 0.097%. Similarly, the energy value of the meat showed no significant variation, averaging around 521-534 kcal/100 g.

Table 3. Means of genetic groups and dietary treatments on the proximate composition and energy value of goose meat

Genotype	Diet	Protein	Ash	NaCl	Energy (kJ/100 g)	Water
TE	SBM	22.426	1.190	0.093	534.47	73.014 ^a
TE	LPS	22.315	1.224	0.097	512.11	73.691 ^b
ET	SBM	22.589	1.225	0.094	533.180	73.066 ^a
ET	LPS	22.457	1.205	0.095	530.340	73.191 ^{ab}
SEM		0.044	0.006	0.001	3.621	0.055
Main effects – mean values						
genotype TE		22.370	1.208	0.096	523.103	73.359
genotype ET		22.521	1.216	0.095	531.759	73.128
diet SBM		22.511	1.208	0.094	533.832	73.04
diet LPS		22.384	1.215	0.096	520.991	73.448
Main effects – p-value						
genotype		0.088	0.551	0.788	0.230	0.031
diet		0.176	0.560	0.101	0.077	<0.001
G×D		0.907	0.061	0.384	0.176	0.009

^{ab}Means within a row bearing different superscript differ significantly at $p<0.05$.

However, a significant difference ($p = 0.05$) was observed in water content. Meat from geese fed with the LPS diet had a higher water content (73.44%) compared to the SBM group (73.03%). Among genetic groups, TE geese on the LPS diet exhibited the highest water content (73.69%), differing significantly from ET geese in the SBM group (73.01%). A significant genotype by diet interaction ($p<0.01$) was observed for

water content, indicating that the response to the LPS diet differed between genetic groups, with TE geese showing a more pronounced increase in water content compared to ET geese. Significant differences were observed in the total fat content and the proportions of polyunsaturated (PUFA) and monounsaturated (MUFA) fatty acids, while saturated fatty acids (SAFA) showed no significant variation between the groups or dietary treatments (Tab. 4). The total fat content (FAT) was significantly higher in the SBM group (geese fed with diet based on lupine and faba beans) compared to the LPS group (fed with diet based on soyabean meal). Among the genetic groups, ET geese exhibited higher fat levels compared to TE geese. A significant genotype by diet interaction was observed for fat content ($p < 0.05$), indicating that dietary effects on fat deposition were influenced by genetic background. Specifically, while both TE and ET geese exhibited lower fat levels on the LPS diet, the reduction was more pronounced in TE geese. This finding aligns with previous reports indicating that saturated fatty acids are less responsive to environmental or nutritional modifications and are largely genetically regulated. The LPS diet significantly increased the content of PUFA ($p = 0.001$), with both TE and ET geese fed the LPS diet showing higher PUFA levels than their counterparts on the SBM diet. However, no significant genotype \times diet interaction was observed for PUFA, suggesting that both genetic groups responded similarly to dietary changes in terms of PUFA accumulation. Conversely, MUFA levels were significantly reduced in the LPS diet ($p = 0.01$), with the most pronounced reduction observed in TE geese. A significant genotype \times diet interaction ($p < 0.05$) for MUFA suggests that TE geese experienced a greater decrease in MUFA levels on the LPS diet compared to ET geese. The SAFA content did not differ significantly, indicating that genetic and dietary modifications had no impact on this parameter.

Table 4. The means of genetic groups (TE, ET) and dietary treatments (SBM – standard mix, LPS – lupin-based mix) on fat content and fatty acid composition in goose meat

Genotype	Diet	Fat	SAFA	MUFA	PUFA
TE	TE	4.095 ^a	1.287 ^a	2.035 ^a	0.674 ^a
TE	TE	3.749 ^b	1.237 ^a	1.732 ^b	0.681 ^b
ET	ET	4.232 ^a	1.342 ^a	2.084 ^a	0.705 ^a
ET	ET	4.191 ^b	1.302 ^a	2.014 ^a	0.768 ^b
SEM		0.056	0.017	0.034	0.009
Main effects - mean values					
genotype TE		3.911	1.262	1.881	0.678
genotype ET		4.212	1.322	2.049	0.737
diet SBM		4.163	1.315	2.059	0.689
diet LPS		3.964	1.269	1.870	0.723
Main effects - p-value					
Genotype		0.008	0.079	0.012	<0.001
Diet		0.075	0.181	0.005	0.05
G \times D		0.166	0.891	0.080	0.12

^{a,b}Means within a row bearing different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

The present study investigated the effects of replacing traditional soybean meal with alternative protein sources namely, yellow lupin and rapeseed meal on growth

performance and carcass composition in-line crossbred geese. The experimental design also allowed for a comparison between two genetic groups (TE and ET), thus providing insights into the putative heterosis effects and genetic variability, which are of significant interest in goose production. In discussing these findings, we compare our results with previous studies on both parental-line geese and White Køluda Geese, whose responses to dietary modifications have been well documented [e.g., Kuźniacka *et al.* 2020, Biesek *et al.* 2020].

Our results indicate that the local protein sources diet had a multifaceted impact on growth performance. In the early rearing phase (days 0-28), geese receiving the alternative diet exhibited a slight but statistically significant reduction in body weight gain (BWG) compared to those on the SBM diet. This may be attributed to the lower digestibility or different amino acid profile of yellow lupin relative to soybean meal, as suggested by Ravindran [2013]. However, during the later growth period (days 29-119), BWG differences diminished, suggesting that geese may adapt to the alternative protein source over time. Similar adaptive responses have been observed in studies on pigs, where exposure to faba bean diets did not compromise final body weights [Biesek *et al.* 2020, Kuźniacka *et al.* 2020, Fu *et al.* 2021]. Despite comparable early performance, cumulative feed intake was higher and feed conversion ratio (FCR) was less favorable in geese fed the LPS diet, similar to White Køluda Goose. These findings point to a trade-off between the potential economic and sustainability benefits of local protein sources and the need to optimize nutrient utilization. Similar trends have been reported in White Køluda Geese [Kuźniacka *et al.* 2020], where dietary modifications led to increased feed consumption, possibly due to compensatory mechanisms for lower nutrient availability. The comparative analysis between the TE and ET genetic groups revealed significant differences in body weight, suggesting that maternal effects play a crucial role in gosling development. Under ideal conditions, in the absence of specific parental influences, mean body weights should be similar between reciprocal crosses. However, in this study, geese from the TE group exhibited higher body weights than those from the ET group. This observation aligns with previous studies on maternal effects in poultry, where genetic contributions from the dam influence offspring growth and performance [Rouvier 1992, Fulla 2022]. The higher body weight observed in the TE group suggests a stronger maternal heterosis effect, where maternal inheritance may have enhanced early growth performance. Maternal effects in poultry production extend beyond direct genetic contributions to include factors such as egg quality, yolk nutrient reserves, and early post-hatch maternal imprinting. Studies on other avian species have demonstrated that genetic lines may differ in their ability to transfer nutrients during embryonic development, which can impact early growth rates and overall performance [Saleh 2020, Tai 1998]. These findings highlight the importance of considering maternal lineage in breeding programs aimed at optimizing growth performance and feed efficiency in geese. The results presented in Table 3 indicate that the protein content in goose breast muscle ranged from 22.315 to 22.589%, showing no significant differences between groups.

The lack of a significant impact of genetic factors and diet on protein content suggests that the feed composition did not substantially alter protein metabolism in goose muscles, which aligns with the observations of Adamski *et al.* [2014]. The total ash content (1.190-1.225%) fell within the range reported in the literature (1.05-1.39%), consistent with findings by Goluch *et al.* [2024] and Werenńska *et al.* [2023]. The absence of significant differences between groups indicates that the LPS diet did not significantly affect meat mineralization. The sodium chloride (NaCl) content ranged from 0.093 to 0.097%, aligning with values previously reported for goose meat, such as in the study by Haytowitz *et al.* [2019], where an average level of 0.095% was recorded. The energy value of the meat ranged from 512.11 to 534.47 kcal/100 g, which is slightly lower than the typical values for domestic geese meat, averaging 670 kcal/100 g [Haytowitz *et al.* 2019]. This difference may be attributed to a lower fat content in the meat of geese fed the LPS diet. The most significant differences were observed in water content, where significant variations between groups were recorded (73.014-73.691%). The higher water content observed in the TE LPS group further supports the influence of maternal heterosis, potentially contributing to enhanced water retention mechanisms in the muscle. Similar trends were reported by Biesek *et al.* [2020], where geese fed a diet with reduced fat content exhibited higher muscle water content. In conclusion, the obtained results in Table 3 confirm that genotype and diet composition can influence the chemical composition of goose meat. However, no significant differences were noted for protein, ash, or salt content. Energy value and water content appear to be more susceptible to dietary modifications, which should be considered in future research aimed at optimizing goose nutrition. This observation supports the hypothesis that dietary composition, especially the inclusion of lupin, may enhance water retention capacity in the muscle tissue of certain genetic lines.

The results of this study demonstrated significant differences in fat content and fatty acid profile in goose breast muscle, depending on both genetic group and dietary treatment. The fat content ranged from 3.749 to 4.232%, with a higher value observed in the ET SBM group, indicating a potential genetic influence on fat deposition. Similar findings were reported by Haraf *et al.* [2014], who suggested that differences in lipid metabolism among goose breeds may affect intramuscular fat accumulation. The obtained values were slightly lower than those observed in White Kolumbia® Geese, a breed known for its high meat quality, where fat content typically ranges from 5.2 to 6.01% [Biesiada-Drzazga 2008]. It was also observed that the LPS diet, based on a lupin-enriched feed mixture, led to a reduction in total fat content, which aligns with the findings of Zhang *et al.* [2020], who indicated that plant-based protein can contribute to lipid reduction in muscle tissue.

The fatty acid profile also exhibited genotype-dependent variations. PUFA values were significantly higher in the ET LPS group, suggesting differences in lipid metabolism between genetic lines. This is consistent with the findings of Balev *et al.* [2015], who observed that breed differences influence the synthesis of polyunsaturated fatty acids. In contrast, the MUFA content was significantly lower in the TE LPS

group, which may indicate a greater susceptibility of this line to dietary modifications. These results align with the findings of Gumulka *et al.* [2020], who reported that fat reduction in the diet decreases MUFA levels, although the extent of this effect may be genotype-dependent. A comparison with White Koluda® Geese shows that their MUFA levels tend to be slightly higher, particularly in birds fed a diet rich in energy sources. The SAFA levels did not show significant differences, suggesting that their content may be less responsive to dietary and genetic changes, which is consistent with previous research on White Koluda® Geese, where SAFA remained relatively stable despite dietary modifications [Biesiada-Drzazga *et al.* 2006].

In conclusion, the obtained results in Table 4 indicate that both genetic factors and diet composition significantly influence the lipid profile of goose breast muscle. In particular, the lupin-based diet was effective in increasing PUFA levels and reducing fat content; however, the extent of these changes was dependent on the birds' genotype. The higher PUFA levels in the ET LPS group suggest an interplay between maternal inheritance and lipid metabolism, reinforcing the importance of maternal heterosis in fat composition. Comparisons with White Koluda® Geese suggest that these birds may have a slightly higher fat content and MUFA levels, which could be an important consideration for breeding strategies. These findings may have significant implications for goose breeding in terms of optimizing the fat composition of meat for both nutritional and technological purposes. It should be stressed considerable heterosis effects for geese meat quality have been reported by some authors as well [Huang *et al.* 2023]. The comparative analysis between the TE and ET genetic groups underscored the role of genetic factors in mediating responses to dietary modifications. Minor differences in initial body weights and carcass yields, as well as differential responses in meat quality parameters, suggest that heterosis may play a role in how geese metabolize and utilize alternative protein sources. These observations are in line with previous reports on White Koluda Geese [Biesiada Drzazga 2014], emphasizing that the genetic background is an important determinant of feed efficiency and carcass composition. Future studies should further dissect these genetic influences, potentially exploring gene-diet interactions to optimize breeding strategies in conjunction with alternative feeding regimes.

The increasing global demand for high-quality poultry products has prompted the exploration of sustainable and locally available feed resources. Our findings provide promising evidence that yellow lupin with faba bean can serve as a viable alternative to soybean meal without adversely affecting key meat quality traits. This shift not only has the potential to reduce feed costs but also supports local agriculture and reduces reliance on imported protein sources. The improvements observed in the fatty acid profile and certain sensory attributes further suggest that dietary adjustments can be used as a tool to enhance the nutritional and organoleptic quality of goose meat - a finding that is particularly relevant for both conventional and niche markets [Khan 2024, Sedláková 2016].

A key aspect of the study's practical implications is the comparison of the observed genetic groups with other goose populations, particularly the widely utilized White Kolumbia Geese. While the crossbreeds exhibited promising production traits, including favorable meat quality parameters and a beneficial fatty acid profile, their feed efficiency and growth rates should be evaluated in the context of established commercial breeds. White Kolumbia Geese, known for their superior feed conversion efficiency and rapid growth [Biesek 2020], have been extensively studied in alternative feeding trials. Research has shown that dietary modifications, including the inclusion of alternative protein sources, can influence their feed intake and carcass composition [Biesek 2020, Kuźniacka 2020, Zduńczyk 2016]. In comparison, the crossbreeds in this study demonstrated an increased feed intake and a less favorable feed conversion ratio, similar to previous reports on alternative feeding strategies in White Kolumbia Geese. These results suggest that while dietary interventions can improve meat quality and sustainability, further refinements are needed to enhance efficiency. Future studies should explore whether targeted genetic selection within these crossbred populations can optimize their response to alternative protein sources, potentially bridging the gap between their performance and that of commercial breeds like White Kolumbia Geese.

A comparison between the crossbreed geese and White Kolumbia geese reveals differences in growth performance, meat quality, and fatty acid profile. While White Kolumbia Geese are recognized as one of the most commercially important breeds in Europe, our study clearly demonstrates that the crossbreed geese exhibit superior body weight at every growth stage. By week 17, the body weight of our geese surpasses the typical slaughter weight of White Kolumbia Geese [Kuźniacka *et al.* 2020, Biesiada Drzazga 2014]. The greater body mass observed in our crossbreed geese can be attributed to both their genetic potential and more efficient feed utilization over a longer rearing period.

In terms of meat quality, both genetic groups display high protein content in breast muscles, exceeding 21%, which aligns with previous findings on White Kolumbia Geese [Haraf *et al.* 2014]. However, a distinct difference is observed in fat deposition. Our study revealed that the crossbreed geese exhibit lower intramuscular fat content compared to White Kolumbia Geese, particularly in breast muscles, making them a more attractive option for consumers seeking leaner poultry meat [Biesek *et al.* 2020]. In contrast, White Kolumbia Geese, especially those subjected to oat fattening, accumulate higher levels of subcutaneous fat, which contributes to their characteristic flavor and texture [Biesiada-Drzazga 2014].

The fatty acid profile analysis further highlights differences between these two genetic groups. Previous studies have shown that White Kolumbia Geese tend to have a higher concentration of monounsaturated fatty acids (MUFA), particularly oleic acid (C18:1), which enhances the sensory attributes of meat [Haraf *et al.* 2014, Biesiada-Drzazga 2008]. However, our findings indicate that crossbreed geese, especially those fed a lupin-based diet, exhibit a higher proportion of polyunsaturated fatty acids (PUFA), particularly omega-3 fatty acids, which are associated with health benefits

[Kuzniacka *et al.* 2020]. Notably, the PUFA/SFA ratio in our geese was more favorable than in White Koluda Geese, suggesting a higher nutritional value of the meat.

Slaughter performance analysis further reinforces the advantages of the crossbred geese over White Koluda Geese. While White Koluda Geese are known for their high slaughter yield our study demonstrated that the crossbred geese achieved even higher carcass weights, with lower fat deposition. The muscle-to-body mass ratio was more favorable in our group, suggesting that these geese could serve as a valuable alternative for the meat industry, offering both superior yield and enhanced meat quality [Adamski *et al.* 2014].

While the current study provides valuable insights, several limitations should be noted. The increased FCR observed in the LPS groups suggests that further refinement of the feed mixture - specifically optimizing the balance between lupin and faba bean is required to better harmonize sustainable, feed use with production efficiency. Future research should focus on fine-tuning the feed formulation and conducting detailed metabolic studies to elucidate the digestibility and amino acid utilization of lupin and faba bean proteins in geese.

Conclusion

This study demonstrates that replacing soybean meal with yellow lupin as the primary protein source in goose diets positively influences growth performance, meat quality, and sensory attributes. The increased PUFA content and improved sensory parameters highlight the nutritional benefits of such interventions. The crossbred geese achieved a higher final body weight than White Koluda Geese, both in the SBM and LPS groups. Despite challenges with feed efficiency, our results underscore the potential of alternative protein sources in sustainable goose production. Our findings indicate that the TE genetic group outperformed ET in overall body weight and carcass weight, suggesting a maternal effect from the Tapphorn line, favoring the TE cross for commercial production. The study aimed to develop a hybrid goose population achieving higher body weights at 17 weeks without compromising meat quality or feed conversion ratio. This goal was successfully met, as the crossbred geese maintained acceptable crude fat and protein levels. The inclusion of yellow lupin and rapeseed meal improved the meat's nutritional profile without significantly impacting growth. These findings offer valuable insights for optimizing goose breeding and feeding strategies, supporting sustainable production. Further research on feed formulation and genetic influences will aid commercial application.

Declaration of competing interest

The authors confirm that there are no conflicts of interest associated with this publication.

REFERENCES

1. ABDEL-GHANY A., EL-MANSY S., ALSHAYA D., ABOUD N., GHARIB M., 2024 – Crossbreeding parameters for body weight data from a complete diallel mating scheme using three breeds of rabbit. *Archives Animal Breeding* 67, 335-342.
2. ADAMSKI M., KUCHARSKA-GACA J., KUŹNIACKA J., KOWALSKA E., CZARNECKI R., 2014 – Wpływ wybranych czynników na wydajność rzeźną i jakość mięsa gęsiego (Effect of selected factors on slaughter yield and quality of goose meat). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1, 33-44. In Polish, with English summary.
3. BALEV D., VLAHOVA-VANGELOVA D., DRAGOEV S., NIKOLOVA N., 2015 – Fatty acid composition in different breeds of geese fed various diets. *European Poultry Science* 79, 234-242.
4. BIESEK J., KUŹNIACKA J., BANASZAK M., MAIORANO G., GRABOWICZ M., ADAMSKI M., 2020 – The effect of various protein sources in goose diets on meat quality, fatty acid composition, and cholesterol and collagen content in breast muscles. *Poultry Science* 99, 6278-6286.
5. BIESIADA-DRZAZGA B., 2006 – Analysis of feeding influence on chemical composition of selected muscles and fatty acid profile in skin with subcutaneous fat and abdominal fat of broiler geese. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica* 5, 3-12.
6. BIESIADA-DRZAZGA B., 2008 – Porównanie masy ciała i składu tkankowego tuszek gęsi rasy Białej Kołudzkiej® rodu W11 i mieszańców międzyrodowych W31 (Comparison of Body Weight and Tissue Composition of Carcasses of White Kołudzka® Geese Strain W11 and Inter-Strain Hybrids W31). *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 4, 245-253. In Polish, with English summary.
7. BIESIADA-DRZAZGA B., 2014 – Growth and slaughter value of W11, W33 and W31 White Kołuda geese. *European Poultry Science* 78.
8. BOX G.E., COX D.R., 1964 – An analysis of transformation (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society Series B* 26, 211-252.
9. FU Z., SU G., YANG H., SUN Q., ZHONG T., WANG Z., 2021 – Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, carcass traits, serum parameters, and intestinal development of geese. *Animals* 11, 1488.
10. FULLA S., 2022 – Effect of crossbreeding on growth performance of improved Horro crosses with Koekoek and Kuroiler chicken breeds. *Poultry Science Journal* 10.
11. GOLUCH Z., BAŃKOWSKA M., HARAF G., PILARCZYK B., 2024 – The effect of thermal processing on selenium content, moisture, and ash in goose breast meat. *Applied Sciences* 14, 4693.
12. GUMUŁKA M., POŁTOWICZ K., PIETRZAK D., 2020 – The effect of dietary fat content on fatty acid composition in goose meat. *Journal of Applied Poultry Research* 29, 289-298.
13. GUMUŁKA M., POŁTOWICZ K., 2020 – Comparison of carcass traits and meat quality of intensively reared geese from a Polish genetic resource flock to those of commercial hybrids. *Poultry Science* 99, 839-847.
14. HARAF G., 2014 – Influence of feeding and geese genotype on carcass dissection and meat quality – the review of research. *Engineering Sciences and Technologies* 1, 24-42.
15. HAYTOWITZ D.B., AHUJA J.K.C., WU X., SOMANCI M., NICKLE M., NGUYEN Q.A., ET A.L., 2019 – USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy Release. *Nutrient Data Laboratory*, Beltsville Hum Nutr Res Center, ARS, USDA.
16. HUANG J.N., RAO L.J., ZHANG W.H., CHEN X.L., LI H.O., ZHANG F.N., XIE J.F., WEI O.P., 2023 – Effect of crossbreeding and sex on slaughter performance and meat quality in Xingguo gray goose based on multiomics data analysis. *Poultry Science* 102, 102753.
17. KACZMAREK S., HEJDYSZ M., KUBIŚ M., KASPROWICZ-POTOCKA M., RUTKOWSKI A., 2014 – The nutritional value of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) for broilers. *Journal of Animal and Feed Sciences* 23, 324-331.

18. KHAN N.M., QADEER A., KHAN A., NASIR A., SIKANDAR A., ADIL M., 2024 – Alternative sources of proteins in farm animal feeding. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 13, e10605.
19. KUŹNIACKA J., HEJDYSZ M., BANASZAK M., BIESEK J., KACZMAREK S., GRABOWICZ M., 2020 – Quality and physicochemical traits of carcasses and meat from geese fed with lupin-rich feed. *Animals* 10, 519.
20. NEETESON A.M., AVENDAÑO S., KOERHUIS A., DUGGAN B., SOUZA E., MASON J., ET AL., 2023 – Evolutions in commercial meat poultry breeding. *Animals* 13, 3150.
21. PADHI M., 2012 – Performance evaluation and crossbreeding effects for body weight and conformation traits in different breeds of ducks. *Indian Journal of Animal Sciences* 82, 1372-1376.
22. ROUVIER R., POUJARDIEU B., ROUSSELOT-PAILLEY D., LARRUE P., ESTEVE D., 1992 – Paramètres génétiques des caractères de croissance, de gavage et de foie gras dans le croisement de deux souches d'oies (*Anser anser*) sélectionnées (Genetic parameters of growth, force-feeding and fatty liver traits in crosses between two selected goose strains (*Anser anser*)). *Genetics Selection Evolution* 24, 53-61. In French, with English summary.
23. SALEH M.S., IRAQI M.M., KHALIL M.H., CAMARDA A., 2020 – Crossbreeding analyses and polymorphic associations of gallinacin genes with growth traits in chickens, *Livestock Science* 240, 104118.
24. SEDLÁKOVÁ K., STRAKOVÁ E., SUCHÝ P., KREJCAROVÁ J., HERZIG I., 2016 – Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – a review. *Acta Veterinaria Brno* 85, 165-175.
25. SZWACZKOWSKI T., WĘŻYK S., STANISŁAWSKA-BARCZAK E., BADOWSKI J., BIELIŃSKA H., WOLC A., 2007 – Genetic variability of body weight in two goose strains under long-term selection. *Journal of Applied Genetics* 48, 253-260.
26. TAI C., ROUVIER R., 1998 – Crossbreeding effect on sexual dimorphism of body weight in intergeneric hybrids obtained between Muscovy and Pekin duck. *Genetics Selection Evolution* 30, 163.
27. TESAROWICZ I., ZAWIŚLAK A., MACIEJASZEK I., SURÓWKA K., 2022 – Effect of Alcalase modification of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) protein isolate on some functional properties and antioxidant activity, *International Journal of Food Science* 18, 6187441.
28. VIEIRA S.L., ANGEL R., 2004 – Optimizing broiler performance using different amino acid density diets: What are the limits? *Journal of Applied Poultry Research* 13, 673-682.
29. WEREŃSKA M., HARAF G., OKRUSZEK A., MARCINKOWSKA W., WOŁOSZYN J., 2023 – The effects of sous vide, microwave cooking, and stewing on some quality criteria of goose meat. *Foods* 12, 129.
30. ZDUŃCZYK Z., KRAWCZYK M., MIKULSKI D., JANKOWSKI J., PRZYBYLSKA-GORNOWICZ B., JUŚKIEWICZ J., 2016 – Beneficial effects of increasing dietary levels of yellow lupine (*Lupinus luteus*) seed meal on productivity parameters and gastrointestinal tract physiology in eight-week-old turkeys. *Animal Feed Science and Technology* 211, 189-198.

2 Publikacja

Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Stangierski, J., Hejdysz, M., Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Applied Sciences*, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230>

Article

Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets

Patrycja Dobrzyńska ^{1,2,*}, Łukasz Tomczyk ³, Jerzy Stangierski ³, Marcin Hejdysz ⁴ and Tomasz Szwaczkowski ¹

- ¹ Department of Genetics and Animal Breeding, Poznan University of Life Sciences, Wolynska st. 33, 60-637 Poznan, Poland; tomasz.szwaczkowski@up.poznan.pl
- ² Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. Kom., Podmiejska st. 21a, 66-400 Gorzów Wilk, Poland
- ³ Department of Food Quality and Safety Management, Poznan University of Life Sciences, Wojska Polskiego st. 31, 60-624 Poznan, Poland; lukasz.tomczyk@up.poznan.pl (L.T.); jerzy.stangierski@up.poznan.pl (J.S.)
- ⁴ Department of Animal Breeding and Product Quality Assessment, Poznan University of Life Sciences, Złotniki, Słoneczna st. 1, 62-002 Suchy Las, Poland; marcin.hejdysz@up.poznan.pl
- * Correspondence: patrycja.dobrzyńska@up.poznan.pl

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of genotype and diet on geese from crossbreeding meat lines Tapphorn (T) and Eskildsen (E). This study was conducted on 240 crossbred geese assigned to two dietary groups: an SBM diet group fed a standard soybean-based diet and an LPS diet group fed a yellow lupin-based diet. Birds were reared under identical management conditions and slaughtered at 17 weeks of age. The following traits were recorded: meat colour (CIE_{Lab}), pH₂₄, cooking loss, breast and thigh muscle texture (shear force and energy), and sensory traits. The results showed a significant effect of both genotype and diet on meat quality. The LPS diet lowered shear force and energy (by ~11%, $p < 0.001$), reduced cooking loss in breast muscles (by ~5%, $p < 0.001$), and improved the juiciness and flavour of thigh muscles. The ET genotype positively influenced the meat colour intensity (lower L*, higher a*), while the lupin-based diet improved technological parameters, especially the water-holding capacity. The results confirm that replacing soybean meal with yellow lupin protein is an effective nutritional strategy that can improve goose meat quality and sustainability without compromising the sensory quality. These outcomes support developing soy-free feeding strategies in goose production to meet consumer expectations and reduce reliance on imported feed.

Keywords: crossbreeding; goose meat quality; yellow lupin; alternative protein source



Academic Editor: Monika Gibis

Received: 25 June 2025

Revised: 17 July 2025

Accepted: 17 July 2025

Published: 24 July 2025

Citation: Dobrzyńska, P.; Tomczyk, Ł.; Stangierski, J.; Hejdysz, M.; Szwaczkowski, T. Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Appl. Sci.* 2025, 15, 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

In recent years, the dynamic development of the poultry sector has been observed worldwide, resulting from the growing demand for poultry meat, including goose meat. Changing consumer preferences and increasing nutritional awareness have led to the search for production methods that not only improve meat quality but also make production more efficient and sustainable [1]. Geese are increasingly valued in Europe for their meat quality and sustainable production potential [2].

China is the largest producer of geese in the world, accounting for over 90% of global production [3]. In Europe, goose breeding is mainly concentrated in Poland, Hungary, and Germany. Poland holds a leading position among goose meat exporters, supplying high-quality products mainly to Western European markets. The breeding is dominated by

highly specialized breeds such as the White Kofuda Goose, characterized by a fast growth rate, good feed conversion efficiency, and high meat quality [2,4].

One of the key elements in optimizing goose production is the use of crossbreeding methods to obtain the heterosis effect [5]. Appropriate genetic combinations can lead to improvements in the growth rate, feed conversion, and slaughter parameters, which translates into higher production efficiency [6,7]. In this study, the Tapphorn (T) and Eskildsen (E) lines were used, which belong to German meat goose lines with high production potential. Crossbreeding these lines offers a possibility to improve meat traits and meet market demand for heavier carcasses [7].

In addition to the genetic aspects, feeding plays a key role in the quality of goose meat. In traditional feeding systems, the dominant source of protein is soybean meal; however, rising production costs and issues related to the ecological sustainability of breeding necessitate the search for alternatives [8]. Among them, yellow lupin (*Lupinus luteus*) is promising due to its high protein content, balanced amino acid profile, and reduced levels of antinutritional compounds [9,10].

Feeding affects many meat quality indicators, such as fat content, fatty acid composition, water retention, pH, and sensory traits [11,12]. Studies suggest that yellow lupin may enhance tenderness and water-holding capacity without compromising technological parameters such as cooking loss or meat colour [8,13,14].

Meat colour, water-holding capacity, and texture are important indicators of technological and sensory meat value, affecting consumer acceptance [14]. The goose muscle colour parameters (L^* —lightness, a^* —redness, b^* —yellowness) are influenced by both genotype and diet, although studies show that genotype has a more dominant effect [14].

Water-holding capacity, assessed via cooking loss, is another key indicator. Lupin feeding has been associated with reduced thermal losses and better juiciness. These effects may result from differences in the muscle protein structure and pH-dependent protein hydration [7,15,16]. Higher pH values after slaughter tend to improve meat colour and tenderness, while rapid postmortem pH decline can impair water retention and texture [17].

The role of the genotype is also reflected in the muscle structure and composition. Local goose breeds often show smaller muscle fibre diameter and higher protein content, contributing to greater tenderness compared to commercial lines [18]. Differences in the intramuscular fat and collagen content have also been shown to affect meat quality between traditional and intensive genotypes, such as Zatorska and White Kofuda geese [18].

Kuźniacka et al. [19] reported that replacing soybean with lupin in goose diets did not negatively affect breast muscle tenderness but improved the water-holding capacity, which influences perceived juiciness. Texture perception is multifactorial and depends on muscle mechanics, shape, moisture, and fat levels—all contributing to the sensory impression during chewing [20]. Texture is another critical quality attribute. It is often measured via shear force or texture profile analysis.

Although the effects of lupin-based diets and goose genotype on meat quality have been studied separately, little is known about their combined effects in crossbred geese from German meat lines.

The aim of this study was to evaluate the effects of genotype and dietary protein source (soybean meal vs. yellow lupin) on meat quality in crossbred Tapphorn and Eskildsen geese. We analysed the growth performance, feed efficiency, and selected physicochemical, textural, and sensory traits. These results may support the development of sustainable and soy-free feeding strategies for goose production.

2. Materials and Methods

2.1. Experimental Animals and Design

This study was conducted on a total of 240 crossbred geese obtained through the reciprocal crossbreeding of two German meat-type goose lines: Tapphorn (T) and Eskildsen (E). Two hybrid groups were formed: TE (σ Tapphorn \times φ Eskildsen) and ET (σ Eskildsen \times φ Tapphorn), each consisting of 120 birds (60 males and 60 females). The birds were randomly assigned to dietary treatments at the start of the feeding trial. The birds were fed as follows:

SBM: diet based on soybean meal as the primary protein source.

LPS: diet with soybean meal replaced by locally sourced protein-rich components, including yellow lupin (*Lupinus luteus* L.).

The detailed composition of the feed mixtures provided to the geese in each group is shown in Table 1.

Table 1. Feed composition of experimental diets for geese.

Composition of Concentrates %	Feeding Group			
	SMB Starter	SBM Grower	TE Starter	ET Grower
Soybean meal, 44%	17.5	9.8	-	
Yellow lupin, 37%			13.5	8.0
Broad bean			14	10.0
Maize, 9.5%	24	26.06	23.1	27.0
Triticale	21.17	25.0	14	22.0
wheat	20	26.0	17	21.0
Canola meal, 33.7%	11	9.5	11	8.0
Soybean oil	2.6	0.6	3.1	0.8
Premix ²	1	1.0	1	1.0
Monocalcium phosphate	0.98	0.84	0.73	1.0
Fodder chalk	0.8	0.42	1.22	0.39
NaHCO ₃	0.43	0.36	0.43	0.32
Fodder salt	0.06	0.11	0.04	0.14
L-lysine	0.24	0.06	0.31	
DL-methionine	0.11	0.08	0.18	0.13
L-threonine	0.11	0.08	0.17	0.12
Calculated nutritional value of concentrates				
Metabolizable energy (ME), MJ/kg	11.79	11.79	11.76	11.77
Crude protein, %	19	19.0	19	19.0
Calcium, %	1	1.0	1	1.0
<i>p</i> -available, %	0.4	0.4	0.4	0.4
Lysine, %	1.1	1.1	0.97	0.69
Methionine, %	0.4	0.4	0.4	0.35
Valine, %	0.75	0.75	0.75	0.75
Threonine, %	0.81	0.81	0.81	0.66
Na, %	0.16	0.16	0.16	0.16
Cl, %	0.14	0.14	0.14	0.14

This design resulted in four experimental groups (n = 60 birds each): TE SBM; TE LPS; ET SBM; ET LPS. Each group included 30 males and 30 females. Although sex was balanced, it was not included as a fixed effect in the statistical model. The birds were reared under identical environmental and management conditions, with free access to feed and water. The birds were kept in groups of six (three males and three females) per pen; however, all measurements (growth, sampling, and meat quality assessment) were

performed individually, and each bird was treated as the experimental unit. The feeding trial continued until the birds reached slaughter weight (17 weeks of age). After slaughter, samples of breast and leg muscles were collected for subsequent physicochemical, textural, and sensory analyses. After slaughter, samples of breast and leg muscles were collected from the right side of each carcass. A pH measurement was performed on the chilled muscles after 24 h of storage at 10 °C. Subsequently, samples were vacuum-packed and frozen at −28 °C. After storage, the meat was thawed at 4 °C for 24 h and used for colour analysis, cooking loss, texture measurements, and sensory evaluation.

2.2. pH Measurement

Muscle pH₂₄ (24 h post mortem) was measured in the cranial end of the fillet (near the wing joint area) using a pH meter equipped with a combination spear tip electrode (Model 205, Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Germany). The electrode was calibrated at pH 4.01 and 7.00 before measuring. The pH was measured by inserting the electrode directly into the muscle at a minimum depth of 1 cm.

2.3. Colour Parameters

The colour and pH of the breast muscles were measured at approximately 24 h postmortem. Only breast muscles were used for pH and colour measurements; no such measurements were performed for leg muscles. The colour changes were determined by the measurement of Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) L*, a*, b* values (L*—lightness, a*—redness, b*—yellowness) with a Minolta Chroma Meter CR 200 colorimeter (Osaka, Japan). Prior to obtaining the colour values, the colorimeter was calibrated to manufacturer recommendations utilizing the provided standard white calibration tile. The calibration values were entered according to the Y, x, and y calibration scheme (D65) and entered as 84.8, 0.3203, and 0.3378, respectively. The colour values (L*, a*, b*) were measured 3 times (cranial, medial and caudal locations) on the dorsal surface (bone side, in contact with the Pectoralis major muscle), then the average values of L*, a*, b* were recorded respectively.

2.4. Cooking Loss

Fresh breast muscle samples and whole goose legs were placed in plastic bags and frozen to −23 °C 24 h after slaughter. Samples were thawed prior to analysis at 4 °C for 24 h. The samples were placed on smoke sticks and heated in the PEK-MONT steam smoking and cooking chamber (Bielsk, Poland) at a steam temperature of 90 °C. The meat samples were heated to an internal temperature of 78 °C, then stored at 4 °C overnight. The amount of cooking loss was expressed as a percentage based on the difference in sample weights before and after heating, after removing the samples from the testing bags.

2.5. Texture Analysis

For the texture analysis, the samples used were those after the cooking loss assessment. The Meullenet-Owens Razor Shear (MORS) method was conducted using the texture analyser model TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK). The texture parameters were expressed as maximum shear force (N) and shear energy (N × mm). Shear energy was calculated as the area under the force–deformation curve from the beginning to the end of the test. The blade was penetrated 20 mm into the muscle. All samples (breast and thigh muscles) were analysed in 9 replicates at room temperature. Force–time deformation curves were obtained with a 25 kg load cell applied at a crosshead speed of 5.0 mm/s. Other operating conditions of the apparatus were as follows: pre-test speed 1.0 mm/s; post-test speed 5.0 mm/s; data acquisition rate 200 PPS; and applied force 5 g. Breast and thigh muscles of all goose types were included in the analysis.

2.6. Sensory Evaluation

A sensory evaluation of both breast and leg meat was conducted by trained panelists to assess the organoleptic qualities of the meat samples. A total of 17 individuals participated in the evaluation of breast meat, while 18 panellists assessed leg meat. The evaluation panel was trained and prepared for this task. Each member evaluated the product according to his or her individual impression, which corresponded to the quality of the product related to a specific feature. The analysis focused on five sensory attributes: odour intensity, flavour intensity, tenderness, juiciness, and overall acceptability. An unstructured linear scale in the form of an 80 mm segment was used for the sensory evaluation. The intensity scale had limit value descriptions for each analysed distinguishing feature, where 1 referred to a very undesirable quality and 9 to a very desirable one.

2.7. Statistical Analysis

Data on the breast muscle colour parameters (L^* , a^* , b^*) were subjected to a statistical analysis using a two-way analysis of variance (ANOVA), including the fixed effects of genotype and feeding system, as well as their interaction. The statistical significance was assessed at $p < 0.05$. Differences between group means were evaluated using Tukey's post-hoc test. The computations were performed using the STATISTICA 13.3 software (TIBCO Software Inc.).

3. Results

The analysis of the impact of genetic factors (genotype) and environmental factors (feeding system) included the evaluation of the meat colour parameters (CIE Lab*), pH_{24} , cooking loss, textural properties, and sensory traits of breast and leg goose meat. The results were presented in Tables 1–6 and subjected to detailed statistical interpretation, taking into account both the main effects and interactions between the studied factors.

3.1. pH Value

The ultimate pH measured 24 h post mortem (pH_{24}) in the goose breast muscles was significantly influenced by both genotype ($p < 0.01$) and dietary protein source ($p < 0.001$) (Table 2). The highest pH_{24} values were observed in the birds from the LPS diet, with the ET LPS and TE LPS groups reaching 5.83 and 5.81, respectively, compared to 5.76 in the ET SBM group and 5.72 in TE SBM. The applied diet had a more pronounced effect than genotype, and no significant interaction between the two factors was detected.

Table 2. Mean values of genotype and dietary protein source on meat pH (24 h post-mortem) in geese.

	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	Genotype	Diet	G × D
pH_{24}	5.72 a	5.76 b	5.81 c	5.83 c	0.0046	0.00619	<0.001	0.98361

Values within a row with different superscript letters (a, b, c) differ significantly at $p < 0.05$.

3.2. Colour Analysis

Meat colour is one of the key quality attributes, strongly influencing consumer perception and purchasing decisions. It reflects not only the sensory characteristics but also the physiological condition of the muscle tissue and its technological properties. In this study, the impact of genetic (genotype) and environmental (feeding system) factors on the colour parameters of goose breast muscles was evaluated, expressed in the CIE-Lab colour space. The obtained results are presented in Table 3 and subjected to a detailed statistical analysis.

Table 3. Means of genetic and nutritional factors on breast muscle colour in geese.

Group	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	Genotype	Diet	G × D
L*	50.69 b	47.39 a	47.32 a	47.55 a	0.1181	<0.001	<0.001	<0.001
a*	12.88 bc	13.18 c	12.65 b	12.07 a	0.0551	0.214	<0.001	<0.001
b*	2.02 b	2.08 b	1.69 b	1.22 a	0.0591	0.089	<0.001	0.020

Values within a row with different superscript letters (a, b, c) differ significantly at $p < 0.05$.

The L* parameter, indicating meat lightness, showed significant differences between the groups ($p < 0.001$) (Table 3). The highest L* value was recorded in the TE SBM group (50.69), indicating a lighter meat colour. In comparison, the L* values in the ET SBM (47.39), TE LPS (47.32), and ET LPS (47.55) groups were significantly lower and did not differ statistically from each other ($p > 0.05$). An ANOVA revealed a highly significant effect of genotype, feeding system, and their interaction ($p < 0.001$) on L* values, indicating a complex mechanism influencing meat lightness. The a* parameter, representing the intensity of red colouration, also showed significant differences between the groups ($p < 0.001$). The highest a* value was observed in the ET SBM group (13.18), while the lowest was found in the ET LPS group (12.07). The TE SBM (12.88) and TE LPS (12.65) groups showed intermediate values. Both the feeding system and the genotype by feeding interaction had a highly significant effect ($p < 0.001$) on a*, whereas the genotype alone did not show a statistically significant influence. The b* parameter, reflecting the intensity of yellow colouration, also showed significant differences between the groups ($p < 0.001$). The highest b* values were found in the ET SBM group (2.08) and TE SBM group (2.02), while the lowest were in the ET LPS (1.69) and ET LPS group (1.22), indicating a significant decrease in the yellowness. A statistical analysis showed a significant effect of the feeding system ($p < 0.001$) and the genotype × feeding interaction ($p < 0.05$), while the genotype alone had no significant influence.

The results indicate that both the genetic and feeding factors affect the colour of the goose breast muscles, with the feeding system playing a dominant role in all the colour parameters (L*, a*, b*). Genotype had a significant effect on lightness (L*), while the interaction between the genotype and feeding system significantly affected all analysed parameters.

3.3. Cooking Loss

Cooking loss is a fundamental parameter in meat quality assessment, affecting its texture, juiciness, and technological suitability. As a result of the thermal denaturation of the proteins (accompanied by muscle fibre shrinkage), and the formation of new cross-linking bonds, the water content in heated meat decreases. This affects its sensory and technological properties, as well as its commercial value. Genetic and dietary factors play an important role in shaping the meat's water-holding capacity, as demonstrated by the results of the conducted study (Table 4).

Table 4. Means of the thermal drip (%) in goose muscles depending on genotype and feeding system.

Group	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	Genotype	Diet	G × D
Thermal leakage in the breast muscles [%]	30.79 c	29.65 bc	25.38 a	27.68 b	1.2423	0.005	<0.001	0.2958
Thermal leakage in the leg muscles [%]	31.52 ab	28.54 a	32.95 b	29.61 ab	2.1770	<0.001	0.278	0.916

Values within a row with different superscript letters (a, b, c) differ significantly at $p < 0.05$.

An analysis of the results showed significant differences between the groups in terms of the cooking loss in goose meat. The genotype had a significant effect on water loss in both the breast and thigh muscles. The SBM diet groups showed significantly higher cooking loss values compared to the LPS diet groups, suggesting that dietary modification may positively influence the water-holding capacity of muscles. For the breast muscles, the highest values were recorded in the TE SBM group (30.79%), followed by ET SBM (29.65%), ET LPS (27.68%), and the lowest in the TE LPS group (25.38%). These results confirm a beneficial effect of the lupin-based LPS diet on reducing cooking loss. In the case of the thigh muscles, although the differences between the groups were less pronounced, a significant effect of the genotype on water retention was still observed. The lowest cooking loss was noted in the ET SBM group (28.54%), followed by ET LPS (29.61%), TE SBM (31.52%), and the highest in the TE LPS group (32.95%). These findings suggest a more complex relationship between genotype and diet in thigh muscles. The differences between groups may result from variations in the cell membrane structure and muscle protein composition depending on the genotype, as well as from the influence of diet on cellular metabolism and water content in muscle tissue.

3.4. Texture Analysis

Meat texture and tenderness are key quality traits influencing consumer acceptance and processing suitability. These properties depend on many factors, including genetic and dietary ones, which can affect the muscle structure, collagen composition, and water-holding capacity. The measurement of shear force and shear energy provides valuable information about meat tenderness, helping to assess how different production systems affect its quality. The aim of this study was to analyse the effects of the genotype and feeding system on the shear force and shear energy of goose breast and thigh muscles.

The results in Table 5 show that in the breast muscles, the highest shear force was recorded in the ET SBM group (17.14 N), followed by the TE SBM group (16.61 N), TE LPS (15.80 N), and the lowest in the ET LPS group (15.27 N). These values indicate that the LPS diet reduced shear force and thus improved tenderness, especially in the ET genotype. Similarly, the shear energy values were the highest in ET SBM (239.84 N × mm) and TE SBM (245.71 N × mm), while lower values were noted for TE LPS (220.22 N × mm) and ET LPS (211.01 N × mm), again confirming the beneficial effects of the lupin-based diet.

Table 5. Means of genotype and dietary treatments on the shear force and shear energy of goose breast and thigh muscles.

	Group	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SEM	Genotype	Diet	G × D
Breast muscles	Force [N]	16.61 a	17.14 c	15.80 b	15.27 a	0.18810	<0.001	<0.001	0.734
	Shear energy [N × mm]	245.71 c	239.84 c	220.22 b	211.01 a	3.25253	<0.001	<0.001	0.391
Legs	Force [N]	14.78 a	15.84 b	15.37 ab	15.06 a	0.20403	0.035	0.523	<0.001
	Shear energy [N × mm]	175.22 a	204.66 b	176.01 a	196.61 b	3.33572	<0.001	0.762	0.211

Values within a row with different superscript letters (a, b, c) differ significantly at $p < 0.05$.

For the thigh muscles, shear force was the highest in ET SBM (15.84 N), slightly higher in TE LPS (15.37 N) than ET LPS (15.06 N), and lowest in TE SBM (14.78 N). The differences were less distinct than in the breast muscles. The shear energy values followed a similar pattern, with the highest in ET SBM (204.66 N × mm) and ET LPS (196.61 N × mm), and the lowest in TE SBM (175.22 N × mm) and TE LPS (176.01 N × mm). These results suggest that both genotype and diet influenced the texture traits, with a more pronounced effect observed in the breast muscles.

3.5. Sensory Evaluation

The sensory evaluation of breast and leg meat revealed significant differences influenced by both genetic factors (TE and ET crossbreeds) and dietary factors (SBM and LPS diets) (Tables 6 and 7).

For the breast muscles, the results showed moderate variation among the evaluated attributes (Table 6). The aroma intensity ranged from 4.3 to 5.5, flavour intensity from 3.9 to 5.3, tenderness from 3.5 to 4.9, juiciness from 4.1 to 5.4, and overall acceptability from 3.6 to 5.0. The ET crossbreed group fed the experimental diet received higher scores for juiciness (5.4) and tenderness (4.9), indicating a potentially beneficial effect of the applied dietary protein on these traits. However, no statistically significant differences were observed for any of the evaluated breast meat parameters, as confirmed by the *p*-values.

Table 6. Means of the genetic groups and dietary treatments on the sensory attributes of breast meat in geese.

Breast Meat	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SMB Diet	LPS Diet	SEM
Odour intensity	5.3	5.5	4.9	4.3	5.4	4.6	0.2612
Flavor intensity	4.9	4.8	3.9	5.3	4.6	4.8	0.2599
Tenderness	4.2	3.9	3.5	4.9	4.1	4.2	0.2507
Juiciness	4.2	4.1	4.1	5.4	4.2	4.7	0.2804
Overall acceptability	5	4.8	3.6	4.6	4.9	4.1	0.2732

No statistically significant differences were found for any sensory attributes ($p > 0.05$).

In the case of the thigh meat, more pronounced differences were observed (Table 7). The experimental diet significantly improved the intensity of the aroma and flavour, particularly in the TE and ET crossbreed groups ($p = 0.05$). The aroma intensity ranged from 5.3 to 6.8, with the highest score recorded in the ET group fed the experimental diet (6.8). Similarly, the flavour intensity ranged from 5.3 to 6.7, and the experimental diet had a positive effect on this parameter in both genetic groups. Tenderness ranged from 4.6 to 6.2, and juiciness from 5.2 to 6.4—again in favour of the groups fed the experimental diet. Overall acceptability was less varied (5.5–6.3), although the highest score was also recorded in the ET group receiving the experimental diet.

Table 7. Means of the genetic groups and dietary treatments on the sensory attributes of leg meat in geese.

Leg Meat	TE SBM	ET SBM	TE LPS	ET LPS	SBM Diet	LPS Diet	SEM
Odour intensity	5.7 a	5.3 a	6.2 b	6.8 b	5.5 a	6.5 b	0.1708
Flavour intensity	5.3 a	5.9 a	6.6 b	6.7 b	5.6 a	6.6 b	0.1856
Tenderness	4.6	5	6.2	5.3	4.8	5.7	0.2199
Juiciness	5.2	5.7	6.4	6.1	5.4	6.2	0.1969
Overall acceptability	5.5	6.3	6.2	6.3	5.9	6.2	0.1933

Values within a row with different superscript letters (a, b) differ significantly at $p < 0.05$.

4. Discussion

The results of this study confirm the significant role of both genetic factors and the feeding system in shaping the quality of goose meat, particularly in terms of the pH value, colour parameters, water-holding capacity, texture, and sensory traits. The use of Tapphorn

and Eskildsen crossbreeds enabled an analysis of the effect of targeted genetic selection on meat quality, while the inclusion of yellow lupin as an alternative protein source in the diet provided data on the potential of this component in farming practices [19]. The selection of Tapphorn and Eskildsen lines for this study was motivated by their high growth potential, as also observed in other heavy-type goose breeds, such as White Kolduda® and Zatorska, which exhibit satisfactory fattening results under intensive feeding systems [21].

One of the most consistent effects in this study was related to pH. The geese fed the LPS diet had significantly higher ultimate pH values in breast muscles, which are associated with slower postmortem glycolysis. Elevated pH promotes water-holding capacity and tenderness, and enhances colour stability. This was reflected in lower cooking loss and darker meat (lower L^* values) in LPS-fed birds. These effects are in line with previous findings on the relationship between pH and meat quality traits [7,15–17,22].

The results indicate that the genotype and feeding system significantly affect all meat colour parameters (L^* , a^* , b^*), as supported by the literature. Meat colour is strongly associated with myoglobin content, muscle fibre type, and the degree of lipid oxidation [17]. The highest lightness (L^*) values were recorded in the TE SBM group, which may suggest a lower pigment concentration or different muscle structure. In contrast, the TE LPS group showed the lowest L^* values, possibly indicating a higher proportion of type I fibres and greater myoglobin content, as suggested by Haraf et al. [14]. These results are also consistent with the observations of Zhang et al. [20], who emphasised that goose meat quality—including its colour—is influenced by both genetic factors (breeding line) and nutrition, especially under different rearing systems.

The observed differences in the cooking losses clearly indicate a positive effect of the LPS diet on the water-holding capacity of the meat. The LPS diet showed lower water loss in breast muscles, which may be linked to better cell membrane integrity and higher content of water-binding proteins (mainly myofibrillar) [19]. Zhang et al. [7] showed that structural and enzymatic proteins identified through proteomic methods play an important role in water retention in goose muscles, which is also reflected in this study. Some studies have observed a genotype effect on the yield of goose meat after cooking. Differences in the cooking loss with respect to genotype might be attributed to different protein solubility (especially collagen) and to different fat content. Cooking temperature and ultimate pH could also play a role [15]. However, other authors indicate the absence of such a relationship [23,24].

A similar genotype-dependent variation in muscle microstructure and physicochemical properties was observed by Poltowicz et al. [25] in White Kolduda® geese, supporting the relevance of genetic background in determining meat quality traits. The relationship between pH, muscle structure, and textural characteristics has been confirmed in studies by Meullenet et al. [26], who demonstrated a strong correlation between pH, the degree of protein denaturation, and perceived tenderness and juiciness. In the present study, similar relationships were evident, especially in thigh meat, where higher pH and better water-holding capacity coincided with higher sensory scores for juiciness and flavour. The results of texture analysis indicate that both genotype and feeding system significantly affect meat shear force and shear energy. Reduced shear force and shear energy in the LPS diet indicate improved meat tenderness, which is important from both consumer and technological perspectives [8]. Haraf et al. [14] also noted that interbreed variability affects meat texture, and the current results suggest that the use of lupin may additionally modulate these traits by influencing muscle composition and intramuscular fat content. The complex interaction between genotype and diet, particularly evident in thigh muscles, indicates a varied tissue response to dietary changes, confirming previous observations by Zhang et al. [22].

Shear force values were generally higher in the breast than in the thigh muscles. Similar trends have been reported in other studies, although results may vary depending on muscle structure and growth dynamics [24,27].

The relatively low shear force values observed may be partly attributed to the measurement method used. However, meat texture is known to be affected by various factors, including species, age, diet, and post-slaughter handling [28–30]. Differences in tenderness reported across studies may also result from breed-specific traits, anatomical variation, and environmental or postmortem factors such as cooking method and muscle type [30].

The results of the sensory evaluation showed that the LPS diet had a positive effect on the organoleptic characteristics of leg meat, particularly in terms of the aroma and flavour intensity. The observed differences, although not always statistically significant, may indicate an improvement in the perceived quality of meat at the consumer level. Haraf et al. [14] and Kuźniacka et al. [19] confirm that the protein composition of the feed can affect not only technological but also sensory traits. Additionally, the use of local protein components such as yellow lupin aligns with current trends in sustainable development and the reduction of the dependence on GMO soy [9,10].

5. Conclusions

This study demonstrated that both genotype and the type of protein used in the diet have a significant impact on goose meat quality. Crossbreeds of the Tapphorn and Eskildsen lines responded differently to dietary modifications, and the use of yellow lupin as an alternative to soybean meal resulted in improved technological properties of meat, such as higher pH (by ~ 0.07 units), reduced cooking loss (by ~ 5 percentage points in the breast muscles), and lower shear force (by $\sim 11\%$ in the breast muscles), without negatively affecting sensory parameters. These results confirm that yellow lupin may be a valuable feed component in sustainable meat goose production, offering beneficial effects both in terms of product quality and reducing dependence on genetically modified soy. Additionally, the ET genotype was associated with more intense meat colour and better water retention compared to TE. Future research should explore the effects of lupin-based diets on lipid oxidation, shelf life, and economic viability in commercial conditions.

Author Contributions: P.D.: conceptualisation, methodology, investigation, data curation, resources, software, formal analysis, writing—original draft, funding acquisition; T.S.: supervision, project administration, funding acquisition, writing—review and editing; L.T.: supervision, investigation, methodology, formal analysis, validation, writing—review and editing; J.S.: conceptualization, methodology, validation, writing—review and editing; M.H.: methodology, formal analysis, writing—review and editing, conceptualization. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was supported by the Ministry of Science and Higher Education under the Implementation Doctorate Programme (No. DWD/5/0410/2021) and by the Agency for Restructuring and Modernisation of Agriculture (ARiMR) under the Rural Development Programme for 2014–2020 (Project No. DDD.6509.00065.2019.04). The APC was funded by the “Initiative of Excellence—Research University” (IDUB) program at the Poznań University of Life Sciences.

Institutional Review Board Statement: Ethical review and approval were waived for this study because it involved routine farming practices conducted on commercial geese, in accordance with applicable Polish and EU animal welfare regulations.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding authors.

Conflicts of Interest: Author Patrycja Dobrzyńska was employed by the company Grupa Animpol. The remaining authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

References

- Moise, A.E.; Tudorache, M.; Custură, I.; Enea, D.N.; Osmar, A.; Drăgoteiu, D. Technological advances and socio-economic implications in the poultry industry—An analysis of current trends in poultry meat production and consumption. *Sci. Pap. Ser. D Anim. Sci.* **2024**, *67*, 500–505.
- Neeteson, A.M.; Avendaño, S.; Koerhuis, A.; Duggan, B.; Souza, E.; Mason, J.; Ralph, J.; Rohlf, P.; Burnside, T.; Kranis, A.; et al. Evolutions in commercial meat poultry breeding. *Animals* **2023**, *13*, 3150. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- FAO. *Goose Production and Global Trends*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2024. Available online: www.fao.org (accessed on 2 July 2025).
- Rouvier, R.; Poujardieu, B.; Rousset-Pailley, D. Paramètres génétiques des caractères de croissance, de gavage et de foie gras dans le croisement de deux souches d'oies (*Anser anser*) sélectionnées. *Genet. Sel. Evol.* **1992**, *24*, 53. [[CrossRef](#)]
- Koseniuk, A.; Połtowicz, K.; Smolucha, G.; Kmita, B.; Nowak, J.; Klos, K. The sequence study and expression profiles of ACSL1, ME1, and ELOVL6 genes in Kielecka, Landes and White Koluda[®] geese livers. *Anim. Sci. Pap. Rep.* **2025**, *43*, 103–114. [[CrossRef](#)]
- Huang, J.; Rao, L.; Zhang, W.; Chen, X.; Li, H.; Zhang, F.; Xie, J.; Wei, Q. Effect of crossbreeding and sex on slaughter performance and meat quality in Xingguo gray goose based on multiomics data analysis. *Poult. Sci.* **2023**, *102*, 102753. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Zhang, M.; Wang, D.; Xu, X.; Xu, W. Comparative proteomic analysis of proteins associated with water holding capacity in goose muscles. *Food Res. Int.* **2019**, *116*, 354–361. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Biesek, J.; Kuźniacka, J.; Banaszak, M.; Maiorano, G.; Grabowicz, M.; Adamski, M. The effect of various protein sources in goose diets on meat quality, fatty acid composition, and cholesterol and collagen content in breast muscles. *Poult. Sci.* **2020**, *99*, 6278–6286. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Tesarowicz, I.; Zawislak, A.; Maciejaszek, I.; Surówka, K. Effect of Alcalase modification of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) protein isolate on some functional properties and antioxidant activity. *Int. J. Food Sci.* **2022**, *2022*, 6187441. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Kaczmarek, S.A.; Hejdysz, M.; Kubiś, M.; Kasprówicz-Potocka, M.; Rutkowski, A. The nutritional value of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) for broilers. *J. Anim. Feed Sci.* **2014**, *23*, 324–331. [[CrossRef](#)]
- Banaszak, M.; Kuźniacka, J.; Biesek, J.; Maiorano, G.; Adamski, M. Meat quality traits and fatty acid composition of breast muscles from ducks fed with yellow lupin. *Animal* **2020**, *14*, 1969–1975. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Wójcik, M.; Grabowski, S.; Jarosz, L.S.; Szymczak, B.; Longo, V.; della Croce, C.M.; Hejdysz, M.; Cieślak, A.; Gruszczynski, K.; Marek, A. Liver antioxidant capacity and steatosis in laying hens exposed to various quantities of lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds in the diet. *Antioxidants* **2024**, *13*, 251. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Kuźniacka, J.; Hejdysz, M.; Banaszak, M.; Biesek, J.; Kaczmarek, S.; Grabowicz, M.; Rutkowski, A.; Adamski, M. Quality and physicochemical traits of carcasses and meat from geese fed with lupin-rich feed. *Animals* **2020**, *10*, 519. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Haraf, G.; Wołoszyn, J.; Okruszek, A.; Weresńska, M. Technological properties, chemical composition, texture profile, and sensory evaluation of goose muscles from Polish native breeds. *Poult. Sci.* **2023**, *102*, 102424. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Uhlřřov, L.; Tumov, E.; Chodov, D.; Vlřkov, J.; Ketta, M.; Volek, Z.; Skřřivanov, V. The effect of age, genotype and sex on carcass traits, meat quality and sensory attributes of geese. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* **2018**, *31*, 421–428. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Yuan, Y.; Deng, W.; Jin, Y.; Li, W.; Li, S. Research progress of pork quality evaluation index and influencing factors. *Heilongjiang Anim. Husb. Vet. Sci.* **2020**, *1*, 31–35.
- Wang, H.; Chen, Z.; Ma, L.; Wu, Y.; Zhao, X.; Zhang, K.; Xue, J.; Luo, Y.; Wang, C.; Liu, Z.; et al. Identification of single nucleotide polymorphisms through genome-wide association studies of pH traits in goose meat. *Biology* **2024**, *13*, 865. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Gumułka, M.; Wojtyśiak, D.; Kapkowska, E.; Połtowicz, K.; Andrzej, R. Microstructure and technological meat quality of geese from conservation flock and commercial hybrids. *Ann. Anim. Sci.* **2009**, *9*, 2005–2013.
- Dobrzyńska, P.; Tomczyk, Ł.; Hejdysz, M.; Stangierski, T.; Szwaczkowski, T. Effects of Two Alternative Feeding Diets on Growth, Feed Efficiency and Meat Quality in Crossbreeding Goose Populations. *Anim. Sci. Pap. Rep.* **2025**, *in press*.
- Zhang, Y.; Qi, S.; Fan, S.; Jin, Z.; Bao, Q.; Zhang, Y.; Zhang, Y.; Xu, Q.; Chen, G. Comparison of growth performance, meat quality, and blood biochemical indexes of Yangzhou goose under different feeding patterns. *Poult. Sci.* **2024**, *103*, 103349. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Kapkowska, E.; Gumułka, M.; Rabsztyń, A.; Połtowicz, K.; Andres, K. Comparative study on fattening results of Zatorska and White Koluda geese. *Ann. Anim. Sci.* **2011**, *11*, 207–217.
- Węzyk, S.; Rociński, A.; Bielińska, H.; Badowski, J.; Cywa-Benko, K. A note on the meat quality of W11 and W33 White Koluda geese strains. *Anim. Sci. Pap. Rep.* **2003**, *21*, 191–199.
- Lee, Y.; Xiong, R.; Owens, C.M.; Meullenet, J.F. Noninvasive deformation test for the tenderness classification of broiler breast meat. *J. Texture Stud.* **2015**, *47*, 68–73. [[CrossRef](#)]

24. Meullenet, J.F.; Xiong, R.; Finder, T.; Owens, C.M.; Lyon, C.E. Prediction of poultry meat tenderness using textural profile analysis and instrumental shear tests. *Poult. Sci.* **2004**, *83*, 130–136. [[CrossRef](#)]
25. Poltowicz, K.; Wojtyśiak, D.; Wężyk, S.; Bielińska, H. Effect of genotype on the microstructure and physicochemical properties of breast muscles of White Kółuda geese. In Proceedings of the XIX international poultry symposium PB WPSA, Olsztyn, Poland, 10–12 September 2007; p. 204.
26. Ghazali, R.; Rahim, H.A.; Maidin, M.S.; Sahlan, S. Low cost visible/near-infrared reflectance spectroscopy for raw poultry meat texture prediction. *World Acad. Sci. Eng. Technol.* **2013**, *77*, 471–476.
27. Knight, M.I.; Daetwyler, H.D.; Hayes, B.J.; Hayden, M.J.; Ball, A.J.; Pethick, D.W.; McDonagh, M.B. An independent validation association study of carcass quality, shear force, intramuscular fat percentage and omega-3 polyunsaturated fatty acid content with gene markers in Australian lamb. *Meat Sci.* **2014**, *96*, 1025–1033. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Lewko, L.; Gornowicz, E.; Pietrzak, M.; Korol, W. The effect of origin, sex and feeding on sensory evaluation and some quality characteristics of goose meat from Polish native flocks. *Ann. Anim. Sci.* **2017**, *4*, 1185–1196. [[CrossRef](#)]
29. Kirmizibayrak, T.; Önk, K.; Ekiz, B.; Yalçınlar, H.; Yılmaz, A.; Yazıcı, K.; Altınel, A. Effects of age and sex on meat quality of Turkish native geese raised under a free-range system. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* **2011**, *17*, 817–823.
30. Liu, B.Y.; Wang, Z.Y.; Yang, H.M.; Wang, J.M.; Xu, D.; Zhang, R.; Wang, Q. Influence of rearing system on growth performance, carcass traits, and meat quality of Yangzhou geese. *Poult. Sci.* **2011**, *90*, 653–659. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Oświadczenia współautorów

Patrycja Dobrzyńska
Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Hejdysz, M., Stangierski, T., Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3). <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, współdziałaniu w przygotowaniu projektu badań, opracowaniu krytycznego przeglądu literatury, współdziałaniu w opracowaniu założeń oraz metod, współdziałaniu w przeprowadzeniu badań, w tym zbieraniu danych, analizie wyników i ich interpretacji, współdziałaniu w sformułowaniu wniosków, w realizacji obliczeń statystycznych, opracowaniu grafik, oraz opracowaniu manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis

Patrycja Dobrzyńska

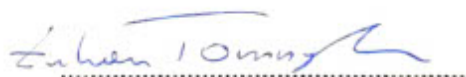
Dr inż. Łukasz Tomczyk
Katedra Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Hejdysz, M., Stangierski, T., & Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3). <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, współdziałaniu w przygotowaniu projektu badań, współdziałaniu w opracowaniu założeń oraz metod, współdziałaniu w przeprowadzeniu badań, współdziałaniu w sformułowaniu wniosków, oraz współdziałaniu w opracowaniu manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis


.....

Dr hab. Marcin Hejdysz
Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. k. oraz:
Katedra Hodowli Zwierząt i Oceny Surowców
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Hejdysz, M., Stangierski, T., & Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3). <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, współudziale oraz nadzorze w przeprowadzeniu badań, współudziale oraz nadzorze w przeprowadzeniu analizy statystycznej, oraz przeprowadzeniu korekty manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis




Prof. dr hab. inż. Jerzy Stangierski
Katedra Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Hejdysz, M., Stangierski, T., & Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3). <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współdziale w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, nadzorowaniu przebiegu badań, współdziale w sformułowaniu wniosków, oraz przeprowadzeniu korekty manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis




Prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski
Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Hejdysz, M., Stangierski, T., & Szwaczkowski, T. (2025b). Effects of two alternative feeding diets on growth, feed efficiency and meat quality in crossbreeding goose populations. *Animal Science Papers and Reports*, 43 (3). <https://doi.org/10.2478/aspr-2025-0020>, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, nadzorowaniu przebiegu prac badawczych oraz przeprowadzeniu korekty manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis


.....

Patrycja Dobrzyńska
Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Stangierski, J., Hejdysz, M., Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. Applied Sciences, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230> mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, współudziale w przygotowaniu projektu badań, opracowaniu krytycznego przeglądu literatury, współudziale w opracowaniu założeń oraz metod, współudziale w przeprowadzeniu badań, w tym zbieraniu danych, analizie wyników i ich interpretacji, współudziale w sformułowaniu wniosków, w realizacji obliczeń statystycznych, oraz opracowaniu manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis


.....

Dr inż. Łukasz Tomczyk

Katedra Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności

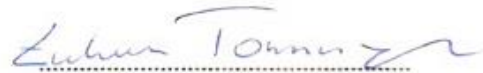
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Stangierski, J., Hejdysz, M., & Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Applied Sciences*, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230> mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, współudziale w przygotowaniu projektu badań, współudziale w opracowaniu założeń oraz metod, współudziale w przeprowadzeniu badań, współudziale w sformułowaniu wniosków, oraz współudziale w opracowaniu manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis



Prof. dr hab. inż. Jerzy Stangierski
Katedra Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Stangierski, J., Hejdysz, M., & Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Applied Sciences*, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230>, mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, nadzorowaniu przebiegu badań, współudziale w sformułowaniu wniosków, oraz przeprowadzeniu korekty manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis



Dr hab. Marcin Hejdysz
Grupa Animpol Sp. z o.o. Sp. k. oraz:
Katedra Hodowli Zwierząt i Oceny Surowców
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, Ł., Stangierski, J., Hejdysz, M., & Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Applied Sciences*, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230> mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, współdziałaniu w przeprowadzeniu analizy statystycznej, oraz przeprowadzeniu korekty manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Hejdysz', is written over a horizontal dotted line.


Prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski
Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy: Dobrzyńska, P., Tomczyk, L., Stangierski, J., Hejdysz, M., & Szwaczkowski, T. (2025). Shaping Goose Meat Quality: The Role of Genotype and Soy-Free Diets. *Applied Sciences*, 15(15), 8230. <https://doi.org/10.3390/app15158230> mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, nadzorowaniu przebiegu prac badawczych oraz przeprowadzeniu korekty manuskryptu.

Data 30.09.2025

Podpis


.....