



**INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

Piotr Krzykowski

Zastosowanie mączek drobiowych w żywieniu królików

Praca doktorska wykonana pod kierunkiem
prof. dr hab. Doroty Kowalskiej
w Zakładzie Hodowli Drobego Inwentarza

Balice, 2022

1. WSTĘP

Zmniejszające się z roku na rok dostępne obszary upraw rolnych stanowią poważne wyzwanie dla gospodarki żywnościowej. Na całym świecie wzrasta bowiem produkcja mieszanek paszowych, która już w 2018 r. przekroczyła 1 mld t, a corocznie zwiększa się o około 3%. Doszliśmy do momentu, że konwencjonalne źródła białka powoli stają się niewystarczające do całkowitego zaspokojenia przyrostu produkcji pasz w zrównoważony sposób. Kwestia produkcji i pozyskiwania białek roślinnych dla sektora rolno-spożywczego wielokrotnie pobudzała debatę polityczną na poziomie Unii Europejskiej. Sama Polska importuje corocznie ponad 75% białka roślinnego, przede wszystkim w postaci śruty sojowej, której import wzrósł w ostatnich latach do około 2,5 mln t.

Krajowa produkcja zbóż paszowych w sezonie 2020/21 wyniosła 22,7 mln t, zużycie paszowe było na poziomie około 16,7 mln t, w tym w formie nieprzetworzonej 10,2 mln t, a w produkcji mieszanek przemysłowych 6,5 mln t. Produkcja pasz przemysłowych kształtowała się na poziomie około 11,4 mln t. Z informacji branżowych wynika, że pierwsze miesiące 2021 r. przyniosły ograniczenie produkcji oraz zmniejszenie rentowności sektora paszowego. Wynika to z faktu, że ceny surowców roślinnych do produkcji zwierzęcej, w szczególności ceny zbóż oraz śruty sojowej były na rekordowo wysokim poziomie. Na ceny miała wpływ pandemia, a obecnie sytuację pogorszyła jeszcze wojna na Ukrainie.

W tej chwili najszerszej dostępnymi komponentami białkowymi pochodzenia roślinnego stosowanymi w żywieniu zwierząt są poekstrakcyjne śruty (przede wszystkim sojowa i rzepakowa), rośliny strączkowe, gluten kukurydziany czy izolaty białka ziemniaka. Niemniej jednak, ich wartość odżywcza jest niższa w porównaniu do białek pochodzenia zwierzęcego, które ze względu na wystąpienie epidemii gąbczastej encefalopatii bydła (*bovine spongiform encephalopathy* – BSE) zostały na mocy różnych aktów prawnych wycofane w 2001 r. z żywienia przeżuwaczy, a w 2003 r. – drobiu oraz trzody chlewnej. Powstała zatem konieczność znalezienia alternatywnych źródeł białka definiowanych jako te, które nie były dotychczas przeznaczone do żywienia ludzi czy zwierząt lub stosowane w ograniczonym zakresie i tylko wśród niektórych populacji. Jednym z bardzo cennych z punktu widzenia żywieniowego, niekonwencjonalnych źródeł białka okazały się owady.

Skład aminokwasowy ich białek jest najbardziej zbliżony do białek zwierzęcych, a stopień ich strawności jest bardzo wysoki i mieści się w granicach od 77,9 do nawet 98,9% . Niestety, obecnie mączki owadzie są zbyt drogie, trudno dostępne, a ich produkcja nie jest tak prosta jak wcześniej sugerowano.

Europejscy hodowcy, głównie ze względów ekonomicznych, od wielu lat zabiegali o możliwość ponownego wykorzystania w żywieniu zwierząt mączek mięsno-kostnych. Wykorzystanie białek zwierzęcych jako komponentów pasz jest też uważane za bardziej ekologiczne niż zasiewanie kolejnych terenów uprawami roślin wysokobiałkowych. Mączki składają się głównie z mięsa, podrobów, tkanki tłuszczowej, kości i piór ubitych lub padłych zwierząt (z wykluczeniem sierści, krwi, kopyt, rogów oraz treści przewodu pokarmowego), które zostały poddane obróbce termicznej (130°C przez 30 min) mającej na celu zniszczenie bakterii chorobotwórczych i pasożytów. Stanowią bogate źródło białka o bardzo korzystnym składzie aminokwasów, szczególnie egzogennych, które obecnie muszą być uzupełniane drogimi dodatkami syntetycznymi. Brak związków antyżywniowych sprawia, że ich strawność jest wyższa niż białka sojowego. Ze względu na wykorzystanie w nich tkanki tłuszczowej charakteryzują się wysoką koncentracją tłuszczu surowego, co w konsekwencji przekłada się na ich wyższą energię metaboliczną niż w innych komponentach białkowych. Mączki zwierzęce stanowią również bardzo dobre źródło składników mineralnych, przede wszystkim wapnia i fosforu. Według danych Głównego Inspektoratu Weterynarii, w 2020 r. na terenie Polski wyprodukowano łącznie nieco ponad 72 tys. t mączek mięsno-kostnych pochodzących z materiałów kategorii I i II, czyli tych, których stosowanie w żywieniu zwierząt nigdy nie będzie możliwe oraz 334,719 tys. t przetworzonych białek zwierzęcych pochodzących z materiałów kategorii III, czyli takich, które w myśl planowanych zmian można by wykorzystać w żywieniu zwierząt.

Zatem, opublikowane 17 sierpnia 2021 r. przez Komisję Europejską w Dzienniku Urzędowym rozporządzenie UE 2021/1372, dopuszczające ograniczone zastosowanie wybranych materiałów z białka owadziego, drobiowego i wieprzowego w paszach dla drobiu, trzody chlewnej i innych zwierząt gospodarskich z wyłączeniem przeżuwaczy, otwiera nowe możliwości rozwoju branży paszowej i daje nadzieję na znaczne obniżenie kosztów mieszanek paszowych dla zwierząt.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

2.1. *Historia hodowli, wybrane aspekty biologii i użytkowania królików*

Królik domowy (*Oryctolagus cuniculus f. domesticus*) pochodzi od dzikiego królika europejskiego zamieszkującego pierwotnie obszar basenu Morza Śródziemnego. Należy on do rzędu zajęczaków (*Lagomorpha*) i rodziny zajacowatych (*Leporidae*). Nazwa systematyczna królika wywodzi się z greckiego *oryttei* – kopać, *lagos* – zajac oraz łacińskiego *cuniculus* – podziemne przejście. W Polsce do tej samej rodziny należą – zajac szarak (*Lepus europaeus*) i zajac bielak (*Lepus timidus*) (Kopański, 1990; Jarosz, 1993; Kowalska, 2013).

Królik dziki od początku ery plejstocenijskiej do czasów rzymskich zamieszkiwał prawdopodobnie tylko Półwysep Iberyjski, południową Francję i północną Afrykę. Uważa się, że pierwszy kontakt królika z człowiekiem nastąpił około 3 tys. lat temu, kiedy to starożytni Fenicjanie odkryli Półwysep Iberyjski. Stwierdzili oni, że mięso tych zwierząt jest smaczne i pożywne, zaczęli więc zabierać żywe króliki na statki, pozostawiając je na mijanych wyspach, gdzie ze względu na obfitość karmy bardzo szybko się rozmnażały. Dzięki temu, w drodze powrotnej mogli je odławiać w celu pozyskania świeżego mięsa. To prawdopodobnie fenickim żeglarzom zawdzięczamy rozprzestrzenienie się królików po Eurazji. Ich udomowienie, które nastąpiło około 150–100 lat p.n.e. należy jednak przypisać starożytnym Rzymianom. To Marcus Terentius Varro, uczonec i pisarz rzymski opisał w 36 r. p.n.e. w swoim podręczniku gospodarki rolnej „*De re rustica*” pierwszy półwolny chów królików. Zwierzęta te chowano początkowo w tzw. leporariach, w których wcześniej utrzymywano zające. Te jednak nie chciały rozmnażać się w niewoli. Leporaria, później nazwane *cuniculariami*, były niewielkimi ogrodzonymi terenami, na których utrzymywano całe królicze kolonie. Taki system pozwalał na stosunkowo szybkie odławianie zwierząt i tym samym stały dostęp do świeżego mięsa. Tak utrzymywanych królików nie można jednak nazwać w pełni udomowionymi, ponieważ w zagrodach nie prowadzono żadnej pracy hodowlanej ani selekcji w kierunku poszczególnych cech użytkowych, a jedynie żywiono je w celu pozyskiwania mięsa i skór (Kowalska, 2013). Króliki posiadały wysoki status w oczach Rzymian. Świadczy o tym fakt umieszczania ich wizerunku na monetach

produkowanych w latach 120–130 n.e., jak również na nagrobkach jako symbol przemijania. Po wyparciu Rzymian z Półwyspu Iberyjskiego tradycje hodowli dzikich królików zanikły. Zwierzęta znowu mnożyły się bez żadnych ograniczeń na wolności.

Dopiero średniowieczni zakonnicy, za sprawą których króliki trafiły na europejskie stoły, w pełni udomowili te zwierzęta. Utrzymywali je w przyklasztownych zwierzętarniach, przechodząc powoli z chowu półwolnego na system klatkowy, o czym pisze w swoim dziele „Historie w 10 księgach” Grzegorz z Tours (538–593), pierwszy historyk Franków, biskup Tours i święty kościoła katolickiego. Zmienili ich tryb życia na naziemny, co znacznie ograniczyło swobodę zwierząt, a hodowców zmusiło do stałej ingerencji przy rozplodzie. Prowadzone przez mnichów prace selekcyjne i udoskonalanie cech użytkowych doprowadziły do powstania pierwszych ras. Różniły się one zarówno masą ciała, jak i barwą okrywy włosowej. Domestykacja spowodowała wydłużenie małżowin usznych, zmianę struktury okrywy włosowej, zwiększenie mięsności, zmniejszenie masy kośćca, zwiększenie pojemności puszki mózgowej (Lasota-Moskalewska, 2005; Kowalska, 2013). W XIII–XIV w. znane były już pierwsze odmiany barwne królików, a w XIX w. zaczęły powstawać pierwsze rasy użytkowe, z których niektóre są utrzymywane do dziś. Rasy te zostały szybko rozpowszechnione w całej Europie, trafiły również do Azji i Ameryki. Znaczący rozwój chowu królików nastąpił po wojnie francusko-pruskiej (1870–1871). W tym czasie hodowla królików we Francji była już na wysokim poziomie. Stąd też, powracający do domów żołnierze – zachęteni stosunkowo prostą i taną produkcją – przywozili te zwierzęta do swoich krajów (Niedźwiadek, 1982).

W Polsce początki chowu królików sięgają przełomu X i XI w. Z tego też czasu pochodzą pierwsze wzmianki o utrzymywaniu tych zwierząt w Świątnikach (pierwotnie Górki), osadzie służebnej należącej do kapituły katedry krakowskiej przez siostry zakonne (Kowalska, 2013). Mięso królików było wówczas uważane za potrawę postną. Polska, jak podają źródła historyczne, była w tym czasie jednym z krajów o najdłużej trwających postach. Były one wymuszane zarówno przez duchowieństwo, jak i władzę świecką, stąd prawdopodobnie wynikło zainteresowanie sióstr chowem właśnie tych zwierząt (Niedźwiadek, 1981).

Z całą pewnością możemy jednak powiedzieć, że do końca XVII w. w Polsce mięso królicze nie znajdowało specjalnego uznania w wyższych warstwach społecznych, pojawiało się natomiast na stołach biedniejszych, zastępując w świątecznym rosolu kury czy gęsi spożywane przez bogatych. Na królewskich stołach zagościło tak naprawdę dopiero wraz z dynastią Sasów. August II Sas (1670–1733) założył w Warszawie (na terenie obecnej

„Królikarni”) zwierzyńiec, w którym utrzymywano dzikie króliki będące celem polowań. Królowały one później na stołach podczas wystawnych kolacji. Tradycję tę podtrzymywał również August III (1696–1763), po jego śmierci folwark popadł jednak w całkowitą ruinę. Źródła historyczne podają, że podobne zwierzętarnie znajdowały się również w niektórych rezydencjach magnackich, np. w zespole pałacowo-ogrodowym Branickich w Białymstoku, nazywanym przez niektórych „Podlaskim Wersalem”. Nie mamy jednak żadnych informacji o prowadzonej tam pracy hodowlanej, prawdopodobnie również były tylko obiektem polowań (Kowalska, 2013).

W XVIII i XIX w. prowadzono w Polsce nieliczne, traktowane hobbistycznie hodowle królików, które szczyły się wprawdzie wytworzeniem własnych ras (np. króliki białe, czerwonoookie albinosy), jednak prace te nie miały w tym okresie większego znaczenia ekonomicznego. Przed wybuchem II wojny światowej pogłowie królików znacznie wzrosło – do około 10–12 mln samic. Rejonem, w którym utrzymywano ich najwięcej był Śląsk (Barabasz i Bieniek, 2003). Po wojnie ilość utrzymywanych samic przekraczała 15 mln. Największą popularnością cieszyły się króliki bezrasowe, które utrzymywano głównie w warunkach przydomowych. Zazwyczaj był to chów ekstensywny, a żywienie opierało się na zielonkach i odpadach kuchennych.

Warto nadmienić, że zainteresowanie hodowlą królików, nie tylko w Polsce ale również na świecie, wzrastało zwykle w czasach kryzysu czy wojen. W naszym kraju zainteresowanie tymi zwierzętami wzrosło znacznie w okresie międzywojennym, a także w czasach PRL, gdy wraz z nutriami były powszechnym uzupełnieniem diety mięsnej wielu Polaków. Podobne zjawisko obserwowano w czasie wielkiego kryzysu gospodarczego w Stanach Zjednoczonych Ameryki w latach 1929–1939 (Jankowski, 1955; Chaline, 2017).

Właściwy rozwój hodowli królików w naszym kraju, oparty na nowoczesnych metodach utrzymania i żywienia datuje się dopiero na lata 60. XX w. Był to okres, kiedy polscy hodowcy w dużych ilościach eksportowali tuszki królicze do krajów Europy Zachodniej (Frindt, 1998; Cholewa i in., 2003). Zwiększenie pogłowia niejako wymuszało poprawę dobrostanu tych zwierząt.

W latach 70. ubiegłego stulecia rozwój hodowli królików był tak duży, że wielkość ich populacji szacowano na 20–22 mln samic, a roczna produkcja mięsa sięgała 27 tys. t. Na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku pogłowie samic stada podstawowego jeszcze wzrosło, a produkcja mięsa dochodziła do 30 tys. t rocznie. Według danych szacunkowych, około 2 tys. t było eksportowane poza granice kraju.

Przez wiele lat chów i hodowla królików, zarówno w Polsce jak i na świecie, miały charakter przydomowy, prowadzony często w prymitywnych warunkach. Dopiero w drugiej połowie XX w. zaczęto przywiązywać większą wagę do utrzymania i żywienia tych zwierząt, zaczęły też powstawać pierwsze wielkostadne fermy przemysłowe (Bielański i in., 2002).

Aktualnie największymi producentami i jednocześnie konsumentami mięsa króliczego w Europie są Hiszpanie, Francuzi i Włosi. W Polsce chów królików ma obecnie niewielkie znaczenie w ogólnej produkcji zwierzęcej, co wynika między innymi z braku tradycji spożywania tego mięsa. Nie oznacza to jednak, że produkcja jest nieopłacalna. Większość produkowanego mięsa jest eksportowana na zachód Europy. Wstąpienie Polski do Wspólnoty Europejskiej otworzyło szeroką i chłonną drogę zbytu. Produkcja żywca króliczego i eksport mięsa są aktualnie jedyną działalnością, która nie podlega ograniczeniom w Unii Europejskiej.

Wzrost popytu na mięso tych zwierząt w Europie i zwiększające się zainteresowanie producentami dysponującymi surowcem o najwyższym standardzie jakościowym jest dużą szansą dla polskich hodowców. Stąd, w ostatnim 20-leciu znacznie rozwinęła się intensywna produkcja królików rzeźnych, założono wiele ferm przemysłowych zajmujących się produkcją w warunkach podwyższonego dobrostanu. Zaczęto również wprowadzać nowe rozwiązania technologiczne i żywieniowe, które znacznie ułatwiają hodowlę, a także oraz zmniejszają koszty produkcji (Frindt, 1998; Cholewa i in., 2003).

Współcześnie można wyodrębnić ponad 100 różnorodnych ras królików domowych. Poszczególne rasy różnią się od siebie umaszczeniem, typem okrywy włosowej, masą ciała oraz użytkowością. Według najczęściej stosowanego podziału pod względem kierunku wykorzystania wyodrębnia się użytkowanie: mięsne, mięsno-futerkowe, futerkowe i wełniste (Bielański i in., 2002; Kowalska i in., 2007).

Do produkcji mięsa króliczego największą przydatność wykazują króliki ras średnich o białym – albinotycznym umaszczeniu. Zaliczamy do nich: nowozelandzkie białe, kalifornijskie, termondzkie białe, duńskie białe, popielniańskie białe oraz linie syntetyczne. Ich zaletami są: wczesne dojrzewanie płciowe, dobre wskaźniki reprodukcyjne, szybkie tempo wzrostu oraz wysoka użytkowość rzeźna (Bielański i in., 2002; Kowalska i in., 2010).

Najbardziej znaną rasą królików mięsnych są nowozelandzkie białe, hodowane w Polsce od 1964 r. Zostały wytworzone w Kalifornii w 1910 r. z krzyżowania zajęczaka z olbrzymem belgijskim. Rasa ta charakteryzuje się wysoką wydajnością rzeźną, sięgającą 60% z jednoczesnym wysokim udziałem mięsa w tuszy – około 82% i niskim poziomem jej otluszczenia (Kopański, 1990; Barabasz i Bieniek, 2003).

Króliki, jak już wspomniano wcześniej, to zwierzęta o wielu kierunkach użytkowania. Początkowo były utrzymywane w celu pozyskania mięsa, a następnie skór, włosów do produkcji filcu i wełny angorskiej. Obecnie chów tych zwierząt jest nastawiony głównie na produkcję mięsa. Skóry, ze względu na niską wartość futrzarską, stały się produktem ubocznym. Króliki są też cennymi zwierzętami laboratoryjnymi, a w ostatnich latach stały się również zwierzętami towarzyszącymi, utrzymywanymi przez człowieka dla przyjemności (Bielański i in., 2002; Fournier, 2008).

Mięso królicze jest zaliczane do grupy mięs białych (kolor w zależności od rasy mieści się w zakresie barwy od blad różowej do jasnoczerwonej), a także drobnoziarnistych, o małym udziale tłuszczu. Charakteryzuje się niską zawartością cholesterolu – 35–60 mg w 100 g mięsa. Zawiera wysoki procent kwasu linolenowego (C_{18:3,n-3}), podobny jak w mięsie i wątrobie ryb pochodzących z tzw. „wód zimnych”, aminokwasów niezbędnych (izoleucyna – 4,07%, leucyna – 7,75%, lizyna – 7,88%, metionina i cysteina – 5,15%, fenyloalanina i tyrozyna – 9,69%, treonina – 5,35%, tryptofan – 1,69%, walina – 5,15%) oraz niektórych składników mineralnych (sole żelaza – 2,9 mg/100 g mięsa, wapń – 13 mg/100 g, magnez – 21 mg/100 g, potas – 200 mg/100 g, cynk – 0,51 mg/100 g i mangan – 0,021 mg/100 g) (Barabasz i Bieniek, 2003; Kowalska i in., 2007). Ponadto, jest bogate w witaminy z grupy B (jest ich niemal dwukrotnie więcej niż w mięsie drobiowym), a zwłaszcza B₆ (0,45 mg/100 g mięsa) i B₁₂ (3,9 mcg/100 g mięsa). Zawiera natomiast stosunkowo mało witaminy B₂ – około 0,06 mg/100 g mięsa (Szkucik i Libelt, 2006).

Zawartość białka, w zależności od rasy, żywienia i partii tuszki waha się od 18 do nawet 29%. Zbliżony poziom notowany jest w mięsie cielęcym i drobiowym. Białko mięsa króliczego jest bardzo dobrze przyswajalne przez organizm człowieka – na poziomie około 90% (wołowe jedynie w 62%) i charakteryzuje się wysokimi walorami odżywczymi. Wskaźnik wydajności wzrostowej PER – *protein efficiency ratio* dla mięsa króliczego kształtuje się od 2,54 do 2,62 w zależności od analizowanego mięśnia i jest zbliżony do wartości wskaźnika kazeiny (Szkucik i Libelt, 2006). Z tego powodu mięso to powinno być zalecane jako pierwsze z białek zwierzęcych w diecie niemowląt, jak również ze względu na fakt, że jest to jedyne mięso, które nie alergizuje (Bielański i in., 2002; Barabasz i Bieniek, 2003).

Tak wysoka ocena mięsa króliczego znajduje potwierdzenie w wynikach licznych badań. Przeprowadzone analizy porównawcze kulinarnych i smakowych właściwości mięsa tych zwierząt wskazały jego przewagę nad innymi gatunkami (Barabasz i Bieniek, 2003; Kowalska i in., 2010).

Tłuszcz króliczy jest koloru białego, miękki i delikatny. Stosunkowo niska zawartość tłuszczu w tuszy, nie przekraczająca w zasadzie 6%, jest w dużym stopniu zależna od wieku i sposobu żywienia. Z porównania mięsa różnych gatunków zwierząt wynika, że jedynie cielęcina i mięso niektórych gatunków ryb charakteryzują się niższą zawartością tłuszczu. W skład tłuszczu króliczego wchodzi około: 47,3% kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA – *saturated fatty acids*), 35,5% jednonienasyconych (MUFA – *monounsaturated fatty acids*) oraz 17,2% wielonienasyconych (PUFA – *polyunsaturated fatty acids*). Egzogenny kwas linolowy stanowi 14,6% całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych, a stosunek SFA/PUFA 0,36 (Barabasz i Bieniek, 2003; Kowalska, 2015 a).

Zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach królików zależy od części tuszki. Według Szkucika i Libelta (2006) przedstawia się następująco: comber – 1,12%, udo – 2,01%, łopatka – 5,89%. Nie tylko niska zawartość tłuszczu ma wpływ na walory dietetyczne tego mięsa, ale również odpowiednia proporcja MUFA, PUFA oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT – SFA – *essential fatty acids*). Skład mięsa króliczego może być modyfikowany przez odpowiednie żywienie. Powszechnie do mieszanek paszowych dodaje się takie komponenty, jak: witaminy, mikro- i makroelementy czy właśnie nienasycone kwasy tłuszczowe. Literatura naukowa podaje, że na znaczny wzrost ilości PUFA w mięsie i zmniejszenie stosunku kwasów szeregu PUFA *n-6/n-3* ma wpływ natłuszczenie mieszanek paszowych olejem rybnym czy rzepakowym (Kowalska i in., 2010).

Ważnym czynnikiem w produkcji żywca króliczego są wskaźniki użytkowania rozplodowego samic. Samice królików są w stanie w dobrych warunkach środowiskowych wydawać potomstwo nawet 10 razy w roku. Ciąża trwa średnio 32 dni, z odchyleniem 30–35 dni. Samice najczęściej odchowują do 8 szt. potomstwa, choć mogą urodzić od 15 do 18 szt. Króliczeta rodzą się ślepe, nagie, głuche, a ich masa ciała waha się od 50 do 80 g w zależności od rasy i ilości sztuk w miocie. Laktacja u królicy trwa do 6 tygodni, jej szczyt przypada jednak na okres pierwszych 18 dni. Przy produkcji intensywnej, w której samice kryje się już w drugim dniu po wykocie lub w ciągu kolejnych 20 dni, następuje skrócenie okresu laktacji. Uważa się, że samice królików można użytkować przez okres do 3 lat, jeżeli zapewni im się dobre warunki żywieniowe. Okres użytkowania rozplodowego zależy jednak w dużym stopniu od stopnia intensywności rozplodu, dlatego w systemie intensywnego użytkowania jest on krótszy. Samice utrzymuje się najczęściej do wydania 15 miotów lub do wieku 1,5–2 lat. Samce mogą być użytkowane przez okres 3–4 lat (Bielański i in., 2002;

Barabasz i Bieniek, 2003). Kopański (1990) podaje, że króliki w chowie przydomowym, w dobrych warunkach środowiskowych mogą dożyć wieku 8–10 lat.

Według Jarosza (1993), na fermach wielkostadnych można stosować różne systemy rozrodu: o niskiej, średniej, wysokiej lub kombinowanej intensywności. Przy niskiej intensywności rozrodu samice są kryte w 42. dniu po porodzie, a króliczęta odsadza się od matek w wieku około 8 tygodni. System ten pozwala na uzyskanie 4–5 miotów i około 30 sztuk potomstwa rocznie. Przy systemie o średniej intensywności rozrodu samice są kryte w 21–28 dniu po porodzie, a młode odsadza się w wieku 35 dni. Pozwala to na uzyskanie 6–7 miotów w roku i około 40 sztuk potomstwa. Intensywny rozród polega na kryciu samic, które dały w poprzednim miocie nie więcej niż 6 sztuk, na 2–3 dzień po porodzie i odsadzeniu młodych w 28. dniu życia. Przy tym systemie krycia u samic nakładają się dwa okresy: drugiej połowy laktacji z pierwszą połową ciąży. System ten pozwala na uzyskanie od samicy 8–9 miotów i 60–70 sztuk potomstwa rocznie (Barabasz i Bieniek, 2003).

Obecnie na fermach wielkostadnych stosuje się intensywny system rozrodu, który pozwala na maksymalne wykorzystanie zdolności biologicznych samic. W systemie takim konieczne jest jednak prowadzenie inseminacji. Pozwala to na realizowanie określonych programów hodowlanych, umożliwia planowanie i sterowanie procesem rozrodu oraz jego systematyczną kontrolę, a także skuteczną walkę z chorobami przenoszonymi drogą płciową (Bielański i in., 2002; Barabasz i Bieniek, 2003). Dzięki inseminacji producent żywca króliczego ma szansę uzyskać w jednym czasie dużą partię tuszek o zbliżonej masie i wskaźnikach rzeźnych. W intensywnym systemie rozrodu, gdy następuje wykorzystywanie zasobów organizmu samicy jednocześnie do produkcji mleka i rozwoju płodów, konieczne jest stosowanie w żywieniu wysokiej jakości paszy (Kowalska i Bielański, 2002).

2.2. Żywnienie królików

Króliki domowe powszechnie uważa się za zwierzęta bezwzględnie roślinożerne. Martins i in. (2002) oraz Martin i in. (2007), badając sposób odżywiania się ich dzikich protoplastów na obszarach śródziemnomorskich stwierdzili, że w skład ich diety wchodzi wiele różnorodnych roślin, wśród których przeważają trawy z rodziny wiechlinowatych. Nieliczne obserwacje wskazują jednak, że króliki domowe i gatunki pokrewne z rodziny zajacowatych spożywają także niewielkie ilości pasz pochodzenia zwierzęcego.

W przypadku królików domowych obserwuje się np. zachowania kanibalistyczne samic w stosunku do potomstwa (González-Redondo i Zamora-Lozano, 2008). Stwierdzono ponadto, że dzikie gatunki zajacowatych, takie jak królik florydzki (*Sylvilagus floridanus*) i zajac amerykański (*Lepus americanus*) spożywają zimą znaczne ilości padliny (Smith, 1974; Peers i in., 2018). Żyjący w Europie zajac szarak (*Lepus europaeus*) uzupełnia składniki mineralne ogryzając kości różnych zwierząt i poroża jeleniowatych (Landete-Castillejos i in., 2007). W świetle tych informacji nie pozbawione sensu i uzasadnione biologicznie wydaje się stosowanie dodatku do diet królików hodowlanych pasz pochodzenia zwierzęcego, będących źródłem białka i składników mineralnych, co zostanie dokładnie przedyskutowane w dalszych częściach pracy.

Żywnienie królików domowych, uwzględniając intensywność ich chowu i hodowli, można podzielić na dwa typy: tradycyjne i wielkostadne. W tradycyjnym chowie przydomowym stosuje się przeważnie różnorodne pasze gospodarskie. W drugim typie króliki utrzymywane na fermach produkcyjnych są żywione wyłącznie pełnoporcjowymi mieszankami granulowanymi (Gacek, 2002; Gugolek, 2011).

W żywieniu tradycyjnym stosuje się pasze roślinne dostępne w zależności od pory roku. W sezonie letnim podstawą żywienia są zielonki. Stanowią one cenne źródło białka, witamin i związków mineralnych. Ich uzupełnieniem są gospodarskie pasze treściwe, najczęściej ziarna i śruty zbóż, takich jak owies, jęczmień, pszenica i kukurydza. Wartościową paszą są także otręby zbożowe. Pod koniec lata i jesienią do żywienia włączane są pasze objętościowe soczyste – okopowe, które są przede wszystkim cennym źródłem węglowodanów. Najczęściej wykorzystuje się parowane ziemniaki, marchew, buraki pastewne i brukiew. W okresie zimowym podstawą żywienia królików są natomiast pasze objętościowe suche, czyli siano. Dawki pokarmowe są uzupełniane paszami treściwymi

(ziarna lub śruty zbóż z wyjątkiem żyta) oraz okopowymi (przeważnie parowane ziemniaki, marchew, buraki) (Gacek, 2002; Gugolek, 2011; Gugolek, 2016).

W żywieniu królików wykorzystuje się różne dodatki paszowe, głównie w celu wzbogacenia dawki pokarmowej w składniki mineralne i witaminy. Często bowiem nawet urozmaicone żywienie nie pokrywa w pełni zapotrzebowania na te składniki, szczególnie przy intensywnym użytkowaniu. Są to z reguły komercyjne mieszanki witaminowo-mineralne lub dodatki naturalne, np. drożdże paszowe czy kiełki słodowe. W chowie tradycyjnym stosuje się również spady owoców oraz gałązki drzew owocowych, takich jak: grusza, jabłoń czy też wierzba, topola, akacja, które dostarczają witamin, włókna surowego oraz służą do ścierania zębów (Bielański i in., 2002).

Żywienie królików na dużych fermach towarowych znacznie różni się od stosowanego w chowie tradycyjnym. W fermach króliki żywi się wyłącznie mieszankami pełnoporcjowymi granulowanymi. Pasze te powstają w wytwórniach paszowych podczas procesu ciśnieniowej aglomeracji surowców paszowych w specjalnych urządzeniach – granulacjach lub peletkach. W tym procesie sypki materiał paszowy pod wpływem działania sił zewnętrznych i wewnętrznych ulega zagęszczeniu i kształtuje się stała forma – granulaty (pelety). Cały proces granulowania jest dość skomplikowany. Składa się na niego szereg odrębnych operacji, takich jak: kondycjonowanie, wytłaczanie, chłodzenie, kruszenie i sortowanie. Mają one na celu uzyskanie produktu o odpowiedniej wilgotności, twardości i odporności na kruszenie (Hejft, 2002; Zawisłak i in., 2010; Zawisłak i in., 2014).

Pojedyncze granulki (peletki) mieszanki pełnoporcjowej dla królików powinny charakteryzować się odpowiednią średnicą granulacji, wynoszącą 3–4 mm oraz długością do 10 mm. Powinny też posiadać odpowiednią twardość, tak aby granulaty były jak najmniej pylisty. Pył wpływa bowiem drażniąco na śluzówkę nosa. Odpowiednia twardość granulatu jest także wymagana z powodu konieczności ścierania przez króliki zębów siecznych, rosnących przez całe życie (Barabasz i Bieniek, 2003; Gugolek, 2011).

Do najczęściej wymienianych zalet pasz granulowanych należą: znaczne usprawnienie obsługi zwierząt, możliwość automatyzacji procesów żywienia oraz ułatwienie ich transportu i magazynowania. Istotną cechą jest także ich znaczna trwałość, pasze te można bowiem przechowywać do 3 miesięcy. Kolejną ważną zaletą pasz granulowanych jest ich jednorodność i możliwość wzbogacania w różne substancje, które są równomiernie rozłożone w mieszance. Żywienie tego rodzaju paszami wpływa korzystnie na wyniki produkcyjne (Barabasz i Bieniek, 2003; Gugolek, 2011). Jest również uzasadnione

ekonomicznie, zmniejsza bowiem znacznie nakład pracy i skraca okres uzyskania odpowiedniej masy ubojowej zwierząt (Daszkiewicz i in., 2012).

Przy sporządzaniu mieszanek pełnoporcjowych granulowanych uwzględnia się zapotrzebowanie królików na podstawowe składniki pokarmowe, mikro i makroelementy oraz witaminy. Zależy ono między innymi od wieku, grupy produkcyjnej i stanu fizjologicznego zwierząt. Barabasz i Bieniek (2003) w swojej książce podają, że w żywieniu królików można stosować trzy różne rodzaje mieszanek paszowych: dla stada podstawowego, młodych w okresie od odsadzenia do 56 dni życia oraz dla osobników młodych w końcowej fazie tuczu – bez dodatku kokcydiostatyków.

Pasze – komponenty paszowe wykorzystywane do produkcji granulatu można podzielić na wysokobiałkowe, dostarczające przede wszystkim budulcowego składnika pokarmowego – białka oraz zawierające węglowodany – zarówno łatwo przyswajalne, jak i będące źródłem włókna surowego (Gugołek, 2016).

Składnikiem pokarmowym, który ma najistotniejszy wpływ na wyniki produkcyjne wszystkich gatunków zwierząt jest białko. Przed 2003 r. głównym jego źródłem w mieszankach paszowych były mączki mięsno-kostne i rybne. Po wybuchu epidemii gąbczastej encefalopatii bydła (*bovine spongiform encephalopathy* – BSE) pasze te zostały jednak w wielu krajach całkowicie wycofane z żywienia większości zwierząt gospodarskich (Regulation..., 2002; Rodehutschord i in., 2002). W krajach afrykańskich jednak nadal prowadzono w tym czasie badania nad stosowaniem w żywieniu zwierząt tej grupy pasz.

Jak już wspomniano, w hodowlach wielkostadnych królików podstawą żywienia są komercyjne mieszanki paszowe granulowane, w których podstawowym źródłem białka jest obecnie poekstrakcyjna śruta sojowa (Christiansen i in., 2019). Od wielu lat próbuje się zastąpić ją innymi wysokobiałkowymi paszami, przede wszystkim ze względu na fakt, że poza obszarem swojej uprawy jest kosztownym komponentem paszowym, a z drugiej strony z uwagi na sprzeciw konsumentów, gdyż w większości pochodzi z ziaren genetycznie modyfikowanych. Soja modyfikowana genetycznie zajmuje około 75% całkowitej powierzchni uprawy tego gatunku na świecie, soja NON GMO (niemodyfikowana genetycznie) – jedynie 25%. Stosowanie soi NON GMO zwiększa cenę mieszanek paszowych o ponad 20%. Brzóska i in. (2009) podają, że nie stwierdzono negatywnego wpływu skarmiania genetycznie modyfikowanej śruty sojowej na zdrowie zwierząt, ludzi oraz środowisko. Pomimo to, w niektórych rejonach świata zapowiadany jest zakaz jej stosowania w celach paszowych (Christiansen i in., 2019; Scheitrum i in., 2020). Polska każdego roku importuje około 2–3 mln t poekstrakcyjnej śruty sojowej na cele paszowe,

która prawie w całości jest produkowana z genetycznie modyfikowanej soi uprawianej w USA, Brazylii i Argentynie (Kowalska i in., 2014).

Alternatywą dla śrutę sojowej może być powrót do wykorzystania paszowego mączek mięsno-kostnych lub innych krajowych źródeł białka roślinnego. Zastosowanie mączek zwierzęcych w żywieniu królików będzie przedmiotem dalszej dyskusji. Liczne badania, w przypadku krajowych źródeł białka roślinnego, prowadzi się obecnie nad dodatkiem do dawek pokarmowych roślin strączkowych/bobowatych: grochu, peluchy, łubinu, bobiku, poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej oraz suszonych gorzelnianych wywarów zbożowych (DDGS). Pasze te charakteryzują się stosunkowo wysoką zawartością białka, porównywalną w niektórych przypadkach z poekstrakcyjną śrutą sojową. Jak podają Hejdysz i Rutkowski (2015), prowadzone na różnych gatunkach zwierząt prace badawcze z wykorzystaniem mieszanek pełnoporcjowych i koncentratów białkowych produkowanych na bazie krajowych źródeł białka roślinnego wskazują na brak istotnych różnic, zarówno w przyrostach masy ciała, jak i innych parametrach użytkowych w porównaniu do grup kontrolnych żywionych mieszkami z udziałem poekstrakcyjnej śrutę sojowej. Analiza ekonomiczna prowadzonych badań wykazała niższy koszt surowców użytych do produkcji tych mieszanek. Niestety, nasiona roślin strączkowych można stosować z pewnymi ograniczeniami wynikającymi z ich składu chemicznego. Obecność związków antyżywniowych (inhibitory proteaz, alkaloidy, taniny, hemaglutyniny, oligosacharydy, fityniany i inne) oraz znaczna zawartość włókna surowego wpływają negatywnie na wartość odżywczą nasion oraz ich wartość energetyczną dla zwierząt (Bielański i in., 2002; Gugołek, 2011). Dlatego, zastąpienie śrutę sojowej jednym komponentem białkowym jest trudne do realizacji w praktyce. Możliwości substytucji upatruje się zatem w kompozycji kilku różnych materiałów paszowych, których działanie antyżywniowe nie sumowałoby się, a skład aminokwasów i wartość pokarmowa byłyby zbliżone do składu śrutę sojowej. W Polsce badania o takim charakterze prowadzili m.in. Zwoliński i in. (2017) oraz Gugołek i in. (2017). Badali oni różnorodne kompozycje paszowe składające się z nasion grochu, łubinu, śrutę rzepakowej oraz wywarów gorzelnianych w żywieniu królików.

Substytucja poekstrakcyjnej śrutę sojowej jest również możliwa poprzez wykorzystanie w mieszkami paszowych produktów pochodzących z przetwórstwa nasion rzepaku: makuchu i śrutę, których ilość na rynkach polskim i światowym stale zwiększa się w związku dynamicznym rozwojem produkcji biopaliw (Borys, 2009). Makuch rzepakowy uzyskuje się w wyniku tłoczenia oleju z nasion na zimno, natomiast śrutę rzepakową, gdy nasiona przed tłoczeniem są poddawane prażeniu, a następnie olej jest usuwany za pomocą

rozpuszczalników organicznych. Śruta rzepakowa zawiera najczęściej od 36 do 38% białka ogólnego oraz od 2 do 4% tłuszczu. Makuch rzepakowy natomiast, w porównaniu z poekstrakcyjną śrutą sojową posiada więcej metioniny i treoniny, które mają duże znaczenie w hodowli królików ze względu na wymianę okrywy włosowej (Witkowski i in., 2005; Kowalska i Bielański, 2011).

Czynnikiem ograniczającym użycie pasz z nasion rzepaku jest zawartość: glukozynolanów, kwasu erukowego i synapiny (Smulikowska, 2006; Patyra i Kwiatek, 2015). Badania nad wykorzystaniem pasz rzepakowych w żywieniu królików prowadzili: Kowalska (2009), Kowalska i Bielański (2011), Dänicke i in. (2004), Gasm-Boubaker (2007), Matusевичius i in. (2014).

Inną cenną paszą oleistą są nasiona słonecznika. Substytucję makuchem słonecznikowym śrutą sojowej w żywieniu królików opisali w swoich badaniach między innymi: Garcia-Ruiz i in. (2006), Volek i Mauronek (2009), Volek i Mauronek (2011) oraz Matusевичius i in. (2014). Z kolei, badania nad wprowadzeniem do dawki pokarmowej królików suszonych wywarów gorzelnianych (DDGS): kukurydzianego, jęczmiennego i pszennego w miejsce poekstrakcyjnej śrutą sojowej przeprowadzili: Chełmińska i Kowalska (2013), Alagón i in. (2014), Strychalski i in. (2014 c) oraz Gugolek i in. (2015).

Produkcja krajowego białka paszowego jest obecnie niestety zbyt niska, aby mogła wzbudzić zainteresowanie dużego przemysłu paszowego. Przeciętna wytwórnia pasz produkuje bowiem miesięcznie od 5 do 10 tys. t paszy.

Surowcem paszowym, który jest tradycyjnym komponentem pasz granulowanych dla królików, jest susz z lucerny. Susz ten jest bogaty w białko ogólne, zawartość tego składnika może sięgać nawet ponad 20%. Lucerna jest także źródłem włókna surowego – od 26 do 28% i wielu cennych związków chemicznych, jak: aminokwasy, luteina, garbniki, saponiny, kwasy organiczne, flawonoidy, chlorofil, witaminy: K, C, A, E i B oraz związki mineralne, takie jak: żelazo, potas, magnez, wapń, fosfor, cynk i mangan. Uważa się, że posiada także działanie przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne. Niekiedy wytwórnie pasz starają się zastąpić lucernę tańszym suszem z traw, który zawiera jedynie 11% białka ogólnego i od 20 do 23% włókna surowego (Gugolek, 2011; Gugolek, 2016).

Ważnym komponentem pasz granulowanych są śrutą z nasion zbóż, chociaż ostatnio coraz częściej są zastępowane przez różnorodne zbożowe produkty uboczne. Nasiona zbóż zawierają najczęściej od 10 do 12% białka ogólnego i stosunkowo mało włókna surowego, aby tylko nimi żywić zwierzęta. Z kolei, wysokobiałkowe produkty uboczne, np. śrutą poekstrakcyjne, charakteryzują się zbyt wysokim poziomem białka oraz zbyt niskim włókna.

Jednak, dzięki nim można podnieść poziom białka w paszach do pożądanych 16–18%. W praktyce produkcyjnej w mieszankach paszowych najczęściej występuje niedobór włókna surowego. Jego źródłem muszą być zatem susze z lucerny lub traw zawierające powyżej 20% włókna. Znaczny poziom zawartości włókna występuje również w suszonych wysłódkach buraczanych. Wartościowym komponentem granulatu przeznaczonego dla królików są także otręby pszenne, będące źródłem nie tylko włókna, ale i białka. W mieszankach granulowanych pojawiają się także w niewielkich ilościach substancje zlepiające, np. melasa lub specjalne komercyjne lepiszcza, kreda, fosforan paszowy oraz sól kuchenna (Barabasz i Bieniek, 2003; Gugolek, 2011).

W żywieniu królików, szczególnie paszami suchymi granulowanymi należy pamiętać o zapewnieniu zwierzętom stałego dostępu do wody pitnej, która powinna odpowiadać normie wody pitnej dla ludzi. Ilość pobieranej wody zależy od wielu czynników, wśród których można wyróżnić: rodzaj skarmianej paszy, stan fizjologiczny zwierząt czy temperaturę otoczenia. Woda w sposób znaczący ułatwia żucie pobranego pokarmu oraz jego połykanie. Jest nieodzownym składnikiem fizjologicznego rozpuszczalnika, w którym zachodzą przemiany chemiczne składników odżywczych przebiegające w żołądku i jelitach. Woda umożliwia transport aktywny składników pokarmowych i jest niezbędna w procesie usuwania z organizmu końcowych produktów przemiany materii (Bielański i in., 2002; Barabasz i Bieniek, 2003).

W racjonalnym żywieniu zwierząt, w tym także królików, obok wartości odżywczej pasz istotną, chociaż niedocenianą rolę odgrywa ich smakowitość. Wpływa ona bowiem na ilość pobranej paszy, co przekłada się na wzrost zwierząt. Na smakowitość pasz składają się: jakość biologiczna białka (skład aminokwasowy, stan sanitarno-higieniczny), jakość tłuszczu (profil kwasów tłuszczowych, stopień ich zjełczenia), zawartość pleśni, struktura paszy, zawartość wody, temperatura, kwasowość, a także dodatki poprawiające smak (Grochowicz, 2001; Johnston i in., 1989). Wyniki badań nad smakowitością pasz wskazują na wyraźny związek pomiędzy pobraniem paszy, mającym dodatnią korelację ze smakowitością a wynikami produkcyjnymi zwierząt (Johnston i in., 1989; Verschuren i in., 1990; Osakwe i Ekwe, 2006; Strychalski i in., 2014 a; Strychalski i in., 2014 b; Zwoliński i in., 2015). Najczęściej stosowanym sposobem sprawdzania smakowitości pasz przeznaczonych dla królików jest test wolnego wyboru, podczas którego podaje się zwierzętom więcej niż dwie mieszanki paszowe, co daje im możliwość wyjadania paszy o wyższej smakowitości (Strychalski i in., 2014 a; Strychalski i in., 2014 b).

2.3. Budowa przewodu pokarmowego i proces trawienia

Z rodzajem i sposobem pobierania pokarmu związana jest budowa przewodu pokarmowego królików. Jama gębowa tych zwierząt wyposażona jest w 28 zębów. W ich szczęce górnej znajdują się dwie pary siekaczy ustawione jedno za drugim oraz 6 zębów przedtrzonowych i 6 trzonowych. W żuchwie króliki posiadają 12 zębów: 2 siekacze, 4 zęby przedtrzonowe i 6 trzonowych. Siekacze królików rosną całe życie i muszą być regularnie ścierane, co odbywa się podczas gryzienia twardego pokarmu. Język pokryty jest brodawkami, które rozcierają pokarm i rozpoznają jego smak. W jamie gębowej znajdują się 4 pary ślinianek nawilżających pokarm, natomiast w błonie śluzowej przełyku gruczoły śluzowe. Jednokomorowy żołądek królików jest stosunkowo niewielki, o średniej pojemności 180–220 cm³. Jego słabe umięśnienie powoduje, że treść pokarmowa przesuwa się pod wpływem nacisku nowo przyjmowanego pokarmu. Stąd też, w przypadku dłuższego braku pokarmu zaleganie i fermentacja treści w przewodzie pokarmowym prowadzą do zaburzeń trawiennych (Bielański i in., 2002; Gugolek, 2011).

Większość pobieranego przez króliki pokarmu zawiera dużo włókna surowego – węglowodanów strukturalnych, takich jak celuloza czy hemicelulozy. Związki te mogą być rozkładane w przewodzie pokarmowym jedynie przez enzymy wytwarzane przez mikroorganizmy w nim bytujące. Miejscem, w którym u królików zachodzą intensywnie procesy rozkładu składników paszy przez mikroorganizmy jest jelito ślepe. Stanowi ono około 40% objętości całego przewodu pokarmowego tych zwierząt (Bielański i in., 2002; Kowalska i Bielański, 2002).

Zajęczaki dla bardziej efektywnego wykorzystania pobieranego pokarmu wykształciły mechanizmy szybkiego usuwania z przewodu pokarmowego frakcji trudnych do strawienia, zawierających głównie węglowodany strukturalne. Pozwala im to na lepsze wykorzystanie pozostałych składników pobieranej paszy i w mniejszym stopniu obciąża przewód pokarmowy. Dzięki temu mechanizmowi bardziej efektywny jest rozkład pozostałych składników paszy przez mikroorganizmy jelita ślepego.

W zależności od rodzaju paszy strawność włókna u królików wynosi od kilku do około 30% i jest najczęściej niższa niż strawność tego składnika pokarmowego u innych gatunków pobierających pokarm roślinny (Tumová i in., 2004; Gugolek i in., 2015).

Lekkostrawne składniki paszy – węglowodany niestrukturalne, np. skrobia, sacharoza oraz białka i tłuszcze, są trawione w żołądku oraz jelicie cienkim. Te składniki, które nie

ulegną strawieniu w początkowych odcinkach przewodu pokarmowego, trafiają do jelita grubego i ślepego, gdzie są rozkładane przez mikroorganizmy w nich bytujące. Mikrobiom układu pokarmowego jest niezbędny do pozyskiwania energii z pożywienia roślinnego. Składają się na niego: bakterie, archeony, pierwotniaki oraz grzyby. Najbardziej liczną grupę stanowią bakterie, głównie z rodzaju *Bacteroides*. Populację tę uzupełniają: *Bifidobacterium sp.*, *Clostridium sp.*, *Streptococcus sp.*, *Enterobacter sp.* (10^{10} – 10^{12} bakterii \times g^{-1} treści jelita). Skład mikrobiomu – tak pod względem ilościowym jak i jakościowym – jest zależny od takich czynników, jak: dieta, wiek, stan zdrowia czy środowisko. Dodatkowo, mogą na niego wpływać czynniki genetyczne czy biologiczne. Mikroorganizmy bytujące w układzie pokarmowym królika w znaczącym stopniu wpływają na stan jego zdrowia i wskaźniki produkcyjne, co z kolei jest związane nie tylko z prawidłowym przyswajaniem substancji odżywczych z pokarmu, ale również funkcją mikrobiomu jako swoistego układu immunologicznego. Coraz więcej badań pokazuje, że równowaga lub brak równowagi bakterii w układzie pokarmowym są powiązane z ogólnym stanem zdrowia (Zawadzki i in., 2005).

Bakterie fermentacyjne jelita ślepego rozkładają węglowodany do krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, które są źródłem energii dla organizmu zwierzęcia. Podczas procesów fermentacyjnych w największej ilości są wytwarzane kwasy: octowy, masłowy oraz propionowy. Powstaje również pewna ilość kwasu mlekowego, który jest jednak rozkładany w jelicie i ma ograniczony wpływ na pH jego treści (Irlbeck, 2001; Sawosz-Chwalibóg i Kosieradzka, 2012).

W trakcie fermentacji powstają również – dwutlenek węgla oraz metan. Poza rozkładem węglowodanów mikroorganizmy przekształcają także docierające do jelita ślepego związki azotowe pochodzące z paszy oraz azot endogeny w amoniak, który jest najprostszym związkiem stanowiącym źródło azotu w syntezie białka bakteryjnego. Mikroflora jelita ślepego syntetyzuje również ważne dla zwierzęcia witaminy z grupy B czy witaminę K. W jelicie ślepym zachodzi także absorpcja wody oraz części składników mineralnych. Powstające w jelicie ślepym krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe są wchłaniane przez ściany jelita i mogą być wykorzystane przez zwierzę jako źródło energii. W jelicie grubym brak jest enzymów proteolitycznych, które trawiłyby białko mikroorganizmów, dlatego nie występuje mechanizm transportowania z jelita aminokwasów, części składników mineralnych i wytworzonych przez mikroorganizmy witamin. Można sądzić, że rodzaj węglowodanów, a także ilość i skład aminokwasowy białek przechodzących do jelita grubego i ulegających fermentacji mogą wpływać na stopień

i kierunek rozkładu białka, a także ilość powstających krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, co może mieć duże znaczenie dla zdrowia zwierząt.

Czas pasażu treści pokarmowej przez całe jelito grube zależy od zawartości w niej włókna. U królików wraz ze zwiększaniem się zawartości tego składnika czas pasażu treści pokarmowej przedłuża się i podlega w większym stopniu fermentacji. Średni czas zalegania treści pokarmowej w jelicie ślepym i okrężnicy królika wynosi około 7–16 godzin dla fazy stałej i 12–16 godzin dla fazy płynnej (Sawosz-Chwalibóg i Kosieradzka, 2012; Kylie i in., 2018).

Zajęczaki, zatyki i króliki, wykształciły mechanizm lepszego wykorzystania składników pokarmowych powstałych w jelicie grubym dzięki zjawisku cekotrofii, polegającym na wyjadaniu wprost z odbytu nocnych, miękkich odchodów. Daje to zwierzęciu możliwość odzyskania produktów powstałych w wyniku rozkładu przez mikroorganizmy składników dawki pokarmowej. W zjadanych cekotrofach znajdują się produkty bakteryjnego trawienia węglowodanów, aminokwasy, witaminy wytworzone przez mikroorganizmy, wreszcie same mikroorganizmy, które ginąc w niskim pH żołądka są źródłem białka dla zwierzęcia. W cekotrofach występuje również duża ilość składników mineralnych (np. magnez, fosfor, potas, sód). Badania wykazały, że zawartość białka ogólnego w suchej masie cekotrofów wynosi średnio około 30% (Soave i Brand, 1991; Głogowski i in., 2010; Sawosz-Chwalibóg i Kosieradzka, 2012).

Zjawisko cekotrofii u tej grupy zwierząt wiąże się z frakcjonowaniem treści pokarmowej docierającej do jelita grubego. Polega ono na rozdzieleniu treści pokarmowej na drobnocząsteczkową frakcję płynną i grubocząsteczkową frakcję stałą. Na frakcję stałą składa się ta część treści pokarmowej, w której znajduje się dużo ciężkostrawnych związków, głównie włókna, które w znacznej części nie są rozkładane przez enzymy bakteryjne. Opuszcza ona jelito ślepe i przechodząc przez okrężnicę do odbytu jest wydalana na zewnątrz w postaci kału twardego, który ma postać zbitą i suchą. Frakcja płynna treści pokarmowej w czasie przesuwania się przez światło okrężnicy całości treści pokarmowej jest „wypychana” przez frakcję stałą do uwypukleń ściany okrężnicy i następnie, w wyniku ruchów antyprystaltycznych, ponownie wraca do jelita grubego, gdzie ulega dalszemu rozkładowi bakteryjnemu. Usunięcie w ciągu kilku godzin od pobrania paszy – frakcji stałej ułatwia rozkład pozostałych składników pokarmowych dawki i nie obciąża przewodu pokarmowego (Sawosz-Chwalibóg i Kosieradzka, 2012). Pozostała w jelicie ślepym frakcja płynna, po obróbce fermentacyjnej, stanowi kał miękki – cekotrofy wyjadane przez królika wprost z odbytu.

Zającowate żyjące na wolności przejawiają aktywność żerową w nocy, stąd kał miękki wydalany jest w ciągu dnia, a twarde w nocy. W warunkach chowu zamkniętego, kiedy podawanie zwierzętom paszy odbywa się w ciągu dnia, wydalanie cekotrofów jest przesunięte w czasie i odbywa się głównie w nocy i nad ranem.

Odzyskiwanie składników pokarmowych z cekotrofów jest bardzo ważnym elementem funkcjonowania króliczego przewodu pokarmowego. Badania naukowe wskazują, że pozbawienie tych zwierząt możliwości pobierania cekotrofów, przy utrzymaniu normalnej diety, powoduje wystąpienie wyraźnych objawów niedożywienia.

O tym, jak istotne jest to zjawisko, może świadczyć jego sporadyczne występowanie w przypadku pojawiania się poważnych niedoborów składników żywieniowych u zwierząt, dla których nie jest zachowaniem charakterystycznym (np. konie, koty, psy). Pobrane z odbytu cekotrofy, mające konsystencję miękkich, wilgotnych, otoczonych śluzem grudek trafiają do żołądka, gdzie przez okres około 3–6 godzin zalegają w jego uchyłku nie mieszając się z treścią pokarmową. Zachodzi tam dalsza fermentacja bakteryjna. Mikroorganizmy znajdujące się w cekotrofach są chronione przed działaniem soków żołądkowych przez śluzową otoczkę.

Strawność poszczególnych składników pokarmowych paszy ma ogromne znaczenie nie tylko dla funkcjonowania organizmu, ale również dla uzyskania odpowiednich wyników produkcyjnych. Wpływają na nią takie czynniki zewnętrzne, jak: skład mieszanki paszowej, zawartość składników pokarmowych, stan mikrobiologiczny paszy oraz występowanie w niej związków antyżywniowych (Dong i Giang, 2008; Gugolek, 2011).

Podstawowe znaczenie w żywieniu królików, podobnie jak i innych zwierząt, ma ilość i jakość białka zawartego w paszy (Głogowski i in., 2010). Drugim niezmiernie ważnym składnikiem pokarmowym jest włókno surowe – węglowodany strukturalne. Od kilku lat w żywieniu tych zwierząt, podobnie jak i bydła zaczęto zwracać uwagę na frakcje włókna. Prekursorem takiego podejścia do żywienia królików był Gidenne (2015). Obecny stan wiedzy pozwala podzielić włókno surowe na 3 frakcje: włókno neutralno-detergentowe – NDF (ang. *neutral detergent fiber*), włókno kwaśno-detergentowe – ADF (ang. *acid detergent fiber*) oraz ligninę kwaśno-detergentową – ADL (*acid detergent lignin*). We współczesnej nauce dotyczącej żywienia zwierząt roślinożernych określenie koncentracji tych frakcji jest niezbędne w ocenie jakościowej pasz, głównie objętościowych. W skład NDF wchodzi takie związki, jak: hemiceluloza, celuloza, lignina oraz azot związany z ligniną. ADF obejmuje natomiast: część celulozy, ligninę, kutynę, suberynę. Do frakcji ADL zalicza się: najmniej strawne ligniny, kutynę, suberynę oraz woski. Ocena wzajemnych

proporcji wspomnianych frakcji w podawanych paszach znalazła też zastosowanie w praktyce żywienia bydła. Uważa się, że NDF nadaje paszy odpowiednią strukturę i stanowi balast wypełniający żwacz, co dla przeżuwaczy jest szczególnie ważne, jest bowiem źródłem energii dla bytujących w nim mikroorganizmów. Wyższa koncentracja NDF w porównaniu do ADF oznacza wyższą koncentrację energii netto. Należy jednak mieć na uwadze, że zbyt wysoki poziom NDF negatywnie wpływa na pobranie oraz strawność dawki paszowej. Jak widać, ocena wzajemnych proporcji frakcji włókna może mieć praktyczne znaczenie w poprawie wyników produkcyjnych zwierząt, a także w utrzymaniu ich odpowiedniego dobrostanu żywieniowego (Trocino i in., 2013; Gidenne, 2015).

Królik jest bardzo wrażliwy na niedobór włókna. Fizjologiczne działanie włókna wiąże się ze składem mikroflory jelitowej i profilami metabolicznymi, motoryką, odpornością przewodu pokarmowego oraz innymi konsekwencjami ogólnoustrojowymi. Zawartość i źródło włókna mogą odgrywać istotną rolę w utrzymaniu homeostazy jelitowej, która jest wzajemnie występującą korzystną równowagą między mikrobiotą jelitową a gospodarzem.

2.4. Pasze pochodzenia zwierzęcego stosowane w żywieniu królików

Jak już wspomniano, króliki są uważane za zwierzęta roślinożerne, jednak – tak w zagranicznych jak i krajowych podręcznikach dotyczących ich chowu i hodowli – znajdują się informacje dotyczące możliwości stosowania w żywieniu tych zwierząt pasz pochodzenia zwierzęcego. Przykładowo Sandford (1957) podaje, że istnieje możliwość wykorzystania w żywieniu królików mleka oraz mączek mięsno-kostnej i rybnej w ilości odpowiednio 8 i 10% dawki. W literaturze polskiej już Trybulski (1948) wymieniał takie pasze pochodzenia zwierzęcego stosowane w żywieniu królików, jak: tran, mleko, mączka z krwi i mączka kostna. Herman (1974) wskazuje natomiast na możliwość wykorzystania mączki rybnej i mleka. W kilku kolejnych podręcznikach pojawiają się tabele z zawartością składników pokarmowych w paszach przeznaczonych dla królików (Barabasz, 1994; Bielański i in., 2002; Cholewa i in., 2003), w tym również pochodzenia zwierzęcego: kazeina, mączki – z krwi, kostna surowa i odklejona, mięsna, mięsno-kostna, rybna, mleko krowie – pełne, odtłuszczone, świeże i suszone oraz tłuszcz zwierzęcy.

Lebas (2004) w swojej obszernej, przeglądowej publikacji dotyczącej żywienia królików podaje, że na całym świecie prowadzono szereg badań dotyczących ich żywienia

dietami z dodatkiem białka pochodzenia zwierzęcego. Wykorzystywano takie pasze, jak: mączki mięsne, mięsno-kostne, kostne, z krwi, z hydrolizowanej skóry i piór, mleko i serwatkę w proszku, suszone produkty z wylęgarni, mączki rybne i z owadów, muszle mięczaków oraz różnorodne tłuszcze zwierzęce. Wyniki większości badań wskazywały, że żywienie królików dietami z dodatkiem białek pochodzenia zwierzęcego wpływało korzystnie na wyniki produkcyjne. Jednak, jak już wspomniano uprzednio, ze względu na wystąpienie epidemii gąbczastej encefalopatii bydła (*bovine spongiform encephalopathy* – BSE) w wielu krajach (szczególnie w Unii Europejskiej) na mocy różnych aktów prawnych białka pochodzenia zwierzęcego zostały wycofane z żywienia większości zwierząt gospodarskich (Regulation..., 2002; Rodehutschord i in., 2002). Polscy i zagraniczni hodowcy od wielu lat zabiegali o możliwość ponownego wykorzystania w żywieniu zwierząt mączek mięsno-kostnych, co znacznie obniżyłoby koszty produkcji pasz, głównie poprzez ograniczenie stosowania soi, która jest drogim komponentem. Dopiero jednak Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1372 (Comision Regulation..., 2021) z dnia 17 sierpnia 2021 r., zmieniające załącznik IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 w odniesieniu do zakazu karmienia zwierząt gospodarskich innych niż przeżuwacze, innych niż zwierzęta futerkowe białkiem pochodzącym od zwierząt spowodowało, że w najbliższym czasie można spodziewać się wzrostu produkcji i wykorzystania tych pasz. Zniesienie zakazu stało się możliwe dzięki szczegółowym badaniom dotyczącym bezpieczeństwa tych materiałów, ściślejszej kontroli ich produkcji, transportu i identyfikowalności oraz opracowaniu skutecznych testów odróżniających różne rodzaje przetworzonych białek zwierzęcych (pochodzenie gatunkowe). Dopuszczenie tych materiałów do żywienia zwierząt ma wzmocnić konkurencyjność unijnego rolnictwa i być odpowiedzią na rosnące ceny pasz. Ma to duże znaczenie dla producentów pasz i rolników ze względu na przygotowywany projekt dotyczący zakazu wytwarzania, wprowadzania do obrotu oraz stosowania w żywieniu zwierząt pasz genetycznie zmodyfikowanych i organizmów genetycznie zmodyfikowanych przeznaczonych do użytku paszowego. Projekt ten ma wejść w życie z dniem 1 stycznia 2024 r.

Do produkcji mączek są wykorzystywane różnorodne produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego. Składają się na nie: elementy tusz, które nie nadają się do spożycia przez ludzi, krew, niejadalne podroby i kości. W sytuacji, gdy zawartość popiołu jest niska, mączkę określa się jako mięsną, a gdy zawartość fosforu wynosi powyżej 4,5%, nazywa się ją mięsno-kostną. Obok typowych mączek mięsno-kostnych produkowane są też mączki z krwi, keratynowych hydrolizatów, wnętrzości, zwacza przeżuwaczy i jego treści. Hendriks i in.

(2002) podają, że mączki z produktów pochodzących od ssaków są wartościowym źródłem białka i związków mineralnych, stąd mogą być stosowane w żywieniu wielu gatunków zwierząt gospodarskich.

Wartościowym źródłem białka są również produkty mlekopochodne. Ich dodatek w dawkach pokarmowych, z powodu korzystnego składu aminokwasowego, wpływa na poprawę wyników produkcyjnych i ogólnego stanu zdrowia zwierząt. Często próbuje się łączyć ich podawanie z probiotykami i prebiotykami. W dietach królików nie powinny jednak stanowić więcej niż 2–2,5%. W żywieniu tej grupy zwierząt wykorzystywano również kazeinę, była ona jednak dodawana najczęściej z powodów pozażywniowych (Lovati i in., 1990; Samman i in., 1990; Khosla i in., 1991; Auerbach i in., 1995).

Pasze pozyskiwane z różnych produktów drobiowych to przede wszystkim: mączka drobiowa, z krwi drobiowej, z piór, produkty uboczne z wylęgarni oraz jaja ptaków. Są one uważane za cenne pasze w żywieniu wielu gatunków zwierząt. Mączka drobiowa składa się ze zmielonych, odtłuszczonych i pozbawionych zanieczyszczeń elementów tusz drobiowych. Do produkcji wykorzystuje się głównie: niespożywcze fragmenty tkanek, głowy, szyje, łapy, nierozwinięte jaja, jelita i kości. Mączka ta jest wartościowym źródłem białka, jego ilość waha się od 55 do 74%. Tłuszcz stanowi od 10 do 19%, a popiół od 11 do 23% (Dong i in., 1993; Donadelli i in., 2019). Mączki drobiowe jednak w porównaniu np. z mączką rybną mają często mniej korzystny skład aminokwasowy (Nengas i in., 1999).

Produktem ubocznym przetwarzania drobiu jest również mączka z piór. Pióra ptasie, podobnie jak włosie, szczecinę oraz rogowiznę zalicza się do surowców keratynowych. Surowce te są odporne na działanie czynników fizycznych i biologicznych. Ich właściwości odporowe wynikają z budowy histologicznej i rodzaju białka, z którego są zbudowane (keratyny). Mączki te zawierają głównie pierze, które jest suszone i mielone w podwyższonej temperaturze i ciśnieniu. Jednak, chociaż całkowity poziom zawartości azotu w tej paszy sięga 12%, jego biodostępność jest zwykle niska. Z tego powodu mączka ta jest najczęściej poddawana dodatkowo hydrolizie. Stosuje się ją w żywieniu wielu gatunków zwierząt gospodarskich (Moritz i Latshaw, 2001). Paszą o znaczeniu ubocznym, pochodzącą z wylęgarni jest mączka drobiowa z niezapłodnionych jaj, skorup jaj wylęgowych, martwych zarodków oraz wybrakowanych piskląt (Al-Harhi i in., 2010).

Odrębnego omówienia wymaga opis wykorzystania mączek rybnych w żywieniu królików. Lebas (2004), we wspomnianej już publikacji dotyczącej żywienia królików stwierdza, że mączki rybne są wartościowym komponentem dawek pokarmowych dla tych zwierząt, wpływającym korzystnie na wyniki produkcyjne i jakość mięsa. Ponadto, oleje

rybne są głównym źródłem ważnych dla zdrowia organizmu długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych szeregu n-3 (PUFA), kwasu dokozaheksaenowego (22:6n-3) i kwasu eikozapentaenowego (20:5n-3), co może wpływać w sposób modyfikujący na skład lipidów mięsa. Przeszkodą w stosowaniu mączek rybnych w żywieniu zwierząt jest ich relatywnie wysoka cena. Dlatego też, prowadzono wiele badań nad możliwością zastąpienia ich innymi paszami wysokobiałkowymi (Sahu i Prasad, 1990; Niedźwiadek i Kawińska, 1981; Ahlawat i in., 2001; Njidda i Isidahomen, 2010; Oladunjoye i in., 2013; Duwa i in., 2014).

Bezkręgowce to ogromna grupa zwierząt, licząca ponad 1 milion gatunków, które mogą być potencjalnym źródłem białka i innych składników pokarmowych w żywieniu różnych gatunków zwierząt. Potocznie nazwą tą określa się wszystkie zwierzęta stojące na niższym poziomie ewolucyjnym od kręgowców, a więc m.in.: mięczaki, skorupiaki, pajęczaki i owady. Charakteryzują się zróżnicowaną wartością pokarmową (Finke, 2002). W XXI w. obiektem najczęściej przeprowadzanych badań stały się owady jako potencjalne źródło składników pokarmowych w żywieniu różnych gatunków zwierząt gospodarskich (Oonincx i in., 2010; Nijdam i in., 2012). Pasze pochodzące z owadów to przede wszystkim mączki pozyskane z różnych ich gatunków, będących w różnym stadium rozwoju (Finke, 2002) oraz ich tłuszcz. Perspektywy zwiększenia wykorzystania tych pasz zależą od upowszechnienia się hodowli owadów i obniżenia kosztów produkowanych z nich mączek.

Mączki pochodzenia zwierzęcego są nie tylko źródłem białka i tłuszczu, dostarczają także składników mineralnych. Mączka kostna jest produktem ubocznym uboju zwierząt gospodarskich i utylizacji produktów ubocznych – kości. Kości różnych gatunków hodowlanych ssaków, ptaków oraz ryb przetwarzają się w mączkę kostną za pomocą kilku różnych metod. Teoretycznie mączka ta może stanowić źródło wapnia, fosforu i innych minerałów w żywieniu zwierząt gospodarskich, w tym królików.

W aspekcie żywieniowym uważa się, że nie ma ograniczeń żywieniowych w jej stosowaniu w celu zastąpienia nią innych źródeł wapnia i fosforu. Należy jedynie zadbać, aby stosunek wapnia i fosforu nie wykraczał poza dopuszczalny zakres (Orban i Roland, 1992; Lee i in., 2010).

2.5. Przegląd badań dotyczących stosowania pasz pochodzenia zwierzęcego w żywieniu królików

W rozdziale 2.4. przedstawiono w układzie chronologicznym przegląd prac naukowych, w których opisano zastosowanie w żywieniu królików różnorodnych pasz pochodzenia zwierzęcego. W części pierwszej opisano przykłady żywienia królików dawkami z udziałem mączek wyprodukowanych z tusz i produktów ubocznych ze zwierząt gospodarskich, ssaków, drobiu, ryb oraz owadów. W dalszej części przedstawiono zastosowanie pasz nabiałowych, tłuszczów zwierzęcych oraz pasz mineralnych pochodzenia zwierzęcego.

Jednymi z pierwszych naukowców, którzy podjęli próbę żywienia królików dawkami z dodatkiem mączek zwierzęcych byli Newburgh i Squier (1920). Autorzy Ci podawali zwierzętom mieszankę paszową, której 33% stanowiła sproszkowana suszona wołowina a pozostałą część mąka. Eksperyment ten nie miał jednak charakteru produkcyjnego, należy traktować go jedynie jako naukową ciekawostkę.

Pierwsze eksperymenty o charakterze produkcyjnym dotyczące zastosowania mączek zwierzęcych w żywieniu królików rozpoczęły się w latach 70. XX wieku, co można powiązać z początkami produkcji paszy granulowanej dla tych zwierząt. Prekursorami stosowania pasz zwierzęcych w żywieniu królików byli Verita i Orlandi (1977), którzy opisali próbę żywienia ich w okresie wzrostu paszą z 4% dodatkiem mączki mięso-kostnej i hydrolizowanych skór zwierzęcych.

Warto także wskazać na wkład polskich naukowców w opisywany trend badawczy. Niedźwiadek i Kawińska (1981) przedstawili badania, w których mączka mięsno-kostna oraz mączka rybna występowały w dietach królików grup kontrolnych, co może świadczyć o powszechnym już w owym czasie wykorzystaniu pasz pochodzenia zwierzęcego w praktyce. W eksperymencie tym w grupach doświadczalnych mączki mięsno-kostną i rybą zastąpiono mączką z kryła. Autorzy podają, że króliki żywione paszą z dodatkiem mączki z kryła charakteryzowały się najlepszymi przyrostami masy ciała oraz parametrami stawności składników pokarmowych. W podsumowaniu stwierdzili, że mączka z kryła może zastąpić w dietach rosnących królików inne mączki pochodzenia zwierzęcego.

Omole i Sonaiya (1981) przeprowadzili natomiast badania, w wyniku których wykazali lepsze parametry użytkowe królików, w diecie których występowała mączka rybna w porównaniu do żywionych paszą z dodatkiem śruty z orzeszków ziemnych.

Ekpenyong i Biobaku (1986) wskazali na możliwość żywienia królików mączkami zwierzęcymi pochodzącymi z uboju i przetwórstwa drobiu. Wartościowym komponentem dawek pokarmowych dla rosnących królików okazała się hydrolizowana mączka z piór. Badania te potwierdzili Fekete i Hegedus (1986) podając, że dodatek tej mączki to cenny substytut śrutu sojowej, a jej udział może stanowić nawet do 30% składu dawki pokarmowej.

Sahu i Prasad (1990) wykonali badania dotyczące żywienia królików granulatami z dodatkiem różnych pasz pochodzenia zwierzęcego. Obok mączki rybnej, dodawali do diet 5 lub 10% mączki mięsno-kostnej lub mączki z krwi. W podsumowaniu stwierdzili, że zarówno mączka mięsna, jak i mączka z krwi mogą stanowić nawet do 10% granulatu pełnoporcjowego dla królików bez negatywnego wpływu na wyniki produkcyjne.

Kolejną paszą zwierzęcą pochodzącą z hodowli drobiu są uboczne produkty powstające przy wylęgu: niezależone jaja, skorupy, jaja niepłodne, martwe lub wybrakowane pisklęta oraz jednodniowe kogutki ras nieśnych nie przeznaczone do hodowli. Handa i in. (1996) prowadzili badania nad wykorzystaniem tej paszy w formie ekstrudowanej w żywieniu królików. Podawana była rosnącym zwierzętom w ilości 6% diety. Mączka taka zawierała ponad 45% białka ogólnego. Autorzy stwierdzili, że możliwe jest stosowanie tej mączki w żywieniu królików bez negatywnych efektów produkcyjnych, zwrócono również uwagę na jej niski koszt.

Kilka kolejnych eksperymentów dotyczących możliwości wykorzystania mączek pochodzenia zwierzęcego w żywieniu królików wykonał zespół indyjskich naukowców (Prasad i in., 1996 a; Prasad i in., 1996 b; Prasad i Karim, 1998). Autorzy ci dodawali do diet królików od 5 do 8% mączki rybnej w celu zróżnicowania poziomu energii i białka. Uzyskane wyniki wskazują, że w warunkach tropikalnych udział białka w diecie tych zwierząt powinien wynosić nie więcej jak 18%, a energii 2700 kcal/kg.

Furlan i in. (1997) przedstawili możliwość zastąpienia śrutu sojowej w dawkach królików mączką wyprodukowaną z hydrolizowanych skór bydlęcych. Na podstawie tych badań stwierdzono, że zastąpienie śrutu sojowej hydrolizowanym białkiem ze skór bydlęcych (nawet do 50%) nie miało wpływu na przyrost masy ciała, spożycie paszy oraz masę tusz królików.

Bardziej zaawansowane badania z wykorzystaniem mączki rybnej oraz ubocznych produktów drobiowych prowadzili w Kamerunie Fotso i in. (2000). Wykazano, że króliki żywione dawkami z mączką rybną i ubocznymi produktami drobiowymi spożywały więcej paszy i szybciej rosły niż żywione dawkami z białkami roślinnymi z liści manioku oraz mączki z nasion bawełny.

Ahlawat i in. (2001) ocenili natomiast możliwość zastąpienia w paszach granulowanych dla królików mączki rybnej mączką z wnętrzości drobiu w ilości 5 i 8%. Badania wykazały, że dodatek mączki z wnętrzości drobiu poprawia wyniki produkcyjne, jej użycie jest również uzasadnione ekonomicznie.

Fanimo i in. (2002) w badaniach nad możliwością wykorzystania w żywieniu królików 5 różnych pasz pochodzenia zwierzęcego – z: ubocznych produktów drobiowych, ubocznych produktów z wylęgarni, krwi, różnych ryb oraz krewetek – wykazali, że zwierzęta żywione mączką z krwi spożywały najmniej paszy, miały również najniższe przyrosty masy ciała w porównaniu z pozostałymi grupami. Najwyższe spożycie paszy, ale i najwyższe przyrosty stwierdzono przy dodatku do paszy mączki rybnej.

W kolejnej publikacji Ahlawat i in. (2003) opisali porównanie przydatności mączki z wnętrzości drobiu oraz mączki rybnej w żywieniu królików angorskich. Pasze te stosowano w ilości 5 i 8% dawki. Badanie wykazało, że mączka z wnętrzości drobiu, obok mączki rybnej, może być również włączona do diety tych zwierząt.

Biobaku i in. (2003) prowadzili natomiast badania nad możliwością wykorzystania w żywieniu królików lokalnie produkowanej nigeryjskiej mączki rybnej w ilości od 7 do 12,39%. W badaniach tych oceniono wpływ śruty arachidowej i mączki rybnej na wzrost i wykorzystanie białka u królików. Wykazano, że przy żywieniu dawkami kontrolnymi uzyskano znacznie wyższe przyrosty masy ciała tych zwierząt niż w przypadku dawek doświadczalnych. Był to jeden z nielicznych przypadków, gdy dodatek mączki rybnej do dawki pokarmowej nie miał pozytywnych efektów produkcyjnych. W pracy nie podano jednak przyczyny takiego stanu, chociaż prawdopodobnym powodem mogła być jakość podawanej mączki.

Kolejne obszerne badania nad wykorzystaniem mączki rybnej w żywieniu królików przeprowadzili Mbanya i in. (2005). Autorzy ci w swojej publikacji opisali efekty żywienia rosnących królików paszami treściwymi, zawierającymi jedno, dwa lub trzy różne źródła białka. Były to: makuch bawełniany, makuch sojowy i makuch bawełniany oraz makuch bawełniany, makuch sojowy i mączka rybna. W badaniach tych wykorzystano dodatek od 2 do 6% mączki rybnej. Największe tempo wzrostu stwierdzono w grupach zwierząt żywionych dawkami z dodatkiem mączki rybnej, co autorzy tłumaczyli korzystniejszym profilem aminokwasowym tej mączki w porównaniu z wymienionymi paszami roślinnymi.

Wiele badań nad żywieniem królików, szczególnie na kontynencie afrykańskim, dotyczyło wykorzystania mączek z suszonego zwacza i innych odcinków przewodów pokarmowych bydła i kóz w różnych postaciach i z różnymi dodatkami (Mohammed i in.,

2005; Alemede i in., 2014; Oluwafemi i Iliyasu, 2016; Oluwafemi i Adeiza, 2017; Wafar i in., 2019). W badaniach przeprowadzonych przez Togun i in. (2009) wykazano, że mączka z suszonego żwacza zawiera niejednokrotnie ponad 30% białka i może być komponentem w mieszankach dla królików.

Ayanwale (2006) opisał wykorzystanie mączki z hydrolizowanych piór jako źródła białka w dietach królików. Uzyskane wyniki wskazują, że króliki mogą być żywione mączką z udziałem pierza w ilości do 15% dawki pokarmowej bez negatywnych efektów produkcyjnych.

Isaac i in. (2007) podawali królikom mączki z ubocznych produktów z wylęgarni w ilościach 15, 25 i 45% dawki. Uzyskane wyniki dowiodły, że badana mączka jest potencjalnie cennym komponentem paszowym, który może być wykorzystywany jako składnik paszy w żywieniu królików.

Przeprowadzony przez Njidda i Isidahomen (2010) eksperyment miał na celu ocenę wpływu zastąpienia mączki rybnej – mączką z *Zonocerus variegatus*, gatunku afrykańskiego konika polnego z rodziny *Pyrgomorphidaena* na hematologię, skład chemiczny krwi i charakterystykę tusz rosnących królików. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że włączenie 2,50% mączki z konika polnego jako zamiennika mączki rybnej nie ma negatywnego wpływu na badane parametry hematologiczne i produkcyjne królików.

W badaniach Fatufe i in. (2010) przedstawiono wpływ żywienia rosnących królików bakteryjną mączką białkową (*Streptomyces sp.*) o zawartości białka surowego, tłuszczu i włókna odpowiednio 70, 6,5 i 4,1%, jako zamiennikiem mączki rybnej lub śruty z orzeszków ziemnych. W wyniku badań stwierdzono, że mączka bakteryjna może całkowicie zastąpić mączkę rybną i śrutę z orzeszków ziemnych w dawkach pokarmowych królików bez negatywnego wpływu na wzrost i cechy jakościowe ich tuszek.

Badania prowadzone przez Karikari i in. (2011) służyły ocenie wartości odżywczej śruty sojowej, mączki rybnej oraz mieszanek śrut z prosa i soi z mączką rybną. Stwierdzono, że króliki żywione dawkami z mączką rybną charakteryzowały się słabszym wzrostem i niższym współczynnikiem konwersji paszy niż osobniki żywione dawkami ze śrutą sojową. Wykazano, że śruta z prosa może być wartościowym źródłem paszy dla królików, jeśli w celu poprawy zawartości białka w dawkach stosuje się dodatek śruty sojowej zamiast mączki rybnej lub mączki rybno-sojowej.

Skutki zastąpienia w dawkach pokarmowych dla królików śruty z orzeszków ziemnych mączką z krwi i suszonych warzyw badał Adeniji (2012). Stwierdził, że króliki

tolerują bez negatywnych skutków 45% zastąpienie śruty z orzeszków ziemnych badaną mieszką zawierającą suszoną krew.

Celem badań Trigo i in. (2012) była ocena wpływu alternatywnych źródeł białka: mączki mięsnej i hydrolizowanej mączki z pierza przy różnych poziomach zawartości białka surowego: 14 i 17% na użytkowość i cechy tuszy królików. Autorzy stwierdzili, że źródło białka w istotny sposób wpływa na pobranie paszy. Jednakże, mimo dużo większego spożycia paszy z dodatkiem mączki z piór nie stwierdzono polepszenia cech użytkowych królików.

Oladunjoye i in. (2013) podjęli próbę porównania stosowania w żywieniu królików mączki rybnej oraz mączki ze zwacza bydlęcego. Stwierdzono, że ta ostatnia może zastąpić nawet 80% mączki rybnej w dawkach dla rosnących królików.

Galan i in. (2013) zbadali możliwość wykorzystania w dawkach pokarmowych rosnących królików mączek z ubocznych produktów pochodzących z przetwórstwa tilapii nilowej (*Oris niloticus*), zawierających dużo składników mineralnych. Stwierdzono, że badane mączki miały pozytywny wpływ na cechy jakościowe tusz królików, nie wpłynęły jednak na skład chemiczny ich kości.

Kolejną interesującą pracę dotyczącą stosowania w żywieniu królików mączek wytwarzanych z produktów ubocznych z wylęgarni przygotowali Ojebiyi i in. (2014). Zbadali oni synergiczny wpływ tych produktów i mączki ze skórek manioku na wydajność rosnących królików. Stwierdzili, że obydwie pasze mogą być włączane do dawek pokarmowych królików w ilości nawet do 15%, jednak najkorzystniejsze wyniki produkcyjne uzyskali przy zastosowaniu 10% dodatku.

W publikacji Oladunjoye i in. (2014) mączka z krwi nie była czynnikiem doświadczalnym, lecz stałym w ilości 1–2% komponentem dawki stosowanej podczas badań nad oceną przydatności nasion baobabu (*Adansonia L.*) jako paszy dla królików.

W badaniach Trung i in. (2017) wskazano na możliwość żywienia królików dawkami z udziałem mączek z krwi, pierza i rybnej. W wyniku tych badań wykazano po raz kolejny możliwość stosowania pasz pochodzenia zwierzęcego w żywieniu tych zwierząt, nie stwierdzono natomiast zdecydowanie pozytywnego wpływu badanych pasz na ich wyniki produkcyjne.

Mączka kostna jest produktem powstającym podczas uboju i przetwórstwa tusz zwierząt gospodarskich i utylizacji produktów ubocznych – kości. W wielu pracach nie była ona czynnikiem doświadczalnym, ale stałym elementem diet królików w ilości od 1 do nawet 4% (Fotso i in., 2000; Duwa i in., 2014; Ojebiyi i Saliu, 2014; Ikyume i in., 2019; Akuru i in.,

2021). Zauważono, że była ona wykorzystywana jako dodatek mineralny częściej w krajach rozwijających się, rzadziej w Europie i Ameryce Północnej, gdzie nie stosowano jej z powodów sanitarnych, a ponadto z faktu powszechnej dostępności komercyjnych dodatków mineralnych. W krajach rozwijających się przyczyną jej stosowania była zapewne chęć obniżenia kosztów żywienia królików.

Pasze pochodzące z owadów to przede wszystkim mączki pozyskane z różnych gatunków owadów, będących w różnych stadiach rozwoju (Finke, 2002) oraz ich tłuszcz. Możliwość wykorzystania tych mączek w żywieniu królików opisali Carregal i Takahashi (1987) badając możliwości zastąpienia śrutu sojowej mączką z poczwerek jedwabnika morwowego (*Bombix mori*). Warto zauważyć, że Liu i in. (1987) traktowali tę paszę nie jako czynnik doświadczalny, lecz stały komponent diety królików, co może świadczyć, że jest ona w powszechnym użyciu w Chinach.

Przeprowadzono także badania mające na celu ocenę wpływu zastąpienia mączki rybnej mączką z konika polnego na hematologię, skład chemiczny krwi i charakterystykę tusz rosnących królików (Njidda i Isidahomen, 2010).

Duwa i in. (2014) badali wpływ zastąpienia mączki rybnej mączką z poczwerek muchy domowej (*Musca domestica*) na wydajność, charakterystykę tuszy, wskaźniki hematologiczne i biochemiczne surowicy krwi królików rosnących. Mączka z poczwerek muchy domowej stanowiła w poszczególnych dietach od 1,25 do 5%. Na podstawie wyników można wywnioskować, że włączenie do diety nawet 5% tej mączki nie miało negatywnego wpływu na badane parametry u rosnących królików.

W ostatnich latach również w Polsce przeprowadzono szereg badań nad żywieniem królików dietami z udziałem mączek z owadów. Gugolek i in. (2019) opisali w swoich pracach zastosowanie mączki z poczwerek jedwabnika morwowego (*Bombyx mori*). Wyniki tych badań wskazują, że zarówno częściowe, jak i całkowite zastąpienie śrutu sojowej w dawkach pokarmowych mączką z poczwerek jedwabników morwowych przyczyniło się do zmniejszenia końcowej masy ciała królików, średnich dziennych przyrostów i spożycia paszy, ale poprawiło współczynnik jej wykorzystania. Króliki żywione dietami wzbogaconymi mączką z poczwerek jedwabników morwowych charakteryzowały się niższymi wartościami wybranych parametrów jakości tuszy. Dawki eksperymentalne nie miały istotnego wpływu na skład chemiczny mięsa, ale zaobserwowano tendencję do bardziej pożądanym pod względem odżywczym proporcji poszczególnych grup kwasów tłuszczowych.

Celem badań opisanych przez Kowalską i in. (2020) było określenie wpływu żywienia królików dawkami zawierającymi mączkę z suszonych poczwerek jedwabników morwowych i larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) na ich wartość rzeźną i jakość mięsa. Wyniki wykazały, że suplementacja dawek mączkami z owadów spowodowała wzrost końcowej masy ciała i zawartości mięsa w tuszach królików z grup doświadczalnych. Diety eksperymentalne nie miały wpływu na zawartość aminokwasów egzogennych w badanych mięśniach, ale powodowały różnice w poziomie niektórych aminokwasów: fenyloalaniny, lizyny, tryptofanu, treoniny, izoleucyny i metioniny. Stwierdzono, że stężenie kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA) i jednonienasyconych (MUFA) w lipidach mięśni było porównywalne we wszystkich grupach. W tkankach królików żywionych mączką z jedwabników morwowych stężenie PUFA n-3 wzrosło, a zawartość cholesterolu obniżyła się. Kolejna publikacja Kowalskiej i in. (2021) dotyczyła oceny wpływu żywienia królików mączkami z poczwerek jedwabników morwowych oraz larw mącznika młynarka na ich wskaźniki użytkowe. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w dietach królików mączka sojowa może być częściowo zastąpiona mączką z owadów bez ujemnego wpływu na wskaźniki użytkowe.

W badaniach opisanych przez Gugołka i in. (2021), prowadzonych nad włączeniem do żywienia mączki z poczwerek jedwabników morwowych stwierdzono, że dawkę pokarmową królików można uzupełniać 5% dodatkiem mączki z owadów bez negatywnych efektów w zakresie strawności składników pokarmowych i funkcjonowania przewodu pokarmowego.

Celem pracy wykonanej przez Strychalskiego i in. (2021) było określenie wpływu dodatku do dawki pokarmowej dla królików mączek z poczwerek jedwabników morwowych i larw mącznika młynarka na wyniki produkcyjne i funkcjonowanie układu pokarmowego tych zwierząt. Stwierdzono, że włączenie do dawek pokarmowych po 4% badanych mączek z owadów spowodowało wzrost końcowej masy ciała zwierząt, a także wpłynęło korzystnie na zwiększenie strawności tłuszczu oraz frakcji ADF i ADL. Warto zauważyć, że dodatek mączek z owadów spowodował istotny wzrost aktywności bakteryjnej w przewodzie pokarmowym związany z wyższym wykorzystaniem chityny oraz zaburzenia metabolizmu mikroflory jelita grubego, co objawiało się zmniejszoną aktywnością wybranych enzymów i niższymi stężeniami krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych SCFA. Podobne badania prowadzili Martins i in. (2018).

Naukowcy z Czech – Volek i in. (2021) przeprowadzili eksperyment, którego celem było zastąpienie w dietach królików śrutę sojowej 3% dodatkiem mączki z larw mącznika

młynarka. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zaproponowana substytucja śrutu sojowej nie miała wpływu na wzrost królików, strawność składników pokarmowych i retencję azotu u tych zwierząt.

Inne bezkręgowce poza owadami nie wzbudziły większego zainteresowania jako komponenty pasz dla królików, chociaż przeprowadzono kilka eksperymentów nad zastosowaniem mączek z pierścienic i skorupiaków, których wyniki były zachęcające (Niedźwiadek i Kawińska, 1981; Orozco i in., 1988; Fanimó i in., 2002; Ojiako i in., 2018).

Paszą pochodzenia zwierzęcego są także tłuszcze pozyskiwane od różnych gatunków zwierząt. W literaturze naukowej opisano wykorzystanie w żywieniu królików dodatku: łożu wołowego, masła, smalcu wieprzowego, tłuszczu drobiowego, oleju rybnego, oleju z kryła oraz oleju z larw owadów. Przedstawione w tych pracach informacje wskazują na możliwości stosowania w żywieniu królików tłuszczu zwierzęcego różnego pochodzenia w ilości 2–5% diety bez negatywnego wpływu na wyniki rozrodu, wyniki produkcyjne zwierząt rosnących oraz jakość pozyskiwanego mięsa. Wiele badań wskazuje na możliwość modyfikacji jakości mięsa poprzez dodatek różnorodnych tłuszczów. Dodatkowo należy podkreślić, że badania te odgrywają także dużą rolę w poznawaniu istoty i mechanizmów powstawania wielu schorzeń na skutek stosowania diet wysokotłuszczowych u ludzi (Gugolek i Kowalska, 2020).

Pasze pochodzące z przetwórstwa mleka, takie jak: suszone pełne i odtłuszczone mleko, suszona serwatka czy kazeina także znalazły zastosowanie w żywieniu królików. Przykładowo, wykorzystanie paszowego suszonego mleka opisali: Blas i in. (1990), natomiast serwatki: Masoero i in. (1982), Lyu i in. (2013) oraz Kishawy i in. (2018).

Znane są przypadki stosowania nie tylko pasz mlekopochodnych sypkich, suszonych jako komponentów do pasz granulowanych, lecz także płynnych. Przykładowo, Colina i Coppings (1989) podawali królikom płynną serwatkę, natomiast Ribeiro i in. (2019) jogurt. Są to nieliczne przykłady wykorzystania w postaci płynnej mleka czy serwatki, co jest możliwe jedynie w hodowlach prowadzonych ekstensywnie.

Badania nad zastosowaniem kazeiny w żywieniu królików prowadził Spreadbury (1978). Dotyczyły one zapotrzebowania na białko i aminokwasy rosnących królików. Białko dostarczane przez owies zostało uzupełnione glutenem kukurydzianym, żelatyną, mączką z orzeszków ziemnych, mączką sojową lub mączką rybną oraz kazeiną.

W wielu pracach naukowych przedstawionych powyżej oceniono wpływ różnorodnych pasz pochodzenia zwierzęcego na wyniki produkcyjne królików i ich stan zdrowotny. Pomimo udowodnionych naukowo w wielu przypadkach korzyści z ich stosowania praktyka dodawania pasz zwierzęcych do diet królików budzi nadal wiele

wątpliwości. Brak jednoznacznej opinii na temat żywienia królików dietami z dodatkiem pasz pochodzenia zwierzęcego, dlatego postanowiono po raz kolejny ocenić taką możliwość we współczesnych warunkach. Należy sądzić, że tego typu praktyki żywieniowe będą coraz częstsze nie tylko z powodu liberalizacji przepisów sanitarnych, lecz także z przyczyn ekonomicznych, np. braku niektórych surowców wysokobiałkowych, względnie wzrostu ich cen wywołanych skutkami pandemii czy wojną w Ukrainie.

3. HIPOTEZA BADAWCZA I CEL PRACY

Na podstawie dostępnych wyników badań dotyczących zastosowania różnych mączek zwierzęcych w żywieniu zwierząt gospodarskich wysunięto hipotezę, że dodatek ten może być również wykorzystany w mieszankach paszowych dla królików bez negatywnego wpływu na wyniki rozrodu i produkcyjne.

Prowadzone badania mogą przyczynić się do istotnego zwiększenia efektywności wykorzystania mączek zwierzęcych poprzez wdrożenie receptur i produkcję mieszanek paszowych dla królików zawierających ten komponent.

Celem podjętych badań było określenie wpływu 2,5 i 5% dodatku mączki drobiowej do pełnodawkowych mieszanek paszowych na użytkowość rozplodową królic, wskaźniki odchowu królicząt i jakość mięsa tych zwierząt.

4. MATERIAŁ I METODY

4.1. *Charakterystyka materiału badawczego*

Badania na zwierzętach przeprowadzono w fermie królików K-001, należącej do Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, w okresie od początku marca do końca lipca 2022 r. Materiał doświadczalny stanowiły króliki nowozelandzkie białe jako rasa typowo mięsna polecana do hodowli fermowej.

Króliki stada podstawowego były utrzymywane pojedynczo w kojcach na głębokiej ściółce (słoma), w pomieszczeniu zamkniętym, nieogrzewanym; młodzię natomiast w piętrowych klatkach z siatki metalowej po 4 sztuki jednej płci w każdej.

Króliczeta były odchowywane przy matkach do wieku 35 dni, a następnie po seksowaniu, ważeniu i indywidualnym oznakowaniu (tatuaż) określającym grupę, datę urodzenia i kolejny numer zwierzęcia przenoszone do klatek piętrowych w hali dla młodzięży.

Warunki zoohigieniczne i technologiczne były zgodne z ogólnymi założeniami dla tego rodzaju produkcji. Króliki zostały objęte programem profilaktyki weterynaryjnej przewidzianej dla tej grupy zwierząt (szczepienia przeciw: krwotocznej bronchopneumonii – Pestorin – 1 ml domięśniowo, myksomatozie – Myxoren – 1 ml podskórnice).

4.2. *Czynnik doświadczalny*

Utworzono trzy grupy żywieniowe:

Grupa K (kontrolna) – 10 samic nowozelandzkich białych żywionych pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową podstawową o standardowej recepturze z 13% zawartością poekstrakcyjnej śruty sojowej;

Grupa D 1 (doświadczalna) – 10 samic nowozelandzkich białych żywionych pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową z 2,5% udziałem mączki drobiowej oraz 9,5% śruty sojowej poekstrakcyjnej;

Grupa D 2 (doświadczalna) – 10 samic nowozelandzkich białych żywionych pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową z 5% udziałem mączki drobiowej i 7% poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Analogiczne grupy żywieniowe utworzono dla odsadzanej młodzieży (po 20 sztuk w każdej grupie), tak aby zwierzęta przez cały okres odchowu przy matkach oraz od odsadzenia do 90. dnia życia pobierały tę samą paszę.

Wszystkie badania laboratoryjne przeprowadzono w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego.

Bezpośrednio przed sporządzeniem pełnoporcjowych granulowanych mieszanek paszowych dla królików przeprowadzono analizę podstawową (zawartość suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego, włókna surowego i popiołu surowego) oraz oznaczono poziom aminokwasów w próbce mączki drobiowej i poekstrakcyjnej śruty sojowej. Wyniki analiz przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Zawartość suchej masy, popiołu surowego, tłuszczu surowego, białka surowego i włókna surowego w próbkach poekstrakcyjnej śruty sojowej i mączki drobiowej (%)

Pasza	Sucha masa	Popiół surowy	Tłuszcz surowy	Białko surowe	Włókno surowe
Poekstrakcyjna śruta sojowa	89,29	6,31	1,97	45,98	3,20
Mączka drobiowa	88,59	10,64	20,54	51,48	0,15*

*Wynik poniżej zakresu oznaczeń metody.

Tabela 2. Zawartość aminokwasów w próbkach poekstrakcyjnej śruty sojowej i mączki drobiowej (g/kg paszy)

Aminokwas	Poekstrakcyjna śruta sojowa	Mączka drobiowa
Kwas asparaginowy (Asp)	58,93	42,66
Treonina (Thr)	18,76	19,22
Seryna (Ser)	23,71	32,88
Kwas glutaminowy (Glu)	81,23	53,52
Prolina (Pro)	21,37	36,84

Glicyna (Gly)	20,85	52,36
Alanina (Ala)	21,30	31,56
Walina (Val)	22,55	24,87
Izoleucyna (Ile)	22,53	19,46
Leucyna (Leu)	37,25	33,54
Tyrozyna (Tyr)	20,23	14,70
Fenylalanina (Phe)	23,87	18,92
Histydyna (His)	11,23	6,85
Lizyna (Lys)	29,21	22,15
Arginina (Arg)	34,69	33,00
Cysteina (Cys)	6,50	10,89
Metionina (Met)	5,31	6,03

Oznaczenia laboratoryjne przeprowadzono metodami:

- sucha masa – Rozporządzenie Komisji (WE) nr 152/2009 z dn. 27.01.2009 r., zał. III A,
- popiół surowy – Rozporządzenie Komisji (WE) nr 152/2009 z dn. 27.01.2009 r., zał. III M,
- tłuszcz surowy – Rozporządzenie Komisji (WE) nr 152/2009 z dn. 27.01.2009 r., zał. III H,
- białko surowe – Rozporządzenie Komisji (WE) nr 152/2009 z dn. 27.01.2009 r., zał. III C,
- włókno surowe – Rozporządzenie Komisji (WE) nr 152/2009 z dn. 27.01.2009 r., zał. III I,
- zawartość aminokwasów po hydrolizie kwaśnej i hydrolizie po utlenieniu – Rozporządzenie Komisji Europejskiej (WE) nr 152/2009 z dn. 27.01.2009 r., zał. III (Dz. U. L 54 z dn. 26.02.2009 r.).

Do badań wykorzystano mączkę drobiową standard (Poultry Meal Standard) produkowaną przez STRUGA S.A. (Saria Group). Dawki pokarmowe zostały odpowiednio zbilansowane, aby utrzymać na stałym poziomie ilość białka, tłuszczu oraz włókna.

Zbilansowano je również pod względem zawartości aminokwasów i składników mineralnych według zaleceń podanych przez Lebas (2004) dla tej grupy zwierząt.

Pełnoporcjowe, granulowane mieszanki paszowe wykonano w mieszalni pasz należącej do Instytutu Zootechniki PIB w Aleksandrowicach według doświadczalnych receptur, a zawartość składników pokarmowych obliczono na podstawie Zaleceń żywieniowych i wartości pokarmowej pasz (Gugolek, 2011).

Pełnoporcjowa, granulowana mieszanka paszowa, którą żywiono samice stada podstawowego i młodzię, według wstępnych wyliczeń zawierała około 17% białka, 4% tłuszczu i 10% włókna. Skład mieszanek przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Procentowy skład pełnoporcjowych, granulowanych mieszanek paszowych dla królików

Składowe paszy	Grupa kontrolna K	Grupa doświadczalna D1	Grupa doświadczalna D2
Śruta sojowa	13,0	9,5	7,0
Mączka drobiowa	0,00	2,5	5,0
Susz z lucerny	22,0	22,0	22,0
Otręby pszenne	18,6	18,6	18,6
Śruta jęczmienna	23,5	24,0	24,5
Śruta kukurydziana	17,0	18,0	18,0
Preparat mlekozastępczy DOLMILK DK	2,0	2,0	2,0
Fosforan wapnia	1,0	1,0	1,0
NaCl	0,4	0,4	0,4
Premiks mineralno-witaminowy	1,0	1,0	1,0
Kokcydiostatyk	0,5	0,5	0,5
Olej rzepakowy	1,0	0,5	0,0
Razem	100	100	100
Białko	17,18	17,00	17,19
Tłuszcz	3,83	3,84	3,82
Włókno	9,45	9,39	9,33

W doświadczeniu we wszystkich mieszankach zastosowano premiks mineralno-witaminowy dla królików, którego skład podano w tabeli 4.

Tabela 4. Skład premiksu mineralno-witaminowego

Składowe premiksu	Zawartość
Witaminy:	
A	1 000 000 j.m./kg
D ₃	150 000 j.m./kg
E (Dl-Alpha Tokoferol)	2 727 mg/kg
K ₃	52 mg/kg
B ₁	50 mg/kg
B ₂	400 mg/kg
B ₃	2000 mg/kg
B ₅	786 mg/kg
B ₆	50 mg/kg
B ₁₂	1 500 mcg/kg
biotyna	10 000 mcg/kg
chlorek choliny	12 500 mg/kg
kwask foliowy	57 mg/kg
Minerały:	
Fe	5 000 mg/kg
Mn	7 500 mg/kg
Cu	750 mg/kg
Zn	5000 mg/kg
I	100 mg/kg
Co	100 mg/kg
Se	20 mg/kg
Ca	33,2 mg/kg

Samice stada podstawowego były żywione systemem dawkowanym (zgodnie z Zaleceniami żywieniowymi i wartością pokarmową pasz, Gugolek, 2011) – od 150 g paszy podczas spoczynku do 300 g paszy w czasie ciąży i odchowu młodych do 21. dnia życia. Po tym okresie dawki zwiększano odpowiednio do potrzeb rosnącej młodzieży. Króliczeta od odsadzenia do 90. dnia życia żywione były *ad libitum* pełnoporcjowymi, granulowanymi mieszankami paszowymi, takimi jak w okresie odchowu przy matkach.

Po sporządzeniu pełnoporcjowych, granulowanych mieszanek paszowych z każdej wyprodukowanej partii pasz pobrano z 7 miejsc próbki cząstkowe do przeprowadzenia podstawowych analiz chemicznych (sucha masa, popiół surowy, białko surowe, tłuszcz surowy, włókno surowe, bezazotowe związki wyciągowe – BNW, włókno neutralno-detergentowe – NDF, włókno kwaśno-detergentowe – ADF, lignina kwaśno-detergentowa – ADL) oraz badania poziomu zawartości aminokwasów i wyższych kwasów tłuszczowych. Analizę podstawową i oznaczenie poziomu aminokwasów przeprowadzono metodami opisanymi wyżej dla próbek mączki mięsno-kostnej drobiowej i poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Fracje włókna NFD, ADF i ADL oznaczono metodami:

- Method 2002.04 Amylase – Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, 2005.
- Method 973.18 Fiber (Acid Detergent) and Lignin (H₂SO₄) in Animal Feed. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, 2005.

Oznaczenie poziomu wyższych kwasów tłuszczowych wykonano metodą chromatografii gazowej P015, wydanie 2 z dn. 02.03.2016 r. na aparacie SHIMADZU GC-2010 Plus. Kolumna Rtx 2330, 105 m, 0,32 mm, 0,2 micron. Kwasy wyrażono w g na 100 g wszystkich oznaczonych kwasów tłuszczowych.

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych zamieszczono w tabelach od 5 do 7.

Tabela 5. Skład chemiczny (%) i wartość energetyczna brutto (MJ/kg) mieszanek paszowych

Wyszczególnienie	Mieszanka paszowa		
	K	D1	D2
Sucha masa	90,53	89,61	89,59
Popiół surowy	5,84	5,88	5,99
Substancja organiczna	84,69	83,73	83,60
Białko surowe	15,86	15,69	15,87
Tłuszcz surowy	2,68	3,11	3,58
Włókno surowe	9,64	9,56	9,52
Związki bezazotowe wyciągowe	56,51	55,37	54,63
NDF	32,39	31,84	31,04
ADF	22,30	20,91	20,09
ADL	3,82	3,57	3,54
Energia brutto	15,40	15,32	15,39

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze,
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej,
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej.

Tabela 6. Wyniki analizy wyższych kwasów tłuszczowych w próbkach mieszanki paszowej (g/100 g wszystkich kwasów tłuszczowych)

Kwasy tłuszczowe	Mieszanka paszowa		
	K	D1	D2
C _{8:0}	0,00	0,00	0,00
C _{10:0}	0,00	0,00	0,00
C _{12:0}	0,00	0,00	0,00
C _{14:0}	0,46	0,66	0,55
C _{16:0}	16,18	21,41	19,61
C _{16:1}	0,36	2,43	1,46
C _{18:0}	2,45	3,80	3,14
C _{18:1}	35,01	27,03	30,26

C _{18:2n-6}	35,24	36,72	35,99
Gamma C _{18:2}	0,06	0,07	0,05
C _{20:0}	0,38	0,28	0,31
C _{18:3n-3}	9,44	7,10	8,16
C _{22:0}	0,31	0,24	0,26
C _{20:4n-6}	0,01	0,19	0,11
C _{22:1}	0,10	0,06	0,09
C _{20:5n-3} (EPA)	0,01	0,01	0,00
C _{22:6n-3} (DHA)	0,00	0,00	0,00
SFA	19,78	26,40	23,87
UFA	80,22	73,60	76,13
MUFA	35,47	29,52	31,81
PUFA	44,75	44,09	44,32
PUFA _{n-6}	35,30	36,98	36,16
PUFA _{n-3}	9,44	7,11	8,16
DFA	82,67	77,41	79,28
UFA/SFA	4,06	2,79	3,19
MUFA/SFA	1,79	1,12	1,33
PUFA/SFA	2,26	1,67	1,86
PUFA6/3	3,74	5,20	4,43

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze,
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej,
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej.

Tabela 7. Zawartość aminokwasów w próbkach mieszanek paszowych (g/kg)

Aminokwasy	Mieszanka paszowa		
	K	D1	D2
Kwas asparaginowy	14,23	13,29	12,81
Treonina	5,76	5,54	5,25
Seryna	7,33	7,65	7,19
Kwas glutaminowy	27,09	25,78	25,87

Prolina	10,09	10,90	10,28
Glicyna	7,24	8,92	7,57
Alanina	7,83	8,41	7,52
Walina	6,92	7,15	6,86
Izoleucyna	6,14	6,00	5,77
Leucyna	11,72	11,45	10,85
Tyrozyna	4,60	4,31	4,37
Fenylalanina	6,52	6,09	5,97
Histydyna	3,95	3,56	3,32
Lizyna	8,84	8,00	7,66
Arginina	8,65	8,24	7,56
Cysteina	2,67	2,83	2,79
Metionina	2,50	2,46	2,37

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze,
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej,
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej.

4.3. Wyniki produkcyjne królic i młodzięży

Samice, które brały udział w doświadczeniu, mieściły się w przedziale wiekowym od 6 do 7 miesięcy i wszystkie były już raz kryte, wydając potomstwo. Do badań nie brano pierwiastek ze względu na niższe wyniki produkcyjne (częste niszczenie miotów). Drugi miot w wielu eksperymentach naukowych jest uznawany za najbardziej reprezentatywny. Samice kryto dwukrotnie tym samym samcem; drugie krycie odbywało się w odstępie godziny po pierwszym.

W celu oceny wyników produkcyjnych królic określono:

- procent samic wykończonych,
- liczebność miotu po urodzeniu, w 21. i 35. dniu życia,
- masę miotu po urodzeniu, w 21. i 35. dniu życia,
- przyrosty dzienne do 21. i 35. dnia życia,
- procent odchowanych królicząt do wieku 35 dni.

W celu oceny wyników produkcyjnych młodych królików określono:

- masę ciała 1 sztuki w wieku 35, 56, 70 i 90 dni,
- przyrosty masy ciała od 35. do 56., 77. i 90. dnia życia,
- zużycie paszy na 1 kg przyrostu,
- procent padnięć od 35. do 90. dnia życia.

4.4. Badania smakowitości mieszanek paszowych zawierających mączki drobiowe

Badania smakowitości mieszanek paszowych zawierających mączki drobiowe wykonano na odrębnej grupie 16 królików nowozelandzkich białych – samców, które nie brały udziału w eksperymencie produkcyjnym. Zwierzęta umieszczono po 2 osobniki, które traktowano jako jeden element doświadczenia (n=8) w typowych klatkach do odchowu, które zostały wyposażone jednak w trzy karmidła samozasypowe. Badania prowadzono w okresie od 40. do 68. dnia życia królików. Zwierzęta wykorzystane do tego etapu badań nie były poprzednio żywione żadną z badanych pasz.

Badania prowadzono zmodyfikowanym testem wolnego wyboru, wykorzystywanym w Polsce do tego typu badań u królików (Strychalski i in., 2014 a; Zwoliński i in., 2015). Królikom podawano jednocześnie do karmideł samozasypowych do wyboru trzy badane mieszanki paszowe: K, D1 i D2. Pierwsze 14 dni eksperymentu traktowano jako okres wstępny, podczas którego zwierzęta zapoznawały się ze zmienionymi warunkami oraz położeniem karmideł z poszczególnymi paszami. Badania właściwe trwały kolejne 14 dni. Przez cały okres badań podawano zwierzętom stale uzupełniane badane mieszanki paszowe w takiej ilości, aby przekraczały możliwość całkowitego zjedzenia jednej z nich. Zawsze więc miały możliwość spożycia dowolnej paszy. Notowano ilości podawanych mieszanek paszowych, a po zakończeniu badań zważono niewyjady pozostałe w karmidłach. Umożliwiło to obliczenie procentowego udziału pobierania badanych mieszanek paszowych przez króliki z poszczególnych klatek. Wyższy poziom pobrania świadczył o większej smakowitości paszy.

4.5. *Badania strawnościowe*

Do badań strawnościowych wykorzystano 24 króliki rasy nowozelandzkiej białej (12 samców i 12 samic), które nie brały udziału w eksperymencie produkcyjnym. Zwierzęta podzielono losowo, analogicznie jak w poprzednim doświadczeniu, na trzy grupy z uwzględnieniem płci, pochodzenia i masy ciała: K, D1 i D2. Czynnikiem doświadczalnym, podobnie jak w badaniach produkcyjnych, był udział mączki drobiowej w mieszance paszowej. Wszystkie króliki w momencie rozpoczęcia doświadczenia były w wieku 40 dni. Całe badanie trwało 20 dni. Pierwsze 10 dni zaliczono do tzw. okresu wstępnego – zwierzęta przyzwyczajały się wówczas do zmienionych warunków utrzymania i żywienia, kolejne 10 dni to okres właściwy, podczas którego zbierano kolekcję kału.

Króliki utrzymywano pojedynczo w specjalnie przygotowanych klatkach, przystosowanych do ilościowego zbierania kału. Zwierzęta karmiono raz dziennie o tej samej porze dawkami w ilości 150 g badanych mieszanek paszowych przy stałym dostępie do wody pitnej. Niezjedzone resztki paszy i wydalony kał zbierano codziennie i ważono z dokładnością do 1 g. Kał zamrożono, a po zakończeniu doświadczenia zarówno próbki kału, jak i paszy podsuszone i zmielono. Tak przygotowane próbki zostały przekazane do laboratorium w celu oznaczenia składu chemicznego (suchej masy, popiołu surowego, substancji organicznej, białka surowego, tłuszczu surowego, frakcji NDF, ADF, ADL oraz wartości energetycznej brutto).

Zawartość poszczególnych składników pokarmowych w paszy i kale oznaczono metodami podanymi powyżej. Związki bezazotowe wyciągowe obliczono odejmując od suchej masy sumę białka surowego, popiołu surowego, tłuszczu surowego i włókna surowego. Substancje organiczne wyliczono z różnicy suchej masy i popiołu surowego.

Oznaczenie zawartości azotu ogólnego przeprowadzono metodą Kjeldahla przy pomocy aparatu FOSS 2200 Kjeltec Auto Distillation firmy TECATOR. Zawartość ekstraktu eterowego oznaczono metodą Soxhleta, stosując aparat FOSS SOXTEC SYSTEM 2043. Poziom włókna surowego oznaczono wykorzystując System FOSS Fibertec TM 2010 firmy TECATOR.

Współczynniki strawności (WS) składników pokarmowych i energii obliczono metodą bilansową stosowaną w tego typu badaniach (Volek i Marounek, 2009; Strychalski i in., 2014 a; Gugolek i in., 2015). Strawność składników pokarmowych wyliczono zgodnie ze wzorem:

$$WS = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

gdzie *a* to ilość składnika pokarmowego w paszy, natomiast *b* w kale.

Fracje włókna NDF, ADF, ADL oznaczono przy pomocy metod:

- Method 2002.04 Amylase – Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, 2005.
- Method 973.18 Fiber (Acid Detergent) and Lignin (H₂SO₄) in Animal Feed. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, 2005.

4.6. *Analiza jakościowa mięsa*

Po zakończeniu odchowu doświadczalnego z każdej grupy wybrano losowo po 10 sztuk królicząt z przedziału od 2500 do 2700 g masy ciała. Zwierzęta po dobowym przegłodzeniu ubito w ubojni przyzakładowej zgodnie z obowiązującą metodyką dla tej grupy zwierząt (ogłuszenie pałką) w jednakowych dla wszystkich grup warunkach technologicznych. Przez cały czas uboju i obróbki poubojowej tuszki miały przymocowane indywidualne znaczki umożliwiające identyfikację.

Bezpośrednio po uboju przeprowadzono analizę rzeźną. Zbierano następujące dane: masa ciała królika po dobowym przegłodzeniu, masa części jadalnych (tuszka wraz z głową, wątroba, serce, nerki, płuca), masa odpadów (skóra z okrywą włosową, krew, skoki, przewód pokarmowy) oraz straty poubojowe. Wydajność rzeźna została obliczona wg wzoru Niedźwiadka (1981) jako stosunek masy tuszki ciepłej z głową do masy zwierzęcia przed ubojem wg wzoru:

$$WR (\%) = \frac{MT \times 100}{MC}$$

gdzie:

WR – wydajność rzeźna (%),

MT – masa tuszki bez podrobów (g),

MC – masa ciała przed ubojem (g).

oraz jako stosunek masy tuszki ciepłej z głową i podrobami do masy zwierzęcia przed ubojem według wzoru:

$$WR (\%) = \frac{(MT + MP) \times 100}{MC}$$

gdzie:

WR – wydajność rzeźna (%),

MT – masa tuszki (g),

MP – masa podrobów (wątroba, nerki, płuca, serce) (g),

MC – masa ciała przed ubojem (g).

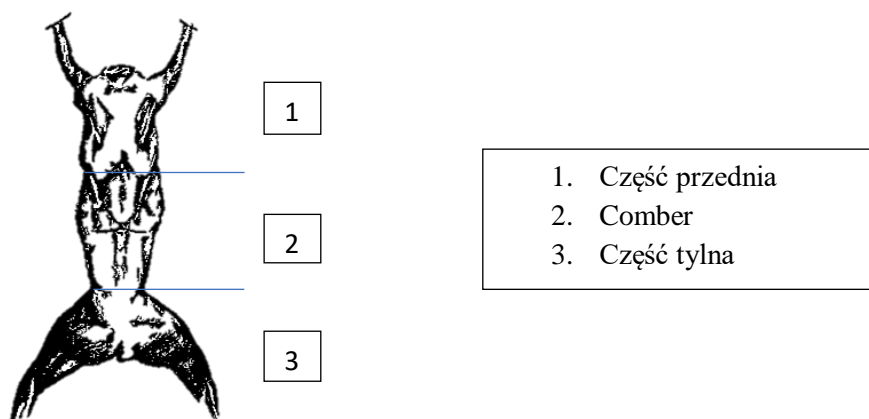
Po uboju przeprowadzono pomiar pH treści pokarmowej żołądka i jelita ślepego za pomocą mikroprocesorowego pH-metru CyberScan PH 10 PMMV METER. Pomiary wykonano z dokładnością do 0,01%.

Pomiaru pH dokonano również w mięśniach tylnej nogi (*m. biceps femoris*) oraz combra (*m. longissimus lumborum*) po 45 minutach po uboju (pH₄₅) oraz po 24-godzinnym chłodzeniu w temperaturze 4°C (pH_{24h}). W badaniach tych wykorzystano to samo urządzenie co wyżej.

Po 24-godzinnym schłodzeniu (temp. 4°C) tuszki podzielono na części zasadnicze:

- głowę – po cięciu w stawie potylicznym,
- część przednią – po cięciu między ostatnim kręgiem piersiowym a pierwszym kręgiem lędźwiowym,
- comber – po cięciu za ostatnim kręgiem lędźwiowym,
- część tylną – która pozostała po odcięciu combra, obejmującą okolice krzyżową wraz z tylnymi nogami.

Uzyskane elementy (część przednia, comber i część tylna) poddano dysekcji według metodyki opisanej przez Bieńka (1997) (ryc. 1).



Ryc. 1. Podział tuszki króliczej

Po dysekcji do dalszych badań pobrano mięśnie tylnej nogi króliczej (lewa) (mięsień dwugłowy uda – *m. biceps femoris*) i combra (mięsień najdłuższy lędźwi – *m. longissimus lumborum*), gdzie oznaczono:

- a) podstawowy skład chemiczny (sucha masa, popiół całkowity, tłuszcz wolny, białko całkowite),
- b) poziom wyższych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa,
- c) poziom cholesterolu całkowitego,
- d) poziom aminokwasów.

Analizy zawartości suchej masy, popiołu całkowitego, tłuszczu wolnego i białka całkowitego wykonano metodami:

- Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, Method 950.46 Moisture in Meat;
- Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, Method 991.36 Fat (Crude) In Meat and Meat Products;
- Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, Method 920.153 Ash of Meat;
- Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, Method 981.10 Crude Protein in Meat.

Oznaczenie zawartości cholesterolu całkowitego metodą GC w mięsie oraz mleku w proszku wykonano metodą SOP M.023a, wersja 2 z 27.01.2020.

Oznaczenie poziomu wyższych kwasów tłuszczowych – metodą opisaną już wcześniej dla mieszanek paszowych.

Oznaczenie zawartości aminokwasów w kwaśnych hydrolizatach pasz i materiału biologicznego – metodą SOP M.004, wydanie 8 z 27.01.2020.

Oznaczenie zawartości cystyny/cysteiny i metioniny – po uprzednim utlenieniu w kwaśnych hydrolizatach pasz i materiału biologicznego – metodą SOP M.005, wydanie 8 z 27.01.2020.

Wymienione metody wykorzystano na podstawie: Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, Method 994.12 Amino Acids in Feeds, 2007.

Oznaczenie zawartości tryptofanu w zasadowych hydrolizatach pasz i materiału biologicznego – metodą SOP M.006, wydanie 6 z 27.01.2020.

4.7. *Badania biochemiczne krwi*

Podczas skrwawiania pobrano od wszystkich ubijanych sztuk próbki krwi do analiz biochemicznych, oznaczając w nich poziom:

- a) aminotransferazy alaninowej (ALT) i aminotransferazy asparaginowej (AST),
- b) mocznika,
- c) glukozy,
- d) białka całkowitego,
- e) cholesterolu całkowitego,
- f) LDH (dehydrogenazy mleczanowej).

Analizy wykonano przy użyciu półautomatycznego analizatora biochemiczno-weterynaryjnego RT 1904C o zakresie odczytu 0.000–3.500 Abs i zakresie pomiaru 0.000–2.500 Abs, współpracującym z dedykowanym systemem szybkich testów diagnostycznych RTS (Reaction Tube System).

4.8. Badania mikrobiologiczne paszy oraz treści jelita cienkiego i ślepego

Po 24 godzinach od wykonania paszy w mieszalni pobrano po jednej próbce (z 7 miejsc) z każdej grupy do badań mikrobiologicznych i umieszczono je w jałowych pojemnikach.

Po uboju królików z wypreparowanego przewodu pokarmowego pobrano do jałowych pojemników próbki treści pokarmowej z jelita cienkiego i ślepego. Dla każdej analizowanej grupy utworzono próbkę zbiorczą i poddano ją homogenizacji w warunkach laboratoryjnych. Z każdej naważki (zarówno paszy, jak i treści jelit) pobrano próbkę, którą umieszczono w sterylnej butelce zawierającej 90 ml płynu Ringera. Tak uzyskane próbki homogenizowano przez 5 minut, a następnie pozostawiano w celu sedymentacji materiału przez kolejne 15 min. Z otrzymanej zawiesiny sporządzono szereg dziesiętnych rozcieńczeń. Tak przygotowane rozcieńczenia wysiewano powierzchniowo w ilości 0,1 ml na uprzednio przygotowane na płytkach Petriego podłoża mikrobiologiczne.

W próbkach treści pokarmowej królików oznaczono:

- ogólną liczbę bakterii tlenowych mezofilnych – na podłożu agar wzbogacony przez 48 h w temperaturze 37°C (BTL Polska Sp. z o.o.);
- ogólną liczbę grzybów i pleśni – na podłożu Sabouarda przez 5–7 dni w temp. 25°C (BTL Polska Sp. z o.o.);
- liczbę bakterii grupy *coli* – na podłożu Endo less przez 18–24 h w temp. 37°C (BTL Polska Sp. z o.o.);
- liczbę bakterii *E. coli* – na podłożu mFC przez 18–24 h w temp. 44°C (BTL Polska Sp. z o.o.);
- liczbę bakterii kwasu mlekowego z rodzaju *Lactobacillus* – na podłożu MRS przez 3–5 dni w temp. 30°C (BTL Polska Sp. z o.o.);
- liczbę bakterii *Clostridium sp.*, redukujących siarczany (IV) – rosnących w warunkach beztlenowych na podłożu TSC przez 48 h w temp. 37°C (Biomerieux Polska Sp. z o.o.). Materiał inkubowano w warunkach beztlenowych wykorzystując aerobagi oraz paski wskaźnikowe zużycia tlenu;
- obecność pałeczek *Salmonella sp.* – na podłożu SS (*Salmonella-Schigella* oraz XLD) z przednamnażaniem w zbuforowanej wodzie peptonowej i podłożu Rappaport-Vassiliadis (BTL Polska Sp. z.o.o) przez 24 h w temp. 37°C. Identyfikację

prowadzono testami API (BioMerieux Polska Ltd.) oraz wykorzystując surowice poliwalentne (Biomed S.A);

- obecność *Listeria sp.* – na podłożu bulionowym Frasera z dodatkiem suplementu selektywnego z przednamnażaniem w temp. 30°C przez 24 h. Przesiewano następnie na podłoże chromogenne i inkubowano przez 48 h w 37°C oraz prowadzono wstępną identyfikację (EN ISO 11290-1/A1:2005).

Każdą przygotowaną próbkę, zarówno paszy jak i treści jelit, wysiewano na jałowe podłoża w trzykrotnym powtórzeniu. Po odpowiedniej inkubacji zliczano wyrosłe kolonie automatycznym licznikiem Scan 300 (Innerscience Laboratories, Francja) i przeliczano korzystając z obowiązujących norm PN-ISO 4832, PN-EN ISO 7218. Z kolei, wyznaczono liczbę poszczególnych typów morfologicznych wyrażoną wartością jednostek tworzących kolonie w 1 g badanej treści jelit [cfu/g].

W tabeli 8 przedstawiono liczebność mikroorganizmów w próbkach paszy.

Tabela 8. Liczebność mikroorganizmów w próbkach paszy królików – mikrobiologia paszy (cfu/g paszy)

Wyszczególnienie	Grupy		
	K	D1	D2
Ogólna liczba bakterii tlenowych mezofilnych	3,5x10 ⁵	3,3 x10 ⁵	2,3 x10 ⁵
Ogólna liczba grzybów i pleśni	3,2 x10 ²	9,1 x10 ¹	4,5 x10 ¹
Liczba bakterii kwasu mlekowego z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	1,8 x10 ²	6,8 x10 ²	8,6 x10 ²
Liczba bakterii grupy coli	nz.	nz.	nz.
Liczba bakterii <i>E. coli</i>	nz.	nz.	nz.
Liczba bakterii <i>Clostridium sp.</i>	nz.	nz.	nz.
Obecność pałeczek rodzaju <i>Listeria sp.</i>	nz.	nz.	nz.
Obecność pałeczek rodzaju <i>Salmonella sp.</i>	nz.	nz.	nz.

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
nz. – nie zidentyfikowano.

4.9. *Obliczenia statystyczne*

Uzyskane wyniki doświadczenia opracowano statystycznie w układzie jednoczynnikowym przy użyciu analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi w grupach szacowano stosując wielokrotny test rozstępu Duncana. Obliczenia wykonano pakietem statystycznym Statistica 13.1 PL.

5. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

5.1. Wyniki produkcyjne królic i młodzięży

W doświadczeniu utworzono trzy grupy żywieniowe po 10 samic królików rasy nowozelandzkiej białej w każdej. W prowadzonym eksperymencie wykocilo się po 100% samic w każdej grupie. W tabeli 9 przedstawiono wyniki dotyczące ich rozrodu, obejmujące: liczebność i masę miotu w poszczególnych dniach życia, przyrosty i procent królicząt odchowanych do 35. dnia życia.

Tabela 9. Liczebność i masa miotu po urodzeniu, w 21. i 35. dniu życia królicząt oraz przyrosty dzienne i procent odchowu do 35. dnia życia (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Liczebność w dniu urodzenia (szt.)	5,50±0,54	5,80±0,24	5,50±0,54	0,871
Liczebność w 21. dniu życia (szt.)	5,20±0,44	5,60±0,22	5,20±0,53	0,741
Liczebność w 35. dniu życia (szt.)	5,10±0,41	5,50±0,26	5,10±0,57	0,753
Masa miotu po urodzeniu (g)	325,5±25,1	352,5±11,3	329,0±28,5	0,667
Masa miotu w 21. dniu życia (g)	1768,5±134,5	1928,0±105,8	1775,0±179,6	0,676
Masa miotu w 35. dniu życia (g)	4315,0±336,5	4966,0±252,1	4618,0±479,8	0,467
Masa 1 szt. w dniu urodzenia (g)	60,31±1,54	61,04±0,89	60,55±1,06	0,909
Masa 1 szt. w 21. dniu życia (g)	343,2±6,61	343,2±11,09	343,4±10,8	0,999
Masa 1 szt. w 35. dniu życia (g)	849,5±22,3 ^b	902,3±4,74 ^b	913,5±10,6 ^a	0,009
Przyrosty 1 szt. do 21. dnia życia (g)	13,47±0,29	13,44±0,46	13,47±0,51	0,998
Przyrosty 1 szt. do 35. dnia życia (g)	22,54±0,62 ^b	24,04±0,14 ^b	24,36±0,28 ^a	0,008
Przyrosty 1 szt. od 21. do 35. dnia życia (g)	36,16±1,63 ^b	39,93±0,91 ^b	40,71±1,22 ^a	0,043
Odchowane króliczeta do wieku 35 dni życia (%)	94,58±2,92	94,90±2,62	92,90±4,18	0,900

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;

D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);

SEM – błąd standardowy średniej.

Najwyższą średnią liczebnością miotu przy urodzeniu charakteryzowały się zwierzęta z grupy D1 – 5,80 szt. W grupach K i D2 średnia liczebność miotu wynosiła natomiast w obu przypadkach 5,50 osobnika. Uzyskany wynik we wszystkich grupach należy uznać za dobry. W krajowych warunkach średnia liczebność miotów urodzonych przez samice królików tej rasy podawana przez Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt wynosiła w 2017 r. – 4,8, w 2018 – 4,7, a w 2019 – 5,2 szt. (Hodowla Zwierząt..., 2019; Hodowla Zwierząt..., 2020). W krajowych publikacjach naukowych liczebności miotów u królików nowozelandzkich białych podają między innymi Kołodziejczyk i in. (2012) oraz Pałka i in. (2017). W obu przypadkach były one wyższe niż w podano w tabeli 13. W pierwszej z wymienionych prac wahały się od 6,92 do 8,12, a w drugiej wyniosły 6,47 szt. Mady i in. (2018) podają średnie liczebności miotów królików tej rasy w granicach od 4,56 do 4,67 szt.

Liczebności miotów w 21. dniu życia królicząt wynosiły w grupie kontrolnej 5,20, w D1 – 5,60, a w D2 – 5,20 szt., w 35. dniu odpowiednio; 5,10, 5,50 i 5,10 szt. Wyliczony wskaźnik odchowu do 35. dnia życia wyniósł w grupie kontrolnej 94,58%, natomiast w grupach doświadczalnych 94,90 i 92,90%. Pomiędzy grupami nie stwierdzono statystycznie potwierdzonych różnic.

Według Krajowego Centrum Hodowli Zwierząt liczba królicząt nowozelandzkich białych odchowanych w latach 2017–2019 wahała się od 4,1 do 4,5 szt., a procent odchowu od 86,8 do 88,6% (Hodowla Zwierząt..., 2019; Hodowla Zwierząt..., 2020). Kołodziejczyk i in. (2012) podają zakres liczebności miotów odchowanych w granicach od 5,9 do 7,8 osobnika. W publikacji Mady i in. (2018) samice królików nowozelandzkich białych traciły podczas odchowu więcej młodych, a wyliczone wskaźniki oscylowały na poziomie nieco ponad 70%. Zatem, wyniki odchowu, które zostały uzyskane w doświadczeniu można uznać za dobre.

Największą masę miotu przy urodzeniu stwierdzono w grupie D1 – 352,5 g, co było związane z większą liczbą urodzonych królicząt. Masa miotu w 21. i 35. dniu życia utrzymała tę samą tendencję.

Masa pojedynczego osobnika przy urodzeniu była najwyższa w grupie D1 (61,04 g), a w grupach K i D2 wartości te wynosiły odpowiednio: 60,31 i 60,55 g. Brahmantiyo i in. (2017) podają niższe wartości dotyczące masy ciała królicząt tej rasy przy urodzeniu – 50,4

g. Autorzy ci zwracają w swojej pracy uwagę na znaczną zmienność masy urodzeniowej i znaczący wpływ wielu czynników, z których za najważniejszy uważają liczebność miotu. W badaniach tych autorów króliki nowozelandzkie białe w wieku trzech tygodni osiągnęły masę ciała 230 g, a w wieku sześciu tygodni – 622 g. Mady i in. (2018) podają średnią urodzeniową masę ciała dla królików rasy nowozelandzkiej białej na poziomie 53 g.

Masa ciała królicząt w 35. dniu życia i przyrosty do 35. dnia oraz za okres od 21. do 35. dnia wskazują na szybszy wzrost królicząt pochodzących od matek żywionych dawkami w dodatkiem mączki drobiowej. W przypadku tych parametrów stwierdzono wystąpienie statystycznie istotnych różnic na korzyść grup doświadczalnych. Masa ciała w 35. dniu w grupie K była o 52,8 g niższa niż w D1 i o 64 g niż w D2. Przyrost do 35. dnia w grupie K wynosił 22,54 g, w D1 – 24,04 g, a w D2 – 24,36 g, natomiast liczony od 21. do 35. dnia odpowiednio w: 36,16, 39,93 i 40,71 g. W tym okresie króliczeta oprócz mleka matki pobierały również paszę stałą.

Pomimo znacznej liczby prac naukowych dotyczących stosowania różnorodnych pasz pochodzenia zwierzęcego w żywieniu królików, które przedstawiono w rozdziale „Wstęp i przegląd piśmiennictwa” dyskusja na temat uzyskanych wyników rozrodu jest trudna. Większość cytowanych badań wykonano niestety na odsadzonych zwierzętach, natomiast nieliczne doświadczenia, które dotyczą poruszanego zagadnienia (rozrodu) przeprowadzono w bardzo zróżnicowanych warunkach geograficznych i żywieniowych, co utrudnia porównanie z badaniami własnymi (Akzuawa i in., 1978; Prasad i Karim, 1998; Ojebiyi i in., 2014; Alemede i in., 2014; Karikari i in., 2011).

Akuzawa i in. (1978) wskazują, że istnieje możliwość żywienia – odchowu młodych królików mlekiem zastępczym i preparatami mlekozastępczymi sporządzonymi na bazie mleka innych gatunków zwierząt.

Prasad i Karim (1998) wykorzystywali dodatek mączki rybnej w ilości 5 do 8% do różnicowania poziomu białka i energii w dietach ciężarnych samic. Autorzy nie stwierdzili wyraźnego wpływu jej dodatku na wyniki rozrodu samic. Według nich to nie źródło białka czy energii jest istotne, lecz ich poziom.

Karikari i in. (2011), którzy podawali samicom paszę bez lub z dodatkiem 7 i 14% mączki rybnej stwierdzili, że spowodowała ona wzrost masy ciała urodzonych królicząt, jednak liczebność miotów w dniu porodu i przy odsadzeniu była niższa w grupach doświadczalnych. Wykazali zależność, według której – im większy był dodatek mączki rybnej, tym mniej liczebne były mioty.

Alemede i in. (2014) przedstawili ciekawe badania nad wpływem dodatku do paszy suszonych bydłych przewodów pokarmowych na wyniki rozrodu samic. W tym celu w dawkach doświadczalnych T2, T3 i T4 zastosowano odpowiednio dodatek 7,43, 19,31 i 35,68% badanej paszy. Stwierdzono, że liczebność miotu przy urodzeniu była statystycznie wyższa w grupie kontrolnej (5,25) i T3 (6,75) niż w grupach T2 (3,75) i T4 (4,25). Liczebność miotów przy odsadzeniu i wskaźniki odchowu wynosiły natomiast odpowiednio: 3,75, 3,00, 5,50 i 4,00 sztuki królicząt i 64,58, 70,00, 64,30 i 54,00%. Zatem, najlepsze wyniki uzyskano w grupie, w której dodatek suszonych bydłych przewodów pokarmowych stanowił 19,31%. Również w tej grupie stwierdzono najwyższą masę miotu przy urodzeniu i przy odsadzeniu.

W podsumowaniu opisanych w tym podrozdziale wyników rozrodu należy stwierdzić, że dodatek 2,5 i 5% mączki drobiowej nie wpłynął negatywnie na wyniki rozrodu królików. Trzeba jednak zauważyć, że zagadnienie wpływu pasz pochodzenia zwierzęcego na rozród królików nie jest dostatecznie poznane, stąd badania tego typu powinny być dalej kontynuowane.

W tabeli 10 przedstawiono masę ciała królików w wieku 35, 56, 77 i 90 dni, przyrosty oraz zużycie paszy za cały okres odchowu w badanych grupach żywieniowych.

Tabela 10. Masa ciała królików w wieku 35, 56, 70 i 90 dni, przyrosty za okres 35–56, 35–77, 35–90 dni, przyrosty dzienne oraz zużycie paszy za cały okres odchowu (n=20/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Masa ciała w 35. dniu życia (g)	991,5±18,5	989,0±23,6	969,5±26,8	0,766
Masa ciała w 56. dniu życia (g)	1644,0±48,2	1544,7±39,7	1529,5±56,1	0,202
Masa ciała w 70. dniu życia (g)	2197,2±58,9	2087,2±52,8	2032,2±60,5	0,127
Masa ciała w 90. dniu życia (g)	2780,5±53,2	2669,7±42,2	2686,5±55,5	0,257
Przyrost za okres 35–56 dni życia (g)	652,5±39,5	555,7±38,8	560,0±45,6	0,184
Przyrost za okres 35–70 dni życia (g)	1205,7±48,5	1098,2±48,8	1062,7±51,1	0,113
Przyrost za okres 35–90 dni życia (g)	1789,0±45,8	1680,7±41,0	1717,0±46,0	0,222

Przyrosty dzienne do 56. dnia życia (g)	31,0±1,88	26,5±1,85	26,7±2,17	0,184
Przyrosty dzienne do 70. dnia życia (g)	34,4±1,38	31,4±1,39	30,4±1,46	0,113
Przyrosty dzienne do 90. dnia życia (g)	32,5±0,83	30,6±0,74	31,2±0,83	0,222
Zużycie paszy na 1 kg przyrostu (kg)	3,38±0,10	3,29±0,15	3,32±0,10	0,879

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
SEM – błąd standardowy średniej.

W dniu rozpoczęcia badań dotyczących żywienia młodych królików mieszankami z udziałem mączki drobiowej zwierzęta wszystkich grup były w tym samym wieku – 35 dni i posiadały zbliżoną masę ciała, wahającą się w granicach od 969,5 do 991,5 g. Podobną masę ciała dla tej rasy królików, odsadzanych w tym samym wieku podają Zeweil i in. (2008), Purwin i in. (2019) oraz Strychalski i in. (2020). W badaniach opisanych przez Kowalską i in. (2021) i Strychalskiego i in. (2021) masa ta była niższa – oscylowała w granicach od 770 do 790 g. Jak podają Brahmantiyo i in. (2017), masa ciała odsadzanych królików jest często różnicowana, co zwykle jest związane z mlecznością samic, liczebnością miotu i żywieniem od momentu, kiedy młode oprócz mleka matki zaczynają pobierać również paszę stałą.

W wieku 56, 70 i 90 dni najwyższą masą ciała charakteryzowały się króliki z grupy kontrolnej, jednak w porównaniu z grupami doświadczalnymi nie stwierdzono statystycznego różnicowania. Uzyskane w poszczególnych ważeniach wartości masy ciała należy uznać za typowe dla królików rasy nowozelandzkiej białej. Świadczy to o prawidłowym rozwoju zwierząt we wszystkich grupach. Zbliżone wartości masy ciała można znaleźć w publikacji Kowalskiej i in. (2021).

Bardzo istotna z ekonomicznego punktu widzenia produkcji żywca jest masa ciała w chwili uboju. Po zakończeniu badań żywieniowych masa ciała zwierząt z grupy K wynosiła średnio 2780,5 g. Były one cięższe o 110,8 g od królików z grupy D1 oraz o 94 g w porównaniu z grupą D2. Uzyskane wyniki należy uznać za bardzo dobre.

W badaniach innych autorów prowadzonych na królikach rasy nowozelandzkiej białej zwierzęta te w wieku 90 dni ważyły mniej. Strychalski i in. (2020) podają zakres od 2478 do 2514 g, Kowalska i in. (2021) od 2404 do 2606 g, Purwin i in. (2019) od 2392 do 2561 g, natomiast Strychalski i in. (2021) od 2443 do 2588 g.

W grupie K zanotowano także najwyższe przyrosty, zarówno w poszczególnych okresach między pomiarami masy ciała, jak i dobowe. W okresie do 56. dnia życia przyrosty dobowe w tej grupie wynosiły 31,0 g, do 70. dnia – 34,4 g a do 90. dnia – 32,5 g. W okresie do 90. dnia przyrosty dobowe w grupie doświadczalnej D1 były niższe o 1,9 g, a w D2 o 1,3 g. Nie stwierdzono jednak statystycznie istotnego zróżnicowania pomiędzy grupami. Średnie przyrosty dobowe królików nowozelandzkich białych podczas tuczu, opisywane w innych eksperymentach, kształtowały się następująco: 27,89–28,48 g (Strychalski i in., 2020), 30,2–32,9 g (Kowalska i in., 2021), 29,6–33,2 g (Strychalski i in., 2021).

Zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała było najwyższe w grupie kontrolnej i wynosiło 3,38 kg. W grupach doświadczalnych było nieco niższe, w D1 – 3,29 kg, a w D2 – 3,32 kg. Podobnie jak w przypadku pozostałych parametrów przedstawionych w tej tabeli, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między poszczególnymi grupami.

W badaniach opisywanych przez Zeweil i in. (2008) zużycie paszy na 1 kg przyrostu wynosiło od 3,84 do 4,57 kg, Strychalskiego i in. (2020) – od 3,49 do 3,74 kg, Kowalskiej i in. (2021) od 3,62 do 3,65 kg, Strychalskiego i in. (2021) – od 3,63 do 3,65 kg. Podobne przyrosty uzyskują także króliki mięsne innych ras lub linii syntetycznych – od 3,68 do 3,87 kg (Zita i in., 2007).

W podsumowaniu uzyskanych wyników można stwierdzić, że dodatek mączki drobiowej, zarówno w ilości 2,5 jak i 5% nie miał negatywnego wpływu na masę ciała oraz przyrosty królików od odsadzenia do uboju.

5.2. Badania smakowitości mieszanek paszowych zawierających mączki drobiowe

W tabeli 11 przedstawiono wyrażone udziałem procentowym średnie pobranie mieszanek paszowych przez króliki w okresie 10 kolejnych dni właściwego okresu badań oraz spożycie minimalne i maksymalne.

Tabela 11. Smakowitość mieszanek paszowych zawierających mączki drobiowe
(n=16, średnia ±SEM)

Udział pobranych mieszanek paszowych (%)	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Średni	50,34±2,25 ^a	26,42±0,89 ^b	23,24±1,76 ^b	<0,001
Minimalny	45,15	24,17	14,82	–
Maksymalny	60,36	32,21	29,60	–

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

Uzyskane wyniki wskazują, że króliki preferowały mieszankę paszową K – bez udziału mączki drobiowej. Jej średnie pobranie wynosiło 50,34% i było statystycznie istotnie wyższe w porównaniu z mieszankami D1 i D2. Nie stwierdzono natomiast statystycznego zróżnicowania między spożyciem mieszanek doświadczalnych, zawierających 2,5 i 5% mączki drobiowej. Ich spożycie było zbliżone i wynosiło odpowiednio: 26,42 i 23,25%. Poszczególne zwierzęta podobnie reagowały na czynnik doświadczalny, czego dowodem są przedstawione w tabeli minimalne i maksymalne wartości pobrania paszy oraz wskaźnik SEM.

Trudno jest interpretować uzyskane wyniki, gdyż, jak już wspomniano, tematyka badań smakowitości pasz u królików jest stosunkowo rzadko poruszana. Na świecie zagadnienie to badali: Jonhston i in. (1989), Verschuren i in. (1990), Osakwe i Ekwe (2006), Fanimó i in. (2002), Trung i in. (2017), natomiast w Polsce: Strychalski i in. (2014 a), Strychalski i in. (2014 b) oraz Zwoliński i in. (2015). Jedynie w dwóch wymienionych publikacjach można odszukać informacje o smakowitości pasz pochodzenia zwierzęcego wykorzystywanych w żywieniu królików. Trung i in. (2017) na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że mączkę rybną z powodu swoistego zapachu charakteryzuje niska smakowitość. Wykazali także, że dodatek do mieszanki paszowej mączki z piór i mączki z krwi może ograniczać spożycie pasz, a tym samym spożycie składników odżywczych, zaburzać ich trawienie i zmniejszać tempo wzrostu tych zwierząt.

Fanimó i in. (2002) porównali wykorzystanie pięciu pasz pochodzenia zwierzęcego, takich jak: mączka z krwi, rybna, z krewetek, produktów ubocznych pochodzących

z wylęgarni i produktów ubocznych przetwórstwa drobiu. Stwierdzili oni, że zwierzęta otrzymujące mączkę z krwi pobierały mniej paszy, miały niższe przyrosty masy ciała i niższe wykorzystanie paszy. Należy sądzić, że obniżenie spożycia paszy wynikało z jej mniejszej smakowitości dla królików. Autorzy ci wskazują, że króliki mogą być żywione dietą z dodatkiem mączki z krewetek, która jest smakowita dla królików i wpływa pozytywnie na uzyskane wyniki produkcyjne. Nie komentują natomiast smakowitości pozostałych pasz, w tym i mączki drobiowej, co wskazuje na ich akceptowalność przez króliki. W świetle tych badań trudno wytłumaczyć niższe spożycie mieszanek D1 i D2 w eksperymencie badania smakowitości. Efektem niższej smakowitości było zapewne niższe pobranie paszy, a w konsekwencji i niższe zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała (tab. 9). Warto natomiast zauważyć, że poziom dodatku mączki drobiowej nie miał wpływu na pobranie, sama jej obecność obniżała smakowitość.

Pobranie paszy może być zatem czynnikiem, po którym można wnioskować o jej smakowitości. Na zakończenie tego podrozdziału należy jednak zauważyć, że w kilku innych publikacjach dotyczących dodatku drobiowych produktów ubocznych w żywieniu królików znajdują się informacje, że może on być z powodzeniem stosowany w żywieniu tych zwierząt, a autorzy nie wspominali o obniżeniu pobrania paszy (Ahlawat i in., 2001; Ahlawat i in., 2003). W przypadku badań nad mączką z podrobów drobiowych opisanych przez Fotso i in. (2000) stwierdzono natomiast, że króliki – w żywieniu których badana mączka była głównym źródłem białka – charakteryzowały się wyższym spożyciem paszy i znacznie lepszym tempem wzrostu niż zwierzęta otrzymujące białko roślinne. Być może wpływ na smakowitość pasz dla królików zawierających mączki drobiowe ma sposób ich wytwarzania lub elementy, z których je wyprodukowano. Zatem, w każdym przypadku akceptowalność danej mączki może być różna.

5.3. *Badania strawności*

W tabeli 12 przedstawiono wyniki dotyczące strawności składników pokarmowych i energii brutto u królików, które żywiono mieszankami paszowymi zawierającymi mączkę drobiową.

Tabela 12. Współczynniki strawności (%) składników pokarmowych i energii
(n=8/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Sucha masa	69,43±0,11	69,46±1,27	69,44±1,22	0,999
Substancja organiczna	62,67±0,08	62,86±0,46	62,19±0,97	0,739
Białko ogólne	72,30±0,22	69,47±4,03	88,93±2,08	0,801
Tłuszcz surowy	85,27±0,74	82,56±1,50	81,24±1,21	0,723
NDF	36,80±0,18 ^a	32,72±1,05 ^b	34,46±1,40	0,032
ADF	44,64±0,39	46,31±0,89	45,41±1,12	0,398
ADL	38,98±0,14 ^a	37,83±0,86 ^a	31,41±1,12 ^b	<0,001
Energia brutto	73,43±0,85	73,23±1,01	72,98±0,79	0,671

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b – średnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek do diet królików badanej mączki drobiowej w ilości 2,5 i 5% nie wpłynął statystycznie istotnie na strawność podstawowych składników pokarmowych: suchej masy, substancji organicznej, białka ogólnego oraz tłuszczu surowego. Strawność suchej masy oscylowała w granicach 89%, natomiast substancji organicznej przekraczała nieco 62%. Poziom strawności białka ogólnego w grupie K wynosił 72,30%, w D1 – 69,47%, a w D2 – 88,93%. W przypadku tłuszczu poziom strawności w kolejnych grupach wynosił odpowiednio: 85,27%, 82,56% i 81,24%. Pomimo braku statystycznie istotnego zróżnicowania zauważono tendencję do nieznacznego obniżania się poziomu strawności wraz ze wzrostem udziału mączki drobiowej w paszy królików.

Stwierdzono natomiast statystycznie istotny wpływ badanego dodatku na strawność poszczególnych frakcji włókna. Poziom strawności NDF był statystycznie istotnie wyższy w grupie K w porównaniu z D1. W przypadku ADL poziom strawności tego składnika był statystycznie istotnie wyższy w grupach K i D1 w porównaniu z grupą D2. Warto jednak przypomnieć, że strawność poszczególnych frakcji włókna jest trudna do analizy i wykazuje znaczną zmienność. Wyniki strawności NDF bardzo często wahają się w granicach 30–40%

(Volek i Marounek, 2009; Volek i Marounek, 2011; Strychalski i in., 2014 a; Gugolek i in., 2015). Strawność ADF podawana jest przez innych autorów na poziomie ponad 32%, chociaż może być też wyższa, natomiast ADL wykorzystywany jest powyżej 10% (Volek i Marounek, 2009; Strychalski i in., 2014 a; Gugolek i in., 2015; Gugolek i in., 2021).

Poziom strawności energii ocenianych dawek można uznać za typowy dla rosnących królików mięsnych żywionych paszą pełnoporcjową; był on zbliżony do wartości podanych w publikacji Strychalskiego i in. (2014 a).

W podsumowaniu uzyskanych w pracy wyników dotyczących poziomów wartości współczynników strawności poszczególnych składników pokarmowych należy uznać je za typowe w krajowych warunkach produkcyjnych. Podobne wartości zostały przedstawione w publikacjach Strychalskiego i in. (2014 b), Gugolek i in. (2015), Purwina i in. (2019). Również publikacje zagraniczne przedstawiają podobne zakresy wartości współczynników strawności (Tumová i in., 2004; Fu-Chang i in., 2004; Volek i Marounek, 2009).

Dotychczas nie opisywano wpływu mączki drobiowej na strawność składników pokarmowych. Pośrednio o jej strawności można wnioskować na podstawie wyników produkcyjnych królików, takich badań jest jednak niewiele (Ekpenyong i Biobaku, 1986; Fotso i in., 2000; Ahlawat i in., 2001; Fanimó i in., 2002; Ahlawat i in., 2003). Przedstawione w publikacjach wyniki nie są jednoznaczne. Należy jednak zwrócić uwagę, że mączki drobiowe to produkt zróżnicowany pod względem pochodzenia – może powstawać z udziałem elementów z dużym udziałem kości (łby i łapy drobiowe) lub wnętrzości drobiowych, co warunkuje skład chemiczny, a także wartość pokarmową (Fanimó i in., 2002; Ahlawat i in., 2003).

Mączka drobiowa jest szeroko stosowana jako pasza dla akwakultury i zwierząt towarzyszących.

Skład aminokwasowy mączki drobiowej jest mniej pożądanym niż mączki rybnej (Nengas i in., 1999). W artykule przeglądowym Lebas (2004) wykazał na podstawie badań różnych autorów, że mączka rybna jest lepszą paszą dla królików niż mączka drobiowa. Powodem jest znacznie większa zawartość składników odżywczych, wysoka wartość energetyczna, zawartość białka wysokiej jakości oraz łatwo przyswajalnych aminokwasów i kwasów tłuszczowych. Również Fanimó i in. (2002), którzy porównali wykorzystanie pięciu koncentratów białka zwierzęcego przez króliki (mączki: z krwi, rybna, z krewetek, z produktów ubocznych wylęgarni i z produktów ubocznych przetwórstwa drobiu) stwierdzili, że mączka drobiowa nie wyróżnia się na tle innych badanych pasz zwierzęcych.

W literaturze znajduje się wiele publikacji dotyczących wpływu innych pasz pochodzenia zwierzęcego na strawność składników pokarmowych u królików. Na podstawie tych wyników można pośrednio wnioskować o wykorzystaniu mączek drobiowych.

W badaniach Niedźwiadka i Kawińskiej (1981) do diety królików została włączona mączka z kryla jako substytut mączki rybnej i mięsno-kostnej. Stwierdzono, że zwierzęta żywione paszą z dodatkiem mączki z kryla charakteryzowały się najwyższymi przyrostami masy ciała i najkorzystniejszą strawnością składników pokarmowych.

Prasad i in. (1996 a,b) oraz Prasad i Karim (1998) wykazali korzystny wpływ mączek rybnych w ilości 5–8% na strawność składników pokarmowych u królików. Współczynniki strawności suchej masy, surowego białka i energii rosły z podwyższaniem się zawartości energetycznej w dietach. Ponadto, wzrostowi zawartości białka w paszach towarzyszyła poprawa strawności białka ogólnego.

Gugolek i in. (2021) badali wpływ mączki z poczwerek jedwabnika na strawność składników odżywczych, wykorzystanie azotu, fizjologię przewodu pokarmowego oraz parametry biochemiczne krwi u królików. W tym przypadku wzrostowi poziomu zawartości białka z owadów towarzyszył spadek zarówno strawności składników odżywczych, jak i retencji azotu.

Strychalski i in. (2021) ocenili natomiast wpływ mączki z poczwerek jedwabników i mączki z larw mącznika młynarka na wydajność produkcyjną i funkcje żołądkowo-jelitowe u królików. Cytowani autorzy wykazali, że dodatek do mieszanki paszowej mączki z poczwerek jedwabników (4%) i mączki z larw mączników (4%) spowodował zwiększenie dziennych przyrostów i końcowej masy ciała królików, a także współczynników strawności tłuszczu, kwaśnego włókna detergentowego i ligniny z kwaśnego detergentu bez uszczerbku dla strawności innych składników odżywczych lub energii.

Zatem, udział białka zwierzęcego w diecie królików może mieć zróżnicowany wpływ na strawność składników pokarmowych, co jest uzależnione od źródła białka oraz jego ilości w dawce pokarmowej.

5.4. Analiza jakościowa mięsa

W 90. dniu życia królików z każdej grupy żywieniowej wybrano po 10 sztuk, które ubito w przyzakładowej ubojni. Bezpośrednio po uboju zmierzono wartość pH miazgi pokarmowej w jelicie ślepych i żołądka (tab. 13). Odczyn pH żołądka i jelit nowonarodzonych królicząt jest wysoki i wynosi odpowiednio: 5,0–6,5 i 5,4–6,8.

W momencie, kiedy w jelitach zaimplantuje się właściwa flora bakteryjna, pH żołądka spada i oscyluje między 1–2, co powoduje efektywną eliminację bakterii (Ogawa i in., 2001; Kupczyński i Piasecki, 2013). Niedostatecznie niskie pH żołądka królików po odsadzeniu jest jedną z przyczyn dużej podatności na biegunki.

Tabela 13. Ph treści jelita ślepego i żołądka (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
pH jelita ślepego	6,02±0,08	6,09±0,07	6,12±0,05	0,565
pH żołądka	1,89±0,21	1,88±0,14	1,46±0,17	0,178

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
SEM – błąd standardowy średniej.

U dorosłego królika w jelicie ślepych dochodzi do dobowych wahań odczynu treści pokarmowej – od wyższego w godzinach porannych do niższego w godzinach popołudniowych, co jest związane z wahaniami w obrębie populacji zasiedlających go mikroorganizmów (Johnson-Delaney, 2006). Obniżenie pH w jelicie ślepych wskazuje na niewłaściwą fermentację, co jest przyczyną obumierania bakterii symbiotycznych.

W prowadzonych badaniach pH żołądka i jelit było prawidłowe we wszystkich grupach, co wskazuje na brak wpływu czynnika doświadczalnego na badaną cechę.

W tabeli 14 przedstawiono wyniki analizy rzeźnej tuszek królików.

Tabela 14. Wyniki analizy rzeźnej (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Masa ciała królika (g)	2739,0±38,6	2674,7±41,9	2792,0±46,2	0,166
Masa tuszki bez głowy (g)	1384,4±27,2	1354,2±34,4 ^b	1444,8±26,0 ^a	0,104
Masa tuszki z głową (g)	1590,3±30,3	1573,9±35,9	1657,0±25,7	0,152
Wątroba (g)	85,5±3,95	80,2±4,53	75,6±3,81	0,254
Serce (g)	9,45±0,49	8,72±0,26	9,58±0,31	0,220
Nerki (g)	18,2±0,61	18,2±0,62	18,4±0,60	0,964
Płuca (g)	16,8±0,58	15,7±0,60	16,9±0,48	0,206
Tłuszcz okołonerkowy (g)	11,46±1,94	11,37±2,23	11,06±1,42	0,987
Ogółem części jadalne (g)	1514,5±30,5	1477,0±36,4	1565,5±28,8	0,166
Skóra z okrywą włosową (g)	308,7±9,56	295,6±4,93 ^b	334,5±11,5 ^a	0,016
Krew (g)	113,5±4,21	112,7±6,53	104,5±5,45	0,444
Skoki (g)	80,1±1,43	81,3±1,22	82,0±1,13	0,577
Przewód pokarmowy (g)	504,7±16,1	476,9±16,4	482,3±15,8	0,445
Ogółem odpady (g)	1224,5±19,1	1197,7±18,0	1226,5±25,4	0,566
Głowa (g)	205,8±7,99	219,8±4,43	212,2±5,59	0,296
Wydajność rzeźna 1 (%)	58,0±0,472	58,8±0,736	59,4±0,463	0,268
Wydajność rzeźna 2 (%)	62,7±0,51	63,4±0,69	63,7±0,43	0,507

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;

D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);

SEM – błąd standardowy średniej.

Analogicznie jak w poprzedniej tabeli, masa ciała królików w dniu uboju nie różniła się statystycznie pomiędzy grupami. Masa tuszki bez głowy była statystycznie istotnie wyższa w grupie D2, żywionej dawką z dodatkiem 5% mączki drobiowej (1444,8 g) w porównaniu z tuszkami pozyskanymi od królików z grupy D1 (1354,2 g). W przypadku masy tuszek z głową natomiast, pomimo różnic na korzyść grupy D2 nie stwierdzono statystycznie istotnego zróżnicowania.

Przedstawione powyżej masy tuszek można uznać za typowe dla królików nowozelandzkich białych. Daszkiewicz i in. (2012) podają masę ciała królików tej samej rasy na poziomie 1215 g, a Kowalska i in. (2021) od 1270 do 1437 g.

Masy narządów wewnętrznych: wątroby, serca, nerek, płuc oraz tłuszczu okołonerkowego, krwi, przewodów pokarmowych, skoków, jak i głowy nie wykazywały w poszczególnych grupach statystycznego zróżnicowania pomimo pewnych drobnych różnic międzygrupowych. Stwierdzono natomiast statystycznie istotne zróżnicowanie masy skóry zokrywą włosową. Statystycznie, istotnie cięższa była ona w grupie D2 (334,5 g) w porównaniu z grupą D1 (295,6 g). Zaistniałe zróżnicowanie jest trudne do wytłumaczenia i prawdopodobnie nie posiada podłoża żywieniowego, które byłoby powiązane z czynnikiem badawczym.

Przedstawiony powyżej podział tuszy jest typowy dla opisu i charakterystyki wyników analizy rzeźnej królików. Zbliżone analizy znajdują się także w innych publikacjach o tej tematyce (Zita i in., 2007; Daszkiewicz i in., 2011; Kowalska i in., 2021).

Obliczone wydajności rzeźne liczone na podstawie masy tuszek z głową bez podrobów (I) i z podrobami (II) były wysokie we wszystkich grupach i nie wykazywały statystycznego zróżnicowania. Wydajność rzeźna I w grupie K wynosiła 58,0%, w D1 – 58,8%, a w D2 – 59,4%. W przypadku wydajności rzeźnej II wartości te kształtowały się na poziomie odpowiednio: 62,7, 63,4 i 63,7%. Kowalska i in. (2021) podają zbliżone wydajności rzeźne dla królików nowozelandzkich białych – od 57,49 do 59,88%. Inni autorzy wskazują natomiast niższe wartości: Zita i in. (2007) – 50,89–53,11%, Daszkiewicz i in. (2012) – 52,4%. W przypadku królików linii HyPlus wydajność rzeźna opisana w badaniach Gugołka i in. (2017) przekraczała 53%. Fotso i in. (2000), podając królikom mieszanki paszowe wzbogacone mączką: z podrobów kurzych (18%), rybną (16%), z nasion bawełny (24%) i z liści manioku (42%), uzyskali wydajność rzeźną na poziomie 49,9–54,2%. Najwyższe wartości dotyczyły grup żywionych paszą z dodatkiem mączki rybnej (54,2%) i mączki z podrobów kurzych (52,3%).

W literaturze naukowej znajduje się wiele publikacji dotyczących wpływu dodatku do dawek pokarmowych mączek drobiowych oraz innych pasz pochodzenia zwierzęcego na wyniki produkcyjne oraz parametry rzeźne królików. Wykorzystanie tych wyników w dyskusji przedstawionych powyżej danych, podobnie jak w przypadku rozrodu, jest jednak trudne. Badania te, chociaż dotyczą wpływu czynnika doświadczalnego – paszy pochodzenia zwierzęcego na produktywność królików, były często przeprowadzane w bardzo odmiennych od opisywanych w badaniach własnych warunkach środowiskowych i żywieniowych.

Niemniej jednak, poniżej przedstawiono kilka przykładów wpływu dodatku pasz pochodzenia zwierzęcego na wyniki produkcyjne i wartość rzeźną ich tuszek.

Fekete i Hegedus (1986) wykazali, że mączka z piór trawionych enzymatycznie, stosowana jako substytut śruty sojowej w dawkach pokarmowych królików, miała pozytywny wpływ na ich wzrost.

Handa i in. (1996) żywili króliki dawkami z dodatkiem ekstrudowanych odpadów z wylęgarni w ilości 6%. Analizowana pasza nie wpłynęła negatywnie na jakość tusz. Zdaniem autorów, jej główną zaletą był niższy koszt.

Fotso i in. (2000) przeprowadzili badania, podczas których ocenili wartość odżywczą czterech różnych źródeł białka, w tym mączki z podrobów drobiowych stosowanych w dietach rosnących królików hodowanych w Kamerunie. Wykazali, że króliki żywione dawką z udziałem mączki z podrobów drobiowych charakteryzowały się większym spożyciem paszy i wyższym tempem wzrostu niż osobniki otrzymujące tylko białko pochodzenia roślinnego (mączka z liści manioku i mączka z nasion bawełny). Analiza kosztu produkcji 1 kg mięsa obliczona na podstawie cen pasz wykazała, że najkorzystniejszym rachunkiem ekonomicznym charakteryzowała się dieta zawierająca mączkę z podrobów drobiowych, w drugiej kolejności mączkę z nasion bawełny oraz mączkę z manioku.

Ahlawat i in. (2001) badali możliwość wykorzystania mączki z wnętrzości drobiu w paszach granulowanych dla króliczych brojlerów jako potencjalnego substytutu mączki rybnej w ilości 5 i 8%. Badania wykazały, że wydajność rzeźna i masa podrobów jadalnych w grupie otrzymującej 8% mączki z wnętrzości drobiu były istotnie wyższe, natomiast strata chłodnicza istotnie niższa niż w grupie kontrolnej. Udział podrobów niejadalnych (krew, skóra z okrywą włosową, tylne łapy i płuca) był również istotnie wyższy w grupie doświadczalnej niż w kontrolnej. Autorzy doszli do wniosku, że mączkę z wnętrzości drobiu można włączyć do diety królików jako bezpieczny i wartościowy substytut mączki rybnej.

Fanimo i in. (2002) porównali wykorzystanie w żywieniu królików pięciu różnych koncentratów białka zwierzęcego w postaci mączki: z krwi, rybnej, z krewetek, produktów ubocznych z wylęgarni i produktów ubocznych z przetwórci drobiu. Autorzy stwierdzili, że zwierzęta otrzymujące w dawce pokarmowej mączkę z krwi spożywały najmniej paszy, ale charakteryzowały się też najniższym przyrostem masy ciała oraz efektywnością wykorzystania paszy w stosunku do pozostałych grup. Z kolei, żywienie królików mączkami z produktów ubocznych z wylęgarni i przetwórci drobiu przyczyniło się – co prawda – do niższego spożycia paszy, ale i mniejszej efektywności jej wykorzystania w stosunku do mączki rybnej.

W badaniach Isaaca i in. (2007) króliki żywiono mieszanką paszową z dodatkiem mączki z produktów ubocznych z wylęgarni w ilości 0, 15, 25 i 45%. Według cytowanych autorów, badana mączka może być stosowana w żywieniu królików bez negatywnego wpływu na ich wyniki produkcyjne.

W eksperymencie przeprowadzonym przez Trung i in. (2017) czynnikami doświadczalnymi w żywieniu królików były mączki: z krwi, z piór i rybna. W tych badaniach stwierdzono, że jedynie mączka z krwi nie miała wyraźnie pozytywnego wpływu na wzrost królików oraz jakość ich tusz.

Wspominani już wyżej autorzy, Kowalska i in. (2021) i Strychalski i in. (2021), którzy żywili króliki nowozelandzkie białe mieszankami paszowymi z dodatkiem innych pasz pochodzenia zwierzęcego: mączki z poczwerek jedwabnika morwowego i larw mącznika młynarka, uzyskali natomiast w grupach doświadczalnych statystycznie istotny wzrost masy ciała zwierząt w wieku 90 dni oraz korzystniejsze przyrosty dobowe.

W tabeli 15 przedstawiono wyniki dysekcji przeprowadzonej po schłodzeniu tuszek do temperatury 4°C i 24-godzinnym przechowywaniu w chłodni.

Tabela 15. Wyniki dysekcji tuszek (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P- value
	K	D1	D2	
Masa tuszki schłodzonej bez głowy (g)	1367,5±28,1	1289,0±33,0 ^b	1424,0±21,5 ^a	0,007
Skład tkankowy części przedniej (g)	486,5±15,4	456,5±23,6 ^b	528,0±8,79 ^a	0,021
Masa mięśni (g)	347,5±8,98	328,0±17,8 ^b	377,0±4,95 ^a	0,024
Masa kości (g)	131,0±10,8	110,0±7,74 ^b	141,0±8,35 ^a	0,065
Masa tłuszczu (g)	15,0±2,23	18,5±3,94 ^a	10,0±0,01 ^b	0,088
Skład tkankowy combra (g)	387,0±10,6 ^a	343,0±15,6 ^b	390,0±9,77 ^a	0,019
Masa mięśni (g)	324,0±7,02 ^a	272,0±13,4 ^b	330,5±6,43 ^a	0,001
Masa kości (g)	48,5±3,73	55,0±4,01	47,0±4,84	0,375
Masa tłuszczu (g)	8,70±1,57 ^b	14,0±1,63 ^a	7,50±0,83 ^b	0,006
Skład tkankowy części tylnej (g)	494,0±858	490,5±14,9	507,0±7,89	0,539
Masa mięśni (g)	408,5±7,99	397,0±12,3	423,0±8,95	0,197
Masa kości (g)	75,0±4,28	85,0±6,91	77,5±6,59	0,485

Masa tłuszczu (g)	6,10±0,65 ^b	8,50±0,76 ^a	6,50±0,76	0,061
Masa mięśni w tuszce (g)	1080,0±17,7 ^a	997,0±29,1 ^b	1130,5±14,9 ^a	0,001
Masa kości w tuszce (g)	254,5±12,3	250,0±12,2	265,5±10,1	0,630
Masa tłuszczu w tuszce (g)	29,8±2,36 ^b	41,0±4,20 ^a	24,0±1,45 ^b	0,001

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

Wyniki przeprowadzonych dysekcji wykazały istotne różnice ($P \leq 0,05$) w masie tuszki schłodzonej bez głowy, składzie tkankowym części przedniej, tj. masie mięśni, kości i tłuszczu pomiędzy grupami doświadczalnymi D1 i D2 na korzyść grupy D2. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi.

W składzie tkankowym combra najniższe wartości (343,0 g) uzyskano w grupie D1, a różnice pomiędzy tą grupą a K (387,0 g) i D2 (390,0 g) okazały się statystycznie istotne. Podobnie w przypadku masy mięśni combra wartości te kształtowały się na poziomie D1 – 272,0 g, K – 324 g i D2 – 330,5 g, a różnice pomiędzy grupami K i D2 a grupą D1 wykazały istotność na poziomie $P \leq 0,05$, podobnie jak masa tłuszczu w combrze, która wynosiła dla grupy K – 8,70 g i D2 – 7,50 g, a dla D1 – 14,0 g.

W składzie tkankowym części tylnej istotne różnice pomiędzy grupą D1 (8,50 g) a K (6,10 g) i D2 (6,50 g) dotyczyły masy tłuszczu. Podobnie jak w przypadku części przedniej i combra, w grupie D1 stwierdzono najwyższe otłuszczenie.

W przypadku udziału mięśni w całej tuszce najniższe potwierdzone statystycznie w stosunku do pozostałych grup wartości (997,0 g) stwierdzono w grupie D1 (K – 1080,0 g, D2 – 1130,5 g). Podobnie, w tuszce zwierząt z tej grupy zanotowano najwyższe otłuszczenie na poziomie 41,0 g, podczas gdy w grupie K wynosiło ono 29,8 g, a w D2 24,0 g. Różnice te zostały również potwierdzone statystycznie.

Kowalska (2011), prowadząc badania dotyczące natłuszczenia mieszanek paszowych dla królików nowozelandzkich białych olejem rybnym w ilości 1%, przy różnym poziomie witaminy E (4500 mg/kg i 6000 mg/kg), będącej naturalnym przeciwutleniaczem, stwierdziła, że w grupie kontrolnej, otrzymującej pełnoporcjową mieszankę paszową

zbliżoną składem do stosowanej w doświadczeniu, masa tłuszczu utrzymuje się w tuszce na poziomie 47 g. W grupach doświadczalnych ilość ta spadła do 36,7 i 38,0 g.

Wyniki przeprowadzonych dysekcji nie odbiegają od danych literaturowych dotyczących tej rasy królików (Kowalska i in., 2014; Kowalska i Piechocka, 2014; Arbez-Abnal i in., 2022).

W warunkach wzrostu spożycia mięsa króliczego coraz większego znaczenia nabiera jakość uzyskanego produktu. Wymagania konsumentów, jak i technologów zakładów mięsnych, gdzie trafia mięso do dalszego przerobu są zgodne co do ograniczenia udziału tłuszczu w tuszce. Tłuszcz dla konsumenta poszukującego pożywienia dietetycznego jest czynnikiem ograniczającym spożycie; duże znaczenie odgrywa tutaj również ocena wzrokowa. Na odkładanie tłuszczu przez organizm ma wpływ stopień nasycenia zawartych w paszy kwasów tłuszczowych. Tłuszcze o niskim stopniu nasycenia mogą wpływać na mniejsze otłuszczenie. Przyczyną występowania niskiego otłuszczenia może być także stymulujący wpływ kwasów wielonienasyconych na enzymy powodujące rozkład kwasów tłuszczowych (β -oksydację) (Hanczakowski, 2003; Crespo i Esteve-Garcia, 2002).

Pla i in. (2004) podają, że tłuszcz podskórny i narządowy u królików ras mięsnych, żywionych pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi, przy masie ubojowej od 3 do 3,5 kg (wiek 90 dni) może stanowić od 70 do 140 g, czyli 2,3 do 4%, a tłuszcz śródmięśniowy od 0,3 do 12%, w zależności od partii tuszki. Wpływ na otłuszczenie ma wiek w momencie uboju.

Jak wynika z przeprowadzonych badań, zastosowany w doświadczeniu czynnik doświadczalny (mączka drobiowa) w ilości 5% dawki żywieniowej miał korzystny wpływ na zmniejszenie otłuszczenia tuszek, wpływając jednocześnie dodatnio na procentową zawartość mięsa.

W tabelach 16 i 17 przedstawiono wartości pH w mięśniach tylnej nogi i combra badane po 45 minutach od uboju i po 24-godzinnym schładzaniu w temperaturze 4°C.

Odczyn pH_{45} i $\text{pH}_{24\text{h}}$ we wszystkich badanych grupach i mięśniach utrzymywał się w granicach przyjętych za pożądane dla mięsa króliczego dobrej jakości (pH_{45} – 6,10–6,80, $\text{pH}_{24\text{h}}$ – 5,60–5,85; wg Barabasz i Bieniek, 2003). Istotnie statystycznie różnice stwierdzono dla wartości $\text{pH}_{24\text{h}}$ w mięśniach tylnej nogi pomiędzy grupą K (5,67) a D2 (5,58), jednak obydwie wartości mieściły się w granicach przyjętych za pożądane dla tego gatunku mięsa.

Tabela 16. Wartości pH w mięśniach tylnej nogi (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Cecha	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
pH ₄₅	6,57±0,03	6,60±0,04	6,56±0,02	0,627
pH _{24h}	5,67±0,03 ^a	5,64±0,02	5,58±0,03 ^b	0,092

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (P≤0,05);
SEM – błąd standardowy średniej.

Tabela 17. Wartości pH w mięśniu combra (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Cecha	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
pH ₄₅	6,56±0,01	6,57±0,02	6,58±0,03	0,667
pH _{24h}	5,62±0,02	5,58±0,01	5,59±0,02	0,227

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
SEM – błąd standardowy średniej.

Jednym z czynników mających wpływ na wartość pH mięsa królików są zmiany w tempie rozkładu glikogenu w mięśniach. W sytuacji, gdy ilość glikogenu jest niska, nie dochodzi do prawidłowego poubojowego zakwaszenia tkanki. Ilość tego polisacharydu zależy od intensywności przemian metabolicznych przed ubojem, na którą wpływa zarówno wartość pokarmowa mieszanek paszowych, jak i aktywność królików uwarunkowana gęstością obsady czy stresem. U zwierząt bardziej odpornych na stres pH mięsa obniża się szybciej (Szkucik i Pysz-Łukasik, 2008). Kowalska i in. (2011) wykazali wysoki wpływ stresu na jakość mięsa pozyskanego od królików. Stwierdzona wartość kwasowości czynnej oraz cechy jakościowe dla mięsa zwierząt nieodpornych na stres pozwalały zakwalifikować ich mięso do grupy z wadą PSE.

Blasco i Piles (1990) zwrócili uwagę, że początkowy odczyn pH mięśni decyduje o niektórych cechach fizykochemicznych, tj. wodochłonności, barwie, wycieku termicznym i kruchości. Zbliżone wartości pH początkowego dla tej rasy królików odnotowali w swoich

badaniach Kowalska i Bielański (2011) – 6,57, Kowalska i in. (2011) – 6,60 oraz Szkucik i Pysz-Łukasik (2006) – 6,21. Cavani i in. (2000) uzyskali dla mięsa króliczego wartość pH_{24h} równą 5,79, Kowalska i Bielański (2011) – 5,70, a Szkucik i Pysz-Łukasik (2006) – 5,71. Pełne zakwaszenie, według badań Szkucika i Pysz-Łukasik (2006), tkanka mięśniowa królików uzyskuje już po 12 godzinach od uboju. Proces ten przebiega zatem stosunkowo szybko w porównaniu z tkanką mięśniową u bydła czy świń, ale nieco wolniej niż u kurcząt brojlerów (Pełczyńska i Libelt, 1989; Pisarski i in., 2006). Kozioł i in. (2015) uzyskali wartości pH_{45} i pH_{24} na poziomie 6,64 i 5,90. Wykazali jednocześnie, że pH mięsa królików nie różni się już między 7. a 24. godziną po uboju, a poszczególne mięśnie wykazują podobne bezwzględne i względne zmiany pH, co pozwala sądzić, że starzenie się mięsa w różnych częściach tuszy jest wyrównane.

W tabeli 18 zamieszczono wartości badanych parametrów jakości mięsa króliczego w mięśniach tylnej nogi.

Tabela 18. Badane parametry jakości mięsa króliczego z mięśni tylnej nogi

(n=10/grupa, średnia \pm SEM)

Cecha	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Sucha masa (%)	25,89 \pm 0,248	25,46 \pm 0,210 ^a	26,31 \pm 0,226 ^b	0,046
Popiół całkowity (%)	1,188 \pm 0,011	1,193 \pm 0,006	1,191 \pm 0,016	0,954
Białko całkowite (%)	21,09 \pm 0,064	21,19 \pm 0,131	21,22 \pm 0,107	0,675
Tłuszcz wolny (%)	3,241 \pm 0,291	2,740 \pm 0,181 ^a	3,811 \pm 0,238 ^b	0,015

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;

D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);

SEM – błąd standardowy średniej.

W mięśniach tylnej nogi króliczej (tab. 15) stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy grupami doświadczalnymi D1 i D2 dotyczące zawartości suchej masy oraz tłuszczu wolnego.

Morfologicznie tłuszcz śródmięśniowy (IMF) to całkowita ilość tłuszczu uzyskiwana w czasie ekstrakcji chemicznej ze wszystkich komórek obecnych w próbce mięśnia (w przeważającym stopniu z adipocytów i miocytów), za wyjątkiem tkanki tłuszczowej

otaczającej poszczególne mięśnie (Shi-Zheng i Su-Mei, 2009). Chemicznie tłuszcz ten składa się z trójglicerydów (70%), fosfolipidów (25%), estrów cholesterolu, cholesterolu i wolnych kwasów tłuszczowych (5%). Poziom zawartości tłuszczu śródmięśniowego jest jednym z elementów decydujących o barwie, kruchości, soczystości, smaku i zapachu mięsa. W badaniach nad żywieniem wielu gatunków zwierząt gospodarskich, których mięso spożywa człowiek, dąży się do znacznego obniżenia ilości tłuszczu śródmięśniowego. Należy pamiętać jednak o tym, że zbyt niska jego wartość wpływa na pogorszenie parametrów sensorycznych mięsa. Ponadto, tłuszcz umożliwia absorpcję rozpuszczalnych w nim witamin i innych hydrofobowych związków biologicznie aktywnych, np. karotenoidów. Jak podają Fernandez i in. (1999) oraz Wood i in. (2008) dla mięsa dobrej jakości zawartość tłuszczu śródmięśniowego powinna mieścić się w granicach 2–3 (3,5)%.

Najwyższą średnią zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśniach tylnej nogi – na poziomie 3,811% stwierdzono w grupie D2, najniższą w grupie D1 – 2,740%. Wartości te mieszczą się w granicach podawanych przez innych autorów dla tej rasy: Kowalska i in. (2014) – 3,77% oraz Daszkiewicz i in. (2021) – 3,13%.

Trung i in. (2017) na podstawie przeprowadzonego eksperymentu, w którym czynnikami doświadczalnymi w żywieniu królików były mączki: z krwi, piór i rybna, podali wyższe wartości tłuszczu wolnego, mieszczące się w granicach od 4,04 do 4,39%. Trzeba jednak zwrócić uwagę na fakt, że badania te były przeprowadzane w innej strefie klimatycznej, na innej rasie zwierząt, a skład mieszanek paszowych znacznie różnił się od wykorzystywanych w badaniach własnych.

Najważniejszym wskaźnikiem jakości mięsa jest zawarte w nim białko. Białka zwierzęce tworzy 20 aminokwasów, które dzielimy na: egzogenne (niezbędne), których organizm nie potrafi samodzielnie wytworzyć, endogenne (nie niezbędne), syntetyzowane przez organizm oraz warunkowo niezbędne, które są wytwarzane w organizmie przy odpowiedniej ilości aminokwasów egzogennych.

W prowadzonym doświadczeniu zawartość białka całkowitego w mięśniach tylnej nogi była na zbliżonym poziomie we wszystkich grupach (21,09–21,22%), a różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. Podobną zawartość białka w mięsie królików nowozelandzkich białych (22,65%), ubijanych w 90. dniu życia podają Cavani i in. (2000) – 21,05%, Daszkiewicz i in. (2011) – 22,05%, Szkucik i Libelt (2006) – 21,3%.

We wspomnianych uprzednio badaniach Fotso i in. (2000), którzy oceniali wartość odżywczą czterech różnych źródeł białka, w tym mączki z podrobów drobiowych i mączki rybnej w dietach rosnących królików hodowanych w Kamerunie, zawartość białka mieściła

się w granicach 19,2–22,0%, przy czym najwyższe wartości dotyczyły grup żywionych paszami z dodatkiem mączki z podrobów kurzych (21,3%) i mączki rybnej (22,0%).

Xiccato (1999), opierając się na badaniach różnych autorów podaje, że zawartość białka w mięsie króliczym może kształtować się na poziomie od 18,6 do 21,9%. Różnice w jego zawartości są zależne od rasy, wieku ubijanych zwierząt, składu mieszanki paszowej, części anatomicznej tuszki czy samego przygotowania do uboju.

W badaniach parametrów jakości mięsa króliczego z mięśnia combra (tab. 19) stwierdzono statystycznie istotne różnice w zawartości popiołu całkowitego pomiędzy grupą K (1,083%) a D2 (1,181%). Pozostałe parametry nie różniły się istotnie pomiędzy grupami.

Tabela 19. Badane parametry jakości mięsa króliczego z mięśnia combra
(n=10/grupa, średnia ±SEM)

Cecha	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Sucha masa (%)	26,84±0,433	26,71±0,298	28,06±0,608	0,092
Popiół całkowity (%)	1,083±0,036 ^a	1,133±0,029	1,181±0,087 ^b	0,057
Białko całkowite (%)	21,46±0,598	21,57±0,358	22,68±0,222	0,096
Tłuszcz wolny (%)	1,836±0,573	1,733±0,348	1,349±0,348	0,836

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;

D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);

SEM – błąd standardowy średniej.

Pla i in. (2004) podają zawartość tłuszczu śródmięśniowego w różnych partiach mięsa badanych królików na poziomie od 0,33 do 14,6%, przy czym najwyższe średnie wartości dotyczyły mięśni międzyżebrowych (12,82%), a najniższe mięśni combra (1,20%). Łapa (2005) podaje zawartość tłuszczu w combrze królików nowozelandzkich białych na poziomie – 1,71%, Maj i in. (2008) – 1,60%, Szkucik i Libelt (2006) – 1,12%, Kowalska i Bielański (2011) – 2,11%, Daszkiewicz i in. (2011) – 0,33%, Metzger i in. (2003) – 0,65 – 1,12%, Kowalska i in. (2014) – 1,54%, Kowalska (2015 b) – 2,11%, Nowakowicz-Dębek i in. (2021) – 1,16%.

Uzyskane w badaniach wyniki mieszczą się w zakresie podawanym przez cytowanych wyżej autorów.

Rasińska i in. (2018) podają, że mięśnie glikolityczne królików (szybko kurczliwe i nieodporne na zmęczenie) dominujące w combrze (*longissimus dorsi*) zawierają mniej lipidów niż mięśnie oksydacyjne (wolno kurczliwe i bardzo wytrzymałe na zmęczenie), dominujące w mięśniach tylnej nogi (np. *semimembranosus*, *biceps femoris*, *gastrocnemius*).

Zawartość białka całkowitego w mięśniach combra mieściła się w granicach od 21,46 do 22,68%, przy czym najwyższą wartość stwierdzono w grupie D2 otrzymującej 5% dodatek mączki drobiowej. Pla i in. (2004) na podstawie prowadzonych badań podają zawartość białka w różnych partiach mięsa królików na poziomie od 18,69 do 22,10%, przy czym najwyższa wartość dotyczyła mięśni combra. Daszkiewicz i in. (2011) odnotowali, że zawartość białka w omawianym mięśniu królików nowozelandzkich białych utrzymywała się na poziomie 22,78%, Szkucik i Libelt (2006) – 23,9%.

Kowalska i Bielański (2011) wykazali w mięśniach combra królików tej samej rasy zawartość białka na poziomie 25,44%. W badaniach Daszkiewicza i in. (2012) poziom białka w mięśniu *longissimus dorsi* królików nowozelandzkich białych wahał się od 22,18 do 22,78%. Trung i in. (2017), przeprowadzili eksperyment, w którym czynnikami doświadczalnymi w żywieniu królików były mączki: z krwi, piór i rybna. Podali oni, że zawartość białka całkowitego kształtowała się w zakresie od 21,0 do 21,4%.

Jak wynika z przeprowadzonych badań dotyczących parametrów jakości mięsa, dawki pokarmowe wzbogacone 2,5 i 5% dodatkiem mączki drobiowej nie miały negatywnego wpływu na poziom zawartości białka całkowitego i tłuszczu wolnego.

W prowadzonym doświadczeniu, analizując średnią zawartość cholesterolu (tab. 20) w mięsie nie stwierdzono statystycznie potwierdzonych różnic pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi. Zatem, dodatek do dawki pokarmowej zarówno 2,5%, jak i 5% mączki drobiowej nie miał wpływu na ten parametr.

Tabela 20. Zawartość cholesterolu w mięśniach tylnej nogi (1) i combra (2) (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Cecha	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
(1) Cholesterol (mg/100 g)	61,50±2,152	65,10±1,403	60,90±1,454	0,193
(2) Cholesterol (mg/100 g)	52,00±1,476	53,10±1,726	51,6±1,002	0,804

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
SEM – błąd standardowy średniej.

Już od dłuższego czasu żywność przestaje być postrzegana wyłącznie jako źródło składników odżywczych służących pokryciu potrzeb organizmu człowieka. Coraz większe zainteresowanie budzi możliwość oddziaływania poprzez żywność na stan zdrowia.

Cholesterol to związek chemiczny z grupy steroli, który jest syntetyzowany tylko w ustroju ludzkim i zwierzęcym. Wyniki wielu przeprowadzonych badań wskazują, że odpowiada on za współczesne choroby cywilizacyjne, głównie choroby serca oraz miażdżycę. Dlatego też wielu naukowców, lekarzy i dietetyków przestrzega przed nadmiernym spożywaniem tłuszczów i produktów bogatych w cholesterol.

W dostępnej literaturze spotkano się z bardzo różnymi wartościami dla poziomu zawartości cholesterolu w lipidach mięsa króliczego. Szkucik i Pyz-Łukasik (2009) podają, że w porównaniu z wieprzowiną, cielęciną i mięsem kurcząt brojlerów jest on znacznie niższy i waha się od 32 do 50 mg/100 g tkanki mięśniowej. Danych tych nie potwierdzają jednak Bielański i in. (2000), których zdaniem poziom zawartości cholesterolu wynosi od 120 do 145 mg/100 g w zależności od rasy królików. Kowalska (2009) podaje dla rasy nowozelandzkiej białej średnią zawartość cholesterolu na poziomie 66,13 mg/100 g, Polak i in. (2006) – 67,6 mg/100 g, a Nistor i in. (2014) – 56,4 mg/100 g.

Cholesterol zawarty w mięsie ulega utlenieniu w podobny sposób jak nienasycone kwasy tłuszczowe i fosfolipidy. Utlenia się pod wpływem wolnych rodników, wysokiej temperatury lub światła (Zerbinati i Luliano, 2017). Powstają wówczas związki chemiczne określane jako produkty utleniania cholesterolu (PUC). Produkty te są związkami chemicznymi o potwierdzonym toksycznym działaniu na organizm konsumenta (Schroepfer, 2000), stąd współczesny człowiek świadomy zasad diety szuka mięsa o niskiej zawartości tego związku. Uzyskane w badaniu wartości cholesterolu można uznać za stosunkowo niskie, ponieważ jednak wyniki nie różnią się pomiędzy grupami nie można mówić o wpływie czynnika doświadczalnego na wartość tego parametru.

W kolejnych tabelach przedstawiono analizę profilu wyższych kwasów tłuszczowych w próbkach mięśni tylnej nogi (tab. 21) i combra królików (tab. 22). Wprowadzenie do mieszanki paszowej dla tych zwierząt 2,5 lub 5% mączki drobiowej zmieniło istotnie – w porównaniu z grupą kontrolną zawartość niektórych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa króliczego.

Tabela 21. Analiza profilu wyższych kwasów tłuszczowych w próbkach mięśni tylnej nogi króliczej (g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów) (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Kwas	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
C _{8:0}	0,003±0,002 ^b	0,002±0,002 ^b	0,021±0,005 ^a	0,001
C _{10:0}	0,188±0,031	0,410±0,122	0,286±0,015	0,117
C _{12:0}	0,234±0,026 ^b	0,419±0,071 ^a	0,310±0,012	0,022
C _{14:0}	2,759±0,121 ^b	2,680±0,111 ^b	3,139±0,111 ^a	0,018
C _{16:0}	30,53±0,241 ^b	31,51±0,423	32,07±0,470 ^a	0,031
C _{16:1}	3,266±0,297 ^b	3,162±0,358 ^b	5,384±0,464 ^a	0,001
C _{18:0}	7,289±0,187 ^b	8,150±0,364 ^a	7,205±0,129 ^b	0,021
C _{18:1}	27,62±0,288 ^a	23,50±0,648 ^b	26,91±0,331 ^a	< 0,001
C _{18:2n-6}	20,91±0,436 ^b	23,21±0,840 ^a	19,39±0,329 ^b	< 0,001
C _{20:0}	0,181±0,002	0,193±0,006	0,182±0,005	0,211
C _{18:3n-3}	3,598±0,068 ^a	2,885±0,061 ^b	3,110±0,145 ^b	< 0,001
C _{20:1}	0,460±0,021 ^a	0,315±0,011 ^b	0,365±0,021 ^b	< 0,001
C _{22:0}	0,019±0,001	0,018±0,001	0,015±0,002	0,206
C _{20:4n-6}	2,791±0,267	3,387±0,296 ^a	2,316±0,254 ^b	0,033
C _{22:1}	0,024±0,003 ^a	0,014±0,004 ^b	0,017±0,002	0,104
C _{20:5n-3} (EPA)	0,072±0,006	0,060±0,004	0,057±0,005	0,099
C _{22:6n-3} (DHA)	0,062±0,011	0,082±0,011	0,066±0,009	0,373
SFA	41,21±0,205 ^b	43,38±0,436 ^a	43,23±0,474 ^a	< 0,001
UFA	58,79±0,205 ^a	56,61±0,436 ^b	56,77±0,474 ^b	< 0,001
MUFA	31,36±0,564 ^a	26,99±0,975 ^b	31,82±0,542 ^a	< 0,001
PUFA	27,43±0,641 ^b	29,62±1,151 ^a	25,02±0,384 ^b	0,001
PUFA _{n-6}	23,69±0,665 ^a	26,59±1,096 ^a	21,72±0,399 ^b	< 0,001
PUFA _{n-3}	3,732±0,064 ^a	3,013±0,067 ^b	3,233±0,133 ^b	< 0,001
DFA	66,08±0,326 ^a	64,77±0,563	63,97±0,436 ^b	0,009
UFA/SFA	1,427±0,012	1,305±0,023	1,316±0,025	< 0,001
MUFA/SFA	0,760±0,013	0,621±0,022	0,739±0,019	< 0,001
PUFA/SFA	0,667±0,017 ^a	0,685±0,031 ^a	0,580±0,01 ^b	0,005
PUFA _{n-6/n-3}	6,379±0,246 ^b	8,769±0,245 ^a	6,810±0,277 ^b	< 0,001

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

Wyniki zamieszczone w tabeli 18 wskazują na wpływ czynnika żywieniowego na zawartość w lipidach mięsa niektórych kwasów nasyconych. Najwięcej kwasu laurynowego ($C_{12:0}$) występowało w lipidach mięsa królików grupy D1 (0,419), a różnica między tą grupą a K (0,234) okazała się statystycznie istotna. Ilość kwasu mirystynowego ($C_{14:0}$) była najwyższa w grupie D2 (3,139), a wartość ta okazała się istotnie wyższa w stosunku nie tylko do grupy K (2,759), ale i D1 (2,680). W grupie D2 (32,07) stwierdzono w stosunku do grupy K (30,53) istotny wzrost ilości kwasu palmitynowego ($C_{16:0}$).

W mięśniach tylnej nogi króliczej w grupie D1 stwierdzono istotny w stosunku do pozostałych grup spadek ilości kwasu oleinowego ($C_{18:1}$) przy wysokim wzroście ilości kwasu linolowego ($C_{18:2,n-6}$). Z kwasów szeregu n-3 w grupie D1 potwierdzono statystycznie istotny spadek ilości kwasu linolenowego ($C_{18:3n-3}$), nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w ilości kwasu DHA (kwas dokozaheksaenowy $C_{22:6,n-3}$) i EPA (eikozapentaenowy $C_{20:5n-3}$) pomiędzy wszystkimi grupami. Poziom kwasu arachidonowego ($C_{20:4n-6}$) był najwyższy w grupie D1 (3,387), a różnica w stosunku do grupy D2 (2,316) okazała się statystycznie istotna.

W grupach doświadczalnych stwierdzono najwyższy poziom kwasów nasyconych SFA (D1 – 43,38, D2 – 43,23), a różnica w stosunku do grupy K (41,21) wykazała istotność na poziomie $P \leq 0,05$. Suma nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA) była istotnie wyższa w grupie K (58,79) w stosunku do grup D1 (56,61) i D2 (56,77). Suma jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) była najniższa w grupie D1 (26,91), a różnica pomiędzy tą grupą a pozostałymi okazała się istotna (K – 31,36, D2 – 31,86). Odwrotna sytuacja dotyczyła sumy wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), których najwyższy poziom oznaczono w grupie D1. Najwyższe wartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA szeregu n-6 stwierdzono w grupie D1 (26,59), a wartość ta różniła się istotnie w stosunku do grupy D2 (21,72). Najwięcej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych szeregu n-3 było w grupie K (3,732); różnica ta okazała się istotna w stosunku do obydwu grup doświadczalnych D1 (3,013) i D2 (3,233). Stosunek kwasów PUFA/SFA był najwyższy w grupie D1 (0,685) i różnił się istotnie w stosunku do pozostałych grup – K (0,667) i D2 (0,580).

Spadek zawartości kwasów szeregu n-3 w grupie D1 spowodował rozszerzenie proporcji kwasów PUFA_{n-6/n-3} (8,769), a różnica w stosunku do pozostałych grup została potwierdzona statystycznie (K – 6,379, D2 – 6,810).

Tabela 22. Analiza profilu wyższych kwasów tłuszczowych w próbkach mięśni combra króliczego (g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów) (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Kwas	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
C _{8:0}	0,025±0,008	0,030±0,016	0,016±0,006	0,689
C _{10:0}	0,242±0,074	0,498±0,164	0,233±0,040	0,157
C _{12:0}	0,267±0,060 ^b	0,484±0,095 ^a	0,267±0,033 ^b	0,047
C _{14:0}	3,105±0,263	2,944±0,173	3,080±0,134	0,826
C _{16:0}	29,86±0,568 ^c	31,62±0,424 ^b	33,55±0,301 ^a	< 0,001
C _{16:1}	3,139±0,280	3,240±0,463	3,830±0,243	0,320
C _{18:0}	6,903±0,261	7,432±0,301	7,141±0,214	0,371
C _{18:1}	28,66±0,387 ^a	25,05±0,687 ^c	27,08±0,394 ^b	< 0,001
C _{18:2n-6}	20,20±0,441 ^b	22,54±0,859 ^a	18,73±0,492 ^b	< 0,001
C _{20:0}	0,198±0,009 ^b	0,209±0,007 ^a	0,179±0,008 ^b	0,054
C _{18:3n-3}	4,150±0,391 ^a	3,192±0,157 ^b	3,011±0,133 ^b	0,008
C _{20:1}	0,721±0,069 ^a	0,496±0,036 ^b	0,494±0,027 ^b	0,002
C _{22:0}	0,074±0,037	0,015±0,001	0,012±0,002	0,090
C _{20:4n-6}	2,299±0,814	2,118±0,427	2,239±0,329	0,973
C _{22:1}	0,026±0,003 ^a	0,015±0,001 ^b	0,016±0,002 ^b	0,008
C _{20:5n-3} (EPA)	0,061±0,017	0,040±0,007	0,052±0,005	0,428
C _{22:6n-3} (DHA)	0,064±0,021	0,062±0,013	0,057±0,008	0,946
SFA	40,68±0,434 ^b	43,24±0,646 ^a	44,48±0,235 ^a	< 0,001
UFA	59,32±0,434 ^a	56,75±0,646 ^b	55,51±0,235 ^b	< 0,001
MUFA	32,54±0,643 ^a	28,80±1,121 ^b	31,42±0,559 ^a	0,009
PUFA	26,77±0,634 ^b	27,95±1,055 ^a	24,19±0,581 ^b	0,007
PUFA _{n-6}	22,50±0,781 ^a	24,65±1,050 ^a	20,97±0,595 ^b	0,014
PUFA _{n-3}	4,273±0,356 ^a	3,295±0,146 ^b	3,119±0,121 ^b	0,003
DFA	66,22±0,398 ^a	64,19±0,602 ^b	62,65±0,319 ^c	< 0,001

UFA/SFA	1,461±0,026 ^a	1,316±0,034 ^b	1,247±0,012 ^b	< 0,001
MUFA/SFA	0,801±0,020 ^a	0,670±0,031 ^b	0,706±0,01 ^b	0,001
PUFA/SFA	0,658±0,018 ^a	0,649±0,028 ^a	0,545±0,014 ^b	0,001
PUFA _{n-6/n-3}	5,759±0,714 ^b	7,619±0,478 ^a	6,823±0,340	0,063

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

W combrze najwięcej kwasu laurynowego ($C_{12:0}$) występowało w lipidach mięsa królików grupy D1 (0,484), a różnica między tą grupą a K (0,267) i D2 (0,267) okazała się statystycznie istotna. Zawartość kwasu mirystynowego ($C_{14:0}$) w combrze nie różniła się między grupami, stwierdzono natomiast istotny wzrost ilości kwasu palmitynowego ($C_{16:0}$) w grupach doświadczalnych D1 (31,62) i D2 (33,55) w stosunku do grupy kontrolnej (29,86).

W mięśni najdłuższym grzbiecie najwyższą wartość kwasu palmitynowego ($C_{16:0}$) stwierdzono w grupie D2 (33,51). Wartość ta była statystycznie istotna w stosunku do grup K – 29,86 i D1 – 31,62. Podobnie jak w mięśniach tylnej nogi królików, w grupie D1 stwierdzono istotny w stosunku do pozostałych grup spadek zawartości kwasu oleinowego ($C_{18:1}$) (25,05) przy jednocześnie wysokim wzroście – linolowego ($C_{18:2,n-6}$), przy czym w przypadku pierwszego z kwasów istotne różnice wystąpiły również pomiędzy grupami K (28,66) i D2 (27,08). Ilość kwasu linolowego ($C_{18:2,n-6}$) nie różniła się istotnie pomiędzy grupami K i D2.

Z kwasów szeregu n-3 w grupach D1 i D2 potwierdzono statystycznie istotny spadek ilości kwasu linolenowego ($C_{18:3n-3}$) (odpowiednio 3,192 i 3,011) w stosunku do grupy K (4,150). Nie stwierdzono natomiast, podobnie jak w poprzedniej tabeli, istotnych różnic w ilości kwasów DHA (kwas dokozaheksaenowy $C_{22:6,n-3}$) i EPA (eikozapentaenowy $C_{20:5n-3}$) pomiędzy wszystkimi grupami.

W grupach doświadczalnych wykazano najwyższy poziom kwasów nasyconych SFA (D1 – 43,24, D2 – 44,48), a różnica w stosunku do grupy K (40,68) wykazała istotność na poziomie $P \leq 0,05$. Stwierdzono, że zawartość kwasów UFA i PUFA_{n-3} była najwyższa w grupie K, a różnice pomiędzy nią a grupami doświadczalnymi zostały potwierdzone statystycznie. Podobne tendencje dotyczyły stosunku kwasów UFA/SFA oraz MUFA/SFA.

Spadek zawartości kwasów szeregu n-3 w grupach D1 i D2 spowodował rozszerzenie proporcji kwasów PUFA_{n-6/n-3} (7,619 i 6,823), a różnica pomiędzy grupą K (5,759) a D1 okazała się istotna.

Na stopień wzbogacenia lub zubożenia tkanki mięśniowej w określone kwasy tłuszczowe może wpływać szereg czynników. Pomimo że u zwierząt obserwuje się znaczną zależność składu lipidowego tkanek od zawartości kwasów tłuszczowych w paszy, to efektywność procesu fizjologicznej transformacji kwasów tłuszczowych paszotranka może wykazywać odmienne tendencje.

Barlow i Pike (1991) oceniają, że dzienne zapotrzebowanie organizmu człowieka na PUFA_{n-3} wynosi około 3000 mg, z czego na kwasy długołańcuchowe (EPA, DPA, DHA) powinno przypadać około 1000 mg. W Polsce, podobnie jak w większości krajów europejskich, typowa dieta człowieka jest niedoborowa w kwasy długołańcuchowe, a ich spożycie jest kilkakrotnie za niskie. Także stosunek PUFA_{n-6/n-3} w pożywieniu nie jest prawidłowy, gdyż wynosi około 10–20:1, a powinien być nie szerszy niż 5–7:1. Te zalecenia spełniało mięso od zwierząt z grup K i D2, w którym omawiany stosunek kwasów, zarówno w mięśniach tylnej nogi jak i combra, nie przekraczał wartości 7.

W porównaniu z innymi gatunkami mięsa – królicze ma bardzo korzystny skład kwasów tłuszczowych (chodzi tutaj głównie o zwiększony udział nienasyconych długołańcuchowych kwasów tłuszczowych), istnieje jednak jeszcze wiele możliwości jego modyfikowania na drodze żywieniowej. Stwierdzono przykładowo, że na poziom PUFA w lipidach mięsa może wpływać ich stężenie w diecie. Frelich i in. (2009) podają, że kwasy tłuszczowe w tkankach mogą również pochodzić z syntezy *de novo* lub biokonwersji C18:3_{n-3} oraz C18:2_{n-6} do odpowiednich długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Kwasy PUFA_{n-3} są zaangażowane w rozwój odpowiedzi immunologicznej zwierząt (Fortun-Lamothe i Boullier, 2007), natomiast średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, takie jak kaprylowy i kaprynowy, mogą zmieniać mikroflorę jelitową, wpływając w ten sposób na fermentację jelitową (Marounek i in., 2002) i rozwój patogennych szczepów bakterii (Skřivanová i in., 2009).

Kowalska i Bielański (2008) stwierdzili korzystny wpływ natłuszczenia mieszanek paszowych dla królików olejami rzepakowym, lnianym i rybnym na skład kwasów tłuszczowych w pozyskiwanym mięsie. Kowalska (2009) uzyskała korzystne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych mięsa króliczego poprzez wprowadzenie do dawek pokarmowych 5 lub 10% makuchu rzepakowego, którego tłuszcz jest bogatym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych. Ta sama autorka (Kowalska, 2011) prowadziła

również badania nad wzbogacaniem mięsa królików w nienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy oraz przeciwdziałaniem procesom utlenienia, wprowadzając do dawek pokarmowych olej rybny. Tłuszcz rybny spowodował wysoko istotny wzrost zawartości kwasów linolenowego ($C_{18:3n-3}$), EPA ($C_{20:5n-3}$) i DHA ($C_{22:6n-3}$) oraz korzystne zawężenie stosunku $PUFA_{n-6/n-3}$ z 8,507 w grupie kontrolnej do 3,682 i 3,567 w grupach doświadczalnych.

Maertens i in. (2008) badali z kolei wpływ dodatku do diety królików ekstrudowanego siemienia lnianego na skład wyższych kwasów tłuszczowych w ich mięsie. Autorzy wskazują na korzystne dla konsumentów zmiany, za najważniejsze uważając wzrost zawartości kwasów szeregu n-3 i zmniejszenie stosunku kwasów $PUFA_{n-3/n-6}$. Dla grupy kontrolnej podają oni stosunek $PUFA_{n-3/n-6}$ na poziomie 5,39, a dla grup doświadczalnych od 1,26 do 2,61. Dodatek ekstrudowanego siemienia lnianego zwiększył istotnie zawartość w mięsie kwasów linolenowego ($C_{18:3n-3}$) oraz dokozaheksaenowego ($C_{22:6n-3}$).

Szkucik i Ziomek (2010) na podstawie badania zmienności profilu kwasów tłuszczowych w zależności od rodzaju tłuszczu i rasy królików podają, że u ras mięsnych stosunek kwasów $PUFA_{n-3/n-6}$ w tłuszczu śródmięśniowym wynosi około 6,29–8,14:1, kwas linolenowy ($C_{18:3n-3}$) kształtuje się na poziomie 2,22–6,52, kwas linolowy ($C_{18:2,n-6}$) – 16,40–17,45. W podsumowaniu autorzy podają, że rasa królików ma istotny wpływ na kształtowanie się profilu kwasów tłuszczowych, co wpływa na ogólną sumę kwasów nasyconych (SFA) i wielonienasyconych (PUFA).

Ciekawe badania prowadzili Sosa i Fogliano (2017) porównując tłuszcze zwierzęce (masło, smalec, łój wołowy) z olejami pochodzenia owadziego (drewnojad, mącznik młynarek, pleśniakowiec lśniący, świerszcz, karaluch) i olejami roślinnymi (siemię lniane, rzepak, nasiona – sezamu, słonecznika, dyni, rzepak niskoerukowy, soja). W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzili, że oleje pochodzące z owadów zajmują miejsce między tłuszczami roślinnymi a tłuszczami pochodzenia zwierzęcego, biorąc pod uwagę profil ich kwasów tłuszczowych, który wykazuje wyższą zawartość SFA (głównie C16: 0 i C18: 0).

Francisco i in. (2019) badali wpływ zastąpienia smalcu w diecie dla królików wcześniej odsadzanych (25 dni) – olejem rybnym. Włączenie oleju rybnego do mieszanki paszowej skutkowało mniejszą zachorowalnością poadsadzeniową i korzystniejszym profilem kwasów tłuszczowych w mięsie zwierząt, skutkującym obniżeniem stosunku kwasów $PUFA_{n-6/n-3}$ z 13,2 do 4,38. Uzyskano jednak u nich niższe dzienne przyrosty masy ciała.

Jaworska i in. (2020) porównywali cechy jakości mięsa króliczego w zależności od dodatku do mieszanki paszowej dla tych zwierząt: oleju słonecznikowego, oleju rybnego (FO), FO i likopenu (Lyc), FO i selenizowanych drożdży (SeY) oraz mieszanki FO, Lyc i Sey. Uzyskane wyniki wykazały, że wzbogacenie paszy olejem rybnym spowodowało wzrost masy mięśnia najdłuższego o 7,3% i było korzystne pod względem żywieniowym, powodując wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Poziom utlenienia tłuszczu, mierzony w teście z dialdehydem malonowym, wskazywał, że najwyższy poziom utlenienia zaobserwowano w mięśniach królików karmionych dietami wzbogaconymi tylko w FO. Stosowanie w paszy FO wpłynęło niekorzystnie na jakość sensoryczną mięsa poprzez zwiększenie intensywności negatywnych nut zapachowych (zjełczenie).

Z uwagi na aspekty zdrowotne, dokonując wyboru spożywanych tłuszczów powinniśmy zwracać uwagę na niską zawartość kwasów nasyconych, wysoką jednonienasyconych oraz odpowiedni stosunek kwasów wielonienasyconych PUFA_{n-6/n-3}. Skład lipidów mięsa króliczego jest bardzo korzystny ze względu na wysoką zawartość kwasów tłuszczowych jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) oraz cennych nieparzystych kwasów tłuszczowych o łańcuchach prostych i rozgałęzionych (OBCFA), nieobecnych w mięsie takich gatunków zwierząt, jak wieprzowina, wołowina czy drób (Leiber i in., 2008).

W tabelach 23 i 24 przedstawiono poziom zawartości aminokwasów w mięśniach tylnej nogi i combra wyrażony w g/kg próby.

Tabela 23. Poziom zawartości aminokwasów w mięśniach tylnej nogi króliczej (g/kg próby) (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Aminokwas	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Kwas asparaginowy	19,18±0,126	19,38±1,330	19,36±0,281	0,724
Treonina	9,648±0,076	9,653±0,085	9,430±0,126	0,167
Seryna	8,343±0,064	8,185±0,062	8,121±0,114	0,175
Kwas glutaminowy	31,05±0,229	30,60±0,216	31,01±0,505	0,593
Prolina	8,152±0,131 ^a	7,808±0,117 ^b	7,763±0,095 ^b	0,048
Glicyna	11,54±0,188 ^a	11,11±0,188 ^a	10,62±0,077 ^b	0,006
Alanina	11,94±0,080	12,15±0,100	12,00±0,154	0,432

Walina	10,00±0,092	10,14±0,064	10,18±0,165	0,532
Izoleucyna	16,14±0,118	16,50±0,092	16,55±0,243	0,171
Leucyna	9,406±0,088	9,449±0,041	9,547±0,162	0,651
Tyrozyna	8,020±0,304 ^b	8,661±0,197	8,902±0,210 ^a	0,042
Fenylalanina	8,811±0,186	8,998±0,133	8,673±0,214	0,454
Histydyna	6,176±0,103 ^b	6,517±0,076 ^a	6,486±0,089 ^a	0,023
Lizyna	20,47±0,348	19,68±0,129	19,82±0,310	0,124
Arginina	12,11±0,203 ^c	13,76±0,179 ^a	12,97±0,131 ^b	< 0,001
Cysteina	2,492±0,027 ^b	2,600±0,035 ^a	2,493±0,035 ^b	0,044
Metionina	5,929±0,038 ^c	6,397±0,074 ^a	6,163±0,066 ^b	< 0,001
Tryptofan	2,267±0,034	2,384±0,053	2,458±0,105	0,177

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

W mięśniach tylnej nogi króliczej stwierdzono statystycznie potwierdzone różnice w zawartości aminokwasów dla proliny pomiędzy grupą K (8,152) a grupami D1 (7,808) i D2 (7,763), glicyny pomiędzy D2 (10,62) a K (11,54) i D1 (11,11), tyrozyny pomiędzy D2 (8,902) a K (8,020), histydyny pomiędzy K (6,176) a D1 (6,517) i D2 (6,486). Najwyższy poziom zawartości argininy stwierdzono dla grupy D1 (13,76), a istotne różnice dotyczyły zarówno grup D1 a K (12,11) i D2 (12,97), jak i K i D2. Takie same zależności stwierdzono dla metioniny. Poziom cysteiny był najwyższy w grupie D1 (2,600), a istotne potwierdzone statystycznie różnice stwierdzono pomiędzy tą grupą a K (2,492) i D2 (2,493).

Tabela 24. Poziom zawartości aminokwasów w mięśniach combra (g/kg próby) (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Aminokwas	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Kwas asparaginowy	19,23±0,744 ^b	20,11±0,536	21,34±0,292 ^a	0,040
Treonina	9,441±0,412 ^b	9,850±0,276	10,43±0,145 ^a	0,079
Seryna	8,120±0,261 ^b	8,380±0,147 ^b	9,008±0,098 ^a	0,005

Kwas glutaminowy	31,21±1,151 ^b	32,25±0,802	33,95±0,381 ^a	0,083
Prolina	7,370±0,085 ^b	7,966±0,111 ^a	8,119±0,141 ^a	< 0,001
Glicyna	12,20±0,324	12,44±0,251	12,98±0,130	0,096
Alanina	10,90±0,226	10,83±0,146	10,83±0,245	0,968
Walina	10,39±0,434	10,73±0,284	11,26±0,144	0,161
Izoleucyna	9,467±0,411 ^b	9,915±0,273	10,66±0,154 ^a	0,027
Leucyna	16,03±0,687 ^b	16,84±0,447	18,06±0,235 ^a	0,024
Tyrozyna	8,116±0,435 ^b	8,804±0,105 ^b	10,56±0,550 ^a	0,001
Fenylalanina	8,685±0,403 ^b	9,850±0,439 ^a	9,665±0,255	0,079
Histydyna	6,500±0,343 ^b	6,613±0,215 ^b	7,514±0,081 ^a	0,011
Lizyna	16,27±0,533 ^c	19,57±0,674 ^b	22,14±0,306 ^a	< 0,001
Arginina	12,64±0,268 ^b	13,58±0,258 ^a	13,68±0,161 ^a	0,007
Cysteina	1,951±0,112 ^b	2,737±0,064 ^a	2,531±0,039 ^a	< 0,001
Metionina	4,994±0,252 ^b	6,430±0,130 ^a	6,311±0,093 ^a	< 0,001
Tryptofan	2,571±0,166	2,658±0,131	2,476±0,103	0,642

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

W mięśniach combra wystąpiło dużo wyższe zróżnicowanie w większości oznaczonych aminokwasów pomiędzy poszczególnymi grupami, przy czym najwyższe wartości notowano w grupie D2. Pomiedzy grupą D2 a K stwierdzono istotne potwierdzone statystycznie różnice w ilości kwasu asparaginowego, treoniny, kwasu glutaminowego, izoleucyny i leucyny. Poziom seryny w grupie D2 (9,008) był istotnie wyższy w stosunku do grup K (8,120) i D1 (8,380), podobnie jak tyrozyny (odpowiednio 10,56, 8,116 i 8,804) i histydyny (odpowiednio 7,514, 6,500 i 6,613). Najwięcej lizyny stwierdzono w grupie D2 (22,14), poziom jej w pozostałych grupach był istotnie niższy – D2 (19,57), K (16,27), przy czym wartości w grupie D2 i K różniły się również istotnie. Najwyższą zawartość argininy odnotowano w grupach doświadczalnych D2 (13,68) i D1 (13,58), różniła się ona na poziomie $P \leq 0,05$ w stosunku do grupy K (12,64). Podobne wyniki uzyskano dla cysteiny i metioniny.

Wartość odżywcza białka jest określana przez skład aminokwasowy. Szczególnie ważne są te aminokwasy, które nie mogą być syntetyzowane w ustroju ludzkim

i muszą być dostarczone z zewnątrz. Mięso królicze zawiera wszystkie niezbędne osiem aminokwasów (walina, leucyna, izoleucyna, fenyloalanina, tryptofan, lizyna, treonina i metionina), stąd ma wysoką wartość biologiczną (80) (Kowalska i in., 2010). Odpowiednia podaż aminokwasów ma szczególne znaczenie dla królików w okresie wzrostu i rozwoju. Wśród nich najistotniejsze są aminokwasy ograniczające, czyli te, których zawartość w białku jest najmniejsza w stosunku do potrzeb zwierzęcia.

W tabeli 25 przedstawiono poziom zawartości aminokwasów egzogennych (fenyloalanina, izoleucyna, leucyna, lizyna, metionina, treonina, tryptofan, walina) oraz względnie egzogennych (arginina i histydyna) w mięśniach tylnej nogi i combra.

Tabela 25. Poziom zawartości aminokwasów egzogennych i względnie egzogennych w mięśniach tylnej nogi i combra (g/kg próby) (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Mięsień	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
Tylna noga	100,9±0,791	103,4±0,541	102,3±1,415	0,218
Comber	97,01±3,445 ^b	106,1±2,991 ^a	112,2±1,332 ^a	0,002

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);
SEM – błąd standardowy średniej.

Stwierdzono istotny wpływ czynnika żywieniowego mączki drobiowej w ilości zarówno 2,5, jak i 5% na zawartość aminokwasów egzogennych i względnie egzogennych w mięśniach combra. Różnica w stosunku do grupy K (97,01) została potwierdzona statystycznie (D1 – 106,1, D2 – 112,2).

Na świecie prowadzono wiele badań dotyczących odpowiedniego zbilansowania dawek pokarmowych, tak aby poziom aminokwasów zapewniał właściwy wzrost i rozwój królicząt. Już w latach 70. ubiegłego wieku Adamson i Fisher (1973) stwierdzili, że zapotrzebowanie ilościowe na aminokwasy w paszy dla królików, jako procent diety, powinno wynosić: arginina 1,0, histydyna 0,45, leucyna 0,90, izoleucyna 0,70, lizyna 0,70, metionina + cystyna 0,60, fenyloalanina + tyrozyna 0,60, treonina 0,50, tryptofan 0,15 i walina 0,70. Zgodnie z uzyskanymi wynikami badań podali, że glicyna jest potrzebna króliczynom do szybkiego wzrostu. W porównaniu z innymi młodymi, rosnącymi ssakami

królik ma niezwykle wysokie zapotrzebowanie na argininę, przypominające zapotrzebowanie młodego pisklęcia.

Badania Carabaño i in. (2009) sugerują, że dla rosnących królików przy 16% zawartości białka w mieszance paszowej – procentowy poziom aminokwasów powinien wynosić: arginina 0,90, histydyna 0,35, leucyna 1,05, izoleucyna 0,60, lizyna 0,65, metionina + cystyna 0,60, fenyloalanina + tyrozyna 1,20, treonina 0,55, tryptofan 0,18, walina 0,70.

Szkucik i Libelt (2006) stwierdzili, że białko pochodzące z mięsa króliczego zawiera znaczną ilość aminokwasów egzogennych. Na podstawie analizy składu aminokwasowego tego mięsa w porównaniu do pozyskiwanego od innych gatunków zwierząt stwierdzili, że jest ono bogatsze w lizynę, treoninę, leucynę i fenyloalaninę, co potwierdza jego wysoką wartość biologiczną.

W literaturze przedmiotu nie ma opracowań dotyczących wpływu skarmiania mączek zwierzęcych na zawartość aminokwasów w mięsie królików, które można by porównać z uzyskanymi wynikami; są jednak badania dotyczące drobiu.

He i in. (2021) prowadzili doświadczenie nad zastosowaniem do paszy dla brojlerów i kur nieśnych dodatku mączki mięsno-kostnej pochodzącej z odpadów poubojowych bydła i mączki z hydrolizowanych piór drobiu. Stwierdzili oni, że obie mączki są bogatym źródłem glicyny i proliny, co miało dodatni wpływ zarówno na jakość mięsa, jak i nieśność ptaków.

Ravindran i in. (2002) badali u drobiu strawność jelitową aminokwasów z 19 próbek mączek mięsno-kostnych uzyskanych z zakładów utylizacyjnych w Nowej Zelandii. Zaobserwowano znaczne zróżnicowanie zawartości białka surowego (38,5–67,2 g/100 g), popiołu (13,0–56,5 g/100 g), tłuszczu surowego (4,3–15,3 g/100 g) i energii brutto (9,4–22,3 MJ/kg) w próbkach mączek. Stężenia aminokwasów i ich strawność jelitowa również znacznie się różniły. Najniższe szacunki strawności miała cystyna, pierwszy ograniczający aminokwas w mączce mięsno-kostnej. Autorzy stwierdzili, że mączki mięsno-kostne mogą być stosowane w żywieniu drobiu, konieczne są jednak dokładne analizy ich składu.

W podsumowaniu całego rozdziału dotyczącego analizy jakościowej mięsa królików można stwierdzić, że dodatek do mieszanki paszowej mączki drobiowej w ilości 2,5 i 5% nie miał negatywnego wpływu na badane parametry.

5.5. *Badania biochemiczne krwi*

Istnieje wiele czynników mających wpływ na wyniki badań krwi królików: stan zdrowia, rasa, wiek, płeć, a nawet środowisko. Najważniejszym czynnikiem jest jednak dobrze zbilansowana dieta (Hur i in., 2005). W tabeli 26 przedstawiono wyniki wybranych parametrów biochemicznych krwi pobranej od królików podczas uboju.

Tabela 26. Biochemia krwi (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value	Norma
	K	D1	D2		
ALT (U/I)	69,6±5,06 ^a	40,3±4,01 ^b	50,1±4,85 ^b	0,001	45-80
AST (U/I)	27,9±5,11	15,8±1,48	25,2±8,96	0,345	35-130
Mocznik (mmol/l)	5,23±0,27	5,54±0,37	5,75±0,34	0,546	3,33-7,5
Kreatynina (μmol/l)	152,2±13,9	148,83±12,3	137,1±16,7	0,741	44,2-220,1
Glukoza (mg/dl)	99,8±5,44	105,2±8,64	91,6±4,88	0,348	78-155
Białko całkowite (g/l)	60,6±1,28	61,7±1,24	60,1±1,17	0,650	54-75
Cholesterol (mg/dl)	38,3±6,82 ^a	42,1±6,53 ^a	67,5±2,66 ^b	0,002	10,06-81,27
LDH (U/I)	218,5±19,6	233,8±21,2	223,0±21,8	0,869	70-359

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;

D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;

a, b – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P \leq 0,05$);

SEM – błąd standardowy średniej.

Badania biochemiczne dostarczają cennych informacji dotyczących funkcjonowania narządów wewnętrznych zwierząt.

Wszystkie uzyskane w badaniach własnych wyniki mieściły się w normach dla królików podawanych na zakupionych odczynnikach, jednak pomiędzy grupami stwierdzono w przypadku niektórych parametrów istotne różnice. W grupie K uzyskano najwyższy poziom ALT (69,6), a różnice w stosunku do grup doświadczalnych okazały się statystycznie istotne (D1 – 40,3, D2 – 50,1). Najniższą zawartość cholesterolu w krwi stwierdzono

w grupie K (38,3), a różnice pomiędzy nią a grupami doświadczalnymi (D1 – 42,1 i D2 – 67,5) były istotne na poziomie $P \leq 0,05$.

W literaturze naukowej spotyka się bardzo zróżnicowane normy dotyczące badanych wskaźników, co zapewne jest związane z wykorzystaniem innych aparatów pomiarowych i stosowaniem różnych odczynników. Uzyskana w badaniach własnych zawartość cholesterolu całkowitego mieściła się w zakresie wartości podawanych przez Meredith i Rayment (2000) – 62,0 do 168,0 mg/dl. Nieco niższe wartości – do 117 mg/dl podają Pagano i in. (1998).

Zawartość białka całkowitego była niższa od podawanej przez Melillo (2007) (75,0 – 85,6 g/l). Podwyższone wartości tego wskaźnika mogą świadczyć o odwodnieniu, czy też stanach zapalnych toczących się w organizmie. Badania te wykonuje się przy podejrzeniu zaburzeń odżywiania i gospodarki elektrolitowej lub chorób układów pokarmowego i moczowego.

W badaniach własnych stwierdzono, że średni poziom glukozy we krwi był wyrównany w grupach, jednak u pojedynczych osobników obserwowano niewielkie przekroczenia normy. Nie można ich jednak wiązać z czynnikiem żywieniowym, lecz raczej ze stresem przedubojowym. Jest to związane z wydzielaniem adrenaliny, która znosi efekt działania insuliny, co z kolei powoduje nagły wzrost poziomu glukozy we krwi. Po uspokojeniu się zwierzęcia poziom glukozy bardzo szybko wraca do normy, dlatego np. Catala i in. (2001) podają, że miarodajne jest dwukrotne oznaczenie jej poziomu we krwi w odstępie kilkuminutowym. W wielu badaniach przed pobraniem krwi zwierzęta uspokajają się farmakologicznie.

AST i ALT to główne enzymy biorące udział w metabolizmie białek. Wzrost ich aktywności świadczy nie tylko o uszkodzeniu, ale i o obumarciu komórek wątrobowych. Nakynsige i in. (2013) podają normy dla królików: ALT 45–80 U/L, AST 35–130 U/L.

Mocznik jest azotowym produktem przemiany materii powstającym podczas rozpadu białek w wątrobie. U zdrowego, dobrze nawodnionego królika większość azotu mocznika zostaje przefiltrowana przez nerki i wydalona z moczem. Garcia i in. (2020) badali poziom mocznika we krwi królików jako wskaźnik braku równowagi aminokwasowej w dietach zbilansowanych i niezbilansowanych. Wykazali, że może on być wskaźnikiem do wykrywania niedoborów aminokwasów u rosnących królików.

Kreatynina jest produktem nieenzymatycznego rozpadu fosfokreatyny w mięśniach. Wielkość jej dziennego wytwarzania jest w znacznym stopniu uzależniona od indywidualnej

masy mięśni. U królików kreatynina jest wydalana niemal wyłącznie przez nerki, a jej stężenie we krwi jest odwrotnie proporcjonalne do wielkości przesączania kłębuszkowego.

LDH (dehydrogenaza mleczanowa) to enzym znajdujący się w cytoplazmie wszystkich komórek, odpowiedzialny za proces przekształcania glukozy. Gdy dochodzi do uszkodzenia komórek, dehydrogenaza mleczanowa uwalnia się z ich wnętrza, dzięki czemu wzrasta jej stężenie i aktywność we krwi. Oznaczenie poziomu LDH jest pomocne w wykryciu przyczyny i lokalizacji uszkodzenia komórek, jest ważnym markerem niewydolności narządowej. Hein i Hartmann (2003) podają wartości referencyjne dla królików w zakresie 0–571 IU/l, z kolei Gil i in. (2004) – 70–359 IU/l.

W badaniach własnych nie stwierdzono negatywnego wpływu dodatku mączki drobiowej na wszystkie badane parametry biochemiczne krwi.

5.6. Badania mikrobiologiczne paszy oraz treści jelita cienkiego i ślepego

Przed pobraniem treści pokarmowej do badań bakteriologicznych wykonano pomiar pH treści jelita ślepego i żołądka (tab. 27). Nie stwierdzono statystycznie potwierdzonych różnic pomiędzy grupami dla obydwu badanych parametrów. Dodatek do mieszanki paszowej mączki mięsno-kostnej drobiowej nie miał wpływu na wartość pH, która mieściła się w granicach uznawanych za prawidłowe dla tej grupy zwierząt.

Tabela 27. pH treści jelita ślepego i żołądka (n=10/grupa, średnia ±SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			P-value
	K	D1	D2	
pH jelita ślepego	6,02±0,08	6,09±0,07	6,12±0,05	0,565
pH żołądka	1,89±0,21	1,88±0,14	1,46±0,17	0,178

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
SEM – błąd standardowy średniej.

Merchant i in. (2010) prowadzili badania, które miały na celu porównanie pH jelit i żołądka różnych zwierząt laboratoryjnych. Dla zdrowych dorosłych królików podają oni średnie wartości pH żołądka na poziomie 1,2–2,0, w jelicie cienkim 6,4–7,4, kątnicy 6,0–6,4 a okrężnicy 6,1–6,6. Jak podaje Gidenne (1996), u królików przy dysfunkcjach przewodu pokarmowego następuje szybkie podwyższenie pH jelita ślepego i nagły wzrost ilości bakterii *E. coli*.

W tabelach 28 i 29 zamieszczono wyniki liczebności mikroorganizmów zawartych w próbkach treści pokarmowej jelita ślepego i cienkiego pobranych bezpośrednio po uboju królików w 90. dniu ich życia.

Tabela 28. Liczebność mikroorganizmów w próbkach treści pokarmowej jelita ślepego królików (cfu/g treści pokarmowej)

Wyszczególnienie	Grupy		
	K	D1	D2
Ogólna liczba bakterii tlenowych mezofilnych	$4,6 \times 10^5$	$7,7 \times 10^5$	$5,1 \times 10^5$
Ogólna liczba grzybów i pleśni	$2,3 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$
Liczba bakterii kwasu mlekowego z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	$1,3 \times 10^3$	$5,4 \times 10^3$	$2,1 \times 10^4$
Liczba bakterii grupy coli	$9,1 \times 10^1$	$1,4 \times 10^2$	$1,9 \times 10^4$
Liczba bakterii <i>E. coli</i>	$4,5 \times 10^1$	$9,1 \times 10^1$	$2,0 \times 10^4$
Liczba bakterii <i>Clostridium sp.</i>	$9,1 \times 10^1$	$2,5 \times 10^5$	$2,2 \times 10^4$
Obecność pałeczek rodzaju <i>Listeria sp.</i>	nz.	nz.	nz.
Obecność pałeczek rodzaju <i>Salmonella sp.</i>	nz.	nz.	nz.

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
nz. – nie zidentyfikowano.

Tabela 29. Liczebność mikroorganizmów w próbkach treści pokarmowej jelita cienkiego królików (cfu/g treści pokarmowej)

Wyszczególnienie	Grupy		
	K	D1	D2
Ogólna liczba bakterii tlenowych mezofilnych	$2,7 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$	$8,0 \times 10^6$
Ogólna liczba grzybów i pleśni	$4,5 \times 10^1$	$9,1 \times 10^1$	$1,4 \times 10^2$
Liczba bakterii kwasu mlekowego z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	$1,8 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^5$
Liczba bakterii grupy coli	$2,1 \times 10^4$	$9,6 \times 10^3$	$1,2 \times 10^7$
Liczba bakterii <i>E. coli</i>	$2,5 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$9,6 \times 10^6$
Liczba bakterii <i>Clostridium sp.</i>	$4,5 \times 10^1$	$1,8 \times 10^3$	$4,5 \times 10^1$
Obecność pałeczek rodzaju <i>Listeria sp.</i>	nz.	nz.	nz.
Obecność pałeczek rodzaju <i>Salmonella sp.</i>	nz.	nz.	nz.

K – grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;
D1 – grupa żywiona mieszanką z 2,5% udziałem mączki drobiowej;
D2 – grupa żywiona mieszanką z 5,0% udziałem mączki drobiowej;
nz. – nie zidentyfikowano.

Najwyższą liczebność bakterii tlenowych mezofilnych stwierdzono w grupie D2 w jelicie cienkim ($8,0 \times 10^6$ cfu/g), najniższą w jelicie cienkim grupy D1 ($1,1 \times 10^5$ cfu/g). Koncentracja bakterii tlenowych mezofilnych w odcinku jelita ślepego mieściła się w przedziale $4,6 \times 10^5$ cfu/g (K) – $7,7 \times 10^5$ cfu/g. Najwyższą liczebność ogólnej liczby grzybów i pleśni uzyskano w jelicie ślepym grupy D2 ($5,0 \times 10^2$ cfu/g), a najniższą w próbkach pobranych z jelita cienkiego grupy K ($4,5 \times 10^1$ cfu/g). Liczba bakterii kwasu mlekowego z rodzaju *Lactobacillus* w jelicie cienkim królików przybierała wartości od $1,3 \times 10^4$ cfu/g w grupie D1 do $2,2 \times 10^5$ cfu/g w grupie D2.

W jelicie ślepym najwyższą koncentrację bakterii kwasu mlekowego z rodzaju *Lactobacillus* uzyskano natomiast w grupie D2 ($2,1 \times 10^4$ cfu/g). Najniższą liczebność bakterii grupy coli uzyskano w jelicie ślepym grupy K ($9,1 \times 10^1$ cfu/g). Wraz ze wzrostem

udziału dodatku mączki drobiowej odnotowano wzrost liczebności bakterii grupy coli – $1,2 \times 10^7$ cfu/g – jelito cienkie grupa D2. Najniższą liczebność bakterii *E. coli* uzyskano w jelicie ślepych grupy K ($4,5 \times 10^1$ cfu/g) oraz grupy D1 ($9,1 \times 10^1$ cfu/g), najwyższą w jelicie cienkim grupy D2 ($9,6 \times 10^6$ cfu/g). Najwyższą liczbę bakterii rodzaju *Clostridium sp.* uzyskano w jelicie ślepych obydwu grup doświadczalnych (grupa D1 – $2,5 \times 10^5$ cfu/g; grupa D2 – $2,2 \times 10^4$ cfu/g). W próbkach treści pokarmowej królików wszystkich badanych grup nie stwierdzono obecności pałeczek rodzaju *Listeria sp.* oraz pałeczek rodzaju *Salmonella*.

Uzyskane wyniki trudno porównać z literaturą tematu, w żadnej z cytowanych wcześniej prac dotyczących dodatku pasz pochodzenia zwierzęcego w żywieniu królików badania takie nie były bowiem prowadzone. Do tej pory dostępnych jest zresztą jedynie kilka publikacji dotyczących składu mikroflory zasiedlającej różne odcinki przewodu pokarmowego zdrowych królików (Crowley i in., 2017; Chien i in., 2018). Stąd też, badania te można uznać za pilotażowe.

W doświadczeniu nie stwierdzono upadków w okresie od odsadzenia do uboju, co sugeruje, że dodatek do paszy czynnika doświadczalnego nie miał negatywnego wpływu na stan zdrowia zwierząt. Michelland i in. (2011) wykazali, że mikrobiota jelita ślepego królików zmienia się i dostosowuje do różnych cech i ilości składników odżywczych występujących w diecie i może szybko osiągnąć równowagę po spożyciu nowej paszy. Potwierdziło to niniejsze badanie, w którym dodatek mączki mięsno-kostnej drobiowej nie wykazał ujemnego wpływu na większość kluczowych grup drobnoustrojów biorących udział w trawieniu pasz. W grupie D2 – zarówno w treści pokarmowej jelita ślepego, jak też cienkiego – stwierdzono najwyższą wartość dla bakterii kwasu mlekowego z rodzaju *Lactobacillus*, jak i dla ogólnej liczby bakterii tlenowych mezofilnych. Fakt ten można tłumaczyć dążeniem do równowagi, gdyż w tej grupie notowano również najwyższy poziom bakterii *E. coli* i *Clostridium sp.*

Bakterie kolonizujące jelito ślepe, korzystne dla organizmu królika są w stanie zahamować rozwój bakterii chorobotwórczych poprzez wytwarzanie substancji przeciwdrobnoustrojowych, jak i zmniejszanie przyczepności enteropatogenów *E. coli* (Guarner i Malagelada, 2003). Bakterie *E. coli* wchodzą w skład fizjologicznej mikroflory przewodu pokarmowego, pełnią rolę saprofityczną współdziałając w utrzymaniu homeostazy organizmu poprzez udział w syntezie wielu istotnych dla niego składników. Niektóre szczepy *E. coli* mają jednak zdolność wytwarzania różnych czynników patogenności i mogą wywołać wiele chorób przewodu pokarmowego czy moczowego (Półtorak i in., 2016).

Według badań Guarnera i Malagelady (2003) oraz Kylie i in. (2018), większość przypadków zapalenia jelit u królików, które są najczęstszą przyczyną upadków po odsadzeniu, jest spowodowana kombinacją wielu czynników, zarówno środowiskowych, jak też zakaźnych, w tym dietą ubogą w błonnik, ogólnym osłabieniem organizmu, stresem poodsadzeniowym, a także obecnością jednego lub kilku drobnoustrojów potencjalnie chorobotwórczych. Combes i in. (2011) w swoich badaniach oszacowali, że w jelicie ślepych królika występuje od 10^{10} do 10^{12} bakterii/g treści. Gidenne (1996) oraz Padilha i in. (1995) podają, że u królików dziewięcioletniowych liczebność flory celulolitycznej wynosi około 10^7 bakterii/g, a flora amylopolityczna i ogólna liczba beztlenowców stanowią odpowiednio 10^{10} i 10^{11} bakterii/g treści. Liczba *E. coli*, wynosząca u osesków 10^8 bakterii/g treści jelita ślepego, spada liniowo bezpośrednio po odsadzeniu od matki, osiągając u królików w wieku około 50 dni wartość 10^3 – 10^4 bakterii w g treści tego jelita.

Jelito ślepe królików jest głównym organem fermentacyjnym z licznymi, różnorodnymi bakteriami, których zadaniem jest rozkładanie niestrawnych substancji pokarmowych (Rooks i Garrett, 2016). Króliki nie wydzielają enzymów celulolitycznych, dlatego w procesie trawienia paszy wykorzystanie i trawienie błonnika zależy głównie od flory bakteryjnej, dzięki której jest on rozkładany do krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych i innych substancji poprzez fagocytozę oraz wydzielanie enzymów celulolitycznych (Ye i in., 2021). Proces ten nie tylko stymuluje rozwój jelit, ale także optymalizuje mikrobiotę jelitową i funkcję bariery jelitowej, może również wpływać na metabolizm tkanki mięśniowej, wątroby i mózgu (Rooks i Garrett, 2016; Lee i Hase, 2014).

Złożona mikrobiota przewodu pokarmowego (GIT) zwierząt odgrywa zatem istotną rolę nie tylko w procesie trawienia składników pokarmowych, ale też w zabezpieczeniu organizmu przed infekcjami wynikającymi z obecności patogenów oraz bakterii środowiskowych. Stanowi również barierę przed egzogennymi szkodliwymi substancjami i zapewnia prawidłowe funkcje metaboliczne, immunologiczne oraz neurologiczne gospodarza. Mikroorganizmy przewodu pokarmowego tworzą swoisty ekosystem, w którym populacje zasiedlające różne nisze ekologiczne wykorzystują jako pokarm inne populacje lub produkty ich metabolizmu. Mikroorganizmy te często też konkurują ze sobą o pokarm, wpływając przy tym na kierunek przemian substratu. Cheesman i Guillemin (2007) podają, że mikroflora przewodu pokarmowego fizjologicznie zapobiega rozwojowi bakterii chorobotwórczych poprzez współzawodnictwo o składniki odżywcze, a także kompetycję w poprzedzającym zakażeniu procesie wiązania się z receptorami na powierzchni komórek nabłonka. Bakterie symbiotyczne wytwarzają bakteriocyny – substancje toksyczne dla

szczepów chorobotwórczych oraz stymulują wytwarzanie naturalnych przeciwciał, które reagują krzyżowo z antygenami patogennych mikroorganizmów (Fortun-Lamothe i Boullier, 2007). Mikrobiota jest powiązana z wieloma procesami fizjologicznymi – od stanu odżywienia po reakcje behawioralne i stresowe. Dlatego, kontrola i modulowanie mikrobioty jelit królików jest ważnym aspektem praktyki hodowlanej. Poprzez działanie immunostymulujące oraz efekt konkurencyjnego wykluczenia możliwe jest ograniczenie problemów trawiennych. Podczas trawienia u królików zachodzą bowiem zmiany parametrów fizykochemicznych, takich jak pH, potencjał redoks i stężenie metabolitów, które bezpośrednio wpływają na równowagę zbiorowisk drobnoustrojów jelitowych.

Na świecie prowadzone są liczne badania mające na celu określenie wpływu różnych dodatków paszowych, jak: probiotyki, prebiotyki czy symbiotyki, które mogą usprawniać funkcje przewodu pokarmowego i wpływać na polepszenie wykorzystania składników pokarmowych. Podczas fermentacji mikrobiologicznej w sprzyjających warunkach jelitowych króliki otrzymują produkty stymulujące kolonizację mikroorganizmów symbiotycznych. Jest to połączony model konkurencji i współpracy mikroflory jelitowej. Równowaga tego ekosystemu jest jednak krucha i może być łatwo zaburzona. Kluczową rolę w prewencji pełni zatem odpowiednie żywienie. Wspomniane dodatki paszowe – ze względu na antagonistyczne działanie wobec mikroorganizmów patogennych i oportunistycznych – cieszą się rosnącym zainteresowaniem wśród hodowców zwierząt gospodarskich.

Wlazło i in. (2021) prowadzili badania nad wpływem fermentowanej śruty rzepakowej na przewod pokarmowy, mikrobiotę i odporność królików. Badania te wykazały, że króliki z grup otrzymujących dietę o zwiększonym udziale fermentowanej śruty rzepakowej (8 lub 12%) miały niższy poziom stężenia bakterii beztlenowych i *E. coli* w treści jelitowej.

Badania Bónai i in. (2008) oraz Pascual i in. (2008) wskazują, że dodatek probiotyku w postaci bakterii *Bacillus cereus* lub drożdży *Saccharomyces cerevisiae* do diety królików ma korzystny wpływ na ich zdrowie. Autorzy zaobserwowali spadek liczby bakterii *Clostridium* i *E. coli*, które są przyczyną wielu chorób, w tym kolibakteriozy. Badania Kimse i in. (2012) wskazują natomiast na brak wpływu bakterii probiotycznych na strukturę i różnorodność społeczności bakteryjnej jelit królików.

Według Amber i in. (2004) i Jacquier i in. (2014), mimo że występowanie szczepów z rodzaju *Lactobacillus* jest niskie w mikrobiocie królika, ich suplementacja zwiększa liczbę bakterii celulolitycznych i redukuje bakterie ureolityczne. W badaniach własnych

obserwowano istotny wzrost liczebności bakterii kwasu mlekowego w jelicie ślepym i cienkim wraz ze wzrostem udziału mączki drobiowej w diecie zwierząt.

Mimo licznych badań do tej pory nie określono, jaki poziom bakterii *E. coli* i *Clostridium sp.* ma negatywne skutki zdrowotne dla królicząt. Mikrobiota przewodu pokarmowego królika nie jest do końca poznana i trudna do określenia ze względu na różne warunki utrzymania zwierząt, żywienie i wiele innych czynników, które mogą mieć na nią wpływ.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące szczegółowe wnioski:

1. Zastosowany 2,5 i 5% poziom dodatku mączki drobiowej do mieszanki paszowej dla królików nie miał negatywnego wpływu na wyniki rozrodu królic, podobnie jak na podstawowe parametry produkcyjne królików w okresie od odsadzenia do uboju.
2. Uzyskane w przeprowadzonym teście smakowości wyniki wskazują, że króliki preferowały mieszankę paszową bez udziału mączki drobiowej. Jej średnie pobranie było statystycznie istotnie wyższe w porównaniu z mieszankami doświadczalnymi. Nie stwierdzono natomiast statystycznego zróżnicowania między spożyciem mieszanek doświadczalnych zawierających 2,5 i 5% mączki drobiowej.
3. Dodatek do diety królików mączki drobiowej nie wpłynął statystycznie istotnie na strawność podstawowych składników pokarmowych: suchej masy, substancji organicznej, białka ogólnego oraz tłuszczu surowego. Pomimo braku statystycznie istotnego zróżnicowania zauważono tendencję do nieznacznego obniżania się poziomu strawności wraz ze wzrostem udziału mączki drobiowej w paszy tych zwierząt. Stwierdzono natomiast statystycznie istotny wpływ badanego dodatku paszowego na strawność poszczególnych frakcji włókna, trudno go jednak łączyć z czynnikiem doświadczalnym.
4. Dodatek mączki drobiowej w ilości 5% dawki pokarmowej miał korzystny wpływ na zmniejszenie otłuszczenia tuszek, wpływając jednocześnie dodatnio na procentową zawartość mięsa w tuszkach.
5. Z przeprowadzonych badań dotyczących parametrów jakości mięsa wynika, że dawki doświadczalne nie miały negatywnego wpływu na poziom białka całkowitego i tłuszczu wolnego w mięsie, nie stwierdzono również statystycznie potwierdzonych

różnic pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi pod względem zawartości cholesterolu.

6. Wprowadzenie do mieszanki paszowej mączki drobiowej zmieniło istotnie zawartość niektórych kwasów tłuszczowych w lipidach badanego mięsa króliczego. W mięśniach tylnej nogi króliczej w grupie D1 stwierdzono istotny – w stosunku do pozostałych grup – spadek ilości kwasu oleinowego ($C_{18:1}$) przy wysokim wzroście ilości kwasu linolowego ($C_{18:2,n-6}$). Z kwasów szeregu n-3 występujących w grupie D1 potwierdzono statystycznie istotny spadek ilości kwasu linolenowego ($C_{18:3n-3}$), nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w ilości kwasu DHA (kwas dokozaheksaenowy $C_{22:6,n-3}$) i EPA (eikozapentaenowy $C_{20:5n-3}$) pomiędzy wszystkimi grupami. Zmniejszenie z kolei zawartości kwasów szeregu n-3 w grupie D1 spowodowało rozszerzenie proporcji kwasów PUFA_{n-6/n-3}, a różnica w stosunku do pozostałych grup została potwierdzona statystycznie. W lipidach mięśni combra spadek ilości kwasów szeregu n-3 w grupach D1 i D2 spowodował rozszerzenie proporcji kwasów PUFA_{n-6/n-3}, a różnica pomiędzy grupą K a D1 okazała się istotna.
7. W obydwu grupach doświadczalnych stwierdzono istotny potwierdzony statystycznie pozytywny wpływ zastosowanego czynnika żywieniowego na zawartość aminokwasów egzogennych i względnie egzogennych w mięśniach combra.
8. Zaobserwowano statystycznie istotnie wyższy (występujący w granicach normy) poziom ALT we krwi królików z grupy K oraz wzrost poziomu cholesterolu skorelowany z dodatkiem do diet królików mączki drobiowej.
9. Dodatek do mieszanki paszowej mączki drobiowej nie miał wpływu na wartość pH mięsa, która mieściła się w granicach uznawanych za prawidłowe dla tej grupy zwierząt.
10. W doświadczeniu nie stwierdzono upadków w okresie od odsadzenia do uboju, co sugeruje, że dodatek do paszy czynnika doświadczalnego nie miał negatywnego wpływu na stan zdrowia zwierząt. Dlatego też, oznaczony poziom bakterii – zarówno w jelicie ślepym jak i cienkim – należy uznać za prawidłowy.

W podsumowaniu można stwierdzić, że wprowadzenie do paszy dla królików 2,5 i 5% dodatku mączki drobiowej nie miało negatywnego wpływu na parametry rozrodu samic, wyniki produkcyjne królików rosnących i jakość pozyskiwanego od nich mięsa, a także na mikroflorę przewodu pokarmowego i ogólny stan zdrowia. Zatem, mączka drobiowa może być z powodzeniem stosowana w żywieniu królików i stanowić substytut białka pochodzącego z poekstrakcyjnej śruty sojowej.

7. STRESZCZENIE

Celem opisanych badań było określenie wpływu dodatku różnych poziomów zawartości mączki drobiowej do pełnodawkowych mieszanek paszowych na użytkowość rozplodową królic, wskaźniki odchowu królicząt, jakość mięsa tych zwierząt i ich stan zdrowotny.

Badania wykonano w fermie królików K-001 w Aleksandrowicach, należącej do Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, w okresie od początku marca do końca lipca 2022 r. Materiał doświadczalny stanowiły króliki nowozelandzkie białe. Zwierzęta stada podstawowego były utrzymywane pojedynczo w kojcach na głębokiej ściółce, w pomieszczeniu zamkniętym, nieogrzewanym. Młodzież – w klatkach piętrowych z siatki metalowej po 5 sztuk jednej płci w każdej. Króliczeta odchowywano przy matkach do wieku 35 dni, a następnie przenoszono do klatek piętrowych.

Czynnikiem doświadczalnym był dodatek do mieszanki paszowej granulowanej pełnoporcjowej mączki drobiowej. Utworzono trzy grupy żywieniowe. Mieszanka paszowa, którą podawano królikom grupy K (kontrolnej) – o standardowej recepturze, zawierała 13% poekstrakcyjnej śruty sojowej. Zwierzętom grupy doświadczalnej pierwszej (D1) podawano paszę z 2,5% udziałem mączki drobiowej i 9,5% poekstrakcyjnej śruty sojowej. Dieta królików grupy doświadczalnej drugiej (D2) zawierała 5% mączki drobiowej i 7% poekstrakcyjnej śruty sojowej.

W pierwszym etapie badania prowadzono na 30 samicach wraz z potomstwem, natomiast w drugim etapie – na 60 młodych królikach podczas badań produkcyjnych, 16 w trakcie badań smakowitości pasz i 24 podczas badań strawnościowych.

W trakcie badań oceniono wpływ czynnika doświadczalnego na wyniki rozrodu samic, podstawowe parametry produktywności młodych zwierząt, smakowitość mieszanek paszowych, strawność składników pokarmowych, jakość mięsa królików, parametry biochemiczne krwi oraz mikroflorę ich przewodów pokarmowych.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowany 2,5 i 5% poziom dodatku mączki drobiowej do mieszanki paszowej dla królików nie miał negatywnego wpływu na wyniki rozrodu królic, podobnie jak i na podstawowe parametry produkcyjne królików – masę ciała i przyrosty w okresie od odsadzenia do uboju. Uzyskane

w przeprowadzonym teście smakowości wyniki wskazują, że króliki preferowały mieszankę paszową bez udziału mączki drobiowej. Dodatek do diet królików mączki drobiowej nie wpłynął statystycznie istotnie na strawność podstawowych składników pokarmowych. Mączka drobiowa w ilości 5% dawki pokarmowej miała korzystny wpływ na zmniejszenie otłuszczenia tuszek, wpływając jednocześnie dodatnio na procentową zawartość w nich mięsa.

Z przeprowadzonych badań dotyczących parametrów jakości mięsa wynika, że skład obydwu dawek doświadczalnych nie miał negatywnego wpływu na poziom białka całkowitego i tłuszczu wolnego w mięsie, nie stwierdzono również statystycznie potwierdzonych różnic pomiędzy grupą kontrolną a doświadczalnymi w zawartości cholesterolu. Wprowadzenie do mieszanki paszowej 2,5 lub 5% mączki drobiowej zmieniło istotnie zawartość niektórych kwasów tłuszczowych w lipidach badanego mięsa króliczego. W obydwu grupach doświadczalnych stwierdzono istotny potwierdzony statystycznie pozytywny wpływ zastosowanego czynnika żywieniowego na zawartość aminokwasów egzogennych i względnie egzogennych w mięśniach combra. Zaobserwowano statystycznie istotnie wyższy (w granicach normy) poziom ALT we krwi królików z grupy K oraz wzrost poziomu cholesterolu skorelowany z dodatkiem do diet królików mączki drobiowej. Dodatek do mieszanki paszowej mączki drobiowej nie miał wpływu na wartość pH mięsa, która mieściła się w granicach uznawanych za prawidłowe dla tej grupy zwierząt. W doświadczeniu nie stwierdzono upadków w okresie od odsadzenia do uboju, co sugeruje, że dodatek do paszy czynnika doświadczalnego nie miał negatywnego wpływu na stan zdrowia zwierząt, stąd oznaczony poziom bakterii – zarówno w jelicie ślepym jak i cienkim – należy uznać za prawidłowy.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że wprowadzenie do paszy królików 2,5% oraz 5% dodatku mączki drobiowej nie miało negatywnego wpływu ani na parametry rozrodu samic ani też wyniki produkcyjne królików rosnących, jak i jakość pozyskiwanego od nich mięsa, a także na mikroflorę przewodu pokarmowego i ogólny stan zdrowia. Zatem, mączka drobiowa może być z powodzeniem stosowana w żywieniu królików i stanowić substytut białka pochodzącego z poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Słowa kluczowe: królik, żywienie, mączka drobiowa, wydajność rozplodowaa, wzrost wydajności, strawność składników odżywczych, jakość mięsa, mikroflora przewodu pokarmowego

THE USE OF POULTRY MEAL IN RABBIT NUTRITION

Abstract

The aim of the present study was to determine the effect of different inclusion levels of poultry meal in complete rabbit diets on the reproductive performance of does, the growth performance of kits, meat quality and the health status of animals.

The experiment was conducted on rabbit farm K-001 in Aleksandrowice, owned by the National Research Institute of Animal Production, from the beginning of March to the end of July 2022. The experimental materials comprised New Zealand White rabbits. Animals of the basic herd were kept in individual pens on deep litter in a closed unheated facility. Young rabbits were housed in wire-mesh multi-level cages, with five animals of the same sex per cage. Kits stayed with their mothers until 35 days of age, and then they were moved to cages.

The experimental factor was the addition of poultry meal to complete pellets. Three feeding groups were established. The control group (C) was fed a standard diet containing 13% soybean meal (SBM); experimental group 1 (E1) received a diet containing 2.5% poultry meal and 9.5% SBM; experimental group 2 (E2) received a diet containing 5% poultry meal and 7% SBM.

The first stage of the study involved 30 does and their offspring. The second stage involved 60 young rabbits in production experiment, and 16 animals in a palatability trial and 24 animals in a digestibility trial.

The effect of the experimental factor on the reproductive performance of does, the growth performance of kits, diet palatability, nutrient digestibility, meat quality, blood biochemical parameters and gut microbiota was evaluated.

It was found that poultry meal added to rabbit diets at 2.5% and 5% had no negative influence on the reproductive performance of does or the growth performance of young rabbits (body weight and weight gain from weaning to slaughter). A palatability trial revealed that rabbits preferred a diet without poultry meal. The addition of poultry meal to rabbit diets had no significant effect on nutrient digestibility. The inclusion of 5% poultry meal in feed rations contributed to a decrease in carcass fat content and an increase in carcass lean content. An analysis of meat quality demonstrated that the composition of experimental diets (E1 and E2) had no adverse effect on the levels of total protein or free fat in meat. No significant

differences in the cholesterol content of meat were observed between the control group and the experimental groups. The inclusion of 2.5% or 5% poultry meal in rabbit diets significantly affected the concentrations of selected fatty acids in muscle lipids. In both experimental groups, the tested dietary factor had a significant positive influence on the content of essential and conditionally essential amino acids in loin muscles. Alanine aminotransferase (ALT) levels were significantly higher (within the reference range) in the blood of control group rabbits, and an increase in cholesterol levels was correlated with poultry meal supplementation. The addition of poultry meal to rabbit diets had no effect on meat pH, which remained within the normal range. Mortality cases were not recorded between weaning and slaughter, which suggests that poultry meal did not compromise animal health. Bacterial counts in the cecum and small intestine were in the normal range.

It can be concluded that the inclusion of 2.5% or 5% poultry meal in rabbit diets had no negative effect on the reproductive performance of does, the growth performance of kits, meat quality, gut microbiota or the health status of animals. Therefore, poultry meal can successfully replace SBM protein in rabbit nutrition.

Key words: rabbit, nutrition, poultry meal, reproductive performance, growth performance, nutrient digestibility, meat quality, gut microbiota

8. PIŚMIENICTWO

- Adamson I., Fisher H. (1973). Amino acid requirement of the growing rabbit: an estimate of quantitative needs. *J. Nutr.*, 103 (9): 1306–1310.
- Adeniji A.A. (2012). Effects of replacing groundnut cake with blood vegetable waste meal in the diets of weaner rabbits. *Int. Schol. Res. Net. Vet. Sci.*, pp. 1–4.
- Ahlawat S.S., Sharma D.P., Panda P.C. (2001). Effect of feeding poultry viscera meal on carcass traits of broiler rabbits. *Indian J. Anim. Res.*, 35: 141–143.
- Ahlawat S.S., Khanna N., Sharma D.P., Panda P.C. (2003). Effect of feeding poultry viscera meal on wool traits of Angora rabbits. *Indian J. Anim. Res.*, 37: 152–156.
- Akuru E.A., Ani A.O., Orji J.A., Oyeagu C.E., Osita C.O., Idamokoro M.E., Ogwuegbu M.C., Lewu F.B. (2021). Nutrient digestibility, growth, carcass, and bio-marker traits of weaner rabbits fed diets containing graded levels of cowpea (*Vigna unguiculata*) hull meal. *J. Appl. Anim. Res.*, 49: 39–45.
- Akuzawa M., Matsunuma N., Suzuki Y. (1978). Hand-rearing of rabbits using rabbit milk and commercial milk powder, Teo Milk®. *Exp. Anim.*, 27: 427–429.
- Alagón G., Arce O.N., Martinez-Paredes E., Ródenas L, Carvera C., Pascual J.J. (2014). Effect of inclusion of distillers dried grains and solubles from barley, wheat and corn in isonutritive diets on the performance and caecal environment of growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 22: 195–205.
- Alemede I.C., Aremu A., Oriade I., Ijaiya A.T. (2014). Reproductive performance of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) fed diets containing varying levels of dried bovine rumen digesta. *Adv. Life Sci. Technol.*, 23: 43–50.
- Al-Harathi M.A., El-Deek A.A., Salah El-Din M., Alabdeen A.A. (2010). A nutritional evaluation of hatchery by-product in the diets for laying hens. *Egypt. Poultry Sci.*, 30: 339–351.
- Amber K.H., Yakout H.M., Hamed Rawya S. (2004). Effect of feeding diets containing yucca extract or probiotic on growth, digestibility, nitrogen balance and caecal microbial activity of growing New Zealand White rabbits. In: *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*. Puebla, México, pp. 737–741.

- Arbez-Abnal T.A., Sanginés-García J.R., Piñeiro-Vázquez A.T., Aguilar-Urquizo E., Ángeles-Hernandez J.C., Vargas-Bello-Pérez E., Chay-Canul A.J. (2022). Development of prediction equations to estimate carcass tissue composition in growing New Zealand White rabbits by shoulder and neck dissection. *J. Anim. Feed Sci.*, 31 (3): 276–282.
- Auerbach B.J., Krause B.R., Bisgaier C.L., Newton R.S. (1995). Comparative effects of HMG-CoA reductase inhibitors on apo B production in the casein-fed rabbit: atorvastatin versus lovastatin. *Atherosclerosis*, 115: 173–180.
- Ayanwale B.A. (2006). An evaluation of hydrolysed feather meal as a protein source in rabbit diets. *Res. J. Biol. Sci.*, 1: 32–35.
- Barabasz B. (red.) (1994). Normy żywienia mięsożernych i roślinożernych zwierząt futerkowych. Polska Akademia Nauk, 37 pp.
- Barabasz B., Bieniek J. (2003). Króliki – towarowa produkcja mięsna. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 143 pp.
- Barlow S., Pike I.H. (1991). Humans and animals benefit from omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Feedstuffs*, 63: 18–26.
- Bieleński P., Zając J., Kowalska D. (2000). Cechy jakościowe mięsa królików różnych ras. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 8: 125–129.
- Bieleński P., Niedźwiadek S., Zając J. (2002). Chów królików. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Bieniek J. (1997). Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na użytkowość mięsną królików w warunkach chowu tradycyjnego. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozprawy nr 233*.
- Biobaku W.O., Bamgbose A.M., Achike C.U. (2003). Utilisation of different protein sources for growing rabbits. *Pertanika J. Tropic. Agric. Sci.*, 26: 73–77.
- Blas E., Moya A., Cervera C., Fernandez Carmona J. (1990). Use of a feed with milk for suckling rabbits. *Avan. Aliment. Mej. Anim.*, 30: 155–157.
- Blasco A., Piles M. (1990). Muscular pH of the rabbit. *Ann. Zoot.*, 39: 133–136.
- Bónai A., Fébel H., Pósa R., Tornoyos G., Horn P., Kovács F., Kovács M. (2008). Effect of *Bacillus cereus* var. *toyoi* on caecal microflora and fermentation in rabbits. In: *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10–13.06.2008*, pp. 561–566.
- Borys B. (2009). Makuch rzepakowy – pełnowartościowa pasza w żywieniu owiec – matek. *Prz. Hod.*, 77: 12–16.

- Brahmantiyo B., Raharjo Y.C., Prasetyo L.H. (2017). Production performance of HyCole, New Zealand White rabbits and its reciprocal. *J. Ilmu Ternak Vet.*, 22: 16–23.
- Brzóska F., Koreleski J., Korol W. (2009). Możliwe skutki zakazu stosowania soi GMO w żywieniu zwierząt. *Wiad. Zoot.*, XLVII, 3: 3–10.
- Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas J.C. (2009). New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits. A review. *World Rabbit Sci.*, 17: 1–14.
- Carregal R.D., Takahashi R. (1987). Use of silkworm (*Bombyx mori* L.) chrysalis meal as a replacement for soyabean meal in the feeding of growing rabbits. *Rev. Brasil. Zootec.*, 16: 158–162.
- Catala J., Daumas M., Chanh A.P., Lasserre B., Hollande E. (2001). Insulin and glucagon impairments in relation with islet cells morphological modifications following long term pancreatic duct ligation in the rabbit – a model of noninsulin-dependent diabetes. *Int. J. Exp. Diabetes Res.*, 2 (2): 101–112.
- Cavani C., Bianchi M., Lazzaroni C., Luzi F., Minelli G., Petracci M. (2000). Influence of type of rearing, slaughtering age and sex on fattening rabbit: II Meat quality. In: Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain, pp. 1–32.
- Chaline E. (2017). 50 zwierząt, które zmieniły bieg historii. Oficyna Wydawnicza Alma-Press Sp. z o.o., Warszawa, 224 pp.
- Chełmińska A., Kowalska D. (2013). The effectiveness of maize DDGS in rabbit diets. *Ann. Anim. Sci.*, 13: 571–585.
- Cheesman S.E., Guillemin K. (2007). We know you are in there: conversing with the indigenous gut microbiota. *Reas. Microbiol.*, 158 (1): 2–9.
- Chien K.J., Horng C.T., Huang Y.S., Hsieh Y.H., Wang C.J., Yang J.S., Lu C.C., Chen F.A. (2018). Effects of *Lycium barbarum* (goji berry) on dry eye disease in rats. *Mol. Med. Repr.*, 17: 809–818.
- Cholewa R., Nowak K., Świtoński M. (2003). Amatorski chów królików. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań, 176 pp.
- Christiansen A.T., Andersen M.M., Kappel K. (2019). Are current EU policies on GMOs justified? *Transg. Res.*, 28: 267–286.
- Colina R., Coppings R. (1989). Feeding fresh liquid sweet whey to weaned New Zealand White rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 12: 31–32.

- Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No. 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals (Text with EEA relevance).
- Combes S., Michelland R.J., Monteils V., Cauquil L., Soulie V., Tran N.U., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. (2011). Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 77: 680–689.
- Crespo N., Esteve-Garcia E. (2002). Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Sci.*, 81: 1533–1542.
- Crowley E.J., King J.M., Wilkinson T., Worgan H.J., Huson K.M., Rose M.T., McEwan N.R. (2017). Comparison of the microbial population in rabbits and guinea pigs by next generation sequencing. *PLoS ONE*, 12: e0165779.
- Dänicke S., Ahrens P., Strobel E., Brettschneider J., Wicke M., Lengerken G. von (2004). Effects of feeding rapeseed to fattening rabbits on performance, thyroid hormone status, fatty acid composition of meat and other meat quality traits. *Arch. Geflügelk.*, 68: 15–24.
- Daszkiewicz T., Gugolek A., Janiszewski P., Chwastowska-Siwiecka I., Kubiak D. (2011). Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej pochodzącego z różnych elementów tuszki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (76): 153–161.
- Daszkiewicz T., Gugolek A., Janiszewski P., Kubiak D., Czoik M. (2012). The effect of intensive and extensive production systems on carcass quality in New Zealand White rabbits. *World Rabbit Sci.*, 20: 25–33.
- Daszkiewicz T., Gugolek A., Kubiak D., Kerbaum K., Burczyk E. (2021). The fatty acid profile of meat from New Zealand White rabbits raised under intensive and extensive production systems. *Animals*, 11: 3126.
- Donadelli R.A., Jones C.K., Beyer R.S. (2019). The amino acid composition and protein quality of various egg, poultry meal by-products, and vegetable proteins used in the production of dog and cat diets. *Poultry Sci.*, 98: 1371–1378.
- Dong N.T.K., Giang N.T. (2008). Effect of different levels of neutral detergent fiber in the diets on feed utilization, growth rate and nutrient digestibility of growing crossbred rabbits. In: *Proc. MEKARN Rabbit Conference, Cantho University, Vietnam, 25–27.11.2008*, pp. 25–27.

- Dong F.M., Hardy R.W., Haard N.F., Barrows F.T., Rasco B.A., Fairgrieve W.T., Forster I.P. (1993). Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture*, 116: 149–158.
- Duwa H., Saleh B., Igwebuike J.U. (2014). The replacement of fish meal with maggot meal on the performance, carcass characteristic, hematological and serum biochemical indices of growing rabbits. *Glob. J. Bio-Sci. Biotech.*, 3: 215–220.
- Ekpenyong T.E., Biobaku W.O. (1986). Growth response of rabbit fed activated sewage sludge and dried poultry waste. *J. Appl. Rabbit Res.*, 9: 14–16.
- Fanimo A.O., Oduguwa O.O., Adesehinwa A.O.K., Akinsola A.O., Ojo T.A. (2002). Comparative utilization of five animal protein concentrates by domestic rabbits. *ASSET – Series A: Agric. & Environ.*, 2: 81–89.
- Fatufe A.A., Matanmi I.O., Alalade A.O. (2010). Performance and carcass characteristics of growing rabbits fed bacterial protein meal. *African J. Food Agric. Nutr. Develop.*, 10: 2413–2426.
- Fekete S., Hegedus M. (1986). On the utilization of enzymatically digested feathers in rabbit feeding. *J. Appl. Rabbit Res.*, 9: 175–177.
- Fernandez X., Monin G., Talmant A., Mourot J., Lebret B. (1999). Influence of intramuscular fat on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of *m. longissimus lumborum*. *Meat Sci.*, 53: 67–72.
- Finke M.D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.*, 21: 269–285.
- Fortun-Lamothe L., Boullier S. (2007). A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. *Livest. Sci.*, 107 (1): 1–18.
- Fotso J.M., Fomunyan R.T., Ndoping B.N. (2000). Protein and energy sources for rabbit diets in Cameroon. 1 – protein sources. *World Rabbit Sci.*, 8: 57–60.
- Fournier A. (2008). *Króliki. Poradnik hodowcy*. Wydawnictwo RM, Warszawa, 94 pp.
- Francisco M.R., Carro M.D., Valiente V., Formaso-Rafferty N. (2019). Supplementation with fish oil improves meat fatty acid profile although impairs growth performance of early weaned rabbits. *Animals*, 9 (7): 1–15.
- Frelich J., Šlachta M., Hanuš O., Špička J., Samková E. (2009). Fatty acid composition of cow milk fat produced on low-input mountain farms. *Czech J. Anim. Sci.*, 54: 532–539.

- Frindt A. (1998). Podstawowy chów królików. Oficyna Wydawnicza „Hoża”, Warszawa, 68 pp.
- Fu-Chang L., Qiu-Xia L., Xiuling Z. (2004). Comparative studies on growth performance, nutrient digestibility, immunity index and protease activities between weaning-2 month and 2–3 month New Zealand rabbits. In: Proceedings of the 8th World Rabbit Congress; Sept, Pueblo, Mexico: World Rabbit Science Association; pp. 885–890.
- Furlan A.C., Fraiha M., Scapinello C., Murakami A.E., Moreira I. (1997). Soybean meal replacement by protein hydrolyzed cattle hide scrap meal in growing rabbit diets. Rev. UNIMAR, 19: 905–912.
- Gacek L.A. (2002). Hodowla królików. Prz. Hod., 3: 28–31.
- Galan G.L., De Souza Franco M.L.R., Souza E.D. de, Scapinello C., Gasparino E., Visentainer J.V., Vesco A.P. del (2013). Meal of Nile Tilapia carcass in diets for rabbits: chemical composition and bone resistance. Ciênc. Agrár., Londrina, 34: 2473–2484.
- Garcia P.J.M., Lopez-Lujan M.C., Rodenas L., Martinez-Paredes E. (2020). Plasma urea nitrogen as an indicator of amino acid imbalance in rabbit diets. World Rabbit Sci., 28 (2): 63–72.
- Garcia-Ruiz A.I., Garcia-Palomares J., Garcia-Rebollar P., Chamorro S., Carabano R., Blac C. de (2006). Effect of protein source and enzyme supplementation on ileal protein digestibility and fattening performance in rabbits. Span. J. Agric. Res., 4: 297–303.
- Gasmi-Boubaker A., Abdouli H., Faiza K., Tayachi L. (2007). Feeding rapeseed meal to rabbits: digestibility, performance and carcass characteristics. Asian J. Anim. Vet. Adv., 2: 38–41.
- Gidenne T. (1996). Nutritional and ontogenic factors affecting rabbit caeco-colic digestive physiology. In: Lebas F.: (ed.) Proceeding of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 1: 13–28.
- Gidenne T. (2015). Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. Animal, 9: 227–242.
- Gil A.G., Silvan G., Illera M., Illera J.C. (2004). The effects of anesthesia on the clinical chemistry of New Zealand White rabbits. Anim. Sci., 43 (3): 25–29.
- Głogowski R., Przygudzka A., Dzierżanowska-Goryń D. (2010). Znaczenie zjawiska cektrofii u małych ssaków roślinożernych. Prz. Hod., 78: 23–25.
- González-Redondo P., Zamora-Lozano M. (2008). Neonatal cannibalism in cage-bred wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Arch. Med. Vet., 40: 281–287.

- Grochowicz J. (2001). Karma dla psów, kotów, innych małych zwierząt domowych i ryb. Wyd. Pagros, Lublin.
- Guarner F., Malagelada J.R. (2003). Gut flora in health and disease. *The Lancet*, 361: 512–519.
- Gugolek A. (red.) (2011). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. Zwierzęta futerkowe. Wydawnictwo Instytutu Fizjologii Żywienia Zwierząt im. J. Kielanowskiego. Polska Akademia Nauk, Jabłonna, 109 pp.
- Gugolek A. (2016). Susz z lucerny i jego zamienniki w żywieniu królików mieszankami pełnoporcjowymi. *Króliki*, 56: 32–39.
- Gugolek A., Kowalska D. (2020). Animal fats in rabbit feeding – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 20: 1185–1215.
- Gugolek A., Juśkiewicz J., Wyczling P., Kowalska D., Strychalski J., Konstantynowicz M., Zwoliński C. (2015). Productivity results and physiological response of the gastrointestinal tract of rabbits fed diets containing rapeseed cake and wheat distillers dried grains with solubles. *Anim. Prod. Sci.*, 55: 777–785.
- Gugolek A., Juśkiewicz J., Strychalski J., Zwoliński C., Żary-Sikorska E., Konstantynowicz M. (2017). The effects of rapeseed meal and legume seeds as substitutes for soybean meal on productivity and gastrointestinal function in rabbits. *J. Arch. Anim. Nutr.*, 71: 311–326.
- Gugolek A., Strychalski J., Kowalska D. (2019). Growth performance and meat composition of rabbits fed diets supplemented with silkworm pupae meal. *Span. J. Agric. Res.*, 17: 1–9.
- Gugolek A., Kowalska D., Strychalski J., Ognik K., Juśkiewicz J. (2021). The effect of dietary supplementation with silkworm pupae meal on gastrointestinal function, nitrogen retention and blood biochemical parameters in rabbits. *BMC Vet. Res.*, 17: 204.
- Hanczakowski P. (2003). Fizjologiczne działanie kwasów tłuszczowych. *Wiad. Zoot.*, XLI, 3–4: 3–6.
- Handa M.C., Sapra K.L., Shingari B.K. (1996). Effect of feeding extruded hatchery waste on the performance of Soviet Chinchilla rabbits. *World Rabbit Sci.*, 4: 89–92.
- He W., Li P., Wu G. (2021). Amino acid nutrition and metabolism in chickens. Springer, 109–131 pp.
- Hein J., Hartmann K. (2003). Reference ranges for laboratory parameters in rabbits. *Tierärztliche Praxis*, 31 (5): 321–328.

- Hejdysz M., Rutkowski A. (2015). Aktualne problemy żywienia zwierząt monogastycznych – podaż pasz wysokobiałkowych i białkowe bezpieczeństwo kraju. *Prz. Hod.*, 1: 17–22.
- Hejf R. (2002). Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. ITE, Białystok, 257 pp.
- Hendriks W.H., Butts C.A., Thomas D.V., James K.A.C., Morel P.C.A., Verstegen M.W.A. (2002). Nutritional quality and variation of meat and bone meal. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.*, 15: 1507–1516.
- Herman W. (1974). Hodowla królików. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 277 pp.
- Hodowla Zwierząt Futerkowych w 2018 roku (2019). Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt, Warszawa.
- Hodowla Zwierząt Futerkowych w 2019 roku (2020). Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt, Warszawa.
- Hur S.J., Du M., Nam K., Williamson M., Ahn D.U. (2005). Effect of dietary fats on blood cholesterol and lipid and the development of atherosclerosis in rabbits. *Nutr. Res.*, 25: 925–935.
- Ikyume T.T., Ogu I.E., Okwori I.A., Shaahu D.T. (2019). Growth performance and apparent nutrient digestibility of grower rabbits fed combinations of concentrate with grass and/or legume forage. *J. Multidisc. Res. Rev.*, 1: 41–45.
- Irlbeck N.A. (2001). How to feed the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.*, 79: E 343–346.
- Isaac L.J., Okonkwo A.C., Eyoh G.D., Ekpenyong A.E., Akata O.R. (2007). Performance of weaner rabbits fed growers mash supplemented with graded levels of hatchery waste meal. *J. Anim. Vet. Adv.*, 6: 1262–1264.
- Jacquier V., Combes S., Oswald I.P., Rogel-Gaillard C., Gidenne T. (2014). Early modulation of the cecal microbial activity in the young rabbit with rapidly fermentable fiber: Impact on health and growth. *Anim. Sci.*, 92: 5551–5559.
- Jankowski S. (1955). Królik żywi i ubiera. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 64 pp.
- Jarosz S. (1993). Hodowla zwierząt futerkowych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 274 pp.
- Jaworska D., Czauderna M., Przybylski W., Ranachowska A. (2020). The effect of fish oil, lycopene and organic selenium as feed additives on rabbit meat quality. *J. Appl. Anim. Res.*, 48 (1): 476–483.

- Johnston N.P., Jonhston I., Uzcategui M.E. (1989). The palability of soybeans (*Glycine max*), bitter lupine (*Lupinus mutabilis*), greek peas (*Pisum sativum*), fava seans (*Vicia faba*), canario seans (*Phaseolus vulgaris*) and bayo seans (*Phaseolus vulgaris*) for rabbits, gwinea pig and human. *J. Appl. Rabbit Res.*, 12: 96–100.
- Johnson-Delaney C.A. (2006). Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. *Proc. Assoc. Avian Vet.*, 110: 9–17.
- Karikari P., Darkoh G., Deku G. (2011). Evaluation of millet residue meal based diets as feed for the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Res. Opin. Anim. Vet. Sci.*, 1: 144–149.
- Khosla P., Samman S., Carroll K.K. (1991). Decreased receptormediated LDL catabolism in casein-fed rabbits precedes the increase in plasma cholesterol levels. *J. Nutr. Biochem.*, 2: p. 203.
- Kimse M., Bayourthe C., Monteils V., Fortun-Lamothe L., Cauquil L., Combes S., Gidenne T. (2012). Live yeast stability in rabbit digestive tract: Consequences on the caecal ecosystem, digestion, growth and digestive health. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 173: 235–243.
- Kishawy A.T.Y., Amer S.A., Osman A., Elsayed S.A.M., Abd El-Hack M.E., Swelum A.A., Ba-Awadh H., Saadeldin I.M. (2018). Impacts of supplementing growing rabbit diets with whey powder and citric acid on growth performance, nutrient digestibility, meat and bone analysis, and gut health. *AMB Express*, 8: p. 86.
- Kołodziejczyk D., Socha S., Pieńkowski Ł., Gacek L., Gontarz A. (2012). The analysis of female fertility in New Zealand White rabbit and Termond White rabbit. *Acta Sci. Pol., Zoot.*, 11: 61–68.
- Kopański R. (1990). Racjonalny chów królików. PWRiL, Warszawa.
- Kowalska D. (2009). Określenie wartości pokarmowej makuchu rzepakowego w żywieniu królików różnych ras. *Rocz. Nauk. Zoot., Monogr. Rozpr.*, pp. 6–15.
- Kowalska D. (2011). Wzbogacanie mięsa królików w nienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy oraz przeciwdziałanie procesom utlenienia. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 38 (2): 227–243.
- Kowalska D. (2013). Historia udomowienia dzikiego królika. *Wiad. Zoot.*, LI, 1: 41–50.
- Kowalska D. (2015 a). Historia spożycia mięsa króliczego w Polsce. *Wiad. Zoot.*, LIII, 3: 45–49.
- Kowalska D. (2015 b). Właściwości fizykochemiczne mięsa królików żywionych mieszankami paszowymi natłuszczanymi olejem rzepakowym przy różnym poziomie

- witaminy E w zależności od metody ich pakowania i przechowywania. *Rocz. Nauk. PTZ*, 11: 61–73.
- Kowalska D., Bielański P. (2002). Wpływ zwiększonego dodatku preparatu mineralno-witaminowego w żywieniu samic na wskaźniki produkcyjne młodych królików. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 64: 149–156.
- Kowalska D., Bielański P. (2008). Efektywność odłożenia wielonienasyconych kwasów tłuszczowych pochodzących z paszy w tkance mięśni króliczych. *Rocz. Nauk. PTZ*, 4 (3): 175–181.
- Kowalska D., Bielański P. (2011). Zastosowanie pasz rzepakowych w żywieniu królików i ich wpływ na jakość mięsa. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2: 53–63.
- Kowalska D., Piechocka K. (2014). Wpływ tempa wzrostu na otłuszczenie tuszy oraz profil kwasów tłuszczowych w mięsie i tłuszczu królików. *Rocz. Nauk. PTZ*, 10 (3): 49–59.
- Kowalska D., Bielański P., Gugolek A. (2007). Mało znane ginące rasy królików. *Wiad. Zoot.*, XLV, 3: 71–75.
- Kowalska D., Bielański P., Mikosz P.M. (2010). Prozdrowotne walory mięsa króliczego. Wydawnictwo Taurus, Warszawa, 90 pp.
- Kowalska D., Gugolek A., Bielański P. (2011). Effect of stress on rabbit meat quality. *Ann. Anim. Sci.*, 11 (3): 465–475.
- Kowalska D., Gugolek A., Bielański P. (2014). Zależność między otłuszczeniem tuszki a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, profilem kwasów tłuszczowych i kruchością mięsa królików. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2 (93): 58–72.
- Kowalska D., Gugolek A., Strychalski J. (2020). Evaluation of slaughter parameters and meat quality of rabbits fed diets with silkworm pupae and mealworm larvae meals. *Ann. Anim. Sci.*, 20: 551–564.
- Kowalska D., Strychalski J., Gugolek A. (2021). The effect of silkworm pupae and mealworm larvae meals as dietary protein components on performance indicators in rabbits. *Rev. Mex. Cienc. Pecuar.*, 12: 151–162.
- Kozioł K., Maj D., Bieniek J. (2015). Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging proces. *Med. Weter.*, 71 (2):184–188.
- Kupczyński R., Piasecki T. (2013). Profilaktyka chorób królików. Wyd. UP we Wrocławiu, ss. 69–82.
- Kylie J., Weese J.S., Turner P.V. (2018). Comparison of the fecal microbiota of domestic commercial meat, laboratory, companion, and shelter rabbits (*Oryctolagus cuniculi*). *BMC Vet Res.*, 14: 143.

- Landete-Castillejos T., Currey J.D., Estevez J.A., Gaspar-López E., Garcia A., Gallego L. (2007). Influence of physiological effort of growth and chemical composition on antler bone mechanical properties. *Bone*, 41: 794–803.
- Lasota-Moskalewska A. (2005). *Zwierzęta udomowione w dziejach ludzkości*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 310 pp.
- Lebas F. (2004). Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. In: Proc. VIII World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, 7–10.09.2004, pp. 686–736.
- Lee W.J., Hase K. (2014). Gut Microbiota-generated metabolites in animal health and disease. *Nat. Chem. Biol.*, 10: 416–424.
- Lee K.-J., Powell M.S., Barrows F.T., Smiley S., Bechtel P., Hardy R.W. (2010). Evaluation of supplemental fish bone meal made from Alaska seafood processing byproducts and dicalcium phosphate in plant protein based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 302: 248–255.
- Leiber F., Meier J.S., Burger B., Wettsein H.R., Kreuzer M., Hatt J.M., Clauss M. (2008). Significance of coprophagy for the fatty acid profile in body tissues of rabbits fed different diets. *Lipids*, 43: 853–865.
- Liu M.L., Tang L.M., Yan J.P., Liu Y.G. (1987). Effects of concentrated rapeseed protein on growing rabbits. *Chinese J. Anim. Sci.*, 2: 20–22.
- Lovati M.R., West C.E., Sirtori C.R., Beynen A.C. (1990). Dietary animal proteins and cholesterol metabolism in rabbits. *British J. Nutr.*, 64: 473–485.
- Lyu J.M., Cai Z.W., Cai Y.Q., Xu J.Q., Zhu K.Y. (2013). Effects of whey powder on growth performance, antioxidant and immune functions of weanling laboratory rabbits. *Chinese J. Anim. Nutr.*, 25: 2951–2957.
- Łapa P. (2005). Charakterystyka wskaźników jakości mięsa królików rasy nowozelandzkiej białej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. Praca magisterska, WHiBZ UR, Kraków, 102 ss.
- Mady E.A., Karousa M.M., El-Laithy S.M., Souad A.A. (2018). Effect of season on New Zealand White (NZW) rabbits behavior and reproductive and productive performance. *Behna Vet. Med. J.*, 35: 274–284.
- Maertens L., Huyghebaert G., Delezie E. (2008). Fatty acid composition of rabbit meat when fed linseed based diet during different periods after weaning. In: Proc. 9th World Rabbit Congress, 10–13.06.2008, Verona – Italy. Meat Quality and Safety, pp. 1381–1387.

- Maj D., Bieniek J., Łapa P. (2008). Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. *Med. Weter.*, 64 (3): 351–353.
- Marounek M., Skřivanová V., Savka O. (2002). Effect of caprylic, capric and oleic acid on growth of rumen and rabbit caecal bacteria. *J. Anim. Feed Sci.*, 11: 507–516.
- Martin G.R., Twigg L.E., Zampichelli L. (2007). Seasonal changes in the diet of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) from three different Mediterranean habitats in south-western Australia. *Wildl. Res.*, 34: 25–42.
- Martins H., Milne J.A., Rego F. (2002). Seasonal and spatial variation in the diet of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Portugal. *J. Zool.*, 258: 395–404.
- Martins C., Cullere M., Dalle Zotte A., Cardoso C., Alves S.P., Branquinho de Bessa R.J., Freire J.P.B., Falcão-e-Cunha L. (2018). Incorporation of two levels of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits: Effects on growth performance and diet digestibility. *Czech J. Anim. Sci.*, 63: 356–362.
- Masoero G., Auxilia M.T., Bergoglio G., Toppino P.M., Bossi M.G., Lizzoli G., Contarini G. (1982). Dried whey, hydrolysed whey and *Streptococcus faecium* in diets for growing rabbits. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Zootecnia*, 2: 85–99.
- Matusevicius P., Zduńczyk Z., Juśkiewicz J., Jeroch H. (2014). Rapeseed meal as a partial replacement for sunflower meal in diets for growing rabbits – gastrointestinal tract response and growth performance. *Europ. Poultry Sci.*, 78: 1–11.
- Mbanya J.N., Ndoping B.N., Mafeni J.M., Fomunyan D.W. (2005). The effect of different protein sources and their combination on the performance of growing rabbits in tropical conditions. *Livest. Res. Rural Dev.*, 17: 32.
- Melillo A. (2007). Rabbit clinical pathology. *J. Exotic Pet Med.*, 16: 135–145.
- Merchant H.A., McConnell E.L., Liu F., Ramaswamy Ch. (2010). Assessment of gastrointestinal pH, fluid and lymphoid tissue in the guinea pig, rabbit and pig, and implications for their use in drug development. *Eur. J. Pha. Sci.*, 42 (1–2): 3–10.
- Meredith A., Rayment L. (2000). Liver disease in rabbits. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 9: 146–152.
- Metzger Sz., Kustos K., Szendrő Zs., Szabó A., Eiben Cs., Nagy I. (2003). The effect of housing system on carcass traits and meat quality of rabbit. *World Rabbit Sci.*, 11 (1): 1–11.

- Michelland R.J., Combe S., Monteils V., Cauquil L. (2011). Rapid adaptation of the bacterial community in the growing rabbit caecum after a change in dietary fibre supply. *Animal*, 5 (11): 1761–1768.
- Mohammed G., Igwebuike J.U., Kwari I.D. (2005). Performance of growing rabbits fed graded levels of goat rumen content. *Glob. J. Pure Appl. Sci.*, 11: 39–43.
- Moritz J.S., Latshaw J.D. (2001). Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. *J. Poultry Sci.*, 80: 79–86.
- Nengas I., Alexis M.N., Davies S.J. (1999). High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179: 13–23.
- Newburgh L.H., Squier T.L. (1920). High protein diets and arteriosclerosis in rabbits – A preliminary report. *Arch. Int. Med.*, 26: 38–40.
- Niedźwiadek S. (1981). *Zasady hodowli królików*. PWRiL, Warszawa, 281 ss.
- Niedźwiadek S. (1982). *Zasady hodowli królików*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 230 pp.
- Niedźwiadek S., Kawińska J. (1981). Suitability of krill meal for fattening rabbits. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 8: 245–253.
- Nijdam D., Rood T., Westhoek H. (2012). The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37: 760–770.
- Nistor E., Bampidis V., Pentea M. (2014). Nutrient content of rabbit meat as compared to chicken, beef and pork meat. *J. Anim. Prod. Adv.*, 3 (4): 172–176.
- Njidda A.A., Isidahomen C.E. (2010). Haematology, blood chemistry and carcass characteristics of growing rabbits fed grasshopper meal as a substitute for fish meal. *Pak. Vet. J.*, 30: 7–12.
- Nowakowicz-Dębek B., Wlazło Ł., Czech A., Kowalska D., Bielański P., Ryszkowska-Siwko M., Łukaszewicz M., Florek M. (2021). Effects of fermented rapeseed meal on gastrointestinal morphometry and meat quality of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Livest. Sci.*, 251:1–21.
- Ogawa M., Shimizu K., Nomoto K., Takahashi M., Watanuki M., Tanaka R., Tanaka T., Hamabata T., Yamasaki S., Takeda Y. (2001). Protective effect of *Lactobacillus casei* strain Shirota on Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 infection in infant rabbits. *Infect Immun*, 69 (2): 1101–1108.

- Ojebiyi O.O., Saliu A.S. (2014). Effects of feeding bovine rumen content-blood meal (50:50) mixtures on performance and slaughter characteristics of growing rabbits. *J. Anim. Plant Sci.*, 24: 430–434.
- Ojebiyi O.O., Oladunjoye I.O., Rafiu T.A., Shittu M.D., Ajayi O. (2014). Synergistic effects of hatchery by-products and cassava peel meal mixtures on the performance of crossbred growing rabbits. *J. Anim. Feed Res.*, 4: 91–96.
- Ojiako O.A., Ujowundu C.O., Alisi C.S., Igwe C.U., Ogbuji C.A. (2018). South Eastern Nigerian seafood diets have desirable effects on biochemical indices of experimental rabbits. *Pak. J. Nutr.*, 17: 421–426.
- Oladunjoye I.O., Ojebiyi O.O., Adeleke J., Famakinwa B. (2013). Nutritional evaluation of cattle rumen epithelial tissue scrapings meal for growing rabbits. *Malaysian J. Anim. Sci.*, 16: 87–95.
- Oladunjoye I.O., Ojo A.J., Jamiu B.A. (2014). Evaluation of baobab seed meal as feed for growing rabbits. *Int. J. Current Microbiol. Appl. Sci.*, 3: 971–977.
- Oluwafemi R.A., Adeiza I.A. (2017). Performance characteristics of grower rabbits fed enzyme supplemented dried bovine rumen digesta as replacement for maize. *Int. J. Agric. Sci. Nat. Res.*, 4: 26–31.
- Oluwafemi R.A., Iliyasu A. (2016). Effects of graded levels of rumen digesta based diets with or without enzyme supplementation on the blood chemistry of weaner rabbits. *Int. J. Vet. Sci. Anim. Husbandry*, 1: 43–46.
- Omole T.A., Sonaiya E.B. (1981). The effect of protein source and methionine supplementation on cassava peel meal utilization by growing rabbits. *Nutr. Repr. Int.*, 23: 729–737.
- Oonincx D.G.A.B., Van Itterbeeck J., Heetkamp M.J.W., Van Den Brand H., Van Loon J.J.A., Van Huis A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *Plos One*, 5: 12.
- Orban J.I., Roland D.A.Sr. (1992). The effect of varying bone meal sources on phosphorus utilization by 3-week old broilers. *J. Appl. Poultry Res.*, 1: 75–83.
- Orozco A.M., Ortega C.M., Pérez-Gil R.F. (1988). Use of earthworms as a protein supplement in diets for rabbits (in Spanish). *Arch. Latinoam. Nutric.*, 38: 946–955.
- Osakwe O., Ekwe O. (2006). Variation in relative palatability of different forages fed to rabbits. *Anim. Res. Int.*, 4: 608–610.

- Padilha M.T.S., Licois D., Gidenne T., Carre´ B., Fonty G. (1995). Relationships between microflora and caecal fermentation in rabbits before and after weaning. *Reprod. Nutr. Dev.*, 35: 375–386.
- Pagano P.J., Griswold M.C., Ravel D., Cohen R.A. (1998). Vascular action of the hypoglycaemic agent gliclazide in diabetic rabbits. *Diabetologia*, 41: 9–15.
- Pałka S., Kmiecik M., Kozioł K., Otwinowska-Mindur A., Migdał Ł., Bieniek J. (2017). The effect of breed on litter size and milk yield in rabbits. *Sci. Ann. Pol. Soc. Anim. Prod.*, 13: 25–29.
- Pascual J.J., Moya V.J., Martinez E., Calvo M.A., Adelantado C., Jimenez G., Blanch A., Castillo M. (2008). Effects of dietary inclusion of Toyocerin (*Bacillus cereus* var. toyoi) on performance, health and faecal nitrogen excretion in growing rabbits. In: *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10–13.06.2008*, pp. 781–785.
- Patyra E., Kwiatek K. (2015). Glukozytolany – składniki antyżywniowe pasz. *Życie Wet.*, 90: 674–677.
- Peers M.J., Majchrzak Y.N., Konkolics S.M., Boonstra R., Boutin S. (2018). Scavenging by snowshoe hares (*Lepus americanus*) in Yukon, Canada. *Northwestern Naturalist*, 99: 232–235.
- Pełczyńska E., Libelt K. (1989). pH narządów wewnętrznych świń i bydła. *Med. Weter.*, 45: 623–625.
- Pisarski R.K., Szkucik K., Pijarska I., Malec H. (2006). Cechy rzeźne tuszek, skład chemiczny tkanki mięśniowej i ocena sensoryczna mięsa kurcząt brojlerów żywionych jęczmieniem nagoziarnistym. *Med. Weter.*, 62: 74–76.
- Pla M., Pascual M., Arino B. (2004). Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology. *World Rabbit Sci.*, 12: 149–158.
- Polak T., Gasperlin L., Rajar A., Zlender B. (2006). Influence of genotype lines, age at slaughter and sexes on the composition of rabbit meat. *Food Technol. Biotechnol.*, 44 (1): 65–73.
- Półtorak K., Wiczorek K., Osek J. (2016). Patogenne *Escherichia coli* – mechanizmy chorobotwórczości. *Med. Weter.*, 72 (6): 352–357.
- Prasad R., Karim S.A. (1998). Effect of dietary energy and protein level on performance and digestibility parameters in pregnant and in lactating rabbit does under tropical environment. *World Rabbit Sci.*, 6: 271–276.

- Prasad R., Karim S.A., Patnayak B.C. (1996 a). Growth performance of broiler rabbits maintained on diets with varying levels of energy and protein. *World Rabbit Sci.*, 4: 75–78.
- Prasad R., Singh G., Patnayak B.C. (1996 b). Growth performance of broiler rabbits maintained on different diets. *World Rabbit Sci.*, 4: 11–14.
- Purwin C., Gugolek A., Strychalski J., Fijałkowska M. (2019). Productivity, nutrient digestibility, nitrogen retention, and meat quality in rabbits fed diets supplemented with *Sida hermaphrodita*. *Animals*, 9: p. 901.
- Rasińska E., Czarniecka-Skubina E., Rutkowska J. (2018). Fatty acid and lipid contents differentiation in cuts of rabbit meat. *J. Food*, 16 (1): 807–813.
- Ravindran V., Hendriks W.H., Camden B.J., Thomas D.V. (2002). Amino acid digestibility of meat and bone meal for broiler chickens. *Australian J. Agric. Res.*, 53 (11): 1257–1264.
- Regulation (EC) No. 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption.
- Ribeiro A.S., Silva M.N., Tagliapietra B.L., Brum B.S.Jr., Ugalde M.L., Richards N.S.P.S. (2019). Development of symbiotic yoghurt and biological evaluation (New Zealand White rabbits) of its functional properties. *Food Sci. Technol.*, 39: 418–425.
- Rodehutschord M., Abel H.J., Friedt W., Wenk C., Flachowsky G., Ahlgrimm H.J., Johnke B., Kuhl R., Breves G. (2002). Consequences of the ban of by-products from terrestrial animals in livestock feeding in Germany and the European Union: alternatives, nutrient and energy cycles, plant production, and economic aspects. *Arch. Anim. Nutr.*, 56: 67–91.
- Rooks M.G., Garrett W.S. (2016). Gut microbiota, metabolites and host immunity. *Nat. Rev. Immunol.*, 16: 341–352.
- Sahu B.B., Prasad V.S.S. (1990). Growth performance of Soviet Chinchilla fryers on rations with animal-meals. *Indian J. Anim. Sci.*, 60: 211–218.
- Samman S., Khosla P., Carroll K.K. (1990). Intermediate density lipoprotein-apolipoprotein B turnover in rabbits fed semipurified diets containing casein or soy protein. *Ann. Nutr. Metab.*, 34: p. 98.
- Sandford J.C. (1957). *The domestic rabbits*. Crosby Lockwood & Son Ltd., London, 258 pp.
- Sawosz-Chwalibóg E., Kosieradzka I. (2012). *Żywnienie dzikich zwierząt*. Ssaki. Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, 524 pp.

- Scheitrum D., Schaefer K.A., Nes K. (2020). Realized and potential global production effects from genetic engineering. *Food Policy*, 93: 101882.
- Schroepfer G.J. (2000). Oxysterols: Modulators of cholesterol metabolism and other processes. *Physiol. Rev.*, 80: 361–554.
- Shi-Zheng G., Su-Mei Z. (2009). Physiology, affecting factors and strategies for control of pig meat intramuscular fat. *Rec. Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 1: 59–74.
- Skřivanová E., Molatová Z., Skřivanová V., Marounek M. (2009). Inhibitory activity of rabbit milk and medium-chain fatty acids against enteropathogenic *Escherichia coli* O128. *Vet. Microbiol.*, 135: 358–362.
- Smith R.J. (1974). Cannibalism by confined cottontail rabbits. *J. Wildl. Manag.*, 38: 576–578.
- Smulikowska S. (2006). Wartość odżywcza wytlóków rzepakowych produkowanych w kraju dla drobiu. *Wiad. Zoot.*, XLIV, 3: 22–28.
- Soave O., Brand C.D. (1991). Coprophagy in animals: a review. *Cornell Vet.*, 8: 357–364.
- Sosa D.A.T., Fogliano V. (2017). Potential of insect-derived ingredients for food applications. *Intech*, 9: 216 – 231.
- Spreadbury D. (1978). A study of the protein and amino acid requirements of the growing New Zealand White rabbit with emphasis on lysine and the sulphur-containing amino acids. *Brit. J. Nutr.*, 39: 601–613.
- Strychalski J., Zduńczyk M., Kuban W. (2014 a). Porównanie smakowitości wybranych pasz dla królików. *Króliki*, 2: 23–26.
- Strychalski J., Gugolek A., Zwoliński C. (2014 b). Wpływ długości okresu przygotowawczego na wyniki badań smakowitości pasz dla królików. LXXIX Zjazdu Naukowego PTZ, Siedlce, 15–17.09.2014, s. 242.
- Strychalski J., Juśkiewicz J., Gugolek A., Wyczling P., Daszkiewicz T., Zwoliński C. (2014 c). Usability of rapeseed cake and wheat-dried distillers grains with solubles in the feeding of growing Californian rabbits. *Archiv. Anim. Nutr.*, 68: 227–244.
- Strychalski J., Gugolek A., Matusievičius P. (2020). Usability of white lupin and pea seeds in the feeding of growing New Zealand White rabbits. *Pol. J. Nat. Sci.*, 35: 151–164.
- Strychalski J., Juśkiewicz J., Kowalska D., Gugolek A. (2021). Performance indicators and gastrointestinal response of rabbits to dietary soybean meal replacement with silkworm pupae and mealworm larvae meals. *Archiv. Anim. Nutr.*, 75: 294–310.
- Szkucik K., Libelt K. (2006). Wartość odżywcza mięsa królików. *Med. Weter.*, 62 (1): 108–110.

- Szkucik K., Pyz-Łukasik R. (2006). Wartość pH tkanki mięśniowej królików. *Ann. UMCS.*, LXI, 13: 115–118.
- Szkucik K., Pyz-Łukasik R. (2008). Zmienność cech sensorycznych mięsa królików w zależności od rasy i części zasadniczej tuszki. *Med. Weter.*, 64: 1308–1310.
- Szkucik K., Pyz-Łukasik R. (2009). Jakość zdrowotna mięsa królików. *Med. Weter.*, 65 (10): 665–669.
- Szkucik K., Ziomek M. (2010). Effect of poultry viscera meal inclusion in broiler diets in different rearing periods on performance, carcass and parts yields. *Med. Weter.*, 66 (7): 495–498.
- Togun V., Farinu A.G.O., Ojebiyi O.O., Awotunde A.I. (2009). Effect of replacing maize with a mixture of rumen content and blood meal on the performances of growing rabbits: Initial study with mash feed. *World Rabbit Sci.*, 17: 21–26.
- Trigo M., Borrás M., Muro M., Lamanna L., Antonini A., Cossu M. (2012). Evaluation of feather meal in the diet of growing rabbits. In: *Proc. X World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, Egypt, 3–6.09.2012*, pp. 777–780.
- Trocino A., Garda J., Carabaho R., Xiccato G. (2013). A meta-analysis of the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 21: 1–15.
- Trung T.T., Dong N.T.K., Thu N.V. (2017). Effect of different protein sources in the diets on feed intake, nutrient digestibility, growth and carcass value of Californian rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in the Mekong delta of Vietnam. *Can. Tho. Univ. J. Sci.*, 5: 158–165.
- Trybulski M. (1948). *Chów królików i dzikich zwierząt futerkowych*. Wydawnictwo Towarzystwa Oświaty Rolniczej, Kraków – Warszawa, 96 pp.
- Tumová E., Skrivanová V., Zita L., Skrivan M., Fucíková A. (2004). The effect of restriction on digestibility of nutrients, organ growth and blood picture in broiler rabbits. In: *Proc. VIII World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, 7–10.09.2004*, pp. 1008–1014.
- Verita P., Orlandi M. (1977). Hydrolysates of leather in the feeding of rabbits. *Coniglicoltura*, 14: 47–51.
- Verschuren P.M., Houtsmuller U.M.T., Zevenbergen J.L. (1990). Evaluation of vitamin E requirement and food palatability in rabbits fed a purified diet with a high fish oil content. *Lab. Anim.*, 24: 164–171.
- Volek Z., Marounek M. (2009). Whole white lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds as a source of protein for growing – fattening rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 152: 322–329.

- Volek Z., Mauronek M. (2011). Effect of feeding growing-fattening rabbits a diet supplemented with whole white lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds on fatty acid composition and indexes related to human health in hind leg meat and perirenal fat. *Meat Sci.*, 87: 40–45.
- Volek Z., Adámková A., Zita L., Adámek M., Plachý V., Mlček J., Marounek M. (2021). The effects of the dietary replacement of soybean meal with yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) on of fattening rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 280: pp. 115048.
- Wafar R.J., Tarimbuka L.I., Adi Z.A., Lalabe B.C. (2019). Response of grower rabbits fed enzyme supplemented 50:50 bovine rumen digesta and blood meal mixture as replacement for ground nut cake. *Nig. J. Agric., Food Environ.*, 15: 142–148.
- Witkowski J., Tabaszewska-Łopata H., Stenzel J. (2005). Makuch rzepakowy w żywieniu zwierząt. *Pasze Przemysł.*, 14: 32–33.
- Wlazło Ł., Kowalska D., Bielański P., Chmielowiec-Korzeniowska A., Ossowski M., Łukaszewicz M., Czech A., Nowakowicz-Dębek B. (2021). Effect of fermented rapeseed meal on the gastrointestinal microbiota and immune status of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Animals*, 11 (716): 1– 14.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I, Hughes S.I., Whittington F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 78 (4): 343–358.
- Xiccato G. (1999). Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 7 (2): 75–86.
- Ye X., Zhou L., Zhang Y., Xue S., Gan Q.F., Fang S. (2021). Effect of host breeds on gut microbiome and serum metabolome in meat rabbits. *BMC Vet. Res.*, 17: p. 24.
- Zawiślak K., Sobczak P., Panasiewicz M., Markowska A. (2010). Wpływ wybranych parametrów technologicznych na wytrzymałość kinetyczną granulatu. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 9: 3–10.
- Zawiślak K., Sobczak P., Panasiewicz J., Mazur J., Nadulski R., Starek A. (2014). Wpływ wielkości frakcji otrąb pszennych na jakość granulatu. *Inż. Przetw. Spoż.*, 3/4: 25–28.
- Zerbinati Ch., Luliano L. (2017). Cholesterol and related sterols autoxidation. *Free Radic. Biol. Med.*, 111: 151–155.
- Zeweil H.S., Ahmed M.H., El-Adawy M.M., Zaki B. (2008). Effect of substitution rocket seed meal as a source of protein for soybean meal in diets of new Zealand White rabbits. In: *Proc. IX World Rabbits Congress, Verona, Italy, 10–13.06.2008*, pp. 859–862.

- Zawadzki W., Miśta D., Popiel J. (2005). Wybrane parametry fermentacji w jelicie ślepym królika. *Acta Sci. Pol., Medicina Veterinaria*, 4 (1): 3–14.
- Zita L., Tumová E., Skřivanova V., Ledvinka Z. (2007). The effect of weaning age on performance and nutrient digestibility of broiler rabbits. *Czech J. Anim. Sci.*, 52: 341–347.
- Zwoliński C., Strychalski J., Gugolek A., Kowalska D., Konstantynowicz M. (2015). Smakowitość mieszanek paszowych dla królików z różnym udziałem śruty sojowej, grochu, śruty rzepakowej i łubinu białego. *Wiad. Zoot.*, LIII, 3: 20–24.
- Zwoliński C., Gugolek A., Strychalski J., Kowalska D., Chwastowska-Siwiecka I., Konstantynowicz M. (2017). The effect of substitution of soybean meal with a mixture of rapeseed meal, white lupin grain, and pea grain on performance indicators, nutrient digestibility, and nitrogen retention in Popielno White rabbits. *J. Appl. Anim. Res.*, 45: 570–576.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	3
2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA	5
2.1. <i>Historia hodowli, wybrane aspekty biologii i użytkowania królików</i>	5
2.2. <i>Żywienie królików</i>	12
2.3. <i>Budowa przewodu pokarmowego i proces trawienia</i>	18
2.4. <i>Pasze pochodzenia zwierzęcego stosowane w żywieniu królików</i>	22
2.5. <i>Przegląd badań dotyczących stosowania pasz pochodzenia zwierzęcego w żywieniu królików</i>	26
3. HIPOTEZA BADAWCZA I CEL PRACY	35
4. MATERIAŁ I METODY	36
4.1. <i>Charakterystyka materiału badawczego</i>	36
4.2. <i>Czynnik doświadczalny</i>	36
4.3. <i>Wyniki produkcyjne królic i młodzięży</i>	44
4.4. <i>Badania smakowitości mieszanek paszowych zawierających mączki drobiowe</i>	45
4.5. <i>Badania strawnościowe</i>	46
4.6. <i>Analiza jakościowa mięsa</i>	47
4.7. <i>Badania biochemiczne krwi</i>	50
4.8. <i>Badania mikrobiologiczne paszy oraz treści jelita cienkiego i ślepego</i>	51
4.9. <i>Obliczenia statystyczne</i>	53
5. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE	54
5.1. <i>Wyniki produkcyjne królic i młodzięży</i>	54
5.2. <i>Badania smakowitości mieszanek paszowych zawierających mączki drobiowe</i>	59
5.3. <i>Badania strawności</i>	61
5.4. <i>Analiza jakościowa mięsa</i>	65
5.5. <i>Badania biochemiczne krwi</i>	89
5.6. <i>Badania mikrobiologiczne paszy oraz treści jelita cienkiego i ślepego</i>	91
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	98
7. STRESZCZENIE	101
8. PIŚMIENNICTWO	105