



Instytut Zootechniki
Państwowy Instytut Badawczy

Zuzanna Siudak

Zastosowanie makuchu z pestek dyni w żywieniu królików

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

Balice, 2024

*Pragnę podziękować wszystkim,
bez których ukończenie niniejszej pracy nie byłoby możliwe.*

*Składam najserdeczniejsze podziękowania Pani Promotor,
Profesor dr hab. Dorocie Kowalskiej,
za wszechstronną pomoc, ogromne zaangażowanie,
cenne wskazówki oraz cierpliwość i poświęcony czas.*

*Dziękuję również Współpracownikom z Instytutu Zootechniki
Państwowego Instytutu Badawczego oraz Uniwersytetu Rolniczego,
za ich pomoc, rady i wsparcie.*

*Z głębi serca dziękuję także Rodzicom,
za wszystko.*

Autorka

1. Wstęp

Dynia (*Cucurbita* L.) jest rośliną z rodziny dyniowatych (*Cucurbitaceae*), w której częścią jadalną jest miąższ w różnym stadium dojrzałości oraz nasiona. W składzie świeżych owoców dyni miąższ stanowi 73%, łupiny 17%, a nasiona 10% (Rekiel i wsp., 2019). Owoce dyni mają niską zawartość białka, wynoszącą ok. 9%, ale zawierają prawie 50% włókna neutralno-detergentowego (NDF) i 40% włókna kwaśno-detergentowego (ADF), co sprawia, że mogą znaleźć zastosowanie jako pasza dla różnych gatunków zwierząt gospodarskich (Valdez-Arjona i wsp., 2019). Warto również wspomnieć, że odmiany dyni, których miąższ ma intensywną pomarańczową barwę, są bogate w α - i β -karoten. W 100 g świeżej masy owoców dyni jest zwykle od 2 do 10 mg karotenu, w niektórych odmianach jego poziom może jednak sięgać do 22 mg (Rekiel i wsp., 2019).

W badaniach modelowych na szczurach wykazano pozytywny wpływ owoców dyni na organizm, wyrażony jej działaniem przeciwbakteryjnym i przeciwgrzybiczym (Gutierrez, 2016). Ekstrakty wodne i metanolowe z *Cucurbita pepo* hamowały wzrost niektórych bakterii, takich jak: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus sphaericus*, *Cryptococcus meningitis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella cholerasius* oraz grzybów: *Candida albicans*, *Aspergillus niger* i *Penicillium crysogenum* (Dubey i wsp., 2010).

Halik i wsp. (2018) odnotowali wzrost wydajności mlecznej o około 6 kg mleka na dzień, poprzez zastąpienie 17% kiszonki z kukurydzy kiszunką z dyni. Natomiast Razzaghzadeh i wsp. (2007) nie zauważyli negatywnych zmian w przyrostach masy ciała bydła, które otrzymywało 14% dodatek kiszonki z dyni.

Wiele badań wykazało, że cennym źródłem białka i tłuszczu są pestki dyni. Wartość energetyczna 100 g suszonych łuskanych pestek dyni wynosi 566 kcal (23,7 MJ/kg). Zawierają one 24,5-30% białka, 45,8-49% tłuszczu i 10-11% do 18% węglowodanów, witaminy z grupy B oraz witaminę E. Z żywieniowego punktu widzenia ważna jest wysoka zawartość w pestkach wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, błonnika pokarmowego, fitosteroli, fosforu i potasu oraz żelaza, seleniu i cynku, dzięki czemu przypisuje się im właściwości prozdrowotne. Bioaktywność pestek dyni może oferować zrównoważoną naturalną alternatywę dla zwalczania organizmów patogennych i pasożytów, a także zwiększać odporność na infekcje chorobowe. Zawierają one kukurbitacynę – fitosterol, który działa paraliżująco na większość pasożytów pokarmowych. Substancja ta usprawnia trawienie poprzez wspomaganie wydzielania soków trawiennych, ma też właściwości żółciopędne i przeciwzapalne, działa przeciwgrzybiczo

i przeciwbakteryjnie (Achilonu i wsp., 2018). Pestkom z dyni przypisuje się również wzrost potencjału rozrodczego i poprawę rozwoju jąder u zwierząt.

Vlaicu i Panaite (2022) wykazali pozytywny wpływ mączki z nasion dyni na nieśność kur, średnie dzienne spożycie paszy i jakość jaj. Stwierdzili korzystne zwiększenie zawartości niektórych kwasów tłuszczowych w żółtku jaja przy jednoczesnym obniżeniu stężenia cholesterolu.

Wafar i wsp. (2017) podając w dawce pokarmowej jednotygodniowym pisklętom przez okres 56 dni 5, 10, 15 i 20% mączki z pestek dyni stwierdzili jej korzystny wpływ na przyrost masy ciała i współczynnik wykorzystania paszy. Żaden poziom mączki nie miał negatywnego wpływu na funkcjonowanie i anatomię narządów wewnętrznych.

W żywieniu zwierząt może być wykorzystywany również olej z nasion dyni, który jest bogatym źródłem kwasów tłuszczowych, głównie palmitynowego (C16:0), stearynowego (C18:0), oleinowego (C18:1) i linolowego (LA, C18:2 n-6) oraz witamin E i A. Ma w swoim składzie niezbędne składniki mineralne i witaminy: cynk, magnez, fosfor, miedź, potas, niacynę, kwas foliowy, ryboflawinę czy tiaminę.

Al-Salhe i wsp. (2017) określili wpływ suplementacji różnych poziomów witaminy E i oleju z pestek dyni w diecie przepiórki japońskiej na jej produktywność i wydajność fizjologiczną i reprodukcyjną. Wyniki wykazały, że dodatek witaminy E (200 mg/kg diety) i oleju z pestek dyni (30 ml do diety) miał pozytywny wpływ na gonady, histologię jąder, produkcję jaj oraz stężenie testosteronu, estrogeny, FSH i LH w surowicy.

Bakeer i wsp. (2021) przeprowadzili doświadczenie mające na celu określenie wpływu suplementacji olejem z nasion dyni (*Cucurbita moschata*) na zdolności rozrodcze i zdolność antyoksydacyjną surowicy u samców i samic królików. Badano poziom testosteronu i estradiolu w surowicy krwi, rejestrowano użytkowość rozplodową, wielkość i masę miotu, a także pobrano i oceniano jakość nasienia samców. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu stwierdzono, że olej z pestek dyni (0,5%) zwiększył poziom całkowitej zdolności antyoksydacyjnej surowicy i zmniejszył całkowity poziom dialdehydu malonowego u obu płci królików. U samców karmionych olejem z pestek dyni zmniejszył się odsetek anomalii nasienia, dodatek ten nie wpłynął natomiast na zdolności rozrodcze samic, w tym wielkość i masę urodzeniową miotu.

Produktem ubocznym tłoczenia oleju z nasion dyni jest makuch, stanowiący znakomity dodatek do podstawowej diety zwierząt gospodarskich i ryb. Badania wykazały, że zawartość białka ogólnego w suchej masie makuchu z pestek dyni wynosi 59,94%, czyli więcej niż w poekstrakcyjnej śrucie sojowej - 47,42% (Zduńczyk i wsp., 1998). W przypadku żywienia

królików makuchem ważna może okazać się wysoka zawartość aminokwasów siarkowych, niezbędnych w ich diecie ze względu na sezonową zmianę okrywy włosowej.

W doświadczeniu przeprowadzonym przez Li i wsp. (2021) podjęto próbę zastąpienia w dawce pokarmowej krów mlecznych w czasie trwania laktacji śrutę sojową makuchem z pestek dyni. Badania wykazały, że makuch może całkowicie zastąpić śrutę sojową bez jakiegokolwiek negatywnego wpływu na wydajność mleczną, fermentację w żwaczu, czy też strawność pozorną. Zmiana dawki pokarmowej poprawiła również funkcje antyoksydacyjne i parametry krwi, co wskazuje, że makuch z pestek dyni może być wykorzystywany jako komponent paszowy w żywieniu tych zwierząt.

Badania wykonane na owcach i kozach potwierdzają, że makuch z pestek dyni może z powodzeniem zastąpić śrutę sojową. Klir i wsp. (2017) przeprowadzili doświadczenie na kozach alpejskich, którym podawali 16% dodatek makuchu dyniowego całkowicie zastępując nim w dawce śrutę sojową. Nie odnotowano zmian w produkcji mleka i jego składzie. Dieta z makuchem dyniowym zmniejszyła natomiast całkowitą ilość kwasów tłuszczowych szeregu n-6, co według autorów może mieć znaczenie handlowe i zdrowotne.

Również Antunović i wsp. (2018) nie wykazali, aby zastąpienie śrutę sojowej makuchem z pestek dyni miało negatywny wpływ na wydajność rzeźną i cechy tuszy jagniąt rasy Merinolandschaf. Wygląd tuszy i barwa mięsa jagnięcego nie różniły się w poszczególnych grupach żywieniowych. W porównaniu z grupą kontrolną, stężenie kwasu linolowego (C18:2 n-6) było wyższe w mięsie zwierząt żywionych dawką z 10% i 15% dodatkiem makuchu z pestek dyni.

Przedstawione wyniki badań różnych autorów prowadzone na wielu gatunkach zwierząt wskazują na pozytywny wpływ owoców jak również oleju, mączki czy makuchu z pestek dyni na zdrowotność, odporność przeciw pasożytniczą, cechy przyżyciowe, użytkowość rzeźną oraz jakość mięsa i jaj. W nielicznych pracach dotyczących skarmiania królików mieszankami z dodatkiem dyni w różnej formie naukowcy podjęli głównie próbę określenia jej wpływu na zdrowotność i przeżywalność zwierząt, brak jest prac dotyczących jej oddziaływania na cechy wydajności rzeźnej i jakość ich mięsa. Zastosowany w żywieniu wielu gatunków zwierząt makuch z pestek dyni jako pasza wysokobiałkowa, może zastąpić w żywieniu królików poekstrakcyjną śrutę sojową, jednocześnie przyczyniając się do ograniczenia stosowania środków przeciw pasożytniczych w tej hodowli.

2. Przegląd literatury

Hodowla, użytkowanie i żywienie królików

Królik (*Oryctolagus cuniculus*) jest zwierzęciem gospodarskim o wielokierunkowym użytkowaniu: mięsnym, futerkowym, wełnistym, laboratoryjnym, towarzyszącym, czy wreszcie hobbystycznym. Obecnie najbardziej popularną gałęzią produkcji króliczej w Polsce, ale i na świecie, jest ich chów na mięso (Lukefahr i wsp., 2022). Według danych FAOSTAT Polska produkuje rocznie ok. 3 300 ton mięsa króliczego, z czego 80% sprzedawane jest na rynki Unii Europejskiej (FAOSTAT, 2022). Jeszcze w latach 80-tych i 90-tych ubiegłego wieku, kiedy w kraju nie była rozwinięta hodowla nerek, jenotów czy tchórzy, istniały punkty skupu skór króliczych, które wykorzystywano w przemyśle futrzarskim. Jednak ze względu na ich niską wartość futrzarską obecnie traktowane są jako produkt uboczny, używany głównie do produkcji filcu. Trwałość skóry króliczej długowłosej w punktowej skali futrzarskiej, gdzie za 100 pkt. przyjęto skórę wydry, wynosi zaledwie 12, podczas gdy jenota 75, norki 70 a tchórza 60 pkt. (Duda, 1992).

Większą wartość mają skóry krótkowłose, pochodzące z królików, u których pojawiła się mutacja odpowiedzialna za zmianę struktury włosa (włosy przewodnie i ościste są krótsze niż włosy puchowe). Właśnie te zwierzęta stały się zaczątkiem hodowli rexsów. Jako pierwsze wyhodowano króliki rexsy o ubarwieniu brązowym, podobnym do zabarwienia skór bobrów, w związku z czym nadano im nazwę Castor-Rex (Kowalska i wsp., 2007; Koziół i Maj, 2013). Niestety działania aktywistów, zakaz hodowli zwierząt futerkowych w niektórych krajach, likwidacja domu aukcyjnego w Kopenhadze, gdzie skóry te były sprzedawane i znaczny spadek cen spowodowały, że hodowla ta jest obecnie marginalna. W Polsce, zgodnie z danymi Krajowego Centrum Hodowli Zwierząt, w 2023 roku utrzymywane było tylko jedno stado królików tej rasy.

Rasą cenioną ze względu na wełnę są króliki angorskie. Angoryzm jest spowodowany spontaniczną recesywną mutacją (vv), a osobniki długowłose pojawiają się w potomstwie różnych ras królików. Ich chów w Polsce cieszył się dużym zainteresowaniem w okresie dwudziestolecia międzywojennego oraz po II wojnie światowej. Jeszcze w połowie lat 70. ubiegłego wieku produkcja wełny angorskiej szacowana była na ponad 12 ton. Dopiero twarde realia ekonomiczne po 1989 roku doprowadziły do upadku tej gałęzi produkcji. Obecnie króliki angorskie utrzymywane są tylko na skalę amatorską, a cała produkcja wełny przeniosła się głównie do Chin. Wełna angorska, wyjątkowo lekka, jednocześnie zapewniająca doskonałą

ochronę przed zimnem, gwarantująca prawidłową termoregulację uważana jest za naturalny materiał luksusowy. Cena wełny była dawniej uwarunkowana trendami modowymi, co powodowało jej znaczne wahania, jednak w ostatnich latach, kiedy nastąpił znaczny wzrost zainteresowania materiałami naturalnymi, utrzymuje się na stałym, wysokim poziomie (Mengüç i wsp., 2014).

Królik jest fundamentalnym modelowym zwierzęciem wykorzystywanym w badaniach naukowych i laboratoryjnych. W procedurach laboratoryjnych najczęściej używa się królików rasy nowozelandzkiej białej i mieszańców wielorasowych. Wytwarzane są także specjalistyczne linie syntetyczne, które mogą stanowić model badawczy w doświadczeniach mających na celu poznanie patogenezы wielu chorób jak choćby mukowiscydozy, miażdżycy, raka, cukrzycy, kardiomiopatii przerostowej czy wrodzonego niedoboru odporności (Fan i Watanabe, 2003; Bosze i wsp., 2003; Lidfors i Edström; 2010). Model zwierzęcy jest zwykle rozważany z punktu widzenia jego podobieństwa do modelowanego problemu występującego u człowieka. Badania na takich modelach przyczyniły się do zrozumienia zaburzeń na poziomie molekularnym i opracowania terapii genowych stosowanych u ludzi. Króliki stanowią dogodny model zwierzęcy do badań nad zakażeniami wirusowymi (w tym HIV), zgodnością tkankową, ale także z zakresu ortopedii czy chirurgii czaszkowej. Jako zwierzęta łatwe do hodowli, płodne i plenne, coraz częściej wykorzystuje się je do modyfikacji, mających na celu uzyskanie transgenicznych osobników, służących jako żywe fabryki (bioreaktory) białek o znaczeniu terapeutycznym. W laboratoriach wyhodowano króliki wytwarzające interleukinę-2, ludzki tPA lub IGF-I. Układ odpornościowy królików jest w stanie rozpoznać znacznie większą ilość różnorodnych antygenów w porównaniu do gryzoni, takich jak myszy czy szczury (Volokhov i wsp., 2022). Przeciwciała królicze były wykorzystane między innymi w leczeniu choroby Covid-19 wywołanej przez SARS-Cov-2 (Mykytyn i wsp., 2021). Rocznie, wg danych NIK, w krajach UE wykorzystuje się do badań naukowych około 360 tys. królików. Obecnie powstało wiele organizacji, które są przeciwne badaniom na zwierzętach, jednak w stosunku do całkowitego zakresu użycia zwierząt przez ludzi, na badania naukowe poświęca się znikomą ich liczbę, zyskując przy tym trwałą wartość, jaką jest wiedza.

Od kilku lat, króliki głównie ras miniaturowych stały się, podobnie jak psy czy koty, domowymi zwierzętami towarzyszącymi. Wynika to z ich łatwej socjalizacji i przyjacielskiego zachowania. Uczą dzieci wrażliwości, tolerancji czy obowiązku, gdyż podobnie jak inne utrzymywane w domu zwierzęta, wymagają uwagi i pomocy. Króliki to również doskonałe zwierzęta terapeutyczne, opieka nad nimi może przynieść wiele korzyści zdrowotnych i emocjonalnych. Z racji swojego spokojnego charakteru oraz łagodności są wykorzystywane

w terapii osób nie radzących sobie ze stresem, z depresją, lękami, chorych na schizofrenię, są też używane do rehabilitacji tzw. małej motoryki - poprzez trzymanie i głaskanie doskonali się umiejętność napinania mięśni i rozluźniania napięcia mięśniowego (Loukaki i wsp., 2010; Molnár i wsp., 2020).

W wielu krajach, króliki utrzymywane są również hobbystycznie, z reguły na małych fermach liczących około 10 samic stada podstawowego, często kilku ras. Hodowcy skupiają się głównie na pracy hodowlanej mającej na celu uzewnętrznienie typowych cech rasowych, tak aby uzyskać jak najwyższą punktację na krajowych i zagranicznych wystawach tych zwierząt.

Jak wspomniano wyżej, króliki utrzymywane są obecnie głównie w celu pozyskania mięsa, uznawanego za jeden z najbardziej wartościowych gatunków, o bardzo dobrym składzie chemicznym, lekkostrawnego, o potwierdzonej wysokiej zdrowotności i niepowtarzalnych walorach smakowych. Zawartość białka w mięsie kształtuje się na poziomie 21 – 24 % w zależności od badanego wyrębu tuszki, ma ono bardzo korzystny skład aminokwasowy, z wysokim udziałem aminokwasów egzogennych, takich jak lizyna, leucyna, arginina, cysteina i metionina (Szkucik i Libelt, 2006). Wartość biologiczna białka mięsa króliczego jest wyższa w porównaniu z białkiem wzorcowym, jakim jest kazeina. Dlatego mięso to zalecane jest jako pierwsze z białek w diecie niemowląt, jak również ze względu na to, że nie alergizuje.

Zawartość tłuszczu w tuszce króliczej jest stosunkowo niska, przez co mięso to uważane jest za produkt dietetyczny. Kowalska i wsp. (2014) badając poziom tłuszczu śródmięśniowego u ras królików typowo mięsnych: nowozelandzkiej białej i popielniańskiej białej wykazali jego średni udział w części przedniej tuszki na poziomie 6,97 % i 6,29 %, w combrze 1,52 % i 1,01 %, a w części tylnej 3,77 % i 2,87 %. Inni autorzy podają średnią jego ilość na poziomie 2,55 - 3,88% (Ramirez i wsp., 2005; Daszkiewicz i wsp., 2011).

Skład lipidów mięsa króliczego jest bardzo korzystny ze względu na wysoką zawartość jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) kwasów tłuszczowych (FA), a także cennych nieparzystych FA o łańcuchach prostych i rozgałęzionych metylowo (OBCFA), nie występujących w mięsie typowych gatunków, takich jak wieprzowina, wołowina czy drób (Leiber i wsp., 2008; Rasińska i wsp., 2018). Znaczny udział, bo aż 40% kwasów nasyconych (SFA) zawartych w lipidach mięsa, pokrywa kwas palmitynowy (C16:0). Z wielonienasyconych kwasów rodziny n-3 stwierdza się wysoki procent kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3). W tłuszczu śródmięśniowym jest go około 3%, a w tłuszczu zapasowym do 6% (bydło 0%, trzoda 0,5%) (Kowalska 2006, 2016). Tłuszcz pochodzący z przedniej części tuszki jest szczególnie bogaty w dwa ważne kwasy z tej rodziny - EPA (C20:5 n-3) i DPA (C22:5 n-3) - szczególnie istotne dla prawidłowego funkcjonowania układów

krążenia i nerwowego (Achremowicz i Szary-Sworst, 2000). W wielu badaniach naukowych stwierdzono w tłuszczu okołonarządowym i podskórnym królików najkorzystniejszy, z punktu widzenia diety człowieka, stosunek kwasów rodziny n-6/n-3, spowodowany istotnie niższym poziomem wielonienasyconych kwasów rodziny n-6, tj. linolowego (LA, C18:2 n-6) i arachidonowego (AA, C20:4 n-6) niż w innych gatunkach mięs (Szkucik i Ziomek, 2010; Kowalska i Piechocka, 2014).

Mięso królicze posiada szereg prozdrowotnych właściwości ze względu na niską zawartość cholesterolu (35 – 50 mg/100 g produktu) oraz obecność substancji biologicznie czynnych takich jak wspomniane wielonienasycone kwasy tłuszczowe, a także mikro- i makroelementy, witaminy z grupy B i antyoksydanty, do których zaliczają się tokoferole, witamina A i selen (Siudak i Pałka, 2022).

Ze względu na krótki okres produkcyjny i wysoką zdolność przetwarzania paszy na masę mięśniową, króliki mogą być uznane za jedne z najlepszych gatunków zwierząt gospodarskich wykorzystywanych do produkcji mięsa (Lukefahr i wsp., 2022). Jednak mięso królicze nie jest produktem powszechnie spożywanym, nawet w krajach, w których jest ono uznawane za tradycyjny gatunek mięsa. Przyjmuje się, że w Polsce statystyczny obywatel spożywa rocznie około 0,5-0,9 kg mięsa króliczego. Dane te jednak nie są obiektywne, ponieważ chów królików w wielu gospodarstwach/ogródkach działkowych odbywa się jedynie na własny użytek, a zwierzęta te nie są objęte oceną hodowlaną, kontrolą ze strony Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Krajowego Centrum Hodowli Zwierząt czy Inspekcji Weterynaryjnej. Stąd nie jest możliwe dokładne oszacować tych wartości.

Według Rabbit Meat Market Report (2023, <https://www.linkedin.com/pulse/rabbit-meat-market-report-global-demand-insights-thome>) popyt na światowym rynku mięsa króliczego wykazuje tendencję wzrostową o około 2,3% rocznie, stąd przewiduje się, że do 2032 roku produkcja może zwiększyć się o 20-30%. Za 63% światowej produkcji mięsa króliczego odpowiadają Chiny (932 tys. ton), na drugim miejscu znajduje się Korea Północna (154 tys. ton) na trzecim Hiszpania (57 tys. ton) z udziałem rynkowym 3,9%.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono produkcję mięsa króliczego światową oraz w wybranych krajach Unii Europejskiej.

Tabela 1. Światowa produkcja mięsa króliczego w 2020 roku (Siddiqui i wsp., 2023)

Obszar	Produkcja (t)
Świat	1,185,447
Afryka	78,638
Ameryka Północna i Południowa	17,550
Azja	828,586
Europa	260,673

Tabela 2. Produkcja mięsa króliczego w wybranych krajach europejskich w latach 2017 – 2022 (<https://knoema.com/data/poland+agriculture-indicators-production+rabbit>)

Kraj	Produkcja (t)
Hiszpania	57,521
Czechy	38,500
Włochy	26,647
Francja	25,707
Węgry	5,641
Bułgaria	4,746
Słowacja	3,997
Polska	3,300
Grecja	2,685
Mołdawia	1,266
Szwajcaria	690
Austria	377
Litwa	272

W wielu krajach wysokorozwiniętych rynek produkcji mięsa króliczego jest mocno krytykowany, producentom zarzuca się bowiem, że dążąc do zmaksymalizowania zysków, pozbawiają zwierzęta możliwości spełniania podstawowych i przyrodzonych im potrzeb. Stąd obecnie prowadzone są działania mające na celu poprawienie zarówno poziomu dobrostanu królików utrzymywanych w fermach, jak również jakości ich mięsa, co także jest szeroko dyskutowane (Cullere i Dalle Zotte, 2018).

Króliki jako zwierzęta łatwo przystosowujące się do panujących warunków środowiska hodowlanego, mogą być utrzymywane w wielu wariantach infrastruktury inwentarskiej bez

negatywnego wpływu na zdrowotność stada i opłacalność produkcji. Jednak Raport Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) z 2020 roku podaje, że utrzymanie królików w wielokondygnacyjnym systemie klatkowym (tzw. bateryjnym) najczęściej stosowanym w hodowli tego gatunku, istotnie wpływa na obniżenie ich dobrostanu, stąd zalecane jest odejście od takiego systemu na rzecz innych.

Jednym z nich, który stosuje się w produkcji żywca króliczego na mniejszą skalę, jest chów na wolnym powietrzu. Wariant ten nie wymaga posiadania pomieszczenia inwentarskiego, a klatki, kojce lub zagrody dla królików stoją na zewnątrz. W takim systemie zwierzęta są jednak narażone na różne, czasem niesprzyjające warunki pogodowe. Obserwuje się u nich również większą zapadalność na choroby, szczególnie te wirusowe.

Kolejną alternatywą dla chowu bateryjnego jest utrzymywanie zwierząt w budynku inwentarskim z dostępem do wybiegu, co jest często stosowane w gospodarstwach ekologicznych (Kryński i wsp., 2018). Hodowcy jednak najczęściej decydują się na utrzymanie zwierząt w zamkniętych budynkach inwentarskich, co pozwala zapewnić im jak najbardziej optymalne warunki mikroklimatyczne, a oprócz tego, dzięki odgrodzeniu od środowiska zewnętrznego, spada możliwość przenoszenia chorób zakaźnych, czy też przedostania się szkodników na teren fermy. W budynkach inwentarskich stosuje się system ściółkowy i bezściółkowy. Zarówno króliki należące do stada podstawowego jak i młódzież hodowlana mogą być utrzymywane w kojcach, boksach lub klatkach zaopatrzonych w głęboką lub płytką ściółkę, która nie tylko stanowi ochronę termiczną dla zwierząt, ale także daje możliwość wyrażania naturalnych zachowań takich jak kopanie, przeżuwanie czy budowa gniazda przed wykotem. Ponadto naturalna ściółka, taka jak słoma czy siano, stanowi doskonałe źródło włókna pokarmowego w diecie. Ściółka jest jednak często źródłem pyłów, a niekiedy także grzybów i bakterii, które mogą obniżać jakość powietrza w budynku inwentarskim, ale i być przyczyną chorób zwierząt, głównie od strony przewodu pokarmowego. Ponadto system utrzymania zwierząt na ściółce łączy się z dodatkową pracą hodowcy polegającą na cyklicznej i regularnej wymianie ściółki, celem zachowania prawidłowych warunków zoohigienicznych w boksach i kojcach (Szendrő i McNitt, 2012; Prebble i wsp., 2015). Stąd taki system polecany jest przy mniejszej obsadzie zwierząt.

Jak wspomniano wyżej, najczęściej stosowanym systemem utrzymania królików ras mięsnych na skalę przemysłową jest chów klatkowy. Wykorzystuje się klatki druciane, jedno- lub wielopoziomowe zaopatrzone w karmidła i poidła automatyczne, ze stanowiskami do wykotu dla matek stada podstawowego. System ten pozwala na najbardziej efektywne przyrosty młódzieży ze względu na mniejszą swobodę ruchu, daje możliwość wprowadzenia

automatyzacji produkcji i ułatwia zachowanie odpowiedniej higieny w hodowli zwierząt (Barabasz i Bieniek, 2003; Kryński i wsp., 2018). Badania naukowe potwierdzają jednak, że utrzymanie zwierząt w klatkach może prowadzić do występowania stereotypii spowodowanych brakiem urozmaicenia środowiska hodowlanego czy technopatii, czyli schorzeń somatycznych i urazów wywołanych negatywnym oddziaływaniem środowiska hodowlanego (Buijs i wsp., 2014; Trociono i wsp., 2014). Stąd coraz częściej wprowadza się do klatek liczne urozmaicenia, tzw. małą architekturę (np. klocki do gryzienia, rury imitujące norę), jak również plastikowe lub drewniane podłogi, które w znacznym stopniu zabezpieczają zwierzęta przed schorzeniami narządu ruchu.

W Polsce króliki wykorzystywane do produkcji mięsa na niewielką skalę w małych gospodarstwach należą przede wszystkim do ras dużych i średnich. Z kolei na fermach wysokoprodukcyjnych utrzymuje się głównie wyspecjalizowane linie syntetyczne, które cechują się wysoką użytkowością rozplodową, tuczną i rzeźną, niestety są mniej odporne, przez co konieczne jest stosowanie syntetycznych środków ochrony zdrowia (Lukefahr i wsp., 2022). Raport Krajowego Centrum Hodowli Zwierząt z 2023 roku podaje, że rasą królików najczęściej hodowaną w Polsce jest belgijski olbrzym szary, zaliczany do ras dużych. Innymi chętnie utrzymywanymi rasami są króliki: nowozelandzkie białe, olbrzymy srokacze, kalifornijskie, termondzkie białe, francuskie barany i popielniańskie białe.

Króliki ras średnich, cechują się bardzo dobrą plennością i płodnością. Samice wykazują silnie rozwinięty instynkt macierzyński, są dobrymi i opiekuńczymi matkami (Pałka i wsp., 2019). Rasy te charakteryzują się istotnie wyższym współczynnikiem mleczności w porównaniu z rasami dużymi (Pałka i wsp. 2017). Króliki ras średnich cechuje też bardzo dobra użytkowość tuczna i rzeźna. Przy żywieniu dobrze zbilansowanymi pełnoporcjowymi mieszankami granulowanymi zwierzęta osiągają ubojową masę ciała 2,5 kg już w wieku około 77-90 dni, przy wydajności rzeźnej wahającej się od 55 do 65% (Maj i wsp., 2011). Wtedy też pozyskiwana tuszka odznacza się najwyższą jakością.

Predyspozycje genetyczne królików do osiągnięcia jak najwyższej wydajności muszą być wspomagane przez hodowcę, poprzez zapewnienie odpowiedniego dobrostanu zaspakajającego podstawowe potrzeby zwierząt w zakresie żywienia, przestrzeni życiowej, higieny utrzymania, mikroklimatu pomieszczeń czy nadzoru weterynaryjnego. Dobrze zbilansowana dzienna dawka pokarmowa powinna pokrywać zapotrzebowanie królików na składniki pokarmowe potrzebne do zaspokojenia potrzeb bytowych i produkcyjnych. Prawidłowe żywienie tych zwierząt jest bardzo szerokim pojęciem, zależnym od posiadanej w gospodarstwie paszy, pory roku, warunków utrzymania czy oczekiwanej intensywności

rozdrodziej. W hodowli tego gatunku zwierząt stosuje się trzy systemy żywienia: pełnoporcjowymi mieszankami granulowanymi, tradycyjnymi paszami gospodarskimi i mieszany. W fermach o wyższym poziomie industrializacji, przy półintensywnym i intensywnym systemie produkcji, stosuje się głównie pełnoporcjowe mieszanki granulowane, co jest najlepszym rozwiązaniem. Firmy paszowe produkujące mieszanki, gwarantują stały skład chemiczny paszy, zaspakajający potrzeby życiowe danej grupy produkcyjnej. Komponenty paszowe wykorzystywane w produkcji granulatu są dobrze zmielone i wymieszane, każda granulka jest niemal identyczna w składzie, tak więc zwierzę pobiera wszystkie niezbędne dla niego składniki pokarmowe. Jednocześnie dzięki temu unika się problemu wybierania pasz bardziej smakowitych z podawanej dawki pokarmowej. Granulki mają odpowiednią twardość, co jest ważne dla królików, które muszą ścierać siekacze przez całe życie. Przechowują się lepiej niż pasze sypkie, są wygodne w transporcie i dystrybucji mechanicznej. Renomowane firmy paszowe do produkcji swoich pełnoporcjowych mieszanek granulowanych używają wyłącznie komponentów przebadanych pod kątem obecności grzybów, pleśni i bakterii, co stanowi kolejną zaletę tego systemu żywienia. Ze względu na specyfikę trawienia (komora fermentacyjna skolonizowana przez wyspecjalizowane bakterie), króliki nie lubią częstych zmian podawanej paszy, reagując na nie często biegunkami o różnym natężeniu. Pełnoporcjowe mieszanki granulowane mają około 3-miesięczny okres przydatności do spożycia, co jest kolejnym argumentem za ich stosowaniem. Wadą gotowych mieszanek granulowanych jest jednak ich cena, która jest kilkukrotnie wyższa niż pasz gospodarskich (Prasad i wsp., 1996; Lebas 2013).

Żywienie tradycyjne królików polega na skarmianiu ich paszami gospodarskimi, w skład których wchodzi pasze treściwe (głównie ziarna zbóż) i objętościowe soczyste (zielonki, okopowe) lub suche (słoma, siano). Niektóre z nich odznaczają się niskim udziałem białka w swoim składzie, przez co konieczne jest dodatkowe bilansowanie dawki preparatami uzupełniającymi (Potępka, 2011).

Przy systemie mieszanym hodowcy mogą wykorzystywać pasze gospodarskie i uzupełniać je mieszankami paszowymi granulowanymi. System ten jest bardzo popularny w małych gospodarstwach, które nie posiadają dużego arealu ziemi.

Niezależnie od wybranego systemu żywienia zwierząt, konieczne jest pokrycie ich zapotrzebowania na poszczególne składniki pokarmowe. Energia metaboliczna powinna wynosić od 9 MJ/kg paszy dla królicząt od 3 do 6 tygodnia odchowu, do 10,5 MJ/kg paszy dla samic w okresie ciąży i laktacji. Wydane w Polsce „Zalecenia żywieniowe i wartości pokarmowe pasz” (Gugołek, 2011) sugerują, że poziom białka w dawce pokarmowej

podawanej królikom powinien wynosić 16-18%. Ze względu na stały postęp genetyczny i wzrost masy ciała królików, przez wiele lat można było zauważyć tendencję, szczególnie wśród zagranicznych producentów pełnoporcjowych mieszanek granulowanych, do wyraźnego zwiększania zawartości składników pokarmowych. Niektóre pasze granulowane zawierały nawet do 20% białka ogólnego, a co za tym idzie bardzo wysoki poziom aminokwasów egzogennych. Pozwalało to na pełne pokrycie zapotrzebowania pokarmowego wszystkich grup technologicznych. Należy pamiętać jednak o tym, że pokarm królików żyjących w warunkach naturalnych jest raczej ubogi w składniki odżywcze, stąd ich układ pokarmowy nie jest przystosowany do tak wysokiej zawartości białka w diecie. Biorąc powyższe pod uwagę, jak również coraz większą dbałość społeczeństwa o ochronę środowiska, której jednym z aspektów jest zmniejszenie wydalania azotu z kałem u zwierząt gospodarskich, w badaniach naukowych na królikach skupiono się na znalezieniu kombinacji aminokwasów ograniczających tj.: lizyny, aminokwasów siarkowych i treoniny, która zminimalizowałaby wydalanie azotu do krwioobiegu. Między innymi dzięki tym badaniom udało się znacznie zmniejszyć udział białka w paszy dla królików do poziomu 15-16%, w zależności od grupy technologicznej (Tazzoli i wsp. 2015; Marin-Garcia i wsp., 2020). Zmniejszenie poziomu białka w diecie jest użyteczną strategią ograniczania wydalania azotu i emisji NH_3 z hodowli.

Poziom tłuszczu w paszy podawanej królikom powinien być wyższy niż 2%, ale nie powinien przekraczać 5%. Wartości w tym przedziale sprzyjają poprawie jakości okrywy włosowej, a jednocześnie nie powodują przesadnego zatuczenia zwierząt i późniejszej nadmiernie otłuszczonej tuszki, nie mają również negatywnego wpływu na użytkowość rozrodczą (Gugołek i Kowalska, 2020).

Poziom włókna surowego w paszy należy bilansować tak, aby mieścił się w granicach od 11,5 do 15,5 %. Istotna jest także suplementacja zwierząt w mikro- i makroelementy. Wapń i fosfor muszą być bilansowane w szczególności u samic w okresie laktacji i ciąży. Zwierzęta powinny otrzymywać też odpowiednie ilości magnezu, sodu, potasu, miedzi i jodu, jak również poszczególnych witamin szczególnie A i E (Halls, 2010; Potępka, 2011).

Pasze dla królików powinny odznaczać się dobrą smakowitością, na którą składają się: jakość biologiczna białka (stan sanitarno-higieniczny, skład aminokwasowy), jakość tłuszczu (stopień jego zjełczenia, profil kwasów tłuszczowych), zawartość pleśni, kwasowość, zawartość wody, temperatura, struktura paszy, a także dodatki, mogące poprawić smak. Pasze o wysokiej smakowitości stymulują zwiększenie wydzielania soków trawiennych, co poprawia strawność a także wpływa pozytywnie na pracę całego przewodu pokarmowego. Króliki,

podobnie jak inne gatunki zwierząt, mają swoje preferencje smakowe, najchętniej wyjadana paszą jest kukurydza (Zwoliński i wsp. 2014).

Wybrane komponenty paszowe stosowane w żywieniu królików

Aby sprostać wymogom pokarmowym zwierząt o wysokim potencjale produkcyjnym, jakimi są bezsprzecznie króliki, należy zapewnić im dostateczną ilość pasz jak najlepszej jakości. Dla hodowcy ważny jest również aspekt ekonomiczny żywienia, które stanowi najwyższy koszt utrzymania królików oceniany na około 80 - 85%. Polska importuje corocznie ponad 75% białka roślinnego głównie w postaci śruty sojowej, której import wzrósł w ostatnim czasie do około 2,5 mln ton. Śruta ta wykorzystywana w pełnoporcjowych mieszankach paszowych dla królików jest najdroższym komponentem, a dodatkowo w momencie wejścia w życie przepisów zabraniających stosowania w żywieniu zwierząt pasz GMO, będzie musiała być zastąpiona innymi komponentami. Stąd obecnie prowadzone są liczne badania dotyczące możliwości wykorzystania w hodowli królików innych pasz białkowych, jak i takich, którymi nie są skarmiane pozostałe gatunki zwierząt gospodarskich (zioła, chwasty, odpady sadownicze). Uwagę zwraca się również na poprawę na drodze żywieniowej parametrów jakościowych produkowanego mięsa, aby sprostać coraz wyższym oczekiwaniom konsumentów co do jakości produktu końcowego. Niemniej ważną sprawą jest poprawa zdrowotności stada, która również jest ściśle powiązana z żywieniem. Nieodpowiednie żywienie skutkuje zaburzeniami składu mikrobioty jelitowej, co prowadzi często do chorób metabolicznych i infekcji wynikających z namnożenia bakterii środowiskowych.

Chów i hodowla królików na fermach wielkotowarowych oparte są głównie o intensywny system rozrodu, pozwalający na wysoki zysk ekonomiczny. Króliki utrzymywane w warunkach wysokoprodukcyjnych muszą cechować się nie tylko dobrą plennością i płodnością, ale również wybitną użytkowością tuczną i rzeźną. Młode zwierzęta w okresie wzrostu narażone są na czynniki chorobotwórcze, a hodowcy, aby uniknąć strat i rozprzestrzeniania się chorób, stosują często syntetyczne środki ochrony zdrowia, takie jak antybiotyki (Falcão-e-Cunha i wsp., 2007). Ponadto, antybiotyki są wykorzystywane w produkcji zwierzęcej jako stymulatory wzrostu. Jak podaje aktualne Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2019/4 z dnia 11 grudnia 2018 roku, od 2006 roku w krajach Unii Europejskiej obowiązuje zakaz stosowania antybiotyków jako stymulatorów wzrostu. Dane zebrane w 2022 roku wskazują jednak, że nadal około 20% państw członkowskich Unii Europejskiej stosuje antybiotyki w celu poprawienia wyników

produkcyjnych zwierząt (Ghimpețeanu i wsp., 2022). Antybiotyki są stosunkowo odporne na degradację, większość wydalana jest z organizmu zwierzęcia wraz z kałem i moczem w postaci aktywnych metabolitów, które zanieczyszczają środowisko. Część odkłada się jednak w tkankach organizmu zwierząt, takich jak mięśnie czy wątroba, są zatem spożywane przez ludzi, co niesie negatywne następstwa zdrowotne. Skutkiem przyjmowania antybiotyków w takiej formie jest przede wszystkim zwiększone ryzyko występowania reakcji alergicznych i zaburzeń funkcjonowania tkanek lub narządów. Nawet małe dawki antybiotyków przyjmowane z żywnością przez dłuższy czas mogą przyczyniać się do powstawania w organizmie ludzkim lekoopornych szczepów bakteryjnych (Massé i wsp., 2014).

Obecnie poszukiwane są substancje alternatywne dla antybiotyków i promotorów wzrostu, które mogą zarówno poprawić zdrowotność zwierząt, jak i wpłynąć pozytywnie na cechy produkcyjne i jakość pozyskanego surowca. Proponowanymi zamiennikami antybiotyków są probiotyki i prebiotyki, kwasy organiczne, drożdże, maślan sodu i zioła oraz różne ekstrakty ziołowe (Kocher i wsp., 2004). Dostępne wyniki badań potwierdzają bakteriostatyczne, przeciwgrzybicze i kokcydiostatyczne działanie ziół, takich jak oregano (*Origanum vulgare*) (Mitsch i wsp., 2004), tymianek (*Thymus vulgaris* L.) (Dorman i Deans, 2000), koper włoski (*Foeniculum vulgare* Mill.) (Benlemlih i wsp., 2014) i czarnuszka siewna (*Nigella sativa*) (El-Bagir i wsp., 2010).

Kowalska i wsp. (2012) wykazali kokcydiostatyczny efekt dodatku wyciągów z oregano i czosnku dodawanych do mieszanek paszowych dla królików, które pozwoliły na utrzymanie bezpiecznego poziomu kokcydii. Potwierdziły również, że zioła i przyprawy mogą wpłynąć pozytywnie na przyrosty masy ciała, wydajność rzeźną i jakość mięsa, bez negatywnego wpływu na jego smak.

Omer i wsp. (2012) stwierdzili pozytywny wpływ mieszanki liści oregano (0,5%) i nasion kopru włoskiego (0,5%) oraz ekstraktu z oregano (0,1%) i ekstraktu z rozmarynu (0,1%) na wzrost i masę ciała królików. Chrastinova i wsp. (2009) stwierdzili z kolei, że żeń-szeń syberyjski w dawce 300 mg/kg paszy poprawia wzrost i współczynnik wykorzystania paszy u tych zwierząt.

Pałka i wsp. (2023) zastosowali w żywieniu królików 1% dodatek kopru włoskiego i 1 % dodatek kozieradki zwyczajnej. Wykazali, że dodatki te istotnie wpływają na jakość mięsa poprzez poprawę parametrów jego barwy.

Dal Bosco i wsp. (2014) stosując 3% dodatek tymianku stwierdzili, że wpływa on pozytywnie na poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych szeregu n-3 w mięsie.

Mattioli i wsp. (2016) stosując komercyjną mieszankę dla królików Digestarom® 1315, w której skład wchodziło dziesięć ziół i przypraw w ilości 300 mg/kg paszy, stwierdzili jej istotny wpływ na zawartość kwasów: α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3), EPA (C20:5 n-3) i DHA (C22:6 n-3) w mięsie.

Przeprowadzone w krajach Europy Zachodniej badania statystyczne wskazują, że Europejczycy spożywają przede wszystkim produkty o wysokiej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych. Dieta przeciętnego mieszkańca Europy składa się w dużej mierze z produktów pochodzenia zwierzęcego, które w swoim składzie zawierają kwasy nasycone lub wielonienasycone o wiązaniu n-6. Ze względu na niski udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) n-3 w diecie mieszkańców krajów rozwiniętych, prowadzone są działania mające na celu wzbogacenie żywności w te właśnie kwasy (Makała, 2018). PUFA n-3 posiadają szereg pozytywnych właściwości, między innymi regulują poziom lipidów w osoczu krwi, wpływają na pracę układu sercowo-naczyniowego i immunologicznego, uczestniczą w procesie metabolizmu glukozy i wspierają rozwój komórek nerwowych. Wpływają również na skład i funkcję błon biologicznych, odgrywają rolę w syntezie eikozanoidów, tj. prekursorów prostaglandyn i leukotrienów oraz pomagają regulować ekspresję niektórych genów (Rodríguez i wsp., 2019a). Jednym ze sposobów na zwiększenie poziomu kwasów n-3 w produktach mięsnych, jest dodawanie produktów bogatych w te właśnie kwasy do paszy podawanej zwierzętom. Kwasy o wiązaniu n-3 mają zdolność do gromadzenia się w tkankach organizmu, między innymi w tłuszczu śródmięśniowym. Produkty takie jak olej rybny, lniany, rzepakowy i olej z ogórecznika są doskonałym źródłem kwasów tłuszczowych n-3, które obejmują kwas eikozapentaenowy (EPA, C20:5 n-3), kwas dokozaheksaenowy (DHA, C22:6 n-3) i kwas α -linolenowy (ALA, C18:3 n-3), który jest też prekursorem w syntezie dwóch pierwszych kwasów (Ponnampalam i wsp., 2021).

Kowalska (2008) zbadała wpływ mieszaniny oleju rybnego i rzepakowego na profil kwasów tłuszczowych mięsa króliczego. Pierwsza grupa doświadczalna otrzymywała paszę wzbogaconą 2% dodatkiem oleju rzepakowego i 1% oleju rybnego, a druga ten sam dodatek, suplementowany dodatkowo witaminą E, przez co jej udział w dawce pokarmowej wzrósł z 50 do 100 mg/kg mieszanki. Zastosowanie badanych olejów miało pozytywny wpływ na skład kwasów tłuszczowych mięsa. Nastąpił spadek zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i wzrost poziomu wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), zwłaszcza EPA (C20:5 n-3) i DHA (C22:6 n-3).

Rodríguez i wsp. (2019b) zbadali, że dodatek oleju rybnego podawany królikom wraz z paszą prowadzi do znacznego zmniejszenia stosunku kwasów tłuszczowych PUFA n-6/n-3

zarówno w mięsie, jak i tłuszczu okołonerkowym. Jednak pomimo pozytywnego wpływu na profil kwasów tłuszczowych mięsa, cytowani autorzy stwierdzili, że udział oleju rybnego w dawce pokarmowej podawanej królikom nie powinien przekraczać 1%, gdyż wpływa negatywnie na właściwości sensoryczne mięsa, pogarszając jego smak i zapach.

Zsédely i wsp. (2008) zbadali wpływ 2% dodatku oleju lnianego na skład kwasów tłuszczowych mięśni uda i combra. Wyniki przeprowadzonej analizy chemicznej wykazały, że dodatek badanego oleju zwiększył istotnie ilość kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3), jednocześnie zmniejszając udział kwasów nasyconych (SFA) i jednonienasyconych (MUFA) w obu badanych mięśniach. Dodatkowo odnotowano istotnie niższy stosunek PUFA n-6/n-3 i istotnie wyższy stosunek PUFA/SFA w porównaniu do grupy kontrolnej.

Kolejną dużą grupę dodatków wykorzystywanych w żywieniu zwierząt gospodarskich, w tym również królików, stanowią produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego. Popularnymi paszami stosowanymi w żywieniu zwierząt na dużą skalę są produkty uboczne przemysłu: zbożowego (otręby zbożowe), olejarskiego (śruty, makuchy, wytloki), cukrowniczego (wysłodki, melasa), browarniczego (kiełki sodowe, drożdże piwne, młoto browarnicze), mleczarskiego (serwatka, maślanka), czy mięsnego (mączki mięsne, mączki mięsno-kostne, mączki z krwi, tłuszcz, krew) (Bogucki i Neja, 2008). W krajach o wysokim stopniu rozwoju gospodarczego rocznie marnuje się około 1,3 miliarda ton żywności, a warzywa i owoce stanowią duży odsetek tych strat. Zarówno niewykorzystana żywność, jak również mniej popularne produkty uboczne powstałe w wyniku jej przetwórstwa, mogą być użyte w żywieniu zwierząt gospodarskich. Ponowne włączenie niewykorzystanej żywności do łańcucha pokarmowego człowieka wpływa na poprawę stanu środowiska i rozwiązuje problem, jakim jest rozkład olbrzymich ilości produktów ubocznych pochodzenia roślinnego. Dobrym rozwiązaniem jest sięganie po produkty lokalne, które mogą cechować się wysoką dostępnością na danym obszarze, a poza tym stosunkowo niską ceną, co w połączeniu z pozytywnym wpływem na wyniki produkcyjne zwierząt może polepszyć opłacalność produkcji zwierzęcej (Manju Wadhwa i wsp., 2015).

W krajach leżących w strefie klimatu śródziemnomorskiego popularnymi gałęziami przemysłu są produkcja wina i oliwy. Bouzaida i wsp. (2021) zbadali wpływ 20% dodatku do paszy dla królików wycieków winogronowych. W ich skład wchodziły głównie skórki winogron, miąższ, nasiona i nieusunięte łodygi. Badanie wykazało, że dodatek ten znacząco zwiększył zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięsie. W grupie karmionej wyciekami stwierdzono niższy poziom nasyconych kwasów tłuszczowych, głównie ze względu na niższy udział kwasu palmitynowego (C16:0) i kwasu mirystynowego (C14:0) w paszy. Wzrósł

natomiast udział kwasu linolowego (LA, C18:2 n-6), a zmniejszyła się zawartość kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3), co spowodowało istotne zwiększenie stosunku PUFA n-6/n-3 w stosunku do grupy kontrolnej. W doświadczeniu określono również wpływ badanego dodatku na cechy produkcyjne królików. Wykazano, że stosowanie wytlóków z winogron obniża masę tuszki i wydajność rzeźną, zwiększa także współczynnik wykorzystania paszy. Wszystkie przedstawione wyniki wskazują na to, że stosowanie wytlóków z winogron w żywieniu królików nie jest najlepszym rozwiązaniem zarówno ze względu na opłacalność produkcji, jak i negatywny wpływ na jakość ich mięsa.

Liście oliwne są produktem ubocznym powstałym w wyniku pielęgnacji drzew oliwnych. Z jednego drzewa można uzyskać nawet do 25 kg liści. Mattioli i wsp. (2018) zbadali wykorzystanie suszonych liści oliwnych w żywieniu królików. Pierwsza grupa doświadczalna otrzymywała 10% dodatek liści oliwnych, druga ten sam dodatek wzbogacony selenem w ilości 209 mg/100 g suchej masy. Nie wykazano istotnego wpływu liści oliwnych na cechy użytkowości tucznej i rzeźnej królików, jak również na cechy jakości mięsa, takie jak kwasowość i barwa, wyciek termiczny oraz skład chemiczny. Ogólna zawartość kwasów PUFA, MUFA i SFA nie różniła się znacząco pomiędzy grupami. Zaobserwowano jednak znaczny spadek zawartości kwasów tłuszczowych n-6 w grupach otrzymujących ten dodatek, a także spadek zawartości kwasu γ -linolenowego (GLA, C18:3 n-6). Zmiany te nie wpłynęły jednak znacząco na stosunek PUFA n-3/n-6. Poziom kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3) był najwyższy w grupie królików suplementowanych selenem. We wnioskach końcowych stwierdzono, że włączenie liści oliwnych do paszy dla królików nie ma negatywnego wpływu na produkcję mięsa oraz jego jakość.

Kolejną rośliną charakterystyczną dla klimatu ciepłego jest awokado, którego owoce są bogate przede wszystkim w nienasycone kwasy tłuszczowe szeregu n-3. Owoce, które uległy uszkodzeniu w trakcie zbiorów i segregacji, stanowią odpad, który został wykorzystany przez Galeano-Díaz i wsp. (2023) w żywieniu królików. Zwierzęta podzielono na grupy, którym podawano 0; 4,32; 8,39 i 12,25% dodatek awokado. Wykazano wzrost ubojowej masy ciała królików, masy tuszki ciepłej i zimnej oraz wydajności rzeźnej zwierząt w grupach, którym podawano awokado, jak również większe dobowe przyrosty masy ciała. Ponadto króliki z grup badawczych miały niższy współczynnik wykorzystania paszy. W grupach suplementowanych awokado zaobserwowano znaczny wzrost zawartości kwasów: palmitooleinowego (C16:1 n-7) i linolowego (LA, C18:2 n-6). Całkowita zawartość PUFA n-3 była wyższa w mięsie królików karmionych 8,39 i 12,25% dodatkiem awokado. Stosunek PUFA n-6/n-3 miał niższą wartość w mięsie królików, którym podawano eksperymentalne dawki pokarmowe

w porównaniu do dawki kontrolnej. Najwyższy udział kwasów tłuszczowych n-3, jak również najniższy stosunek PUFA n-6/n-3, zaobserwowano w grupie z najwyższym udziałem awokado w dawce pokarmowej.

Od wieków w wielu krajach w żywieniu zwierząt ceniona była dynia, której owoce są bogate w składniki odżywcze, a miąższ wpływa dodatnio na działanie przewodu pokarmowego, wydzielanie żółci, poprawia gospodarkę wodną organizmu i wzmacnia system immunologiczny. Nasiona mają działanie przeciw pasożytnicze, zapobiegają m.in. robaczycom i tasiemczycom. Dynia jest cenioną rośliną pastewną, która przy stosunkowo małych nakładach może dawać duży plon, jak również można ją siać w miejscach, w których większość roślin nie plonuje. Obecnie prowadzonych jest wiele badań mających na celu wykorzystanie nie tylko owoców, ale też korzeni, kwiatów, liści i nasion dyni w żywieniu zwierząt gospodarskich.

Dynia – historia uprawy, skład chemiczny, wartość pokarmowa oraz właściwości lecznicze

Należąca do rodziny Cucurbitaceae dynia (*Cucurbita* L.), jest rośliną powszechnie uprawianą na całym świecie. Pierwsze doniesienia odnośnie jej uprawy pochodzą z 5500 roku p.n.e i według tych zapisków była ona uznawana przez lud Indian z Ameryki Południowej i Środkowej za roślinę świętą, a jej owoce wykorzystywano głównie do celów leczniczych (Colagar i Souraki, 2012, Ahmad i Khan, 2019). Późniejsza analiza zabarwienia pestek dyni pozwoliła na sprecyzowanie pochodzenia wspomnianej rośliny. Według niej uprawa ta miała swoje początki w Gwatemali, Centralnym Meksyku albo w Kolumbii (Dhiman i wsp., 2009). Na stołach europejskich dynia zagościła już w starożytności za sprawą Sefardyjczyków i Żydów mieszkających na terenie obecnych Włoch. Smażona na miodzie uchodziła za przysmak, natomiast surowa, polana winem sprawdzała się jako środek leczniczy stosowany przeciwko zaparciom. Z kolei stara medycyna bliskowschodnia zalecała stosowanie soku z dyni jako środka nasennego (Koc-Karwowska i Stańczuk, 2014). Jednak na przestrzeni wieków została ona zapomniana, a ponownie przywędrowała do Europy wraz z Krzysztofem Kolumbem na przełomie XV i XVI wieku, kiedy to wskrzeszono kulturę antyczną i zaczęto czerpać wiedzę z tradycyjnych receptur powstałych w starożytnej Grecji czy Rzymie (Zdrojewicz i wsp., 2016).

Dynia w dzisiejszych czasach łączona jest przede wszystkim z Ameryką Północną i Stanami Zjednoczonymi Ameryki, co nie jest skojarzeniem bezpodstawnym. Roślina ta towarzyszy mieszkańcom Nowego Świata od samych początków, kiedy to pierwsi koloniści

z Europy postanowili osiedlić się na nowoodkrytych, dzikich terenach. Zapiski historyczne wskazują, że dynia była pierwszą dzikorosnącą na terenie Ameryki rośliną, którą udało się z powodzeniem pozyskać i udomowić. Jednak jej forma, którą zastali nowoprzybyli Europejczycy na czele z kapitanem Johnem Smithem znacząco różniła się od postaci pierwotnej i wymagała setek lat upraw i modyfikacji, której poddali ją Indianie. Koloniści nie uważali dyni za zwykłe pożywienie, woleli myśleć o niej jako o symbolu swojej tożsamości. Dynia miała symbolizować przetrwanie w dzicy i zależność od zasobów nowego środowiska (Ott, 2013).

W 1621 roku, kolonistów przybyłych na statku Mayflower do Plymouth w Massachusetts zastała bardzo sroga zima, blisko połowa z nich zmarła z głodu i wychłodzenia podczas pierwszego roku swojego pobytu w Nowym Świecie. Z pomocą kolonistom przyszli rdzenni mieszkańcy Ameryki, którzy nauczyli ich polować i uprawiać rolę, w tym również pokazali im, jak uprawiać dynie. Już pierwsze wiosenne zbiory okazały się być obfite, stąd koloniści w podziękowaniu za wsparcie urządzili wielką ucztę na cześć Indian. Na pamiątkę tego wydarzenia, w 1863 roku ówczesny prezydent Stanów Zjednoczonych Ameryki, Abraham Lincoln, ustanowił święto narodowe nazwane Dniem Dziękczynienia lub Świętem Dziękczynienia (ang. *Thanksgiving Day*). Najbardziej popularnym daniem serwowanym tego dnia jest do dziś pieczony w całości indyk, mający upamiętnić fakt, że to właśnie polowanie na dzikie indyki uchroniło kolonistów przed śmiercią głodową. Z kolei najpopularniejszym podawanym tego dnia deserem jest tradycyjna tarta dyniowa (ang. *thanksgiving pie*) (Wallendorf i Arnould, 1991).

Dniem w roku najbardziej kojarzącym się z dynią, jest 31 października, w którym przypada święto Halloween. Irlandzka legenda opowiada o chciwym człowieku imieniem Jack, który oszukał diabła, przez co po swojej śmierci nie został przyjęty ani do nieba, ani do piekła. Jack wydrążył rzepę, do której włożył rozżarzony węgielek i z powstałą latarnią ma błąkać się po świecie, aż do dnia Sądu Ostatecznego. Po przybyciu do Ameryki koloniści zmodyfikowali tę legendę i rzepę zamienili na owoc dyni oraz zapoczątkowali tradycję drażenia w dyni, a wykonane lampiony noszą nazwę *Jack-o'-lantern* i są wykorzystywane jako ozdoba domów. Podczas nocy Halloween są świętowane również jesienne zbiory, co daje pretekst do wędrówek po domach i zbierania słodczy. Owoc dyni pojawia się również w sztuce na licznych obrazach, a „dynia halloweenowa” jest motywem w powieści amerykańskiego pisarza Washingtona Irvinga o tytule „Legenda o Sennej Kotlinie” (ang. *The Legend of Sleepy Hollow*), gdzie tak zwany Jeździec bez głowy (ang. *The Headless Horseman*) wykorzystuje wydrążoną dynię jako imitację swojej głowy (Rogers, 2002).

W Stanach Zjednoczonych popularne są również wystawy dyni, na których rolnicy mogą rywalizować ze sobą w konkursie na największą dynię i największe ciasto dyniowe, wybiera się również Królową Dyni (ang. *Miss Pumpkin Show Queen*). Tradycja wywodzi się z Circleville w stanie Ohio, w którym swoją siedzibę miała duża firma produkująca dynie *E. Sears Canning*, tam też do dziś odbywa się największy tego typu festiwal (Ott, 2002). W 2023 roku, w Stanach Zjednoczonych, padł rekord na najcięższą dynię, należący do Trávisa Giengera z Anoka w Minnesocie, który wyhodował dynię ważącą 1246,9 kg. Tym samym Amerykanin pobił dotychczasowy rekord świata należący do Włocha, Stefano Cutrupi, któremu udało się wyhodować w 2021 roku dynię ważącą 1226 kg (<https://slate.com/human-interest/2023/10/giant-largest-pumpkin-world-record-2023.html>).

Dynia jest roczną, zieloną rośliną z wijącym lub płozącym się po ziemi pnączem. Gatunki wykorzystywane w rolnictwie są roślinami jednopiennymi (jednopłciowymi), a większość z nich posiada długie naziemne pnącza (Colagar i Souraki, 2012). Można wyróżnić wiele gatunków dyni, między innymi: *Cucurbita moschata*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita mixta*, *Cucurbita facifola* i *Telfaria occidentalis*. *Cucurbita moschata*, czyli dynia piżmowa, *Cucurbita maxima* – dynia olbrzymia i *Cucurbita pepo* – dynia zwyczajna, stanowią gatunki powszechne, uprawiane na skalę światową (Caili i wsp., 2006). Dynie sadi się w okresie od ostatniego tygodnia maja do połowy czerwca, aby mogły zostać zebrane w październiku, kiedy osiągną odpowiedni rozmiar i jasnopomarańczowy kolor. Uprawa dyni jest stosunkowo prosta, jako że nie ma ona dużych wymagań glebowych i klimatycznych. Oprócz tego podczas jej uprawy istnieje możliwość rezygnacji ze środków ochrony roślin, przez co może być uprawiana między innymi w gospodarstwach ekologicznych (Rekiel i wsp., 2019). Znaczenie gospodarcze dyni w Polsce jest obecnie niewielkie, jednak w ostatnich latach można zaobserwować stopniowy wzrost popularności tej rośliny. Jest to spowodowane wpływami kultury zachodniej i popularyzacją świąt amerykańskich czy brytyjskich w naszym kraju (Telesiński i wsp., 2014).

W przypadku dyni wszystkie składowe rośliny, a więc korzenie, kwiaty, liście, owoce i nasiona nadają się do wykorzystania. Zawierają składniki przeciwutleniające, tj. związki charakteryzujące się wysoką bioaktywnością, pozytywnie wpływające na zdrowie człowieka poprzez hamowanie wolnych rodników i reaktywnych form tlenu, dzięki czemu zmniejszają ryzyko chorób nowotworowych, sercowo-naczyniowych, neurodegeneracyjnych i chorób oczu (Kulczyński i wsp., 2020). Kwiaty świetnie sprawdzają się w leczeniu ran, przede wszystkim takich, które posiadają silny odczyn zapalny. Oprócz tego napar z kwiatu dyni działa leczniczo na bóle gardła i anginę, a nasiona wraz z częściami zielonymi mogą być stosowane jako środek

w leczeniu tasiemczycy i innych chorób pasożytniczych (Colagar i Souraki, 2012). Owoce dyni są niskokaloryczne (~26 kcal/100g produktu), cechują się niewielką zawartością tłuszczu i białka, a wysokim udziałem węglowodanów, minerałów i witamin. Mają charakterystyczny pomarańczowy kolor, który wynika z wysokiej zawartości karotenoidów (α -karoten - 3100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ owocu, β -karoten 4016 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ owocu), są także dobrym źródłem potasu, fosforanów czy wapnia. Skład chemiczny owoców dyni został przedstawiony w tabeli 3.

Tabela 3. Składniki pokarmowe zawarte w 100 g surowego miąższu dyni.

Składnik pokarmowy ^a	Zawartość składnika
Woda (g)	91,6
Energia (KJ)	109
Węglowodany (g)	6,5
Włókno pokarmowe (g)	0,5
Tłuszcze (g)	0,1
Tłuszcze nasycone (g)	0,052
Tłuszcze jednonienasycone (g)	0,013
Tłuszcze wielonienasycone (g)	0,005
Białko (g)	1,0
Witamina A (μg)	426
α -karoten (μg)	4026
β -karoten (μg)	3100
Tiamina (witamina B1) (mg)	0,05
Ryboflawina (witamina B2) (mg)	0,110
Niacyna (witamina B3) (mg)	0,6
Kwas pantotenowy (witamina B5) (mg)	0,298
Pirydoksyna (witamina B6) (mg)	0,061
Kwas foliowy (witamina B9) (μg)	16
Witamina C (mg)	9
Witamina E (mg)	1,06
Ca (mg)	21
Fe (mg)	0,8
Mg (mg)	12
P (mg)	44

K (mg)	340
Na (mg)	1
Zn (mg)	0,32

Objaśnienie: a – dane uzyskane z USDA National Nutrient Database for Standard Reference

Badania naukowe dowodzą, że spożywanie owoców dyni może wspomagać leczenie i kontrolowanie cukrzycy typu II (Batoool i wsp., 2022). Chen i wsp. (2005) stwierdzili, że podawanie proszku z owocu dyni prowadzi do zwiększania poziomu insuliny w organizmie dzięki zawartości w nim D-chiro-inozytolu, który może ją zastąpić, co z kolei wpływa na obniżenie poziomu glukozy we krwi. Oprócz tego obniża ryzyko uszkodzenia nerek. Potwierdzony został również prozdrowotny wpływ nasion dyni. Regularnie spożywane obniżają poziom cholesterolu we krwi.

Wiele osób chorych na cukrzycę typu I lub II unika nasion dyni ze względu na wysoką zawartość węglowodanów, jednak w doświadczeniu przeprowadzonym na szczurach stwierdzono, że nasiona te mają działanie hipoglikemiczne. Dieta wzbogacona pestkami dyni nie spowodowała w krwi szczurów wzrostu poziomu glukozy, tłuszczu, trójglicerydów czy cholesterolu (Sedigheh i wsp., 2011).

Inne badania udowodniły, że nasiona dyni wpływają na obniżenie poziomu enzymu aminotransferazy alaninowej (ALT) i aminotransferazy asparaginianowej (AST), oznaczanych w celu diagnozowania i kontrolowania chorób wątroby (Makni i wsp., 2010), wpływają także na poprawę ogólnej odporności organizmu, funkcjonowania wątroby, w tym woreczka żółciowego oraz na funkcje wydzielnicze gruczołu krokowego i jąder (Hussain i wsp. 2022). Mogą również posłużyć jako środek prewencyjny w zapobieganiu chorobom pęcherza. Spożywanie nasion dyni może obniżyć ryzyko wystąpienia nowotworów, ze szczególnym wskazaniem na guzy mózgu. Jest to spowodowane wysoką zawartością różnych karotenoidów o dużej aktywności antyoksydacyjnej (Syed i wsp., 2019).

Nasiona dyni są bogate w tokoferole, karotenoidy, terpenoidy, terpeny (kaburbitacyna), alkaloidy (moschatyna), skwalany, fitosterole, fenole, kumaryny, prowitaminy, barwniki, nienasycone kwasy tłuszczowe, flawonoidy i białka. Oprócz tego są źródłem magnezu, żelaza, wapnia, potasu, fosforu oraz wielu mikroelementów (Dotto i Chacha, 2020). Szczegółowy skład chemiczny suszonych pestek dyni został przedstawiony w tabeli 4. Badania naukowe potwierdziły, że nasiona dyni zawierają 41,59% tłuszczu, 25,4% białka, 25,19% węglowodanów i 5,34% włókna pokarmowego (Gohari-Ardabili i wsp., 2011).

Tabela 4. Składniki pokarmowe zawarte w 100 g suszonych pestek dyni.

Składnik pokarmowy ^a	Zawartość składnika
Woda (g)	2,23
Energia (KJ)	2340
Węglowodany (g)	10,07
Włókno pokarmowe (g)	6
Tłuszcze (g)	49
Tłuszcze nasycone (g)	8,66
Tłuszcze jednonienasycone (g)	16,2
Tłuszcze wielonienasycone (g)	21
Białko (g)	30,02
Witamina A (μg)	16
α-karoten (μg)	1
B-karoten (μg)	1
Tiamina (witamina B1) (mg)	0,273
Ryboflawina (witamina B2) (mg)	0,153
Niacyna (witamina B3) (mg)	4,99
Kwas pantotenowy (witamina B5) (mg)	0,75
Pirydoksyna (witamina B6) (mg)	0,143
Kwas foliowy (witamina B9) (μg)	58
Witamina C (mg)	1,9
Witamina E (mg)	2,18
Ca (mg)	46
Fe (mg)	8,82
Mg (mg)	592
P (mg)	1230
K (mg)	809
Na (mg)	7
Zn (mg)	7,81

Objaśnienie: a – dane uzyskane z USDA National Nutrient Database for Standard Reference

Głównymi kwasami tłuszczowymi występującymi w tłuszczu pestek dyni są kwasy: linolowy (LA, C18:2 n-6), oleinowy (C18:1), stearynowy (C18:0) i palmitynowy (C16:0).

Pokrywają one około 95% całkowitej zawartości wszystkich kwasów tłuszczowych, przy czym dwa pierwsze zaliczane do kwasów nienasyconych stanowią około 75%. W pestkach dyni występują również śladowe ilości kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3). Razem z kwasem linolowym (LA, C18:2 n-6) zaliczają się one do grupy niezbędnych, nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), których organizm człowieka nie jest w stanie syntetyzować, dlatego powinny być dostarczane wraz z pożywieniem. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 i n-6 są szeroko badane pod kątem zapobiegania chorobom układu krążenia. Wykazano, że znacząco obniżają ryzyko wystąpienia chorób serca, zatorowości naczyniowej, oraz nadciśnienia (Dotto i Chacha, 2020).

Poziom białka w nasionach dyni niektórych odmian może sięgać nawet do 35%, posiada ono pożądaną żywniowo skład aminokwasowy, z dużym udziałem aminokwasów egzogennych (Jafari i wsp., 2012). W badaniach naukowych wykazano, że białko wyizolowane z nasion dyni ma bardzo wysoką biodostępność i przyswajalność, porównywalną z białkiem pochodzącym z nasion soi (Rezig i wsp., 2013). Pestki dyni zawierają w swoim składzie wszystkie 9 aminokwasów egzogennych: histydynę, izoleucynę, leucynę, lizynę, metioninę, fenyloalaninę, treoninę, tryptofan i walinę (Singh i Kumar, 2023). Przedstawiony powyżej skład chemiczny i dodatkowe funkcje antyoksydacyjne i chelatujące dyniowych izolatów białkowych dają możliwość wykorzystania ich jako substytutu źródeł białka zarówno w diecie człowieka jak i w dawkach pokarmowych podawanych zwierzętom gospodarskim.

Witamina E występuje w nasionach dyni w postaci czterech izomerów tokoferoli i tokotrienoli (α , β , γ , δ). Różnica pomiędzy izomerami polega na ulokowaniu grupy metylowej w pierścieniach. Dominującą odmianą witaminy E jest γ -tokoferol, a po nim w największych ilościach występują α -tokoferol i δ -tokoferol. Tokoferole i tokotrienole są bardzo silnymi antyutleniaczami pochodzenia naturalnego, które są w stanie dezaktywować bardzo silnie utleniające wolne rodniki (Azzi, 2019). W ten sposób ochraniają lipidy komórkowe przed peroksydacją, a tym samym zapobiegają ich rozpadowi. Tokoferole mogą również pełnić funkcję prooksydacyjną i tym samym zmniejszać pewną ilość metali niepożądanych w tkankach. Mechanizm ten jest jednak silnie powiązany z poziomem tokoferolu dostarczonego do organizmu wraz z pożywieniem. Tokotrienole mają udowodniony potencjał antycholesterolemiczny, a także właściwości neuroprotektoryjne, kardioprotektoryjne i przeciwnowotworowe (Saito i Yoshida, 2019).

W błonie ulokowanej między łupinami pestki a nasionem dyni występuje kukurbitacyna, organiczny związek o działaniu przeciwpasożytniczym, przeciwbakteryjnym i przeciwnowotworowym. Jej podstawową funkcją jest ochrona ziaren przed drobnoustrojami

i pasożytniczymi grzybami. Kukurbitacyna jest bezpieczna dla ludzi, nie wchłania się przez przewód pokarmowy oraz nie podrażnia błony śluzowej jelit, dzięki czemu może być wykorzystywana w medycynie domowej w walce z pasożytami układu pokarmowego. Substancja ta łatwo przenika do wnętrza pasożyta, a następnie poraża jego układ nerwowy. Doniesienia naukowe wskazują, że regularne spożywanie pestek dyni zawierających kukurbitacynę, może długotrwale chronić przeciwko pasożytom takim jak: tasiemiec uzbrojony i nieuzbrojony, owsiki, glista ludzka, czy tęgoryjec dwunastnicy. Oprócz swoich właściwości przeciw pasożytniczych, kukurbitacyna wspomaga również funkcjonowanie układu pokarmowego poprzez zwiększenie wydzielania soku żołądkowego, trzustkowego i jelitowego, zwiększanie produkcji żółci, pobudzanie trawienia oraz ochronę wątroby (Zdrojewicz i wsp., 2016).

W ostatnich latach poświęcono więcej uwagi przeciwnowotworowemu działaniu kukurbitacyny. Dzięki swoim właściwościom ma ona zdolność do ingerencji w cykl komórkowy komórek rakowych. Niektóre rodzaje kukurbitacyn hamują proliferację komórek nowotworowych, tym samym zatrzymując cykl komórkowy najczęściej w fazie G2/M, co powoduje ich apoptozę. Badania naukowe potwierdzają, że kukurbitacyna ma zastosowanie w leczeniu nowotworów gruczołu piersiowego, płuc czy nowotworów skóry (Dąbek i wsp., 2021).

Doniesienia medycyny ludowej jak również prowadzone badania naukowe wskazują, że dynia ma pozytywny wpływ na zdrowie reprodukcyjne. Pestki dyni są bowiem dobrym źródłem cynku, będącego pierwiastkiem niezbędnym do prawidłowego rozwoju komórek płciowych męskich (Aghaei i wsp., 2013). Poprawiają także stymulację seksualną oraz intromisję i latencję ejakulacyjną. Ekstrakt z dyni powoduje znaczne zmniejszenie liczby plemników z pierwotnymi i wtórnymi wadami budowy. W ostatnich latach liczne badania z udziałem dyni zostały wykonane w celu zbadania jej roli zarówno w zapobieganiu jak i leczeniu niepłodności u mężczyzn (Shaban i Sahu, 2017).

Al-Salhi i wsp. (2017) określili wpływ suplementacji różnych poziomów witaminy E i oleju z pestek dyni w diecie przepiórki japońskiej na jej produktywność i wydajność fizjologiczną i reprodukcyjną. Wyniki wykazały, że dodatek witaminy E (200 mg/kg diety) i oleju z pestek dyni (30 ml do diety) miał pozytywny wpływ na gonady, histologię jąder, produkcję jaj oraz stężenie testosteronu, estrogenu, FSH i LH w surowicy.

Bakeer i wsp. (2021) przeprowadzili doświadczenie mające na celu określenie wpływu suplementacji oleju z nasion dyni (*Cucurbita moschata*) na zdolności rozrodcze i zdolność antyoksydacyjną surowicy u samców i samic królików. Badano poziom testosteronu

i estradiolu w surowicy krwi, rejestrowano użytkowość rozplodową, wielkość i masę miotu, pobrano i oceniano jakość nasienia. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu stwierdzono, że olej z pestek dyni (0,5%) zwiększał całkowitą pojemność antyoksydacyjną surowicy i zmniejszał całkowity poziom dialdehydu malonowego u obu płci królików. U samców karmionych olejem z pestek dyni zmniejszył się odsetek anomalii nasienia, dodatek ten nie wpływał natomiast na zdolności rozrodcze samic, w tym wielkość i masę urodzeniową miotu.

Aghaei i wsp. (2013) zbadali skuteczność ochronną ekstraktu z pestek dyni na charakterystykę plemników, parametry biochemiczne krwi i histologię najądrzy u szczurów leczonych cyklofosfamidem, jednym z leków stosowanych w chorobach nowotworowych. Samce dorosłych szczurów Wistar zostały podzielone na cztery grupy. Grupa 1 kontrolna otrzymała dootrzewnową iniekcję izotonicznego roztworu soli. Szczury z grupy 2 były traktowane cyklofosfamidem przez iniekcję w pojedynczej dawce 100 mg/kg masy ciała. Grupa 3 i 4 otrzymywały cyklofosfamid i odpowiednio 300 i 600 mg/kg ekstraktu z pestek dyni. Wyniki wykazały, że jakość nasienia u szczurów leczonych cyklofosfamidem była znacząco obniżona. Analiza biochemiczna wykazała, że jednoczesne podawanie cyklofosfamidu i 300 mg ekstraktu z nasion dyni znacznie zwiększyła poziom całkowitej pojemności antyoksydacyjnej (TAC). U szczurów, którym nie podano ekstraktu z pestek dyni zaobserwowano zmiany histopatologiczne najądrzy, takie jak wakuolizacja, zmiany grubości nabłonka, warstwy włóknisto-mięśniowej i średnicy kanalików najądrza w ogonie najądrza. Podawanie ekstraktu z pestek dyni znacząco poprawiło te parametry, a wyniki wskazują, że może on być stosowany jako środek ochronny przed toksycznością wywołaną przez cyklofosfamid.

Mohammadi i wsp. (2014) wykazali, że podawanie imbiru i ekstraktu z pestek dyni jednocześnie zwiększa liczbę komórek rozrodczych w przewodach nasiennych i ma pozytywny wpływ na odnowienie procesu spermatogenezy u dorosłych szczurów po leczeniu cyklofosfamidem.

Ciekawą i wartą rozważania alternatywę w żywieniu zwierząt gospodarskich stanowi makuch z pestek dyni, będący produktem ubocznym powstałym w wyniku produkcji oleju dyniowego. Badania wykazały, że zawartość białka ogólnego w suchej masie makuchu z pestek dyni może sięgać nawet 59,94%, czyli więcej niż w poekstrakcyjnej śrucie sojowej (~ 47,42%). Udział tłuszczu surowego w makuchu dyniowym w wyniku procesu produkcji oleju ulega znacznemu obniżeniu w stosunku do całych nasion dyni i wynosi około 12,5%, a w jego skład wchodzi głównie kwas oleinowy (C18:1) (50,4 g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów)

i linolowy (LA, C18:2 n-6) (29,9 g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów) (Zduńczyk i wsp. 1998).

Wykorzystanie dyni w żywieniu zwierząt gospodarskich

Celem Europejskiego Zielonego Ładu jest osiągnięcie neutralności klimatycznej, ograniczenie zmian klimatu, zwiększenie bioróżnorodności i ochrona środowiska. Projekt poświęca dużą uwagę rolnictwu jako gałęzi gospodarki najbardziej narażonej na negatywne skutki zmian klimatycznych (Boix-Fayos i de Vente, 2023). Najnowsza strategia Unii Europejskiej „Od pola do stołu” (ang. „*Farm to Fork*”) podkreśla nierozzerwalny związek między zdrową, czystą planetą, zdrowym społeczeństwem i zrównoważonymi systemami żywnościowymi (Gawel i wsp., 2024). Jedną z koncepcji tej strategii, która pokrywa się z projektem Bioróżnorodność 2023, jest transformacja do 2030 roku 25% gruntów rolnych należących do Unii Europejskiej na gospodarstwa ekologiczne. Wiąże się to z koniecznością wprowadzenia drastycznych zmian w zarządzaniu gospodarstwem, obejmujących między innymi wykluczenie stosowania chemicznych środków ochrony roślin takich jak pestycydy, fungicydy czy herbicydy, nawozów syntetycznych i mineralnych nawozów azotowych, promieniowania jonizującego, antybiotyków, hormonów wzrostu i aminokwasów syntetycznych stosowanych w produkcji zwierzęcej oraz organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO) (Schneider i wsp., 2023). Rolnicy zajmujący się konwencjonalnym chowem i hodowlą zwierząt, chcący przejść na hodowlę ekologiczną, zmuszeni będą do poszukiwania nowych źródeł białka, które zastąpią soję GMO. Obecnie około 75% światowej uprawy stanowi soja genetycznie modyfikowana (Selb i wsp., 2017). Alternatywą dla niej mogą być nasiona lokalnych roślin strączkowych, poddane odpowiedniej obróbce technologicznej, nasiona roślin oleistych, białko owadzie, czy też wzbogacenie mieszanek paszowych o objętościowe pasze białkowe takie jak np. lucerna (Jezierny i wsp., 2010). Warty rozważenia źródłem białka są nasiona dyni, które oprócz wysokiej zawartości białka o dobrym składzie aminokwasowym, posiadają także szereg substancji biologicznie czynnych mogących poprawiać zdrowotność zwierząt.

Martínez-Aguilar i wsp. (2012) w swoim badaniu podzielili 160 kur niosek na cztery grupy badawcze, które otrzymywały mączkę z nasion dyni w ilości 0; 3,3; 6,6 i 10% paszy. Nie wykazano, negatywnego wpływu tego dodatku na zdrowotność kur. Stwierdzono natomiast pozytywny wpływ 10% dodatku tej mączki na zawartość niezbędnych jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w jajach. Zawartość kwasów szeregu n-3

w żółtkach jaj wzrosła ponad dwukrotnie, z poziomu 454 mg/100 g w grupie kontrolnej do 1095 mg/100 g w grupie otrzymującej 10% dodatek mączki z pestek dyni. W tej grupie odnotowano również 10% spadek zawartości cholesterolu w jajach.

Nasiona dyni mogą też znaleźć zastosowanie w żywieniu kur mięsnych bez negatywnego wpływu na parametry produkcyjne. Martínez-Aguilar i wsp. (2010) podawali brojlerom kurzym 10% dodatek nasion dyni. Nie wykazali, aby dodatek ten wpłynął w sposób istotny na którykolwiek z badanych parametrów analizy rzeźnej jak również na wydajność rzeźną badanych zwierząt.

Zinabu i wsp. (2019) w swoim doświadczeniu zastosowali w żywieniu kurcząt brojlerów w trzech grupach doświadczalnych 1 % dodatek nasion miodły indyjskiej, 1 % dodatek mączki z pestek dyni lub 1% dodatek ich mieszaniny. Wykazali oni wzrost pobrania paszy i przyrostu masy ciała przez kurczęta we wszystkich trzech grupach badawczych w stosunku do grupy kontrolnej. Współczynnik konwersji paszy uległ natomiast obniżeniu. Kurczęta żywione mączką z pestek dyni i mieszaniną badanych dodatków cechowały najwyższe wartości parametrów użytkowości rzeźnej, w tym najwyższa wydajność rzeźna.

Hajati i wsp. (2011) stosując olej z pestek dyni w ilości 5 i 10 g/kg paszy podawanej kurom mięsnym dowiedli, że wpływa on na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego i trójglicerydów we krwi zwierząt, natomiast nie zmienia składu chemicznego pozyskanego mięsa drobiowego.

Li i wsp. (2021) wykorzystali makuch z pestek dyni jako substytut soi w mieszankach paszowych podawanych krowom mlecznym w okresie laktacji. W pierwszej grupie badawczej śrutę sojową zastąpiono w 50%, a w drugiej w 100%. Zastąpienie śruty sojowej makuchem z pestek dyni nie wpłynęło na degradację i fermentację w żwaczu, wydajność mleczną krów, spożycie suchej masy oraz pozorną całkowitą strawność całego przewodu pokarmowego, a podział azotu między mleko, kał i mocz nie różnił się pomiędzy grupami. W żywieniu krów mlecznych, poza nasionami można wykorzystać również owoce lub całe rośliny dyni.

Halik i wsp. (2018) wykorzystali w żywieniu krów mlecznych kiszonkę z dyni jako paszę poprawiającą właściwości odżywcze mleka krowiego. Pierwsza grupa żywieniowa otrzymywała dawkę zawierającą kiszonkę z traw i kukurydzy oraz paszę treściwą. Grupa druga była żywiona analogicznie jak pierwsza, dawkę pokarmową wzbogacono jednak o 400 mg/dzień/krowę syntetycznego β -karotenu. W grupie trzeciej 40% suchej masy kiszonki z kukurydzy zastąpiono kiszonką z dyni, tak aby zapewnić o 400 mg wyższe spożycie β -karotenu w porównaniu z grupą I. W grupie czwartej 60% suchej masy kiszonki z kukurydzy

zastąpiono kiszonką z dyni bez równoważenia poziomu β -karotenu. Najwyższą zawartość α i β - karotenu, luteiny i wiolaksantyny stwierdzono w mleku krów z grupy czwartej, najniższą z grupy pierwszej. W mleku zwierząt z grup trzeciej i czwartej stwierdzono wyższą zawartość PUFA, w tym PUFA n-3.

De Castro i wsp. (2023) zbadali wpływ 5 i 10% dodatku mączki z pestek dyni do dawki pokarmowej podawanej tucznikom na cechy produkcyjne i odporność przeciw pasożytniczą. Badacze nie stwierdzili istotnego wpływu włączonego dodatku na przyrosty masy ciała i wykorzystanie paszy przez świnię. Udowodniono natomiast pozytywny wpływ tej mączki na ogólną liczbę pasożytów układu pokarmowego. Zaobserwowano zmniejszenie liczby jaj i oocyst pasożytów w kale.

Medina-González i wsp. (2019) w swojej pracy zastąpili 0, 15 i 30 % konwencjonalnej paszy dla świń fermentowaną dynią. Nie stwierdzono istotnego wpływu stosowanego fermentu na masę ciała świń, jednak zauważono zmniejszenie liczby zwierząt, u których występowały biegunki. W grupach żywionych fermentowaną dynią obniżeniu uległa też śmiertelność świń, z 10 % w grupie kontrolnej do 0 w grupach badawczych.

Antunović i wsp. (2018) zbadali wpływ 10 i 15 % dodatku makuchu z pestek dyni na wyniki produkcyjne, jakość mięsa i zdrowotność 70-dniowych jagniąt rasy Merinolandschaf. Nie odnotowano różnic w cechach użytkowości rzeźnej, a także w barwie i profilu lipidowym mięsa. W porównaniu do grupy kontrolnej, mięso zwierząt żywionych dodatkiem makuchu z pestek dyni było bogatsze w kwas linolowy (LA, C18:2 n-6).

Klir i wsp. (2017) zbadali wpływ żywienia makuchem z pestek dyni (160 g/kg paszy) kóz w okresie laktacji. Nie wykazano, aby dodatek ten wpłynął istotnie na wydajność mleczną kóz i skład chemiczny otrzymanego mleka. Makuch z pestek dyni obniżył ilość kwasu linolowego (LA, C18:2 n-6) w mleku (2,28 g/100 g kwasów tłuszczowych) w porównaniu z grupą kontrolną (2,80 g/100 g kwasów tłuszczowych). Skutkowało to niższym stosunkiem LA/ALA przy suplementacji makuchem. Eksperymentalna dawka pokarmowa obniżyła całkowitą zawartość kwasów tłuszczowych n-6 w porównaniu z dietą kontrolną.

3. Hipoteza badawcza i cel pracy

Na podstawie przeglądu literatury naukowej dotyczącej wpływu stosowania dyni w różnej formie w mieszankach paszowych podawanych zwierzętom gospodarskim wysunięto hipotezę badawczą, że dodatek makuchu z pestek dyni może z powodzeniem zastąpić powszechnie stosowane źródło białka jakim jest soja, bez negatywnego wpływu na wyniki produkcyjne królików. Substancje biologicznie czynne, takie jak witamina E, karotenoidy, prowitamina, barwniki, skwalany, fitosterole, fenole, kumaryny, nienasycone kwasy tłuszczowe, flawonoidy i białka, jak również mikro- i makroelementy zawarte w nasionach dyni mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowotność tych zwierząt oraz na jakość pozyskanego od nich mięsa.

Przeprowadzone doświadczenie może przyczynić się do szerszego wykorzystywania makuchu z nasion dyni w żywieniu królików zarówno w chowie intensywnym jak i w gospodarstwach ekstensywnych czy ekologicznych, w których konieczna jest selekcja podawanych zwierzętom komponentów paszowych.

Celem pracy było zbadanie wpływu 5 i 10% dodatku makuchu z pestek dyni do pełnoporcjowej mieszanki paszowej podawanej królikom na wyniki odchowu, użytkowość rzeżną, jakość mięsa i zdrowotność zwierząt.

4. Materiał i metody

Charakterystyka zwierząt doświadczalnych

Badania na zwierzętach przeprowadzono w fermie królików K-083, należącej do Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, w okresie od początku stycznia do końca maja 2023 roku. Materiał doświadczalny stanowiły króliki rasy popielniańskiej białej, typowo mięsnej, wykorzystywanej zarówno w intensywnej hodowli fermowej, jak i w ekstensywnych gospodarstwach ekologicznych.

Króliki należące do stada podstawowego były utrzymywane pojedynczo w kojcach na głębokiej ściółce (słoma), w nieogrzewanej, zamkniętej hali. Młodzież rosnącą utrzymywano w dwupiętrowych klatkach (bateriach) z siatki metalowej, przeznaczonych do towarowego odchowu królików, po 4 sztuki jednej płci w każdej. Powierzchnia klatki, w której przebywały króliki, była zgodna z minimalnymi warunkami utrzymania zwierząt futerkowych (Dz. U. 2019 poz. 1966).

Młode zwierzęta były odchowywane przy matkach do 35. dnia życia, a następnie po seksowaniu, ważeniu i indywidualnym oznakowaniu (tatuaż) określającym grupę, datę urodzenia i kolejny numer zwierzęcia, przenoszone do klatek piętrowych w pomieszczeniu dla młodzieży.

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

Żywienie

Utworzono trzy grupy żywieniowe:

- Grupa K (kontrolna) – 20 królików popielniańskich białych żywionych pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową podstawową o standardowej recepturze z 13% zawartością poekstrakcyjnej śruty sojowej;
- Grupa D1 (doświadczalna) – 20 królików popielniańskich białych żywionych pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową z 5% udziałem makuchu z pestek dyni i 6,5% udziałem śruty sojowej poekstrakcyjnej;

- Grupa D2 (doświadczalna) – 20 królików popielniańskich białych żywionych pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową z 10% udziałem makuchu z pestek dyni i bez udziału poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Badania próbek makuchu z pestek dyni, gotowych pełnoporcjowych mieszanek paszowych, próbek krwi i mięsa przeprowadzano w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego (CL).

Do przygotowania badanych mieszanek paszowych wykorzystano ekologiczny makuch z pestek dyni będący produktem ubocznym tłoczenia oleju metodą beczkową na zimno, zakupiony w tłoczni „ULISZA” w Grudziądzu. Przed sporządzeniem pełnoporcjowych granulowanych mieszanek paszowych dla królików przeprowadzono analizę podstawową zastosowanego makuchu (zawartość suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego, włókna surowego i popiołu surowego). Zbadano również poziom kwasów tłuszczowych i aminokwasów. Oznaczenia wykonano w zbiorczej próbce (w celu zapewnienia jej reprezentatywności) utworzonej z próbek pierwotnych pobranych na trzech wysokościach i w siedmiu różnych punktach makuchu z pestek dyni. Wyniki zamieszczono w tabelach 5, 6 i 7.

Tabela 5. Skład chemiczny makuchu z pestek dyni (%)

Składnik analityczny	Makuch z pestek dyni
Sucha masa	92,48
Popiół surowy	7,12
Tłuszcz surowy	26,52
Białko surowe	43,36
Włókno surowe	2,44

Tabela 6. Profil kwasów tłuszczowych w makuchu z pestek dyni (g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów)

Kwas tłuszczowy	Makuch z pestek dyni
C _{8:0}	0,00
C _{10:0}	0,00
C _{12:0}	0,01
C _{14:0}	0,10
C _{16:0}	12,78
C _{16:1n-9}	0,12
C _{18:0}	5,78
C _{18:1n-9}	23,58
C _{18:2n-6}	56,58
GLA	0,00
C _{20:0}	0,43
C _{18:3n-3}	0,43
C _{22:0}	0,19
C _{20:4n-3}	0,00
C _{22:1}	0,00
C _{20:5n-3} (EPA)	0,00
C _{22:6n-3} (DHA)	0,00
SFA	19,29
UFA	80,71
MUFA	23,70
PUFA	57,01
PUFA n-6	56,58
PUFA n-3	0,43
DFA	86,49
UFA/SFA	4,19
MUFA/SFA	1,23
PUFA/SFA	2,96
PUFA n-6/n-3	132,22

Tabela 7. Skład aminokwasowy makuchu z pestek dyni (g/kg)

Aminokwas	Makuch z pestek dyni
Kwas asparaginowy (Asp)	34,62
Treonina (Thr)	11,75
Seryna (Ser)	20,77
Kwas glutaminowy (Glu)	72,19
Prolina (Pro)	14,71
Glicyna (Gly)	23,27
Alanina (Ala)	18,70
Walina (Val)	19,25
Izoleucyna (Ile)	15,65
Leucyna (Leu)	28,81
Tyrozyna (Tyr)	18,79
Fenylalanina (Phe)	20,61
Histydyna (His)	10,39
Lizyna (Lys)	17,33
Arginina (Arg)	63,67
Cysteina (Cys)	5,81
Metionina (Met)	8,99

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.),
- profil wyższych kwasów tłuszczowych oznaczono metodą chromatografii gazowej P015, wydanie 2 z dnia 02.03.2016 roku 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.

Pełnoporcjowe mieszanki granulowane podawane królikom w trakcie badań zostały wykonane w przykładowej mieszalni pasz należącej do Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego w Aleksandrowicach według doświadczalnych receptur. Zawartość składników pokarmowych w mieszankach obliczono na podstawie „Zaleceń żywieniowych i wartości pokarmowej pasz” (Gugolek, 2011). Według wstępnych wyliczeń pełnoporcjowe, mieszanki granulowane, powinny zawierać około 17% białka, 4% tłuszczu i 10% włókna.

Skład komponentowy mieszanek paszowych przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Skład komponentowy mieszanek paszowych podawanych królikom (%)

Komponent	Grupa		
	K	D1	D2
Poekstrakcyjna śruta sojowa	13	6,5	0
Susz z lucerny	20,1	20,1	22,1
Otręby pszenne	18,1	20	17
Śruta jęczmienna	29,8	33,8	42
Śruta kukurydziana	10	6,65	2
Olej rzepakowy	2,1	1,05	0
Fosforan	1	1	1
NaCl	0,4	0,4	0,4
Premix mineralno-witaminowy	1	1	1
Arbocel	4,5	4,5	4,5
Makuch z pestek dyni	0	5	10

Objaśnienie:

K - mieszanką podstawowa o standardowej recepturze;

D1- mieszanka z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - mieszanka z 10% udziałem makuchu z pestek dyni.

Premiks mineralno-witaminowy wchodzący w skład wszystkich mieszanek paszowych o nazwie Dolmix KR 1% K został zakupiony w firmie DOLFOS. Skład podano w tabeli 9.

Tabela 9. Skład premiksu mineralno-witaminowego

Składowe premiksu	Zawartość
Witaminy	
A	1 000 000 j.m./kg
D3	150 000 j.m./kg
E (Dl-Alpha Tokoferol)	2 727 mg/kg
K3	52 mg/kg
B1	50 mg/kg
B2	400 mg/kg
B3	2000 mg/kg
B5	786 mg/kg
B6	50 mg/kg
B12	1 500 mcg/kg
Biotyna	10 000 mcg/kg
Chlorek choliny	12 500 mg/kg
Kwas 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

Podobnie jak w makuchu z pestek dyni, również w próbkach gotowych pełnoporcjowych mieszankach granulowanych przeprowadzono analizę podstawową (zawartość suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego, włókna surowego i popiołu

surowego) i oznaczono poziom aminokwasów i profil kwasów tłuszczowych wg wyżej opisanych metod. Wyniki analiz chemicznych przedstawiono w tabeli 10, 11 i 12.

Tabela 10. Skład chemiczny mieszanek paszowych dla królików

Składnik analityczny	Dawka		
	K	D1	D2
Sucha masa	90,2	90,04	90,28
Popiół surowy	6,02	5,76	5,71
Tłuszcz surowy	5,19	5,05	5,45
Białko surowe	16,52	16,31	16,45
Włókno surowe	10,68	11,92	11,16

Objaśnienie:

K - mieszką podstawowa o standardowej recepturze;

D1- mieszką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - mieszką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni.

Tabela 11. Profil kwasów tłuszczowych w mieszkach paszowych (g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów)

Kwas tłuszczowy	Dawka		
	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}	0,11	0,13	0,16
C _{16:0}	10,88	12,72	15,01
C _{16:1n-9}	0,18	0,15	0,14
C _{18:0}	1,84	2,80	3,75
C _{18:1n-9}	40,43	32,04	22,72
C _{18:2n-6}	39,17	47,13	55,14
GLA	0,00	0,01	0,00
C _{20:0}	0,46	0,41	0,36
C _{18:3n-3}	6,47	4,22	2,43
C _{22:0}	0,36	0,32	0,28
C _{20:4n-3}	0,00	0,00	0,00

C _{22:1}	0,08	0,05	0,01
C _{20:5n-3} (EPA)	0,00	0,01	0,00
C _{22:6n-3} (DHA)	0,00	0,00	0,00
SFA	13,65	16,38	19,56
UFA	86,35	83,62	80,44
MUFA	40,69	32,24	22,87
PUFA	45,66	51,38	57,57
PUFA n-6	39,18	47,14	55,14
PUFA n-3	6,47	4,23	2,43
DFA	88,19	86,42	84,19
UFA/SFA	6,32	5,10	4,11
MUFA/SFA	2,98	1,97	1,17
PUFA/SFA	3,34	3,14	2,94
PUFA n-6/n-3	6,05	11,15	22,71

Objaśnienie:

K - mieszanką podstawowa o standardowej recepturze;

D1- mieszanka z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - mieszanka z 10% udziałem makuchu z pestek dyni.

Tabela 12. Skład aminokwasowy w mieszankach paszowych (g/kg)

Aminokwas	Dawka		
	K	D1	D2
Kwas asparaginowy (Asp)	15,86	11,55	10,26
Treonina (Thr)	6,32	4,73	4,30
Seryna (Ser)	8,43	6,23	5,82
Kwas glutaminowy (Glu)	30,14	24,78	22,82
Prolina (Pro)	11,21	9,72	9,27
Glicyna (Gly)	7,96	6,34	6,00
Alanina (Ala)	8,28	6,16	5,80
Walina (Val)	8,11	6,33	5,92
Izoleucyna (Ile)	6,63	5,07	4,36
Leucyna (Leu)	12,58	9,54	8,60

Tyrozyna (Tyr)	5,86	4,16	3,31
Fenylalanina (Phe)	8,03	5,86	5,35
Histydyna (His)	5,53	2,99	2,63
Lizyna (Lys)	9,69	6,43	5,79
Arginina (Arg)	10,00	8,82	8,87
Cysteina (Cys)	2,62	2,44	2,31
Metionina (Met)	2,41	2,20	2,32

Objaśnienie:

K - mieszanką podstawowa o standardowej recepturze;

D1- mieszanka z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - mieszanka z 10% udziałem makuchu z pestek dyni.

Gotowe mieszanki paszowe podawano samicom stada podstawowego, podzielonym na trzy grupy badawcze (po 10 sztuk w każdej) od momentu pokrycia do odsadzenia młodzięży w 35. dniu życia. Samice żywione były systemem dawkowanym od 150 g paszy w okresie spoczynku do 300 g paszy w okresie ciąży i odchowu młodych do 21. dnia życia. Po tym okresie dawki zwiększano odpowiednio do potrzeb rosnącej młodzięży. Młodzięż po odsadzeniu przydzielono do grup, tak aby zwierzęta przez cały okres odchowu przy matkach i od odsadzenia do 90 dnia życia pobierały tą samą paszę. Króliki po odsadzeniu żywione były *ad libitum* ze stałym dostępem do wody pitnej.

Określenie wyników produkcyjnych młodzięży rosnącej

Młode króliki od momentu odsadzenia w 35 dniu życia były regularnie ważone celem określenia następujących wyników produkcyjnych:

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

Analiza użytkowości rzeźnej

Po zakończeniu odchowu doświadczalnego z każdej grupy wybrano losowo po 10 królików (5 samców, 5 samic). Masa ciała zwierząt w dniu uboju mieściła się w przedziale 2600 – 3300 g. Króliki poddano ubojowi po 16 - godzinnej głodówce ze stałym dostępem do wody pitnej. Ubój przeprowadzono zgodnie z obowiązującą metodyką dla tej grupy zwierząt (ogłuszenie pałką), w jednakowych dla wszystkich grup warunkach technologicznych,

następnie skrawiano i oskórowano. Tuszki po wypatroszeniu (cięcie wzdłuż linii białej brzucha od odbytu do mostka), chłodzono w temperaturze 4°C przez 24 godziny zgodnie z metodyką opisaną przez Barabasza i Bieńka (2003). Przed ubojem zwierzęta zostały zaopatrzone w identyfikator z numerem zwierzęcia, który po uboju został umieszczony na tuszce. Podczas uboju pobrano krew pełną obwodową, wątrobę, próbki treści przewodu pokarmowego, które zostały wykorzystane do dalszych analiz.

W trakcie obróbki poubojowej przeprowadzono analizę rzeźną. Zebrano dane takie jak: masa ciała królika po 16-godzinnym głodzeniu, masa części jadalnych (tuszką wraz z głową, wątrobą, serce, nerki, płuca), masa części niejadalnych (skóra z okrywą włosową, skoki, krew, przewód pokarmowy). Na podstawie zebranych danych obliczono wydajność rzeźną zgodnie z czterema wzorami:

Wydajność rzeźna I wg Gugołka i wsp. (2008):

$$WR I = \frac{\text{masa tuszki po uboju bez głowy i podrobów}}{\text{masa ciała zwierzęcia przed ubojem}} \times 100\%$$

Wydajność rzeźna II wg Niedźwiadka (1996):

$$WR II = \frac{\text{masa tuszki ciepłej z głową}}{\text{masa ciała zwierzęcia przed ubojem}} \times 100\%$$

Wydajność rzeźna III wg Blasco i Ouhayoun (1996):

$$WR III = \frac{\text{masa tuszki schłodzonej}}{\text{masa ciała zwierzęcia przed ubojem}} \times 100\%$$

Wydajność rzeźna IV wg Ludewiga i wsp. (2003):

$$WR I = \frac{\text{masa tuszki} + \text{masa jadalnych podrobów}}{\text{masa ciała zwierzęcia przed ubojem}} \times 100\%$$

Po 24-godzinnym chłodzeniu tuszkę podzielono na trzy podstawowe wyręby:

- część przednią – cięcie wykonano między ostatnim kręgiem piersiowym, a pierwszym kręgiem lędźwiowym,
- comber – cięcie wykonano za ostatnim kręgiem lędźwiowym,
- część tylną – część pozostała po odcięciu combra, która obejmowała okolicę krzyżową oraz tylne nogi zwierzęcia.

Uzyskane wyręby tuszki zważono, a następnie comber i część tylną poddano dysekcji celem wypreparowania mięśni: najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) i dwugłowego uda (*m. biceps femoris*), na których wykonano analizy jakości mięsa opisane w dalszej części niniejszego rozdziału.

Analiza jakościowa mięsa

Pomiar kwasowości i barwy mięsa

Po 45 minutach i 24 godzinach od uboju zmierzono barwę (L^* - jasność, a^* - składowa barwy czerwona, b^* - składowa barwy żółta) i kwasowość mięsa króliczego. Pomiaru dokonano na najdłuższym mięśniu lędźwi (*m. longissimus lumborum*) i mięśniu dwugłowym uda (*m. biceps femoris*). Kwasowość mięsa mierzono za pomocą pH-metru marki Hanna Instruments HI98163, natomiast barwę przy użyciu kolorymetru odbiciowego Minolta CR-410 (Minolta Co. Ltd., Osaka, Japonia).

Wyciek termiczny

Z mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) wycięto próbki o masie 50 g i zapakowano szczelnie w torebki foliowe typu Ziplock. Tak przygotowany materiał umieszczono w łaźni wodnej nagrzanej do temperatury 80°C na 40 minut. Po zakończeniu gotowania, próbki schłodzono w temperaturze pokojowej, wysuszono i zważono z dokładnością do 0,01 g. Wyciek termiczny wyrażony w procentach stanowił różnicę między masą próbki przed i po gotowaniu podzieloną przez masę próbki przed gotowaniem. Cała procedura została wykonana zgodnie z metodyką opisaną przez Pałkę i wsp. (2021).

Analiza tekstury mięsa

Cylindryczne próbki mięsa zostały pobrane z prawej strony środkowej części tuszy (*m. longissimus lumborum*). Próbki zapakowano próżniowo w plastikowe torebki przeznaczone do przechowywania i mrożenia żywności, a następnie zamrożono na 72 godziny w temperaturze -18°C. Po tym czasie mięso rozmrożono w temperaturze pokojowej, a następnie gotowano przez 40 minut w łaźni wodnej ustawionej na 80°C. Siła cięcia i parametry profilowej analizy tekstury (TPA) takie jak: twardość, spójność, sprężystość i żuwalność, zostały zmierzone przy użyciu teksturometru TA.XT plus (Stable Micro Systems Co. Ltd., Godalming, Wielka Brytania). Siła cięcia została zmierzona na sześciennych próbkach przy użyciu ostrza Warnera-Bratzlera z trójkątnym wycięciem. Próbki o powierzchni przekroju poprzecznego 10 × 10 mm były cięte prostopadłe do przebiegu włókien mięśniowych z prędkością ostrza 2 mm/s. Analiza profilu tekstury mięsa została zmierzona przy użyciu tego samego teksturometru zaopatrzonego w przystawkę cylindryczną o średnicy 50 mm. Test podwójnego ściskania przeprowadzono na próbkach sześciennych do 70% wysokości próbki. Prędkość

walca wynosiła 5 mm/s, a przerwa między naciskami 5 s. Wszystkie otrzymane wyniki zostały policzone automatycznie przy użyciu programu Exponent for Windows ver. 5.1.2.0 (Stable Micro Systems Co. Ltd., Godalming, UK), który jest kompatybilny z oprogramowaniem teksturometru. Całość analiz została wykonana zgodnie z metodyką opisaną przez Pałkę i wsp. (2021).

Oznaczenie zawartości składników pokarmowych mięsa

Przeprowadzono analizę podstawową, na którą składało się oznaczenie zawartości suchej masy, białka surowego i tłuszczu surowego badanego mięsa króliczego pobranego z mięśnia najdłuższego łądźwi (*m. longissimus lumborum*) i dwugłowego uda (*m. biceps femoris*). W próbkach mięsa oznaczono także poziom aminokwasów i cholesterolu.

Oznaczenia laboratoryjne przeprowadzono 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 981.10 Crude Protein in Meat;
- Oznaczenie zawartości aminokwasów w kwaśnych hydrolizatach materiału biologicznego zostało przeprowadzone metodą SOP M.004, wydanie 8 z 27.01.2020;
- Oznaczenie zawartości cholesterolu całkowitego metodą GC w mięsie wykonano metodą SOP M.023a, wersja 2 z 27.01.2020.

Oznaczenie profilu wyższych kwasów tłuszczowych

Próbki mięśnia najdłuższego łądźwi i dwugłowego uda ekstrahowano roztworem chloroformu i metanolu zgodnie z metodą Folcha i wsp. (1957). Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowano zgodnie z normą ISO 12966-2:2011. Profil kwasów tłuszczowych odpowiednich estrów metylowych określono metodą chromatografii gazowej przy użyciu chromatografu gazowego Trace GC Ultra (Thermo Electron Corp., Waltham, USA) wyposażonego w 30-metrową kolumnę kapilarną (Supelcowax, Bellefonte, USA) o średnicy wewnętrznej 0,25 mm i grubości powłoki 0,25 μm . Jako gazu nośnego użyto helu o natężeniu przepływu 1 ml/min. Temperatury dozownika i detektora wynosiły odpowiednio 220°C i 250°C. Temperatura kolumny wynosiła początkowo 160°C przez 3 minuty, a następnie

wzrastała o 3°C co minutę, aż do osiągnięcia temperatury 210°C, którą utrzymywano przez 25 minut.

Analiza immunohistochemiczna zawartości włókien mięśniowych

W trakcie obróbki poubojowej pobrane zostały próbki mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) z prawej strony tuszy na poziomie pierwszego kręgu lędźwiowego ze środkowej części mięśnia. Próbki mięśni pocięto na kawałki o objętości 1 cm³ (równoległe do włókien mięśniowych) i zamrożono w izopentanie, który schłodzono za pomocą ciekłego azotu i przechowywano w temperaturze -80°C do czasu późniejszych analiz. Próbki zostały zamontowane w uchwycie akryostatycznym z kilkoma kroplami medium do zamrażania tkanek (Tissue-Tek; Sakura FinetekEurope, Zoeterwoude, Holandia). Przekroje poprzeczne (o grubości 10 μm) zostały wycięte w temperaturze -20°C w kriostacie (Slee MEV, Mainz, Niemcy). W celu rozróżnienia typów włókien mięśniowych (I, IIA i IIB) zastosowano zmodyfikowaną metodę łączoną aktywności reduktazy NADH-tetrazoliowej i przeprowadzono immunohistochemiczne oznaczenie wolnego łańcucha ciężkiego miozyny na tym samym skrawku za pomocą przeciwciał monoklonalnych przeciwko szkieletowemu wolnemu łańcuchowi ciężkiemu miozyny przez godzinę w RT (NCL-MHCs, klon WB-MHCs Leica Biosystems, Niemcy, rozcieńczenie 1:80) (Wojtysiak i wsp., 2011). Reakcję wizualizowano za pomocą NovoLink™ Polymer DetectionSystem (Leica, Nussloch, Niemcy). Na koniec wszystkie skrawki odwodniono w stopniowanej serii alkoholu etylowego, oczyszczono w ksylenie i zamontowano w podłożu montażowym DPX (Fluka, Buchs, Szwajcaria). W każdym przekroju zliczono co najmniej 300 włókien mięśniowych przy użyciu mikroskopu świetlnego NIKONE600. Odsetek i średnicę typów włókien mięśniowych określono ilościowo za pomocą systemu analizy obrazu przy użyciu oprogramowania komputerowego Multi Scan v. 14.02 (Computer Scanning Systems Ltd., Warszawa, Polska). Badanie wykonano w Katedrze Genetyki, Hodowli i Etologii Zwierząt URK.

Analiza ekspresji genów

Izolacja RNA

Do izolacji RNA z mięśni oraz wątroby wykorzystano komercyjny zestaw Invitrogen™ PureLink™ RNA Mini Kit (Invitrogen, LifeTechnologies). Pod dygestorium przygotowano bufor lizujący BME-LB (600 μl Lysis Bufet + 6 μl β-merkaptoetanol na próbkę). Następnie utworzony mix przeniesiono w ilości 600 μl do probówek typu Eppendorf o pojemności 1,5 ml.

Przygotowane próbki przechowywano na lodzie przez cały czas trwania procedury. Następnie przygotowano roztwór DNAzy (Invitrogen, Life Technologies,) zgodnie z protokołem udostępnionym przez producenta (8 µl buforu reakcyjnego DNAzy I stężonego 10x, 10 µl zawiesiny DNAzy, 62 µl wody wolnej od nukleaz) oraz próbki typu Eppendorf o pojemności 1,5 ml, do których dodano 700 µl 70% roztworu etanolu. Materiał doświadczalny, który stanowiły wycinki mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) oraz wycinki wątroby, do momentu rozpoczęcia analiz przechowywano w próbkach zawierających RNA later w temperaturze -20°C. Próbki zostały odsączone z płynu, wycięto z nich niewielki fragment, który następnie po przeniesieniu do próbek typu Eppendorf zawierających mix BME-LB rozdrobiono za pomocą małych nożyczek laboratoryjnych. Uzyskaną zawiesinę pozostawiono do inkubacji na lodzie przez 8 minut. Po upływie wyznaczonego czasu do próbek dodano kulki do homogenizacji i homogenizowano przez 5 minut w homogenizatorze kulkowym. Rozdrobniony materiał wirowano w temperaturze 4°C przez 4 minuty przy prędkości 12 000 rpm. Otrzymany supernatant przeniesiono do przygotowanych wcześniej próbek zawierających 70% roztwór etanolu i wymieszano.

700 µl zmieszanego alkoholu etylowego z supernatantem (EtOH-supernatant) nałożono na kolumnę ze złożem krzemionkowym dostępną w zestawie Invitrogen™ PureLink™ RNA Mini Kit (Invitrogen, LifeTechnologies) i wirowano przez 15 sekund przy prędkości 12 000 rpm. Uzyskany przesącz wylano z dna kolumny, a całą czynność powtórzono.

Na złożu krzemionkowe dodano 350 µl Wash Buffer I (WBI), wirowano przez 15 sekund przy prędkości 12000 rpm, a następnie usunięto przesącz i dodano 80 µl przygotowanego uprzednio roztworu DNAzy celem uniknięcia zanieczyszczenia uzyskanego RNA innymi kwasami nukleinowymi. Próbki poddano 15 minutowej inkubacji na lodzie. Po okresie inkubacji do kolumny dodano 350 µl WBI i wirowano przez 15 sekund.

Złoża krzemionkowe po drugim płukaniu przeniesiono do nowej próbki zbiorczej i dodano 500 µl Wash Buffer II (WBII). Zawartość próbek wirowano podobnie jak w powyższych punktach procedury, a całą czynność powtórzono. Po powtórnych płukaniu WBII złoża krzemionkowe przeniesiono do nowych próbek zbiorczych typu Eppendorf o pojemności 1,5 ml. W celu uwolnienia oczyszczonego RNA, bezpośrednio na złożu naniesiono 30 µl wody wolnej od nukleaz (RNase-Free 27 Water), a następnie próbki inkubowano na lodzie przez 5 minut. Po upływie czasu inkubacji próbki zwirowano (12 000 rpm, 2 min), złoża usunięto, a otrzymane RNA poddano analizie jakościowej.

Analiza ilości i jakości RNA

Za pomocą spektrofotometru NanoDrop 2000 (Thermo Scientific, Life Technology, USA) określono stężenie oraz czystość wyizolowanego RNA. Urządzenie skalibrowane zostało przy użyciu 1,5 μ l wody wolnej od nukleaz (RNase-Free 27 Water), która została wykorzystana do uwolnienia kwasu nukleinowego ze złoża krzemionkowego. Badane parametry wyznaczane były w 1 μ l roztworu wyizolowanego RNA.

Stężenie (ng/ μ l) zostało obliczone automatycznie przez oprogramowanie kompatybilne z wykorzystanym spektrofotometrem. Czystość została wyznaczona jako stosunek absorbancji próbki przy długości fali 260 nm do absorbancji próbki przy długości fali 280 nm. Do dalszych etapów wybierano próbki o wartości tego stosunku mieszczącej się w przedziale od 1,8 do 2,0. Stopień degradacji materiału genetycznego określono poprzez rozdział elektroforetyczny próbki. Na 2% żel agarozowy z dodatkiem bromku etydyny nałożono próbki w wystandaryzowanej ilości 500 ng RNA w celu dodatkowej weryfikacji pomiaru stężenia. Rozdział RNA prowadzono w tanku elektroforetycznym wypełnionym 1% buforem TBE przez 20 minut, przy napięciu 90V. Efekt rozdziału obserwowano i utrwalano za pomocą transiluminatora Essential V4 (Uvitec Cambridge). Do dalszych etapów badań dopuszczono próbki RNA charakteryzujące się dwoma wyraźnie widocznymi podjednostkami 18S i 28S - bez oznak degradacji materiału.

Reakcja odwrotnej transkrypcji

W celu przepisania wyizolowanego z mięśni i wątroby RNA na całkowite kodujące DNA (cDNA) wykorzystano zestaw High Capacity RNA-to-cDNA reverse transcription kit (Applied Biosystems, Life Technologies). Utworzono mieszaninę reakcyjną zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w protokole dołączonym do zestawu. Skład mieszaniny reakcyjnej przedstawiono w tabeli 14.

Tabela 14. Skład mieszaniny reakcyjnej wykorzystanej do przepisania RNA na cDNA

Składniki	Objętość na 50 reakcji [μ l]
10x bufor RT	10,0
25x miks dNTP (100mM)	4,0
10x miks starterów do RT	10,0
Enzym odwrotna transkryptaza	5,0
Woda wolna od nukleaz	21,0

Przygotowany miks nałożono do 0,2 ml probówek przeznaczonych do reakcji PCR, a następnie dodano 500 ng RNA rozpuszczonego w 50 µl wody wolnej od nukleaz. Do momentu przeprowadzenia reakcji wszystkie odczynniki przechowywano na lodzie. Reakcję odwrotnej transkrypcji prowadzono w termocyklerze firmy Eppendorf (Mastercycler). Cała reakcja składała się z czterech etapów, których warunki zostały przedstawione w tabeli 15.

Tabela 15. Warunki przeprowadzonej reakcji odwrotnej transkrypcji.

Etap	Temperatura [°C]	Czas min
1	25	10
2	37	120
3	85	5
4	4	∞

Projektowanie starterów do reakcji Real-time PCR

Sekwencje starterowe genów FADS2 i ACACA zaprojektowano w programie Primer3 Input dostępnym online. Sekwencje badanych genów zostały wyszukane, a następnie pobrane z ogólnodostępnej bazy Ensembl. Do dalszego etapu badania wybierano jedynie sekwencja zakotwiczone w części kodującej genu (eksony), obecnej w cDNA. Wzięto również pod uwagę, czy pozyskane z ich wykorzystaniem produkty amplifikacji obejmują wszystkie opublikowane w bazie Ensembl warianty splicingowe danego genu. Ustalono długość starterów forward i reverse zawartą w przedziale (18–30) nukleotydów, z procentową zawartością par GC mieszczącą się w przedziale 40-60% oraz temperaturą topnienia zawartą w przedziale 55–80°C. Zaprojektowane startery przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16. Wykaz zaprojektowanych starterów do reakcji Real-time PCR

Symbol genu	Numer akcesyjny bazy Ensembl	Lokalizacja na chromosomie	Sekwencja	Długość produktu
FADS2	ENSOCUG00000003499	17: 2,873,101-2,906,600	F: GCTTCAACATGACTACGGCC R: ACAAACACGTGCAGCATCTT	189 bp
ACACA	ENSOCUG00000014453	19: 25,527,496-25,843,562	F: GGTGGAGTGGCTGGAGAAG R: TGAGATGTGCTGGGTCATGT	172 bp

Reakcja Real-time PCR

Oszacowanie ilości transkryptów wybranych genów przeprowadzono z wykorzystaniem zestawu RT PCR Mix EvaGreen®, zawierającego EvaGreen jako barwnik fluorescencyjny. Do studzienek w płytkach przeznaczonych do reakcji Real-time PCR wprowadzono po 1 μ l cDNA badanych próbek mięsa i wątroby. Całość procedury wykonano w trzech powtórzeniach dla każdej próbki i każdego z dwóch badanych genów oraz genów kontrolnych, który stanowią *ACTB* oraz *B2M*. W kolejnym etapie do studzienek dodano po 10 μ l mieszaniny reakcyjnej z dodatkiem starterów komplementarnych do jednego z badanych genów. Skład mieszaniny reakcyjnej podano w tabeli 17.

Tabela 17. Skład mieszaniny reakcyjnej wykorzystanej do reakcji Real-time PCR

Odczynnik	Objętość [μ l]
RT PCR Mix EvaGreen®	5
Barwnik ROX	0,25
Miks starterów 100 pmol	1
Matryca cDNA	1
Woda	3,75

Po dodaniu miksu, płytki zwirowano. Reakcję prowadzono w aparacie Quant Studio 7 Flex (Applied Biosystem, Life Technologies). Program reakcji przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18. Warunki przeprowadzonej reakcji Real-time PCR

Etap	Temperatura ($^{\circ}$ C)	Czas (s)	Ilość cykli
Denaturacja wstępna	95	900	1
Denaturacja	95	15	40
Hybrydyzacja	60 – 65	20	
Elongacja	72	20	
Chłodzenie	40	30	1

Uzyskane w doświadczeniu surowe wartości CT wykorzystano do obliczenia poziomu ekspresji metodą $\Delta\Delta$ CT. Wydajność reakcji Real-time PCR dla poszczególnych genów określono przy zastosowaniu metody krzywej standardowej. Wydajność reakcji obliczono ze wzoru:

$$E = 10^{-1/\text{slope}} - 1$$

Gdzie:

- E – wydajność reakcji.
- slope – współczynnik kierunkowy krzywej standardowej.

Względną ilość transkryptu dla badanych genów obliczono z zastosowaniem metody $\Delta\Delta\text{Ct}$ zgodnie z metodyką Pfaffla [Pfaffl 2001]. Ekspresję przedstawiono w stosunku do próbki o najniższym poziomie ekspresji, którą uznano jako próbkę kalibracyjną.

Analiza morfologiczna i biochemiczna krwi

W trakcie uboju, w momencie skrwawiania zwierząt pobrano krew pełną obwodową do probówek 4 ml opłaszczonych kwasem etylenodiaminotetraoctowym (EDTA), aktywatorem krzepnięcia i heparyną litową w zależności od dalszego przeznaczenia pobranej próby.

Analiza morfologiczna krwi

Krew pełną pobrano poubojowo do probówek morfologicznych opłaszczonych kwasem etylenodiaminotetraoctowym (EDTA). Liczba białych krwinek (WBC), limfocytów (LYM), monocytów (MON), czerwonych krwinek (RCB), granulocytów (GRA), trombocytów (PLT), poziom hemoglobiny (HGB), hematokryt (HCT), trombokryt (PCT), średnia objętość płytek krwi (MPV), odsetek płytek krwi w próbce (P-LCR), oraz wskaźniki średniej objętości krwinki czerwonej (MCV), średniej zawartości hemoglobiny w krwince (MHC), średniego stężenia hemoglobiny w krwince czerwonej (MCHC), zmienności rozkładu objętości erytrocytów (RDWC), rozkładu objętości erytrocytów (RDWS), anizocytozy (PDW), zostały określone przy użyciu automatycznego analizatora hematologicznego Mythic 18 VET (Orphee, Plan-les-Ouates, Szwajcaria). Wyniki porównano z wartościami referencyjnymi podanymi na stosowanych odczynnikach hematologicznych.

Analiza biochemiczna krwi

Krew pełną pobrano poubojowo do probówek morfologicznych opłaszczonych aktywatorem krzepnięcia krwi. Do oznaczania całkowitej zawartości albuminy (ALB), lipazy (LIP), mocznika (UREA), kreatyniny (CREAT) stosowano zestawy testowe opracowane przez firmę Cormay (Lublin, Polska). Wykorzystano je również do oznaczenia aktywności

wybranych enzymów: fosfatazy alkalicznej (ALP), aminotransferazy asparaginianowej (AST), aminotransferazy alaninowej (ALT).

Analiza cholesterolu i trójglicerydów w osoczu krwi

Krew pobrano do probówek litowych o pojemności 4 ml opłaszczonych heparyną jako antykoagulantem. Uzyskane próbki odwirowywano przy obrotach 4000/min. przez 10 minut w celu oddzielenia składników krwi od osocza, a następnie zamrożono w ciekłym azocie celem ich utrwalenia do dalszych analiz. Poziom trójglicerydów i cholesterolu całkowitego, oraz frakcji cholesterolu HDL i LDL w osoczu oceniano za pomocą komercyjnych testów kolorymetrycznych (nr kat. T7532 i C7510, odpowiednio; Pointe Scientific, Bruksela, Belgia) zgodnie z protokołem producenta. Granice wykrywalności wynosiły 5 mg/dl dla trójglicerydów i 3 mg/dl dla cholesterolu całkowitego oraz dla jego poszczególnych frakcji. Współczynniki zmienności wewnątrz testu i między testami dla trójglicerydów i cholesterolu wynosiły odpowiednio 1,62% i 1,92%, 1,32% i 1,93%. Wszystkie analizy zostały przeprowadzone w dwóch powtórzeniach.

Określenie wskaźników statusu redox w surowicy krwi

Krew pełna obwodowa pobrana została do probówek litowych opłaszczonych heparyną jako antykoagulantem, a następnie przewieziona do laboratorium, gdzie odwirowywano ją przez 10 minut przy obrotach 4000/min celem pozyskania osocza. W osoczu krwi królików oznaczono aktywność enzymów antyoksydacyjnych tj. dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) i katalazy (CAT) oraz poziom produktu peroksydacji lipidów tj. stężenia aldehydu dimalonowego (MDA) w osoczu krwi, a także poziom wskaźnika układu antyoksydacyjnego tj. całkowity potencjał antyoksydacyjny osocza (FRAP). Oznaczenia przeprowadzono zgodnie z metodami zawartymi w publikacji Czech i wsp. (2017, 2021).

Oznaczenie aktywności dysmutazy ponadtlenkowej (SOD)

Oznaczenie aktywności dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) wykonano metodą adrenalinową według metody opisanej przez Greenwalda (1985). Przed wykonaniem oznaczenia roztwory buforu węglanowego i chlorowodoru adrenaliny umieszczono w łaźni wodnej w temperaturze 37°C. Do kuwet kwarcowych odmierzono materiał badawczy, a następnie dodano roztwór chlorowodoru adrenaliny i buforu węglanowego. Od 180 sekundy obserwowano szybkość zmian absorbancji przy długości fali $\lambda=320$ nm reakcji utleniania

chlorowodoru adrenaliny. Aktywność dysmutazy nadtlenkowej została wyznaczona w oparciu o równanie krzywej wzorcowej.

Oznaczenie aktywności katalazy (CAT)

Aktywność katalazy oznaczono metodą opisaną przez Bartosza (2013). Do kuwet kwarcowych wprowadzono materiał badawczy w postaci osocza krwi, a następnie dodano roztwór nadtlenku wodoru (H_2O_2) w buforze fosforanowym. Przygotowaną próbę umieszczono w łaźni wodnej nastawionej na temperaturę $37^\circ C$. Po upływie 60 sekund dokonano pomiaru absorbancji przy długości fali $\lambda=240$ nm. Aktywność katalazy została wyznaczona w oparciu o równanie krzywej wzorcowej.

Oznaczenie stężenia aldehydu dimalanowego (MDA)

W celu oznaczenia stężenia aldehydu dimalanowego zastosowano metodę opisaną przez Ledwożywa i wsp. (1986). Aldehyd dimalanowy zawarty w osoczu krwi poddano reakcji z kwasem tiobarbiturowym (TBA) w środowisku kwaśnym i w podwyższonej do $100^\circ C$ temperaturze. Po upływie 20 minut wykonano pomiar absorbancji przy długości fali $\lambda=535$ nm względem próby ślepej.

Oznaczenie stężenia glutationu (GSH)

Stężenie glutationu oznaczono metodą spektrofotometryczną (Tietze, 1969). Kwas 5,5'-ditiobis-(2-nitrobenzoesowy) (DTNB) został poddany redukcji przez związki tiolowe. W wyniku przeprowadzonej reakcji powstał kwas 2-nitro-5-merkaptobenzoesowego, wykazujący maksimum absorbancji, przy długości fali $\lambda = 412$ nm. Stężenie glutationu wyznaczono w oparciu o równanie krzywej wzorcowej.

Oznaczenie całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (FRAP)

Całkowity potencjał antyoksydacyjny, mierzony jako zdolność osocza do redukcji żelaza (FRAP), oceniano zgodnie z metodą opisaną przez Benzie i Strain (1996). W metodzie tej redukcji uległy jony Fe^{+3} do Fe^{+2} , w wyniku czego utworzony został barwny kompleks z obecną w roztworze 2,4,6-tripirydylotriazyną (TPTZ). Wzrost absorbancji kompleksu TPTZ- Fe^{+2} został zmierzony metodą spektrofotometryczną.

Badania mikrobiologiczne paszy oraz treści przewodu pokarmowego

Po 24 godzinach od wykonania paszy w mieszalni pobrano z każdej partii próbki zbiorcze z trzech poziomów i z siedmiu miejsc, umieszczając je w jałowych pojemnikach. Wcześniej w takich samych pojemnikach umieszczono makuch z pestek dyni.

W trakcie uboju z wypreparowanych fragmentów przewodu pokarmowego (jelito cienkie i jelito ślepe) pobrano próbki treści pokarmowej. Utworzono próbkę zbiorczą dla każdej badanej grupy, następnie cały pobrany materiał poddano homogenizacji w warunkach laboratoryjnych. Z każdej naważki pobranego materiału pobrano próbkę, którą umieszczono w sterylnej butelce z 90 ml płynu Ringera. Przygotowane w ten sposób próbki homogenizowano przez okres 5 minut, a następnie pozostawiono w celu sedymentacji materiału na 15 minut. Otrzymana zawiesina posłużyła do sporządzenia szeregu rozcieńczeń, które następnie wysiewano powierzchniowo w ilości 0,1 ml na płytkach Petriego z podłożem mikrobiologicznym. Wszystkie badane próbki wysiewano na jałowe podłoża w trzykrotnym powtórzeniu.

W próbkach zawierających paszę i treść pokarmową 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 przed namnażaniem 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).

Po odpowiedniej dla danego gatunku inkubacji policzono wyhodowane kolonie automatycznym licznikiem Scan 300 (Innerscience Laboratories, Francja) i przeliczano korzystając z obowiązujących norm PN-ISO 4832, PN-EN ISO 7218. Wyznaczono również liczbę poszczególnych typów morfologicznych wyrażonych wartością jednostek tworzących kolonie w 1 g badanej treści jelit [cfu/g].

W tabeli 13. przedstawiono liczebność mikroorganizmów w paszy podawanej królikom oraz w makuchu z pestek dyni.

Tabela 13. Koncentracja mikroorganizmów w paszy (K, D1, D2) podawanej królikom i w makuchu z pestek dyni (MD) (cfu/g paszy).

Wyszczególnienie	Dawka			
	K	D1	D2	MD
Ogólna liczba bakterii tlenowych mezofilnych	1,2x10 ⁵	1,6 x10 ⁵	1,1 x10 ⁵	8,7 x10 ⁶
Ogólna liczba grzybów	1,1x10 ²	2,3x10 ¹	0,9x10 ¹	1,3x10 ²
Ogólna liczba bakterii kwasu mlekowego z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	8,5 x10 ³	9,0 x10 ³	4,7 x10 ³	6,8 x10 ³
Liczba bakterii z grupy coli	7,5 x10 ²	1,3 x10 ³	1,6 x10 ³	3,2 x10 ³
Liczba bakterii <i>Escherichia coli</i>	5,7 x10 ²	7,9 x10 ²	2,4 x10 ³	2,9 x10 ³
Ogólna liczba <i>Clostridium perfringens</i>	bw	bw	bw	bw
Obecność bakterii z rodzaju <i>Listeria sp.</i>	bw	bw	bw	bw
Obecność pałeczek z rodzaju <i>Salmonella sp.</i>	bw	bw	bw	bw

Objaśnienie:

K - mieszanka podstawowa o standardowej recepturze;

D1- mieszanka z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - mieszanka z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

MD – makuch z pestek dyni;

bw – brak wzrostu.

Badanie parazytologiczne kału pobranego z okrężnicy

Kał pobrano od zwierząt poubojowo z końcowego odcinka przewodu pokarmowego - okrężnicy. Badanie kału wykonano metodami flotacji i rozmazu. Zgodnie z klasyczną metodą flotacji według Willis - Schlaaf'a, 2 gramy treści pokarmowej poddano homogenizacji w 25 ml roztworze nasyconego NaCl, całość przepuszczono przez sitko do kolby Erlenmeyera, a następnie uzupełniono w niej płyn do menisku wypukłego i nakryto szkiełkiem nakrywkowym o powierzchni 24x24 mm. Wynik uzyskany po 20 minutach flotacji przy powiększeniu 10 x 4 odczytano pod mikroskopem świetlnym. Rozmaz wykonano z 100 µg kału rozcieńczonego w roztworze fizjologicznym NaCl i rozprowadzono równomiernie na szkiełku podstawowym, a następnie przykryto szkiełkiem nakrywkowym o powierzchni 24x24 mm. Odczytu dokonano bezpośrednio po wykonaniu preparatu w mikroskopie świetlnym przy powiększeniu 10 x10.

Oznaczenie emisji gazów uwalnianych z kału

W modelu laboratoryjnym oceniono w okresie 13 - dniowym uwalnianie gazowych zanieczyszczeń z kału królików należących do poszczególnych grup. Przygotowano naważki kału pobranego pod klatkami i umieszczono w beczkach ze zwrotnym zaworem powietrza. Pomiar stężenia gazów w poszczególnych beczkach odbywał się z wykorzystaniem analizatora wielogazowego Fresenius GAS220 (GmbH, Niemcy). Układ pomiarowy stanowiły komory pomiarowe typu NDIR do oznaczania zawartości NH₃, CH₄ oraz CO₂ z próżniowym układem referencyjnym. Powietrze z beczek – pojemników zasysano do analizy przewodem teflonowym poprzez wbudowaną w analizator pompę, która zapewniała ciągłość pomiaru. Z każdej beczki – pojemnika w ciągu jednej doby rejestrowano około 170 cykli pomiarowych analizowanych gazów. Dla przejrzystości prezentacji wyników zostały one uśrednione dla analizowanych dni i poddane analizie statystycznej.

Analiza statystyczna

Wszystkie uzyskane wyniki doświadczenia opracowano statystycznie w układzie jednoczynnikowym przy użyciu analizy wariancji (ANOVA). Efektem stałym

w zastosowanym modelu był sposób żywienia zwierząt. Wszystkie zebrane dane posiadały rozkład normalny określony testem Shapiro-Wilka. Istotność różnic pomiędzy średnimi ($p < 0,05$) w grupach szacowano stosując wielokrotny test rozstępu Duncana. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica 13.1 PL.

5. Wyniki i ich omówienie

Wyniki produkcyjne młodzieży rosnącej

Tempo wzrostu królików jest zależne od wielu czynników, a jednym z najważniejszych jest genotyp zwierzęcia. Jednak dobry genotyp to potencjał, który może ujawnić się tylko w korzystnym środowisku. Tak więc system utrzymania jest kolejnym istotnym czynnikiem mającym zasadniczy wpływ na tempo wzrostu zwierząt. Króliki zaliczane do ras średnich mięsnych, tak zwanych brojlerowych i do wyselekcjonowanych linii syntetycznych są ukierunkowane na szybszy wzrost i wyższe pobranie paszy, co skutkuje osiągnięciem ubojowej masy ciała w krótszym czasie (Kmieciak i wsp., 2016). Ograniczona ilość ruchu w systemie klatkowym, większe zagęszczenie zwierząt na 1 m² oraz Nielimitowany dostęp do paszy, sprzyjają szybszemu osiągnięciu zadowalających dla producentów żywca króliczego efektów (Kruno i wsp., 2022). W stosunku do zwierząt utrzymywanych na wybiegach przy tym samym systemie żywienia czas dochodzenia do pożądanej masy ubojowej jest o około 30-40 dni krótszy.

W hodowlach królików ukierunkowanych na pozyskanie mięsa, konieczny jest także wybór odpowiedniej pełnoporcjowej mieszanki paszowej najlepiej granulowanej. Króliki w środowisku naturalnym spożywają duże ilości pasz objętościowych, o wysokiej zawartości włókna pokarmowego, stosunkowo niskim udziale pełnowartościowego białka czy tłuszczu, stąd ich przyrosty są niskie. Dostępność do bardziej wartościowych pasz jest sezonowa, związana z porą roku (Prebble i wsp., 2015). Zwierzętom hodowlanym zapewnia się przez cały okres odchowu paszę wysokiej jakości, dobrze zbilansowaną pod względem zawartości białka, tłuszczu i włókna, co zwiększa ich wydajność. Szczególną uwagę zwraca się na odpowiednią jakość białka, które jest wykorzystywane jako materiał budulcowy w procesie tworzenia masy mięśniowej (Gidenne i wsp., 2009). Jeszcze niedawno częstą praktyką stosowaną w fermach o intensywnym systemie produkcji było dodawanie antybiotyków i syntetycznych promotorów wzrostu do pasz celem skrócenia całego procesu produkcji żywca. Spotkało się to jednak ze sprzeciwem europejskich konsumentów, którzy obawiali się ryzyka odkładania niewydalonych pozostałości antybiotyków w mięsie. Obecnie antybiotyki zastępowane są środkami takimi jak probiotyki, prebiotyki, enzymy, kwasy organiczne, witaminy i minerały, oraz naturalne suplementy pochodzenia roślinnego (Falcão-e-Cunha i wsp., 2007).

W tabeli 19. przedstawiono wpływ mieszanek z dodatkiem makuchu z pestek dyni na masę ciała królików w poszczególnych tygodniach odchowu. W 35. dniu życia, czyli

w momencie odsadzenia, średnia masa ciała młodych królików była wyrównana. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że dodatek makuchu z pestek dyni do mieszanek paszowych wpłynął statystycznie istotnie na masę ciała królików w 56. dniu życia. Najwyższą średnią masą ciała cechowały się zwierzęta z grupy kontrolnej, natomiast najniższą z grupy otrzymującej 5% dodatek makuchu w dawce pokarmowej. Wspomniany spadek masy ciała w 56. dniu życia mógł wynikać z dłuższego okresu przyzwyczajania się zwierząt do smaku pasz doświadczalnych. Należy wziąć pod uwagę fakt, że będąc przy matce pobierały niewielkie ilości mieszanki paszowej, gdyż miały jeszcze do dyspozycji mleko samic i słomę stanowiącą ściółkę. Masa ciała królików w 70. i 77. dniu życia była już we wszystkich grupach na podobnym poziomie. W 90 dniu życia, pomimo braku wystąpienia statystycznie potwierdzonych istotnych różnic, masa ciała była tym wyższa im większy był udział makuchu z pestek dyni w dawce żywieniowej.

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano istotny wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na przyrosty młodych królików w poszczególnych tygodniach odchowu. Przyrosty w okresie od 35. do 56. dnia życia zwierząt różniły się statystycznie między grupami, najwyższą wartością cechowała się grupa kontrolna, najniższą grupa żywiona 5% dodatkiem makuchu dyniowego. Z kolei w okresie od 56. do 70. dnia życia, najwyższy przyrost masy ciała odnotowano u królików z grupy D1, najniższy w grupie kontrolnej. W okresie od 77. do 90. dnia życia najwyższe wartości przyrostu masy ciała osiągały króliki z grupy otrzymującej 10% dodatek makuchu z pestek dyni, a najniższe z grupy kontrolnej. Przedstawione zależności wystąpiły również w odniesieniu do przyrostów dziennych we wspomnianych okresach odchowu młodzieży. Średnie zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała nie różniło się istotnie między grupami i mieściło w granicach od 4,176 - 4,542 kg, najniższe zanotowano w grupie D1.

Tabela 19. Wpływ makuchu z pestek dyni na masę ciała i przyrosty królików (g) w poszczególnych tygodniach odchowu (średnia \pm SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 20	D1 n = 20	D2 n = 20	
Masa ciała w 35. dniu	962,2 \pm 11,8	973,3 \pm 13,2	972,5 \pm 11,8	0,779
Masa ciała w 56. dniu	1635,0 \pm 39,9 ^a	1505,0 \pm 35,7 ^b	1547,0 \pm 43,3 ^{ab}	0,070
Masa ciała w 70. dniu	2059,3 \pm 48,1	2042,8 \pm 41,3	2020,3 \pm 54,1	0,847

Masa ciała w 77. dniu	2346,0±51,3	2330,0±41,4	2298,0±54,2	0,782
Masa ciała w 90. dniu	2769,0±66,5	2869,8±46,8	2926,3±55,7	0,150
Przyrosty za okres 35-56	672,8±36,0 ^a	531,7±29,7 ^b	574,5±39,02 ^{ab}	0,019
Przyrosty za okres 35-70	1097,0±47,5	1069,5±35,9	1047,7±49,0	0,736
Przyrosty za okres 35-77	1383,7±49,2	1356,8±37,6	1325,5±49,5	0,668
Przyrosty za okres 35-90	1806,8±64,3	1896,5±49,9	1953,7±50,9	0,176
Przyrosty za okres 56-70	424,3±26,1 ^b	537,8±24,0 ^a	473,3±31,8 ^{ab}	0,018
Przyrosty za okres 70-77	286,8±26,1	287,3±14,5	277,8±15,2	0,926
Przyrosty za okres 77-90	423,0±44,3 ^b	539,8±39,8 ^{ab}	628,3±23,1 ^a	0,001
Przyrosty dzienne do 56. dnia	32,04±1,72 ^a	25,32±1,41 ^b	27,36±1,86 ^{ab}	0,019
Przyrosty dzienne do 70. dnia	31,34±1,35	30,56±1,02	29,93±1,40	0,736
Przyrosty dzienne do 77. dnia	32,95±1,17	32,30±0,89	31,55±1,17	0,668
Przyrosty dzienne do 90. dnia	25,15±0,89	24,66±0,68	24,66±0,90	0,668
Przyrosty dzienne za okres 56-70	30,30±1,86 ^b	38,41±1,72 ^a	33,80±2,27 ^{ab}	0,018
Przyrosty dzienne za okres 70-77	40,96±3,73	41,04±2,06	39,68±2,17	0,926
Przyrosty dzienne za okres 77-90	30,21±3,17 ^{ab}	38,55±2,84 ^a	44,87±1,64 ^a	0,001
Zużycie paszy w kg na 1 kg przyrostu	4,542±0,17	4,176±0,14	4,447±0,19	0,305

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

W literaturze tematu brak jest danych dotyczących zastąpienia w żywieniu królików części lub całości śruty sojowej makuchem z pestek dyni i ich wpływu na masę ciała i przyrosty, jednak wielu naukowców próbowało zastąpić ją innymi nasionami.

Volek i wsp. (2014) wykorzystali w żywieniu królików nasiona łubinu białego (*Lupinus albus* L.), wysokobiałkowej rośliny z rodziny motylkowatych, sprawdzając ich wpływ na przyrosty dobowe i masę ciała. Grupa kontrolna otrzymywała śrutę sojową w ilości 70 g/kg paszy, natomiast doświadczalna całe nasiona łubinu białego w ilości 120 g/kg paszy. Masa ciała młodziży nie różniła się istotnie między grupami w 30. i 69. dniu życia królików. Nie wykazano także różnic w przyrostach dobowych zwierząt i w zużyciu paszy przez cały okres

trwania doświadczenia.

Volek i Mauronek (2011) wykorzystali nasiona łubinu białego (*Lupinus albus* L.) (120 g/kg paszy) jako alternatywę dla mączki z nasion słonecznika (150 g/kg paszy). Badacze nie wykazali różnic w średniej masie ciała zwierząt w 33. i 75. dniu odchowu, jak również w dziennych przyrostach dobowych w okresie wzrostu i dziennym pobraniu paszy. Wskazuje to na możliwość zastąpienia komercyjnie wykorzystywanych pasz, jakimi są śruta sojowa i mączka z nasion słonecznika, łubinem białym, który podobnie jak makuch z pestek dyni nie wpływa negatywnie na wzrost królików. Badania te mają duże znaczenie w momencie, kiedy poszukuje się nowych źródeł białka w żywieniu zwierząt, ale także alternatywnych dla białka soi GMO.

Peiretti i Meineri (2008) zastosowali w żywieniu królików 10 i 15% dodatek nasion chia (*Salvia hispanica* L.), które zawierają w swoim składzie około 24 g białka surowego. Nie wykazano, aby dodatek ten wpłynął negatywnie na masę ciała, przyrosty dobowe i średnie wykorzystanie paszy przez króliki.

Kouba i wsp. (2008) zastosowali w żywieniu królików komercyjny dodatek Croquelin® (60 g/kg paszy), zastępując nim w całości śrutę rzepakową. Croquelin® posiadał w swoim składzie 50% ekstrudowanego siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*). Według autorów to właśnie ten składnik wpłynął dodatnio na dzienne przyrosty i zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała, jak również na poprawę jakości mięsa króliczego.

Abdelnour i wsp. (2023) wykazali pozytywny wpływ oleju z nasion dyni podawanego do paszy na zmniejszenie zagrożenia związanego ze stresem cieplnym u królików. Stwierdzili oni, że dla rosnących zwierząt utrzymywanych w temperaturze 38°C dodanie do 2 ml/kg diety tego oleju pobudza wzrost, wzmacnia układ immunologiczny organizmu, wspomaga enzymatyczne systemy chroniące przed wolnymi rodnikami, poprawia aktywność enzymów trawiennych i pozwala na utrzymanie odpowiedniej mikrobioty jelita ślepego. Wzrost masy ciała i poprawę zdrowotności w nieoptymalnych dla tego gatunku warunkach przypisali związkom aktywnym obecnym w oleju dyniowym.

Abou-Shehema i wsp. (2023) podawali królikom mieszanki paszowe wzbogacone sproszkowanymi pestkami dyni w ilości 0,05, 0,1 i 0,2%. Wyniki wykazały, że u rosnących królików karmionych dietą zawierającą 0,1% sproszkowanych pestek dyni zaobserwowano znaczną poprawę końcowej masy ciała, przyrostu masy ciała, współczynnika konwersji paszy, wskaźnika wydajności i efektywności ekonomicznej w porównaniu z królikami z pozostałych grup.

Nworgu i wsp. (2008) podawali odsadzonym od matek w wieku 42 dni króliczętom

przez okres 10 tygodni ekstrakt z liści dyni karbowanej (*Telfaria occidentalis*) w ilości 0, 50, 100 i 150 ml/ 1l wody. Ekstrakt ten był bogaty w białko surowe (30,5%) i minerały (popiół 8,4-10,9%). Stwierdzili oni, że dodatek 150 ml/1l wody miał korzystny wpływ na przyrosty masy ciała (62,9% wyższy w stosunku do grupy kontrolnej) jak i lepsze wykorzystanie paszy.

Bakeer (2021) wykazała znaczny, potwierdzony statystycznie, wzrost średniej masy ciała u królików karmionych dietą uzupełnioną olejem z pestek dyni (5 g/kg diety) w porównaniu z grupą kontrolną.

Najwięcej badań dotyczących wykorzystania w różnej formie pestek dyni jako paszy dla zwierząt gospodarskich przeprowadzono u kurcząt brojlerów, u których zaobserwowano wzrost przyrostów masy ciała i wydajności tuszki. Martínez i wsp. (2011) odnotowali większą masę ciała i mięśni piersiowych, gdy do diety włączono 33 i 66 g/kg paszy mąki z nasion dyni, natomiast Zinabu i wsp. (2019) poprawili przyrost masy ciała dzięki zawartości jedynie 1% nasion *Cucurbita maxima* w diecie kurczaków.

Na podstawie przedstawionego przeglądu literatury, można wysnuć wniosek, że dodatki żywieniowe, które w swoim składzie mają podobny poziom białka, co komercyjnie wykorzystywane w żywieniu zwierząt gospodarskich pasze białkowe (nasiona: soi, rzepaku, słonecznika) nie wpływają na pogorszenie cech produkcyjnych, takich jak masa ciała, przyrosty w okresie wzrostu oraz wykorzystanie paszy przez króliki ras mięsnych. Badania prowadzone z wykorzystaniem dyni (olej, mączka z pestek, ekstrakt z liści) na królikach i drobiu wskazują na ich pozytywny wpływ na badane wskaźniki.

Wyniki analizy rzeźnej

Wartość rzeźna tuszek króliczych zależy od wielu czynników, zarówno genetycznych (genomowa wartość hodowlana), jak i środowiskowych (system utrzymania i żywienia) (Chwastowska-Siwiecka i wsp., 2011). Prowadzona w kierunku poprawy cech rzeźnych selekcja poskutkowała wytworzeniem ras i linii królików szybko rosnących, o wysokiej zawartości mięsa w tuszce, ale niestety często o obniżonej jego jakości. Przeprowadzana systematycznie analiza rzeźna dostarcza cennych informacji o opłacalności produkcji króliczej i o ewentualnej konieczności wprowadzania ulepszeń technologii chowu i hodowli tych zwierząt (Maj i wsp., 2008).

Tuszka królicza dzieli się na trzy podstawowe wyřeby: część przednią (głowa, łopatki, przednie nogi, część piersiowa kręgosłupa wraz z żebrami, łata brzuszna), comber i część tylną (część lędźwiowa kręgosłupa, tylne nogi). Najcenniejszym z konsumenckiego punktu widzenia

wyrębem, jest comber, cechujący się najwyższą zawartością białka, niskim poziomem tłuszczu i kolagenu. Wydajność rzeźna królików ras średnich może wahać się w przedziale od 55 do 65% (Maj i wsp., 2011).

W badaniach własnych wykazano, że dodatek makuchu z pestek dyni nie wpłynął istotnie na masę: ciała królika przed ubojem, tuszki ciepłej bez głowy, głowy, wątroby, serca, nerek, tłuszczu okołonerkowego, części jadalnych, skóry z okrywą włosową, krwi, skoków, przewodu pokarmowego i części niejadalnych (tab. 20). Statystycznie potwierdzoną różnicę stwierdzono jedynie w masie płuc, która była najwyższa w grupie kontrolnej. Niepotwierdzoną statystycznie najwyższą masę tuszki jak i części jadalnych odnotowano w grupie D1.

Analiza rzeźna tuszki schłodzonej nie wykazała, aby badany dodatek wpłynął istotnie na parametry takie jak ubytek po schłodzeniu, masa: tuszki zimnej bez głowy, części przedniej, combra i części tylnej. Najwyższą niepotwierdzoną statystycznie masę tuszki schłodzonej jak i jej poszczególnych wyrębów stwierdzono u królików z grupy otrzymującej 5% dodatek makuchu dyniowego.

Wydajność rzeźna obliczona zgodnie z czterema wzorami przedstawionymi w rozdziale „Materiał i metody” niniejszej pracy, nie wykazała statystycznie potwierdzonych różnic. Zauważono jedynie tendencje wzrostowe przy żywieniu dawką pokarmową z 10% dodatkiem makuchu z pestek dyni w stosunku do pozostałych grup.

Tabela 20. Wpływ makuchu z pestek dyni na wartości parametrów analizy rzeźnej tuszki ciepłej i schłodzonej (g) oraz wydajność rzeźną (średnia \pm SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
Analiza rzeźna tuszki ciepłej				
Masa ciała królika	2821,5 \pm 88,0	2893,0 \pm 57,1	2881,0 \pm 83,6	0,784
Masa tuszki bez głowy	1412,6 \pm 52,9	1499,8 \pm 34,4	1477,2 \pm 57,3	0,441
Głowa	243,6 \pm 9,02	240,9 \pm 3,51	236,0 \pm 4,81	0,684
Wątroba	83,20 \pm 5,79	83,34 \pm 1,92	81,29 \pm 4,98	0,938
Serce	9,440 \pm 0,34	9,540 \pm 0,42	10,54 \pm 0,62	0,221
Nerki	18,05 \pm 0,86	17,74 \pm 0,75	17,18 \pm 0,89	0,761
Płuca	19,14 \pm 1,43 ^a	15,76 \pm 0,47 ^b	15,70 \pm 0,71 ^b	0,026
Tłuszcz okołonerkowy	16,01 \pm 2,63	11,03 \pm 4,18	10,67 \pm 3,08	0,464

Ogółem części jadalne	1802,1±66,5	1878,2±38,5	1848,6±63,0	0,644
Skóra z okrywą włosową	308,0±14,5	311,2±12,3	298,5±11,3	0,766
Krew	151,0±4,35	146,9±7,40	156,4±6,75	0,576
Skoki	80,50±2,19	81,16±1,47	81,92±2,32	0,885
Przewód pokarmowy	479,9±11,5	475,5±12,6	495,6±10,7	0,449
Ogółem odpady	1019,4±23,5	1014,8±20,9	1032,4±22,2	0,846
Analiza rzeźna tuszki schłodzonej				
Masa tuszki zimnej bez głowy	1375,3±53,1	1468,0±37,9	1430,4±52,5	0,406
Ubytek po schłodzeniu	37,32±3,69	31,78±6,71	46,78±10,11	0,356
Masa części przedniej	542,0±24,7	599,0±16,4	585,7±25,9	0,198
Masa combra	316,0±10,4	321,0±13,4	308,2±13,1	0,763
Masa części tylnej	517,3±18,9	548,0±13,2	536,5±15,8	0,410
Wydajność rzeźna				
Wydajność rzeźna 1	50,004±0,49	50,667±1,42	51,09±2,50	0,900
Wydajność rzeźna 2	58,634±0,43	59,066±01,56	59,413±2,87	0,959
Wydajność rzeźna 3	47,046±0,92	49,348±1,43	49,807±2,63	0,519
Wydajność rzeźna 4	51,626±0,98	53,58±1,59	54,114±2,88	0,652

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM - błąd standardowy średniej.

Kouba i wsp. (2008) nie wykazali, aby testowany dodatek Croquelin®, zawierający w swoim składzie 50% ekstrudowanego siemienia lnianego, którym zastąpili w paszy śrutę rzepakową, wpłynął istotnie na ubojową masę ciała zwierząt oraz na masę tuszki ciepłej.

Volek i Mauronek (2011) zbadali wpływ zastąpienia mączki z nasion słonecznika (150 g/kg paszy), całymi nasionami lubinu białego (*Lupinus albus* L.) (120 g/kg paszy) w paszy podawanej królikom rosnącym. Autorzy cytowanej pracy nie wykazali istotnego wpływu badanego dodatku na masę tuszki ciepłej i masę tłuszczu okołonerkowego w tuszce. Nie wykazano także wpływu dodatku na wartość wydajności rzeźnej pomiędzy grupami.

Peiretti i Meineri (2008) nie wykazali, aby 10 i 15% dodatek nasion chia (*Salvia hispanica* L.) wpłynął istotnie na parametry analizy rzeźnej zmierzone bezpośrednio po uboju,

oraz na wydajność rzeźną zwierząt. Badacze nie odnotowali ich wpływu na cechy takie jak masa: tuszki ciepłej, głowy, wątroby, nerek, serca, płuc i skóry.

W doświadczeniu przeprowadzonym przez Bianchi i wsp. (2006) gdzie wykorzystano 8% dodatek siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*) w paszy podawanej królikom, odnotowano istotnie niższą masę tuszki zimnej w stosunku do grupy kontrolnej. Nie wykazano natomiast, aby siemię lniane w dawce pokarmowej wpływało istotnie na masę combra i tylnej części tuszki króliczej, jak również na wydajność rzeźną.

Wafar i wsp. (2017) nie stwierdzili negatywnego wpływu włączenia liści dyni do dawek pokarmowych dla królików na masę wątroby, płuc, nerek, serca i śledziony. Podobnie Ragab i wsp. (2013) podając królikom 5 g na 1 kg paszy oleju z pestek dyni nie odnotowali istotnego zmniejszenia masy wątroby, nerek, serca, płuc, śledziony, głowy i żółci.

Podobnie jak w przypadku cech użytkowości tucznej, wykorzystanie mniej popularnych pasz białkowych w żywieniu królików nie wpływa negatywnie na wartość cech analizy rzeźnej.

Wyniki analizy jakości mięsa

Kwasowość i barwa mięsa

Jednym z podstawowych parametrów wykorzystywanych w ocenie mięsa króliczego jest jego kwasowość (pH). Wartość pH zmierzona po uboju jest zbliżona do odczynu obojętnego, a wraz z upływem czasu zauważa się jej spadek. Zmiana ta jest wynikiem zachodzącego w mięśniach procesu glikogenolizy poubojowej (Siudak i wsp., 2023). pH mięsa króliczego zmierzone 45 minut po uboju powinno mieścić się w przedziale od 6,1 do 6,8. Świadczy to o jego właściwej jakości, jak również nie wskazuje, aby bezpośrednio przed ubojem wystąpiły niekorzystne czynniki stresowe. Miary pH nie mieszczące się w podanej skali mogą wskazywać na wystąpienie wad technologicznych mięsa. Wartość pH poniżej 6,0, jak również jego wyraźne wodnista struktura i jasna barwa wskazują na wystąpienie wady PSE (*pale, soft, exudative*), czyli mięsa bladego, miękkiego i wodnistego (Kowalska i wsp. 2011). Natomiast miara kwasowości powyżej 7,0 może świadczyć o wystąpieniu wady DFD (*dark, firm, dry* - ciemne, twarde, suche). Jedna i druga wada powoduje pogorszenie trwałości, przydatności technologicznej i walorów kulinarnych mięsa. Kwasowość mięsa króliczego ulega stabilizacji po około 24 godzinach od uboju, a jej wartość stanowi o przydatności technologicznej pozyskanego surowca. Po 24-godzinnym chłodzeniu tuszki w temperaturze 4°C, pH mięsa dobrej jakości powinno mieścić się w przedziale od 5,6 do 5,9. Wartość pH od

6,0 do 6,2 wskazuje na średnią jakość mięsa a powyżej 6,2 świadczy o jego złej jakości (Maj i wsp., 2012, Kozioł i wsp., 2015, Siudak i wsp., 2023).

Barwa mięsa, będąca wynikiem zmian jakościowych w jego strukturze pochodzących przede wszystkim z przemian chemicznych hemoglobiny i mioglobiny, jest parametrem ocenianym w pierwszej kolejności przez konsumenta mięsa króliczego. Najpopularniejszą jak również najbardziej obiektywną metodą oceny barwy mięsa jest jej pomiar w systemie CIE (*Commission International de l'Eclairage*), na który składają się koordynaty L*, a* i b*, które oznaczają jasność barwy i jej chromatyczność, czyli proporcje barwy czerwonej i żółtej. Dla składowej L* wartość 0 oznacza czerń, natomiast wartość 100 czystą biel. Rosnąca wartość koordynaty a* wskazuje na dążenie do koloru czerwonego, a malejąca do zielonego. Dla wyróżnika b* wartość dodatnia wskazuje na dążenie do koloru żółtego, a ujemna do niebieskiego (Łapa i wsp., 2008).

Wartość pH i barwy mięsa zależy zarówno od czynników genetycznych, takich jak rasa i płeć, jak i środowiskowych, do których zaliczyć można system utrzymania, żywienia oraz metodę uboju i wiążący się z nią poziom stresu. Przeprowadzone badania naukowe wskazują na korelację pomiędzy pH mięsa, a składową barwy L* i składową barwy b*. Wzrostowi wartości kwasowości towarzyszy spadek wartości koordynaty L*, jak również wzrost składowej b*. Nie wykazano natomiast, aby składowa barwy a* była skorelowana z kwasowością mięsa (Mancinim i Hunt, 2005).

W tabeli 21. przedstawiono wyniki dotyczące wpływu dodatku do mieszanek pszowych makuchu z pestek dyni na wartość kwasowości i barwę mięśnia najdłuższego łądźwi (*m. longissimus lumborum*) i mięśnia dwugłowego uda (*m. biceps femoris*).

Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że makuch dyniowy miał statystycznie istotny wpływ na wartość pH mierzoną po 45 minutach i 24 godzinach od uboju w mięsie combra. Najwyższą wartością tego parametru cechowało się mięso królików z grupy kontrolnej – 6,715 (w górnej granicy normy). Zauważono, że wraz ze zwiększającym się udziałem makuchu w dawce pokarmowej wartość pH ulegała obniżeniu 6,601 i 6,504. Nie wykazano natomiast, aby grupy doświadczalne różniły się istotnie między sobą.

Dodatek makuchu z pestek dyni wpłynął również na barwę mięsa króliczego po 24 godzinach od uboju. Mięso zwierząt z grupy D2 odznaczało się istotnie wyższą (60,27) średnią wartością składowej barwy L* w stosunku do mięsa królików z grupy kontrolnej (56,18). Wykazano również statystycznie istotne różnice w wartości składowej barwy czerwonej (a*). Najwyższą średnią wartość tego parametru stwierdzono w mięsie grupy D1 (9,068), z kolei najniższą w grupie D2 (7,090).

W mięśni dwugłowym uda wykazano, podobną jak w przypadku mięśnia najdłuższego lędźwi zależność, gdzie wraz ze zwiększającym się udziałem makuchu w dawce pokarmowej spadała wartość pH. Stwierdzono, że średnia wartość kwasowości mięsa królików z grupy kontrolnej mierzona 24 godziny po uboju była wyższa (5,969) niż podawane w literaturze wartości referencyjne dla tego gatunku (5,60-5,90), co może świadczyć o obniżonej wartości technologicznej tego surowca.

Dodatek makuchu z pestek dyni wpłynął również istotnie na składową L* barwy mięśnia dwugłowego uda zmierzoną 24 godziny po uboju. Najniższą średnią wartością tego parametru, a tym samym najciemniejszym mięsem cechowały się zwierzęta z grupy D1 (54,51), natomiast najjaśniejszym z grupy żywionej 10% dodatkiem makuchu (56,99).

Tabela 21. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na kwasowość i barwę mięśni: najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) i dwugłowego uda (*m. biceps femoris*) (średnia \pm SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value	Normy
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10		
<i>m. longissimus lumborum</i>					
pH ₄₅	6,715 \pm 0,04 ^a	6,601 \pm 0,05 ^{ab}	6,504 \pm 0,03 ^b	0,006	6,10-6,80
pH ₂₄	5,733 \pm 0,27 ^a	5,588 \pm 0,03 ^b	5,563 \pm 0,02 ^b	0,000	5,60-5,90
L* ₄₅	60,82 \pm 0,63	62,71 \pm 0,98	62,97 \pm 0,92	0,172	
a* ₄₅	6,562 \pm 0,65	6,590 \pm 0,61	5,260 \pm 0,80	0,313	
b* ₄₅	3,871 \pm 0,62	4,474 \pm 0,43	3,875 \pm 0,61	0,684	
L* ₂₄	56,18 \pm 1,62 ^b	59,29 \pm 1,45 ^{ab}	60,27 \pm 0,69 ^a	0,090	
a* ₂₄	8,578 \pm 0,85 ^{ab}	9,068 \pm 0,46 ^a	7,090 \pm 0,29 ^b	0,062	
b* ₂₄	6,750 \pm 0,38	6,929 \pm 0,41	6,130 \pm 0,30	0,286	
<i>m. biceps femoris</i>					
pH ₄₅	6,791 \pm 0,04 ^a	6,714 \pm 0,05 ^{ab}	6,554 \pm 0,06 ^b	0,012	6,10-6,80
pH ₂₄	5,969 \pm 0,05 ^a	5,695 \pm 0,06 ^b	5,679 \pm 0,03 ^b	0,000	5,60-5,90
L* ₄₅	53,54 \pm 0,67	54,85 \pm 0,36	55,16 \pm 0,52	0,091	
a* ₄₅	4,020 \pm 0,41	4,369 \pm 0,54	4,016 \pm 0,29	0,801	
b* ₄₅	2,739 \pm 0,43	3,499 \pm 0,41	2,994 \pm 0,34	0,401	
L* ₂₄	55,17 \pm 0,97 ^{ab}	54,51 \pm 0,62 ^b	56,99 \pm 0,58 ^a	0,068	
a* ₂₄	6,337 \pm 0,42	6,058 \pm 0,34	5,618 \pm 0,61	0,561	

b* ₂₄	5,083±0,44	5,010±0,31	4,848±0,43	0,914	
------------------	------------	------------	------------	-------	--

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

Ragab i wsp. (2013) zbadali wpływ mieszanki paszowej dla królików uzupełnionej olejem z pestek dyni (5g/kg paszy) lub olejem z nasion czarnuszki siewnej (5g/kg paszy), lub też mieszanką tych olei (po 2,5g/kg paszy) na zdrowotność zwierząt oraz cechy ich tuszek. Nie stwierdzili negatywnego wpływu tych dodatków na wartość pH mięsa, barwę, kruchość i zdolność zatrzymywania wody.

Bianchi i wsp. (2006) przetestowali wpływ 8% dodatku siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*) do paszy dla królików na kwasowość i barwę mięśnia combra. Badacze wykazali, że siemię lniane istotnie zwiększało wartość parametru a* zmierzoną po 24 godzinach od uboju. Pozostałe cechy nie różniły się istotnie między grupami. Mięso zwierząt z cytowanego eksperymentu charakteryzowała bardzo wysoka wartość pH₂₄ (6,16 i 6,19), która może świadczyć o dużym stresie przedubojowym.

Volek i wsp. (2018) wykazali, że 7% dodatek łuskanych nasion łubinu białego (*Lupinus albus* L.), mający zastąpić komercyjnie wykorzystywaną w mieszankach paszowych podawanych królikom śrutę sojową nie wpłynął w sposób znaczący na kwasowość mięsa i składowe jego barwy.

Mattioli i wsp. (2020) zastosowali w żywieniu królików gęstwą drożdżową, będącą pozostałością po procesie fermentacji drożdżowej i składającą się w około 40 – 70% z białka. Pierwsza grupa doświadczalna otrzymywała 2% dodatek liofilizowanej gęstwy drożdżowej, druga 3% dodatek ekstrudowanego siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*), a trzecia mieszankę komponentów wykorzystanych w żywieniu dwóch poprzednich grup. Badania nie wykazały wpływu badanych dodatków na pH mięsa króliczego.

Z kolei Antunović i wsp. (2018) podawali 70 - dniowym jagniętom jedną z trzech diet, kontrolną i dwie doświadczalne: pierwszą, w której 10% śruty sojowej zastąpiono 10% dodatkiem makuchu z pestek dyni i drugą, gdzie 15% soi zastąpiono 15% tego dodatku. Jak podają autorzy, włączenie zarówno 10 jak i 15% dodatku makuchu z pestek dyni do żywienia jagniąt nie miało istotnego wpływu na barwę ich mięsa.

Powyższy przegląd literatury nie wskazuje na znaczący wpływ stosowanych dodatków białkowych na kwasowość i barwę mięsa królików, w przeciwieństwie do wykorzystanego

w niniejszym doświadczeniu makuchu z pestek dyni, który istotnie poprawił pH mięsa poprzez jego obniżenie, jak również wpłynął pozytywnie na składowe barwy mięsa.

Tekstura mięsa

Parametry tekstury, podobnie jak cechy sensoryczne, są dla konsumenta jednymi z najważniejszych wskaźników jakości mięsa. Tekstura mięsa może zależeć od wielu czynników, są to między innymi rasa i płeć zwierzęcia, jego wiek, sposób żywienia, występujący stres przedubojowy, a także metody postępowania z pozyskanym mięsem, do których zalicza się warunki jego przechowywania i chłodzenia (Kozioł i wsp., 2017). Pomiaru parametrów tekstury mięsa, do których należą siła cięcia, twardość, spójność, sprężystość i żujność można dokonać z wykorzystaniem metod subiektywnych, do których zaliczana jest ocena sensoryczna mięsa. Jednak częściej stosuje się metody instrumentalne wykorzystujące aparaturę naukową, której zastosowanie daje obiektywną ocenę badanych parametrów oraz możliwość porównania otrzymanych wyników z wartościami jakie uzyskali naukowcy w innych ośrodkach badawczych (Pałka i wsp., 2018).

W doświadczeniu własnym zbadano wpływ makuchu z pestek dyni na wartość parametrów tekstury mięśnia najdłuższego łądźwi (*m. longissimus lumborum*). Tabela 22. przedstawia średnie wartości dla parametrów takich jak: siła cięcia, twardość, spójność, sprężystość i żujność oraz wyciek termiczny. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że dodatek makuchu z pestek dyni wpływał istotnie na siłę cięcia, najwyższa wartość tej cechy dotyczyła mięsa zwierząt z grupy D1, z kolei jej statystycznie najniższa wartość charakteryzowała mięso królików z grupy kontrolnej. Najwyższą miarę twardości odnotowano w mięsie królików żywionych 5% dodatkiem makuchu z pestek dyni. Wartość ta była istotnie wyższa w porównaniu z mięsem królików z grupy kontrolnej. Najniższa wielkość spójności i żujności została zmierzona w mięsie combra królików z grupy kontrolnej, a najwyższa z grupy D1. Nie wykazano wpływu dodatku makuchu z pestek dyni na sprężystość mięsa oraz na wyciek termiczny.

Tabela 22. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na wyciek termiczny, siłę cięcia i profilową analizę tekstury mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) (średnia ± SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
Siła cięcia (kg)	0,967±0,08 ^a	1,661±0,16 ^b	1,524±0,11 ^b	0,001
Twardość (kg)	8,753±0,85 ^a	13,268±0,1,39 ^b	10,897±1,26 ^{ab}	0,040
Spójność	0,414±0,01 ^a	0,487±0,01 ^b	0,458±0,01 ^b	0,000
Sprężystość	0,488±0,02	0,537±0,01	0,504±0,01	0,086
Żujność (kg)	1,871±0,27 ^a	3,731±0,57 ^b	2,704±0,42 ^{ab}	0,021
Wyciek termiczny (%)	16,906±2,46	22,287±0,66	18,452±1,536	0,092

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

W literaturze tematu spotkano się z bardzo różnymi wartościami parametrów tekstury mięsa króliczego. Arino i wsp. (2006) i Pla (2008) podają średnią wartość siły cięcia na poziomie 3,6 kg/cm², twardości 11,7 kg, spójności 0,5, żujności 2,7 kg. Pałka i wsp. (2021a) stwierdzili w mięśni najdłuższym lędźwi, u rasy popielniańskiej białej ubijanej w wieku 84 dni przy masie ciała 2,6 kg, średnie wartości siły cięcia na poziomie 1,8 kg, twardości 10,78 kg, sprężystości 0,47 i żujności 2,23 kg. W pracy Gil i wsp. (2006) wartość siły cięcia wynosiła od 3,48 kg/cm² do 3,84 kg/cm² i była wyższa niż uzyskana w badaniach własnych. Twardość mięsa przyjęła wartości w granicach 8,10-9,79 kg, żujność od 1,46-1,98 kg, sprężystość od 0,40 do 0,42, a spójność od 0,44 do 0,47.

Wielu naukowców badało wpływ różnych dodatków paszowych na wyciek termiczny i parametry tekstury mięsa króliczego.

Bianchi i wsp. (2006) wykazali, że siemię lniane (*Linum usitatissimum*) (80 g/kg paszy) podobnie jak makuch z pestek dyni nie wpływa istotnie na wyciek termiczny.

Dodatek pachnotki bazyliowatej (*Perilla frutescens* L.) w ilości 5 i 10% do dawki pokarmowej dla królików wykorzystany w doświadczeniu Peiretti i wsp. (2011) nie wpłynął istotnie na wyciek termiczny, jak również na parametry siły cięcia.

Wang i wsp. (2024) zastosowali w żywieniu królików dodatek w postaci nasion róży kasztanowej (*Rosa roxburghii* Tratt), będący produktem ubocznym powstałym w trakcie procesu wytwarzania soku z owoców tej rośliny. Utworzono grupę kontrolną i trzy grupy badawcze, żywione 120, 240 lub 360 mg tych nasion na 1 kg paszy. Badania nie wykazały, aby zastosowany dodatek wpłynął istotnie na wyciek termiczny. Zauważono jednak istotny wpływ 240 i 360 mg nasion róży kasztanowej w paszy na siłę cięcia badanego mięsa. W grupie trzeciej i czwartej wartość tego parametru była istotnie wyższa w stosunku do grupy drugiej i kontrolnej.

Pałka i wsp. (2023) zastosowali 1% dodatek nasion kopru włoskiego (*Foeniculum vulgare* Mill.), jako komponentu będącego zarówno źródłem białka jak i substancji biologicznie czynnych mogących wpłynąć pozytywnie na zdrowotność zwierząt. Zbadali również jego wpływ na parametry tekstury mięsa. Wykazano, że dodatek nasion kopru włoskiego obniżył wartość parametrów siły cięcia i sprężystości w stosunku do grupy kontrolnej, jak również zwiększył twardość mięsa. Na pozostałe parametry tekstury dodatek ten nie miał znaczącego wpływu. Badany w niniejszej pracy makuch z pestek dyni zwiększył wartość siły cięcia, twardość, spójność i żujność mięśnia najdłuższego łądźwi (*m. longissimus lumborum*), jednak uzyskane wyniki nie odbiegały od danych literaturowych.

Skład chemiczny mięsa

Mięso królicze ze względu na swój korzystny skład chemiczny, niską zawartość tłuszczu i cholesterolu oraz wysoki udział łatwo przyswajalnego białka o bardzo dobrym składzie aminokwasowym jest produktem często wybieranym przez osoby stosujące diety odchudzające, starsze i schorowane oraz dzieci stanowiąc dla nich jeden z pierwszych stałych pokarmów (Dalle Zotte i Szendrő, 2011). Należy wspomnieć również o tym, że jest to jedno z niewielu mięs, które nie alergizuje.

Tabela 23. przedstawia wpływ makuchu z pestek dyni na skład chemiczny mięśnia najdłuższego łądźwi (*m. longissimus lumborum*) i mięśnia dwugłowego uda (*m. biceps femoris*). Przeprowadzone doświadczenie nie wykazało, aby dodatek żywieniowy wpływał istotnie na zawartość suchej masy, białka całkowitego i tłuszczu całkowitego w badanym mięsie. Najwyższą, choć nie potwierdzoną statystycznie wartość suchej masy i białka całkowitego stwierdzono w grupie K, natomiast tłuszczu całkowitego w mięśniu najdłuższym łądźwi w grupie D2 i mięśniu dwugłowym uda grupy K.

Tabela 23. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na skład chemiczny mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) i dwugłowego uda (*m. biceps femoris*) (%) (średnia ± SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
<i>m. longissimus lumborum</i>				
Sucha masa	32,397±0,97	30,238±0,75	29,397±0,87	0,070
Białko całkowite	21,009±1,58	19,277±1,87	20,316±2,73	0,203
Tłuszcz całkowity	0,895±0,06	0,995±0,03	1,015 ±0,00	0,000
<i>m. biceps femoris</i>				
Sucha masa	38,041±2,23	31,879±0,85	33,364±02,14	0,080
Białko całkowite	23,120±1,93	21,217±0,27	19,168±0,72	0,100
Tłuszcz całkowity	1,015±0,01	0,990±0,01	0,996 ±0,02	0,335

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

SEM- błąd standardowy średniej.

W doświadczeniu przeprowadzonym przez Volek i Mauronka (2011) również nie wykazano wpływu stosowanego dodatku, jakim były nasiona łubinu białego (*Lupinus albus* L.) (120 g/kg paszy) na skład chemiczny mięśnia tylnej nogi.

Doświadczenie przeprowadzone przez Volek i wsp. (2018) potwierdza, że zastąpienie śruty sojowej 7% dodatkiem łuskanego łubinu białego (*Lupinus albus* L.) nie wpływa na skład chemiczny mięśni tylnej nogi.

Do podobnych wniosków doszli Kouba i wsp. (2008), którzy testowali komercyjny preparat Croquelin® (60 g/kg paszy). Badacze nie odnotowali wpływu suplementu zawierającego w swoim składzie 50% siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*) na skład chemiczny mięśni tylnej nogi i combra.

Mattioli i wsp. (2020) podzielili biorące udział w doświadczeniu króliki na trzy grupy badawcze. Pierwsza otrzymywała 2% dodatek gęstwy drożdżowej, druga 3% dodatek siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*), a trzecia 2% dodatek gęstwy drożdżowej i 3% dodatek siemienia lnianego. Doświadczenie nie wykazało, aby badane pasze wpłynęły w sposób istotny na skład chemiczny mięśnia combra.

W przeprowadzonych doświadczeniach, gdzie w mieszankach paszowych dla królików wykorzystywano różne dodatki żywieniowe, stwierdzono, że nie wpływają one istotnie na zawartość suchej masy, białka całkowitego i tłuszczu całkowitego w badanym mięsie. Podobnie zastosowany w doświadczeniu makuch z pestek dyni nie wpłynął negatywnie na skład chemiczny badanego mięśnia.

Profil aminokwasowy mięsa

Mięso królicze ze względu na swoje prozdrowotne właściwości jest często polecane przez dietetyków. Zawdzięcza to przede wszystkim niskiej zawartości cholesterolu i sodu, jak również obecności łatwo przyswajalnego białka o wysokiej wartości biologicznej, posiadającego w swoim składzie wysoką zawartość lizyny (2,12 g/100 g), aminokwasów siarkowych (1,10 g/100 g), treoniny (2,01 g/100 g), waliny (1,19 g/100 g), izoleucyny (1,15 g/100 g), leucyny (1,73 g/100 g), i fenyloalaniny (1,04 g/100 g) (Hernandez i Dalle Zotte, 2010). Szkucik i Libelt (2006) wykazali, że mięso królicze, w porównaniu do innych gatunków zwierząt gospodarskich jest bogatsze w lizynę, treoninę, leucynę i fenyloalaninę.

Tabela 24. przedstawia profil aminokwasowy mięśnia najdłuższego grzbietu (*m. longissimus lumborum*). Wykazano istotny wpływ makuchu z pestek dyni na zawartość niektórych aminokwasów w mięsie króliczym. Istotnie większa zawartość seryny, kwasu glutaminowego, cysteiny i metioniny została odnotowana w mięsie zwierząt z grupy żywionej 5% dodatkiem makuchu z pestek dyni. Natomiast w grupie otrzymującej 10% dodatek badanego makuchu wykazano podniesienie poziomu lizyny w stosunku do pozostałych grup badawczych, alaniny w porównaniu z grupą kontrolną oraz treoniny w stosunku do grupy D1. Najwyższa średnia zawartość tryptofanu cechowała mięso combra zwierząt z grupy D1, a najniższa z D2. Wszystkie badane grupy różniły się między sobą istotnie pod względem zawartości histydyny w mięsie. Najmniej tego aminokwasu wystąpiło w mięsie zwierząt żywionych paszą o 5% udziale makuchu dyniowego, a najwięcej w mięsie królików z grupy kontrolnej. Zaobserwowano istotne obniżenie zawartości tyrozyny, fenyloalaniny i argininy w mięsie królików z grupy D1 w porównaniu z mięsem królików należących do pozostałych grup. W grupie żywionej 10% dodatkiem makuchu z pestek dyni wykazano istotnie najwyższą sumę aminokwasów spośród wszystkich badanych grup, w mięsie zwierząt z grupy D1 była ona najniższa. Suma aminokwasów egzogennych była zbliżona w grupie kontrolnej i grupie D2, istotne obniżenie ich poziomu stwierdzono przy zastosowaniu 5% dodatku badanego makuchu.

Tabela 24. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na profil aminokwasów w mięśniu najdłuższym łądźwi (*m. longissimus lumborum*) (g/kg próby) (średnia ± SEM)

Aminokwas	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
Seryna	8,192±0,19 ^a	9,151±0,33 ^b	8,218±0,15 ^a	0,012
Kwas asparaginowy	21,930±0,27	22,118±0,32	21,307±0,30	0,149
Treonina	9,972±0,13 ^{ab}	9,479±0,18 ^a	10,168±0,16 ^b	0,014
Kwas glutaminowy	32,588±0,31 ^a	36,103±0,95 ^b	32,999±0,55 ^a	0,001
Prolina	8,032±0,20	7,975±0,21	7,524±0,20	0,178
Glicyna	10,775±0,17	10,716±0,37	9,954±0,18	0,056
Alanina	11,666±0,17 ^a	12,215±0,16 ^{ab}	12,443±0,15 ^b	0,007
Walina	11,399±0,18	10,826±0,14	11,337±0,32	0,170
Izoleucyna	10,456±0,18	10,202±0,14	10,478±0,24	0,528
Leucyna	17,482±0,21	17,161±0,23	17,488±0,19	0,467
Tyrozyna	12,026±0,32 ^a	10,189±0,21 ^b	12,336±0,29 ^a	0,000
Fenylalanina	9,299±0,22 ^a	8,128±0,16 ^b	9,028±0,14 ^a	0,000
Histydyna	9,817±0,22 ^a	6,256±0,18 ^b	8,968±0,29 ^c	0,000
Lizyna	21,627±0,19 ^{ab}	18,342±0,40 ^a	24,005±2,44 ^b	0,032
Arginina	16,805±0,41 ^a	13,973±0,41 ^b	18,111±0,45 ^a	0,000
Cysteina	2,561±0,05 ^a	2,770±0,04 ^b	2,475±0,03 ^a	0,000
Metionina	6,278±0,10 ^a	6,841±0,11 ^b	6,36±0,13 ^a	0,003
Tryptofan	2,916±0,07 ^a	3,586±0,08 ^b	2,386±0,17 ^c	0,000
Suma aminokwasów egzogennych	116,051±0,91 ^a	104,794±1,75 ^b	118,061±3,01 ^a	0,000
Suma wszystkich aminokwasów	223,821±1,64 ^{ab}	216,031±3,44 ^b	225,317±2,74 ^a	0,049

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

W mięśniu dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) (tabela 25) w grupie D1 stwierdzono istotny wzrost zawartości seryny, jak również obniżenie poziomu tyrozyny, fenyloalaniny, lizyny i argininy w porównaniu z grupą kontrolną i grupą D2. Najwyższy udział histydyny w profilu aminokwasowym odnotowano w grupie kontrolnej, a najniższy w grupie żywionej paszą z 5% dodatkiem makuchu. Również w grupie kontrolnej wykazano najwyższy udział metioniny, natomiast najniższy w grupie D2. W przypadku pozostałych aminokwasów nie odnotowano istotnych statystycznie różnic. Podobnie jak w przypadku mięśnia combra, stwierdzono także istotne obniżenie poziomu aminokwasów egzogennych w grupie D1 w stosunku do pozostałych grup żywieniowych. Zależność ta została także wykazana w przypadku sumy wszystkich badanych aminokwasów.

Tabela 25. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na profil aminokwasów w mięśniu dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) (g/kg próby) (średnia \pm SEM)

Aminokwas	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
Seryna	7,927 \pm 0,040 ^a	9,100 \pm 0,38 ^b	8,229 \pm 0,20 ^a	0,056
Kwas asparaginowy	21,8720 \pm 0,62	20,898 \pm 0,35	20,601 \pm 0,49	0,190
Treonina	9,600 \pm 0,23	8,931 \pm 0,16	9,693 \pm 0,32	0,074
Kwas glutaminowy	34,299 \pm 1,37	31,931 \pm 0,72	31,641 \pm 0,85	0,150
Prolina	8,303 \pm 0,24	8,042 \pm 0,13	8,113 \pm 0,20	0,632
Glicyna	11,635 \pm 0,37	10,652 \pm 0,23	11,251 \pm 0,20	0,116
Alanina	11,798 \pm 0,30	11,357 \pm 0,19	12,141 \pm 0,24	0,097
Walina	10,954 \pm 0,22	10,233 \pm 0,20	10,872 \pm 0,23	0,049
Izoleucyna	9,826 \pm 0,20	9,368 \pm 0,22	9,754 \pm 0,21	0,274
Leucyna	16,992 \pm 0,35	16,001 \pm 0,28	16,291 \pm 0,30	0,086
Tyrozyna	10,770 \pm 0,23 ^a	8,709 \pm 0,39 ^b	11,080 \pm 0,27 ^a	0,000
Fenyloalanina	8,660 \pm 0,19 ^a	7,289 \pm 0,20 ^b	8,420 \pm 0,20 ^s	0,000
Histydyna	7,334 \pm 0,34 ^a	5,766 \pm 0,41 ^b	6,958 \pm 0,30 ^{ab}	0,011
Lizyna	20,479 \pm 0,64 ^a	16,519 \pm 0,47 ^b	21,168 \pm 0,38 ^a	0,000
Arginina	16,713 \pm 0,48 ^a	12,440 \pm 0,96 ^b	15,521 \pm 0,65 ^a	0,000
Cysteina	2,583 \pm 0,06	2,529 \pm 0,10	2,364 \pm 0,03	0,087
Metionina	6,502 \pm 0,10 ^a	6,023 \pm 0,20 ^{ab}	5,899 \pm 0,11 ^b	0,014

Tryptofan	2,866±0,18	3,116±0,20	2,660±0,13	0,189
Suma aminokwasów egzogennych	109,926±2,28 ^a	95,686±2,36 ^b	107,236±2,26 ^a	0,000
Suma wszystkich aminokwasów	219,113±4,10 ^a	198,904±2,96 ^b	212,656±4,45 ^a	0,003

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

Prowadzone od wielu lat badania mające na celu określenie optymalnego wieku ubojowego królików ras mięsnych wskazują, że najbardziej wartościowe i najlepsze jakościowo mięso uzyskuje się od zwierząt ubijanych w wieku od 84. do 90. dnia życia (Trocino i wsp., 2001; Vachkova i wsp., 2010).

Bivolarski i wsp. (2011) wykazali również, że wpływ na jakość pozyskanego produktu a przede wszystkim na skład aminokwasowy białek i tym samym jego wartość biologiczną, ma wiek odsadzenia młodych od matki. Według ich badań mięso pozyskane od królików odsadzonych w 35. dniu życia odznaczało się wyższą wartością biologiczną białka ze względu na wyższą zawartość aminokwasów zasadowych (lizyny, histydyny, argininy) i aminokwasów rozgałęzionych (leucyny, izoleucyny, waliny) w stosunku do młodych odsadzonych w 21. dniu życia.

Obecnie prowadzi się wiele badań dotyczących określania wpływu stosowanych w żywieniu królików dodatków paszowych na skład białek ich mięsa. Imbabi i wsp. (2021) zastosowali butylowany hydroksyanizol, związek zaliczany do przeciwutleniaczy, w ilości 50, 100 i 150 mg/kg paszy. W badaniu wykazali wyraźny wzrost w mięśniach kwasu asparaginowego, seryny, waliny i metioniny przy stosowaniu dawki pokarmowej wzbogaconej w 100 mg badanej substancji.

Matusevičius i wsp. (2006) wykorzystali w swoim doświadczeniu probiotyk BIOPLUS 2B[®] (400 mg/kg paszy), jednak nie wykazali, aby wpłynął on znacząco na profil aminokwasowy mięsa królików.

Simonová i wsp. (2010) zbadali wpływ dodatków roślinnych, takich jak ekstrakty z szafalii lekarskiej (*Salvia officinalis* L), oregano (*Origanum vulgare* L.) i żeń-szenia syberyjskiego (*Eleutherococcus senticosus*). Każdy dodatek był użyty w ilości 15 mg/kg paszy.

Stężenie aminokwasów egzogennych było niższe we wszystkich grupach badawczych w stosunku do grupy kontrolnej. Zwiększeniu uległa natomiast zawartość aminokwasów endogennych. Stosowane dodatki nie wpłynęły w sposób negatywny na skład białek mięsa króliczego.

Zastosowany w niniejszym doświadczeniu dodatek żywieniowy wpłynął istotnie na profil aminokwasów w mięśni najdłuższym łądźwi i mięśni dwugłowym uda. Oprócz zmian w poziomie poszczególnych aminokwasów zauważono istotne obniżenie zawartości wszystkich badanych aminokwasów jak również aminokwasów egzogennych w białku mięsa królików otrzymujących paszę z 5% dodatkiem makuchu z pestek dyni. Wartości te nie wpłynęły jednak istotnie na całkowitą zawartość białka w mięsie przedstawioną w tabeli 23.

Profil kwasów tłuszczowych mięsa

Mięso czerwone oraz produkty powstałe w wyniku jego przetwórstwa pomimo obecności wielu wartościowych substancji odżywczych często postrzegane są jako produkty niezdrowe, kaloryczne, bogate w nasycone kwasy tłuszczowe, cholesterol i sól (Dalle Zotte i Szendrő, 2011). Konsumenci częściej sięgają po zdrowszą alternatywę, tak zwane „mięsa białe”, do których zalicza się drób, ryby, owoce morza i mięso królicze (Para i wsp. 2015).

Mięso królicze cechuje się korzystnym profilem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych z przewagą wielonienasyconych, których 60% stanowią kwasy oleinowy (C18:1) i linolowy (LA, C18:2 n-6) (Siudak i Kowalska, 2024). Kwas oleinowy (C18:1), będący przedstawicielem jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA), wykazuje właściwości przeciwmiażdżycowe oraz wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego, jak również jego frakcji LDL we krwi (Zymon i Strzetelski, 2010). Kwas linolowy (LA, C18:2 n-6) stanowi niezbędny składnik diety człowieka, którego synteza nie zachodzi w organizmie, więc musi być dostarczany wraz z dietą. Bierze udział w utrzymaniu bariery wodnej naskórka, tworzeniu fotoreceptorów siatkówki oka, a po przejściu szeregu przemian biochemicznych staje się prekursorem hormonów tkankowych. Jego niedobór może powodować zmiany skórne (łuszczycę), trombocytopenię (małopłytkowość) czy zatrzymanie wzrostu (Whelan i Fritsche, 2013).

Kwas linolowy (LA, C18:2 n-6) w mięsie króliczym występuje także w formie sprzężonego kwasu linolowego (CLA), który posiada dodatkowo właściwości antyoksydacyjne, przeciwmiażdżycowe i przeciwdiabetogenne. Króliki będące zwierzętami monogastrycznymi nie są zdolne do syntezy sprzężonego kwasu linolowego (CLA), jednak

dzięki cektrofii, czyli wyjadaniu kału nocnego, są w stanie odłożyć ten kwas w mięśniach (Corino i wsp., 2007; Zhang i wsp., 2010).

Przeprowadzona analiza statystyczna wskazała na istotny wpływ makuchu z pestek dyni na profil niektórych kwasów tłuszczowych w lipidach mięśnia najdłuższego lędźwi (tabela 26). Z pozytywnych efektów testowanego dodatku można wymienić jego wpływ na zawartość kwasu linolowego (LA, C18:2 n-6). Wykazano istotny wzrost udziału tego kwasu w mięsie zwierząt otrzymujących 10% dodatek makuchu w stosunku do pozostałych grup. Stwierdzono również obniżenie poziomu kwasu margarynowego (C17:0) i stearynowego (C18:0) oraz wzrost udziału kwasów: dokozaetraenowego (C22:4 n-6) i dokozapentaenowego (C22:5 n-6) w grupie królików żywionych 5% dodatkiem makuchu dyniowego w porównaniu z grupą kontrolną i grupą D2. Makuch z pestek dyni istotnie zwiększył ogólną liczbę kwasów wielonienasyconych (PUFA) oraz kwasów z grupy n-6 w grupie D2, jak również stosunek kwasów wielonienasyconych do nasyconych.

Za negatywny można uznać wpływ zarówno 5 jak i 10% dodatku makuchu z pestek dyni na wzrost ($P \leq 0,05$) poziomu kwasu palmitynowego (C16:0) i ogólnej liczby nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA). Wraz ze wzrostem udziału badanego dodatku w dawce pokarmowej stwierdzono istotny spadek poziomu kwasów: palmitooleinowego (C16:1 n-9), finkolowego (C17:1), oleinowego trans-9 (C18:1 n-9), oleinowego trans-7 (C18:1 n-7), eikozenowego (C20:1), eikozatetraenowego (C20:4 n-3), linolenowego (C18:3 n-3) i EPA (C20:5 n-3). W grupie D1 wykazano istotne obniżenie zawartości kwasu CLA, a w grupie D2 kwasu DPA (C22:5 n-3). Dodatek żywieniowy obniżył udział wszystkich kwasów nienasyconych (UFA), jednonienasyconych (MUFA) i kwasów z grupy n-3 w lipidach mięśnia combra. Obniżeniu uległ również stosunek UFA/SFA i MUFA/SFA. Oprócz tego odnotowano istotne różnice między wszystkimi badanymi grupami w stosunku kwasów PUFA n-6/n-3. Między grupą kontrolną, a D2 wzrost ten był ponad dwukrotny.

Tabela 26. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na profil kwasów tłuszczowych w mięśniu najdłuższym łądźwi (*m. longissimus lumborum*) (g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów) (średnia ± SEM)

Kwas	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
C _{10:0}	0,115±0,017	0,109±0,014	0,114±0,012	0,946
C _{12:0}	0,131±0,014	0,144±0,012	0,156±0,014	0,438
C _{14:0}	2,135±0,099	2,282±0,122	2,304±0,090	0,475
C _{14:1}	0,129±0,017	0,154±0,019	0,140±0,029	0,754
C _{15:0}	0,537±0,017	0,508±0,011	0,535±0,023	0,005
C _{16:0}	25,25±0,516 ^a	27,88±0,734 ^b	27,36±0,325 ^b	0,031
C _{16:1n-9}	0,474±0,021 ^a	0,420±0,015 ^b	0,344±0,012 ^c	< 0,001
C _{16:1n-7}	2,413±0,226	2,944±0,261	2,621±0,318	0,389
C _{17:0}	0,585±0,023 ^a	0,499±0,016 ^b	0,538±0,019 ^{ab}	0,016
C _{17:1}	0,263±0,009 ^a	0,249±0,006 ^a	0,218±0,005 ^b	< 0,001
C _{18:0}	5,757±0,194 ^a	5,065±0,141 ^b	5,851±0,172 ^a	0,006
C _{18:1n-9}	31,05±0,551 ^a	26,47±0,621 ^b	23,02±0,471 ^c	< 0,001
C _{18:1n-7}	1,317±0,088 ^a	1,196±0,071 ^a	0,932±0,040 ^b	0,002
C _{18:2n-6}	22,02±0,426 ^a	23,54±0,519 ^a	29,67±0,804 ^b	< 0,001
C _{18:3n-3}	2,164±0,116 ^a	1,414±0,078 ^b	1,147±0,045 ^c	< 0,001
C _{18:3n-6}	0,111±0,010	0,110±0,004	0,121±0,006	0,518
CLA	0,032±0,003 ^a	0,018±0,002 ^b	0,032±0,002 ^a	< 0,001
C _{20:0}	0,109±0,005	0,101±0,004	0,102±0,006	0,537
C _{20:1}	0,358±0,024 ^a	0,249±0,014 ^b	0,187±0,009 ^c	< 0,001
C _{20:2n-6}	0,186±0,009	0,185±0,008	0,189±0,006	0,921
C _{20:3n-6}	0,278±0,040	0,326±0,027	0,242±0,026	0,187
C _{20:4n-6}	2,857±0,505	3,916±0,402	2,740±0,398	0,131
C _{20:4n-3}	0,042±0,003 ^a	0,026±0,002 ^b	0,016±0,009 ^c	< 0,001
C _{20:5n-3} (EPA)	0,099±0,020 ^a	0,084±0,008 ^a	0,040±0,005 ^b	0,009
C _{22:6n-3} (DHA)	0,052±0,008	0,070±0,008	0,053±0,009	0,241
C _{22:4n-6}	0,745±0,113 ^a	1,102±0,113 ^b	0,794±0,108 ^{ab}	0,065
C _{22:5n-6}	0,333±0,053 ^a	0,481±0,048 ^b	0,318±0,047 ^a	0,054

C _{22:5n-3}	0,445±0,077 ^a	0,449±0,049 ^a	0,216±0,029 ^b	0,008
SFA	34,62±0,726 ^a	36,58±0,845 ^b	36,95±0,350 ^b	0,046
UFA	65,01±0,702 ^a	62,91±0,857 ^b	62,69±0,323 ^b	0,038
MUFA	36,01±0,677 ^a	31,68±0,743 ^b	27,46±0,757 ^c	< 0,001
PUFA	29,00±0,867 ^a	31,23±0,536 ^a	35,23±0,955 ^b	< 0,001
PUFA n-6	26,20±0,831 ^a	29,19±0,514 ^b	33,76±0,915 ^c	< 0,001
PUFA n-3	2,802±0,069 ^a	2,044±0,043 ^b	1,472±0,046 ^c	< 0,001
UFA/SFA	1,889±0,059 ^a	1,732±0,057 ^b	1,699±0,024 ^b	0,026
MUFA/SFA	1,044±0,032 ^a	0,873±0,034 ^b	0,743±0,017 ^c	< 0,001
PUFA/SFA	0,844±0,039 ^a	0,859±0,029 ^a	0,955±0,032 ^b	0,056
PUFA n-6/n-3	9,368±0,263 ^a	14,32±0,282 ^b	22,99±0,423 ^c	< 0,001

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że dodatek makuchu z pestek dyni wpływa istotnie również na profil kwasów tłuszczowych w lipidach mięśnia dwugłowego uda (*m. biceps femoris*) (tabela 27). Wraz z rosnącym udziałem makuchu w dawce pokarmowej obniżeniu uległ poziom kwasów: linolenowego (C18:3 n-3), EPA (C20:5 n-3), palmitooleinowego (C16:1 n-9), oleinowego trans-9 (C18:1 n-9), oleinowego trans-7 (C18:1 n-7), eikozatetraenowego (C20:4 n-3) i DPA (C22:5 n-3). Podobnie zmniejszył się udział ogólnej liczby kwasów jednonienasyconych (MUFA), PUFA n-3, a także stosunek MUFA/SFA. Statystycznie istotne różnice wykazano w poziomie kwasu margarynowego (C17:0), najniższy udział tego kwasu został odnotowany w grupie D1, a najwyższy w grupie kontrolnej. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku kwasu stearynowego (C18:0). W lipidach mięsa zwierząt z grupy otrzymującej 5% dodatek makuchu z pestek dyni wykazano najniższą zawartość kwasu CLA, najwyższą natomiast w grupie żywionej 10% dodatkiem. W obydwu grupach doświadczalnych stwierdzono istotnie więcej kwasu DHA (C22:6 n-3) w stosunku do grupy kontrolnej. W grupie D2 odnotowano istotne obniżenie udziału kwasu C17:1 w stosunku do pozostałych dwóch grup.

Wraz z rosnącym udziałem makuchu z pestek dyni w paszy podawanej królikom, w lipidach badanego mięśnia zwiększyła się zawartość kwasu linolowego (LA, C18:2 n-6)

i γ -linolenowego (GLA, C18:3, n-6), jak również ogólna liczba wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) i PUFA n-6. Zwiększeniu uległ także stosunek PUFA/SFA i PUFA n-6/n-3.

Tabela 27. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na profil kwasów tłuszczowych w mięśniu dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) (g/100 g wszystkich oznaczonych kwasów) (średnia \pm SEM)

Kwas	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
C _{10:0}	0,143 \pm 0,027	0,174 \pm 0,049	0,127 \pm 0,018	0,616
C _{12:0}	0,155 \pm 0,027	0,211 \pm 0,044	0,167 \pm 0,016	0,429
C _{14:0}	2,258 \pm 0,168	2,378 \pm 0,123	2,146 \pm 0,121	0,506
C _{14:1}	0,154 \pm 0,018	0,2244 \pm 0,036	0,155 \pm 0,039	0,246
C _{15:0}	0,567 \pm 0,019	0,512 \pm 0,016	0,534 \pm 0,024	0,171
C _{16:0}	27,59 \pm 0,832	26,81 \pm 0,651	26,69 \pm 0,589	0,619
C _{16:1n-9}	0,489 \pm 0,021 ^a	0,458 \pm 0,024 ^{ab}	0,399 \pm 0,026 ^b	0,036
C _{16:1n-7}	2,741 \pm 0,227	3,615 \pm 0,3621	2,814 \pm 0,416	0,172
C _{17:0}	0,604 \pm 0,036 ^a	0,479 \pm 0,017 ^b	0,525 \pm 0,023 ^b	0,009
C _{17:1}	0,259 \pm 0,008 ^a	0,265 \pm 0,013 ^a	0,219 \pm 0,007 ^b	0,003
C _{18:0}	6,022 \pm 0,296 ^a	4,874 \pm 0,185 ^b	5,674 \pm 0,209 ^a	0,006
C _{18:1n-9}	28,01 \pm 0,949 ^a	25,21 \pm 0,489 ^b	21,10 \pm 0,549 ^c	< 0,001
C _{18:1n-7}	1,363 \pm 0,072 ^a	1,152 \pm 0,053 ^b	0,989 \pm 0,058 ^b	0,001
C _{18:2n-6}	22,25 \pm 0,698 ^a	25,93 \pm 0,458 ^b	31,19 \pm 0,856 ^c	< 0,001
C _{18:3n-3}	1,975 \pm 0,133 ^a	1,491 \pm 0,061 ^b	1,079 \pm 0,060 ^c	< 0,001
C _{18:3n-6}	0,101 \pm 0,005 ^a	0,113 \pm 0,004 ^{ab}	0,124 \pm 0,005 ^b	0,006
CLA	0,031 \pm 0,002 ^a	0,021 \pm 0,002 ^b	0,032 \pm 0,002 ^a	< 0,001
C _{20:0}	0,101 \pm 0,020	0,093 \pm 0,005	0,091 \pm 0,005	0,439
C _{20:1}	0,334 \pm 0,011	0,208 \pm 0,007	0,215 \pm 0,009	0,463
C _{20:2n-6}	0,199 \pm 0,009	0,185 \pm 0,008	0,189 \pm 0,006	0,921
C _{20:3n-6}	0,322 \pm 0,056	0,353 \pm 0,033	0,343 \pm 0,039	0,877
C _{20:4n-6}	2,656 \pm 0,537	3,915 \pm 0,383	3,304 \pm 0,5058	0,597
C _{20:4n-3}	0,045 \pm 0,003 ^a	0,031 \pm 0,001 ^b	0,019 \pm 0,001 ^c	< 0,001

C _{20:5n-3} (EPA)	0,085±0,016 ^a	0,071±0,009 ^{ab}	0,048±0,006 ^b	0,090
C _{22:6n-3} (DHA)	0,035±0,007 ^a	0,078±0,016 ^b	0,071±0,013 ^b	0,057
C _{22:4n-6}	0,764±0,142	0,985±0,115	1,060±0,154	0,305
C _{22:5n-6}	0,327±0,067	0,419±0,052	0,422±0,067	0,479
C _{22:5n-3}	0,417±0,078 ^a	0,389±0,046 ^a	0,285±0,044 ^b	0,255
SFA	37,44±1,063	35,55±0,942	35,95±0,631	0,304
UFA	62,53±1,063	64,45±0,941	64,01±0,631	0,301
MUFA	33,35±1,061 ^a	31,18±0,684 ^a	25,86±0,852 ^b	< 0,001
PUFA	29,18±0,867 ^a	31,23±0,536 ^{aa}	35,23±0,955 ^b	< 0,001
PUFA n-6	26,62±1,367 ^a	31,20±0,900 ^b	36,65±1,181 ^c	< 0,001
PUFA n-3	2,557±0,084 ^a	2,059±0,065 ^b	1,495±0,054 ^c	< 0,001
UFA/SFA	1,689±0,074	1,832±0,078	1,787±0,044	0,320
MUFA/SFA	0,898±0,041 ^a	0,885±0,039 ^a	0,719±0,023 ^c	0,002
PUFA/SFA	0,791±0,053 ^a	0,947±0,048 ^b	1,068±0,047 ^b	0,002
PUFA n-6/n-3	10,46±0,574 ^a	15,22±0,463 ^b	24,59±0,436 ^c	< 0,001

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

Jak wspomniano wyżej, w literaturze tematu nie ma prac dotyczących wpływu makuchu z pestek dyni na jakość mięsa królików w tym na zawartość w nim kwasów tłuszczowych. Nieliczne badania dotyczą drobiu, jagniąt i kóz.

Vlaicu i Panaite (2022) badali wpływ dodatku mączki z nasion dyni na wydajność nieśną i cechy jakości jaj, podając 50 - tygodniowym kurom 9% dodatek mączki z pestek dyni przez okres 6 tygodni. Stwierdzono, że dodatek ten istotnie zmniejszył średnie dzienne spożycie paszy nie wpływając znacząco na parametry użytkowe. Dodatek mączki z nasion dyni istotnie wzbogacił jaja w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, zwłaszcza α -linolenowy (ALA C18:3 n-3) z 0,21 do 0,33 i linolowy (LA, C18:2 n-6) z 18,37 do 20,65, zmniejszył ilość kwasu arachidonowego (AA C20:4 n-6) o 3,91% i stosunek kwasów n-6/n-3 z 20,36 do 17,20.

Antunović i wsp. (2018) prowadzili badania nad częściowym zastąpieniem śrutu sojowej makuchem z pestek dyni w dietach 70 - dniowych jagniąt i ich wpływem na cechy

tuszy, parametry hematologiczne krwi i profil kwasów tłuszczowych w mięsie. Grupa kontrolna dostawała standardową dietę, w grupach doświadczalnych zastąpiono 10 lub 15% śruty sojowej 10 lub 15% dodatkiem makuchu z pestek dyni. Eksperymentalny okres karmienia wynosił 30 dni. W porównaniu z grupą kontrolną stężenie kwasu linolowego (LA C18:2 n-6) w lipidach mięsa było wyższe w dietach zawierających 10% i 15% makuchu dyniowego. Podwyższona zawartość LA zwiększyła stosunek n-6 do n-3 w obu grupach eksperymentalnych w porównaniu z grupą kontrolną. Zawartość SFA ogółem, jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) i PUFA nie różniła się pomiędzy grupami. Dodatek ten nie miał negatywnego wpływu na parametry hematologiczne i cechy tuszy.

Celem pracy Klira i wsp. (2017) było określenie wpływu zastąpienia mączki sojowej w diecie kóz makuchem z pestek dyni lub ekstrudowanym siemieniem lnianym na wydajność mleczną, skład mleka oraz profil kwasów tłuszczowych w mleku. Stwierdzono, że dodatek makuchu z pestek dyni do dawki pokarmowej nie miał wpływu na sumę nasyconych kwasów tłuszczowych, całkowitą zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, zmniejszył zawartość LA (C18:2 n-6) i DPA (C22:5 n-3), natomiast zawartość EPA (C20:5 n-3) była porównywalna między grupami. Zmiany te jednak nie były znaczące, stąd pasza ta jest rekomendowana przez autorów.

Badania naukowe dotyczące żywienia królików przeprowadzone na przestrzeni ostatnich lat skupiają się w dużej mierze na poprawie profilu kwasów tłuszczowych mięsa króliczego. Istotnym celem jest zwiększenie udziału kwasów z grupy n-3, ze szczególnym uwzględnieniem kwasów EPA (C20:5 n-3) i DHA (C22:6 n-3). Tym samym dąży się do obniżenia stosunku kwasów n-6/n-3 do 5:1 (najbardziej korzystne dla zdrowia człowieka) z obecnego poziomu wynoszącego 7:1 w mięsie combra i 11:1 w mięsie tylnej nogi (Meineri i wsp., 2010; Siudak i Pałka, 2022). Wyniki tych badań są jednak bardzo zróżnicowane i wskazują, że nie wszystkie pasze mają pozytywny wpływ na profil lipidowy mięsa. Otwierają jednak możliwość dalszych badań nad zastąpieniem śruty sojowej np. mieszankami różnych roślin wysokobiałkowych, które mogą mieć pozytywny wpływ na jego jakość.

Kouba i wsp. (2008) zbadali wpływ dodatku komercyjnego preparatu Croquelin® podawanego w ilości 60 g/kg paszy dla królików zawierającego około 30 g ekstrudowanego siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*). Dodatek ten istotnie zmniejszył poziom SFA i MUFA w mięśniu combra, a także zwiększył zawartość PUFA. W grupie żywionej dodatkiem testowanego preparatu odnotowano zwiększenie poziomu kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3), DHA (C22:6 n-3), DPA (C22:5 n-3) i EPA (C20:5 n-3). Ponadto, stosunek PUFA n-6/n-3 zmniejszył się z 7,88% w grupie kontrolnej do 4,09% w grupie otrzymującej siemię lniane.

Podobnie w mięśniach tylnej nogi zwiększeniu uległ poziom kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3), EPA (C20:5 n-3) i DPA (C22:5 n-3), jak również ogólna liczba kwasów wielonienasyconych. Stosunek sumy PUFA n-6/n-3 uległ obniżeniu, podobnie jak zawartość SFA i MUFA.

Peiretti i Meineri (2008) podawali królikom nasiona chia (*Salvia hispanica* L.) w ilości 110 i 150 g/kg paszy. Olej z nasion chia jest bogaty w wielonienasycone kwasy tłuszczowe takie jak linolowy (LA, C18:2 n-6) i α -linolenowy (ALA, C18:3 n-3). Przeprowadzone badanie wykazało spadek w grupach doświadczalnych poziomu kwasów C14:0, C15:0, C16:0 i C18:1. Wysoka zawartość kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3) w podawanym dodatku wpłynęła na wzrost jego poziomu w mięśni combra. W mięsie grupy kontrolnej jego zawartość kształtowała się na poziomie 5,0 %, a w grupach doświadczalnych odpowiednio 20,9 i 25,2 %. Podobną zależność wykazano w przypadku kwasów linolowego (LA, C18:2 n-6) i arachidonowego (AA, C20:4 n-6).

Mattioli i wsp. (2020) przeprowadzili doświadczenie, mające na celu zbadanie wpływu dodatku do paszy dla królików 2% liofilizowanej gęstwy drożdżowej lub 30 g/kg paszy siemienia lnianego (*Linum usitatissimum*) lub mieszaniny tych dwóch dodatków na profil kwasów tłuszczowych mięśnia combra. Zawartość kwasów nasyconych nie różniła się między poszczególnymi grupami, ale obniżeniu uległa ogólna zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w grupach badawczych. W grupach, które otrzymywały dodatek siemienia lnianego, zauważono istotny wzrost zawartości kwasów z grupy n-3.

Dal Bosco i wsp. (2015) porównali profil kwasów tłuszczowych mięśnia combra królików otrzymujących w dawce pokarmowej 20 g dodatek kielków lucerny (*Medicago* L.) lub 20 g dodatek kielków lnu (*Linum usitatissimum*). Podawanie królikom kielków lnu wpłynęło na istotne obniżenie poziomu SFA i kwasu linolowego (LA, C18:2 n-6) oraz na blisko dwukrotne zwiększenie poziomu kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3), PUFA i PUFA n-3. Miało to istotny wpływ na zmniejszenie stosunku PUFA n-6/n-3.

Bianchi i wsp. (2006) wykorzystali siemię lniane (*Linum usitatissimum*) jako dodatek żywieniowy w paszy podawanej królikom. Zarówno siemię lniane, jak i olej lniany są znane z wysokiej zawartości PUFA n-3 w swoim składzie. Dodatek ten jest stosowany głównie w celu zwiększenia zawartości kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3) i jego pochodnych w mięsie (Siudak i Kowalska, 2024). Włączenie 8% dodatku siemienia lnianego do dawki pokarmowej królików istotnie wpłynęło na skład kwasów tłuszczowych w mięsie. Zwiększeniu uległa ogólna zawartość PUFA i PUFA n-3. Poziom kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3) wzrósł trzykrotnie w mięsie królików otrzymujących paszę eksperymentalną. Badacze

zaobserwowali również blisko trzykrotne obniżenie stosunku PUFA n-6/n-3. Stwierdzono jednak, że wyższa zawartość PUFA wiązała się ze skróceniem okresu przechowywania mięsa i większą podatnością na utlenianie lipidów.

Przedstawione wyżej badania sugerują, że nawet niewielki dodatek siemienia czy oleju lnianego do dawki pokarmowej zawierającej makuch z pestek dyni mógłby zniwelować negatywne efekty jakie wywarł on w prowadzonym doświadczeniu na profil kwasów tłuszczowych mięsa króliczego.

Pozytywne wyniki badań dotyczące obniżenia stosunku kwasów PUFA n-6/n-3 uzyskano przy skarmianiu królików nasionami łubinu białego (*Lupinus albus* L.), wysokobiałkowej rośliny strączkowej.

Volek i Marounek (2011) podawali królikom z grupy kontrolnej mączkę z nasion słonecznika w dawce 150 g/kg paszy, a w badawczej całe nasiona łubinu białego w ilości 120 g/kg paszy. Zastosowanie łubinu białego poskutkowało obniżeniem ogólnej liczby nasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie króliczym. W grupie doświadczalnej odnotowano niższą niż w kontrolnej zawartość kwasu linolowego (LA, C18:2 n-6) i eikozatrienowego (C20:3 n-6), jak również zwiększenie poziomu kwasów α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3) i EPA (C20:5 n-3) oraz obniżenie stosunku PUFA n-6/n-3.

W doświadczeniu Voleka i wsp. (2018) zastąpiono komercyjnie wykorzystywaną w mieszankach pełnoporcjowych śrutę sojową, 7% dodatkiem łuskanego łubinu białego. Badacze wykazali, że dodatek łubinu istotnie zwiększył zawartość kwasu α -linolenowego (ALA, C18:3 n-3) i MUFA w mięśniach ud króliczych, jednak obniżeniu uległ poziom kwasów eikozatrienoinowego (C20:3 n-6) i dokozatetraenowego (C22:4 n-6). Stosunek PUFA n-6/n-3 był istotnie niższy u zwierząt, których dawka pokarmowa opierała się na nasionach łubinu.

Stosowanie dodatków roślin strączkowych i nasion roślin oleistych ma zróżnicowany wpływ na profil kwasów tłuszczowych mięsa króliczego. Jedną z bardziej powtarzalnych zależności jest zwiększenie udziału PUFA n-6, co zgodnie z panującymi trendami jest efektem nie do końca pozytywnym. Diety o stosunkowo wysokim udziale SFA i stosunku PUFA n-6/n-3 ułatwiają produkcję tromboksanu A₂ (TXA₂) i hamują produkcję prostacykliny PGI₂, zwiększając w ten sposób ryzyko zakrzepicy. Badania naukowe potwierdzają natomiast, że spożywanie przez ludzi kwasów o wiązaniu n-3 ma pozytywny wpływ na zdrowie. Kwasy te mają wyraźny wpływ na obniżanie stężenia trójglicerydów we krwi, co jest wynikiem zmniejszenia w wątrobie syntezy lipoprotein o bardzo małej gęstości (VLDL, very low density lipoproteins). Powodują również zmniejszenie dostępności kwasów tłuszczowych niezbędnych do produkcji trójglicerydów (TG, triglyceride), co z kolei wynika z obniżenia wątrobowej

lipogenezy de novo. Nasileniu ulega również proces β -oksydacji kwasów tłuszczowych, obniża się aktywność enzymów wątrobowych odpowiedzialnych za syntezę TG, w zamian za co zwiększa się synteza fosfolipidów (Ulbricht i Southgate, 1991; Volek i Mauronek, 2011).

Uzyskane wyniki własne wskazują na konieczność wzbogacania pasz dla królików zawierających makuch z pestek dyni dodatkiem bogatym w wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny PUFA n-3.

Cholesterol oznaczony w mięsie

Cholesterol (TC) jest tłuszczowym związkiem chemicznym, niezbędnym do życia. Stanowi on substrat do tworzenia witaminy D, hormonów steroidowych i kwasów żółciowych. Jest składnikiem błon komórkowych, warunkujących przeżycie i prawidłowe funkcjonowanie komórek. Pochodzi on częściowo z pożywienia, ale także powstaje w organizmie, w wątrobie. Transport cholesterolu odbywa się za pomocą białek połączonych z tłuszczami, tzw. lipoprotein. Gdy organizm produkuje i pobiera z żywnością więcej cholesterolu niż zużywa, frakcja tzw. „złego” cholesterolu (LDL) odkładana jest w ścianach tętnic powodując zmiany miażdżycowe. LDL sprzyja rozwojowi chorób układu krwionośnego, takich jak choroba wieńcowa, zawał serca, udar mózgu, choroba tętnic obwodowych czy niewydolność serca. Obecnie, społeczeństwo coraz bardziej świadome zagrożeń wynikających ze spożywania dużych ilości nasyconych kwasów tłuszczowych, izomerów trans nienasyconych kwasów tłuszczowych i produktów bogatych w cholesterol, podejmuje działania prewencyjne i częściej sięga po żywność, która w ogólnym założeniu jest uważana za zdrową, niskokaloryczną i mającą obniżoną zawartość tłuszczu (Chizzolini i wsp., 1999; Dinh i wsp., 2011). W przypadku mięs przede wszystkim wybierane są mięsa białe, które w swoim składzie zawierają niewielką ilość tłuszczu i cholesterolu.

W dostępnej literaturze spotkano się z bardzo różnymi wartościami dla poziomu cholesterolu w lipidach mięsa króliczego. Kowalska (2009) w swoich badaniach podała średnią zawartość cholesterolu na poziomie 66,13 mg/100g, Polak i wsp. (2006) – 67,6 mg/100g, a Nistor i wsp. (2014) - 56,4 mg/100g. Dużo niższe wartości cholesterolu w mięsie króliczym podali Szkucik i Pyz-Łukasik (2009) bo od 32 do 50 mg/100 g tkanki mięśniowej.

W prowadzonych badaniach nie wykazano, aby badany dodatek żywieniowy zarówno w ilości 5 jak i 10% mieszanki paszowej wpłynął w sposób istotny na poziom cholesterolu w mięsie króliczym (tabela 28). Widoczna jest jednak wyraźna tendencja spadkowa w obydwu grupach doświadczalnych zarówno w mięśniu najdłuższym lędźwi (*m. longissimus lumborum*) od 4,3 do 5,2% jak i w mięśniu dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) od 4,3 do 8,2%.

Tabela 28. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na poziom cholesterolu (mg/g) w mięśniu najdłuższym lędźwi (*m. longissimus lumborum*) i dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) (średnia \pm SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
<i>m. longissimus lumborum</i>				
Cholesterol	0,601 \pm 0,03	0,575 \pm 0,03	0,570 \pm 0,03	0,083
<i>m. biceps femoris</i>				
Cholesterol	0,723 \pm 0,5	0,692 \pm 0,07	0,664 \pm 0,06	0,129

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

SEM- błąd standardowy średniej.

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 statystycznie istotnie pomiędzy grupami, nie można mówić o wpływie czynnika doświadczalnego na wartość tego parametru.

W badaniach przeprowadzonych na drobiu z wykorzystaniem mączki z pestek dyni wykazano ich istotny wpływ na zawartość cholesterolu w żółtku jaj. Vlaicu i Panaite (2022) podając 50 - tygodniowym kurom 9% dodatek mączki z pestek dyni przez okres 6 tygodni stwierdzili istotne obniżenie ilości cholesterolu w żółtku jaj (11,31%). Podobne wyniki, bo 10% spadek ilości cholesterolu w żółtku, uzyskali Martinez i wsp. (2012) podając nioskom diety zawierające 10% tej samej mączki.

Ekpo i wsp. (2019) zbadali wpływ żywienia królików częściami zielonymi dyni, będącymi produktem ubocznym powstałym w wyniku zbioru owoców tejże rośliny. Zwierzęta

zostały podzielone na trzy grupy, które otrzymywały 0, 5 i 10% badanego dodatku. Badania potwierdziły, że dodatek ten wpłynął istotnie na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego w mięsie królików, a najniższy jego poziom odnotowano w grupie trzeciej.

W literaturze spotkano się z wieloma dodatkami do paszy dla królików, które wpłynęły istotnie na spadek poziomu cholesterolu w mięsie. Mattioli i wsp. (2020) wykorzystali dwa dodatki białkowe liofilizowaną gęstwę drożdżową i siemię lniane (*Linum usitatissimum*) w żywieniu królików mięsnych. Grupa kontrolna cechowała się statystycznie najwyższym poziomem cholesterolu w mięsie, natomiast mięso zwierząt z grupy żywionej 2% dodatkiem liofilizowanej gęstwy drożdżowej wykazywało najniższy udział tego parametru.

Adeyemi i wsp. (2022) wykorzystali nasiona pnącza *Plukenetia conophora*, rośliny szerzej wykorzystywanej na terenie Afryki środkowej, jako paszę dla królików. Zwierzęta w zależności od grupy otrzymywały paszę kontrolną lub z 2,5 lub 5% dodatkiem tych nasion. Wykazano ich istotny wpływ na poziom cholesterolu w mięsie króliczym. Wraz ze wzrostem udziału dodatku żywieniowego w paszy zmniejszeniu uległa zawartość cholesterolu.

W literaturze tematu stwierdzono, że niektóre dodatki paszowe stosowane w żywieniu królików mają istotny wpływ na zawartość cholesterolu w ich mięsie. W prowadzonych badaniach w grupach doświadczalnych stwierdzono jedynie tendencje spadkowe tego parametru zarówno w mięśniu najdłuższym lędźwi (*m. longissimus lumborum*) jak i dwugłowym uda (*m. biceps femoris*).

Wyniki immunohistochemicznej analizy włókien mięśniowych

Skład włókien mięśniowych w dużej mierze warunkuje barwę mięsa. Mięso królicze, zaliczane do mięs białych, cechuje się dużą zawartością włókien typu IIB, które charakteryzują się niską zawartością mioglobiny i wysokim udziałem miofibryli (Ruusunen i Puolanne, 2004; Ryu i wsp., 2008). Szybkokurczliwe włókna glikolityczne typu IIB jako źródło energii wykorzystują głównie glikolizę beztlenową, a mięśnie z przewagą tych włókien cechuje szybszy spadek pH i jego niższa ostateczna wartość (Schiaffino i Reggiani, 1994). Włókna glikolityczne mają wyższą aktywność ATPazy miofibrylarniej, zawartość glikogenu i szybkość skurczu, co w połączeniu z niskim stężeniem mioglobiny daje jaśniejszą barwę mięsa (LeMaster i wsp., 2024). Mięsa o większej zawartości włókien typu IIB cechują się większą kruchością (Karlsson i wsp., 1993).

W tabeli 29. przedstawiono wpływ makuchu z pestek dyni na średnicę oraz procentowy udział włókien mięśniowych typu I, IIA i IIB mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) pobranego do 30 minut od momentu uboju zwierząt. Przeprowadzona analiza

statystyczna nie wykazała wpływu stosowanego dodatku żywieniowego na omawiane parametry.

Rozmiar włókien mięśniowych jest w dużej mierze zależny od rodzaju mięśnia, co może wyjaśniać brak różnic w średnicy włókien mięśniowych między analizowanymi grupami żywieniowymi. Największy procentowy udział mają włókna mięśniowe IIB, czyli włókna glikolityczne, które są charakterystyczne dla mięś białych i odpowiadają za ich jasną barwę. Nie wykazano istotnych różnic w jasności mięsa (L^*_{45}) badanych królików, jednak zauważalny był wzrost wartości składowej L^* wraz ze zwiększającym się udziałem makuchu w dawce żywieniowej zwierząt, a po 24 - godzinnym chłodzeniu, kiedy barwa mięsa uległa wyrównaniu, różnice te stały się statystycznie istotne (tabela 21).

Tabela 29. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na proporcję włókien mięśniowych typu I, IIA i IIB mięśnia najdłuższego lędźwi (*m. longissimus lumborum*) (średnia \pm SEM)

Parametr	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
\emptyset I	48,09 \pm 1,06	48,79 \pm 1,35	47,78 \pm 1,38	0,865
\emptyset IIA	50,67 \pm 1,76	49,744 \pm 0,81	50,28 \pm 1,28	0,887
\emptyset IIB	66,19 \pm 1,35	66,44 \pm 1,38	66,68 \pm 1,20	0,966
%I	5,87 \pm 0,58	6,49 \pm 0,48	6,44 \pm 0,47	0,637
%IIA	23,32 \pm 1,05	23,37 \pm 1,16	23,10 \pm 0,91	0,981
%IIB	70,81 \pm 1,30	70,14 \pm 1,32	70,46 \pm 1,20	0,930

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

I – włókna typu I (oksydacyjne, wolne, czerwone) - wybarwione na brązowo;

IIA – włókna typu IIA (oksydacyjno-glikolityczne, pośrednie) – wybarwione na niebiesko;

IIB – włókna typu IIB (glikolityczne, szybkie, białe) - brak reakcji, barwa biała;

SEM- błąd standardowy średniej.

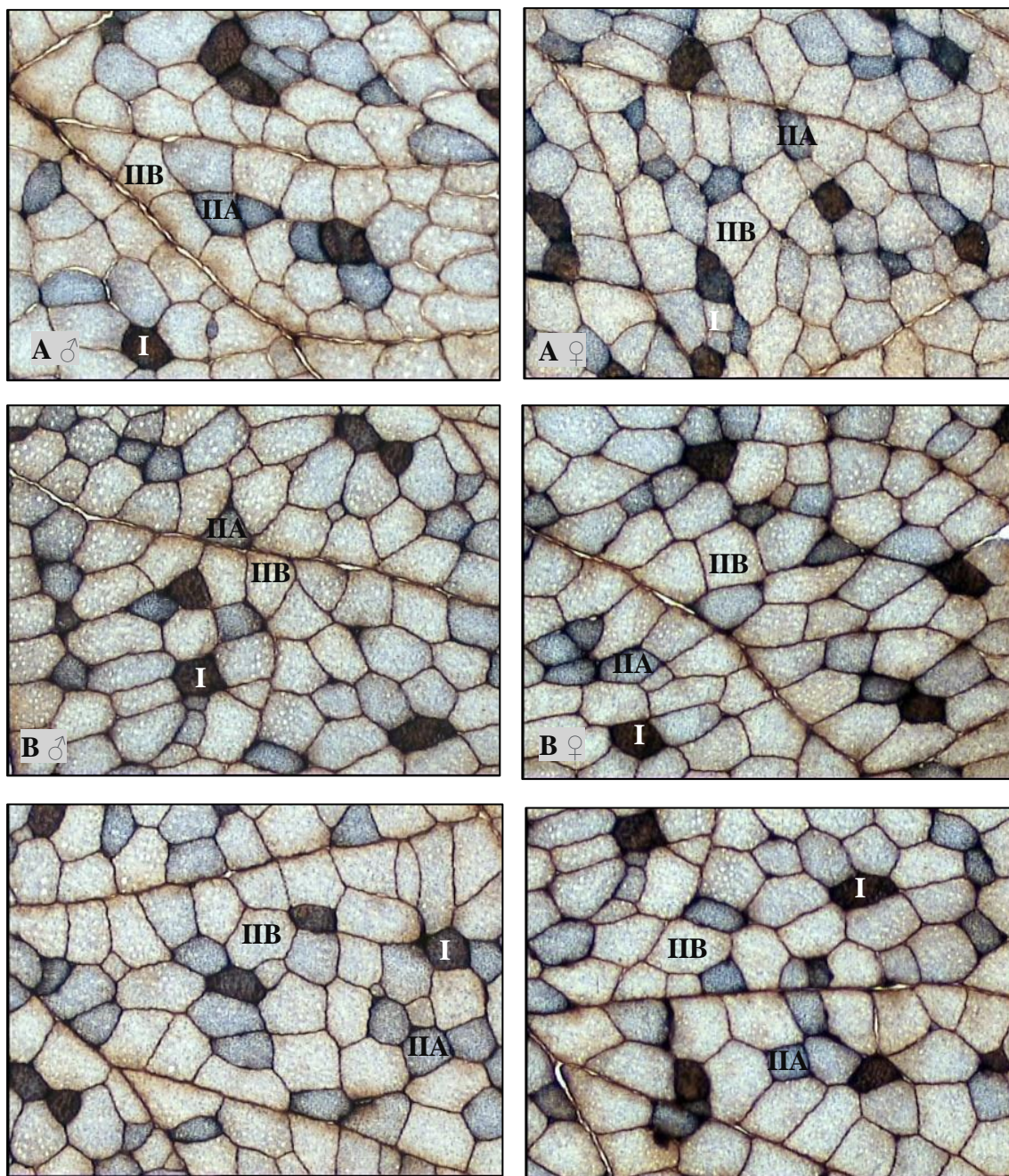
Zgodnie z doniesieniami naukowymi (Ryu i Kim, 2005), podwyższona zawartość włókien typu I, czyli włókien wolnokurczliwych, oksydacyjnych, wykorzystujących metabolizm tlenowy (LeMaster i wsp., 2024), jest dodatnio skorelowana z wartościami składowej czerwonej (a^*) barwy mięsa, co potwierdza niniejsze doświadczenie, z którego

wynika, że największy procentowy udział włókien typu I cechowało mięso zwierząt z grupy D1, również w tej grupie odnotowano statystycznie najwyższą wartość parametru a^* zmierzoną po 45 minutach od uboju.

Pałka i wsp. (2021b) zbadali wpływ dwóch dodatków żywieniowych pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica* L.) (1%) i kozieradki pospolitej (*Trigonella foenum-graecum* L.) (1%) na średnicę i procentową zawartość włókien mięśniowych u królików rasy termondzkiej białej. Badacze wykazali istotny wpływ stosowanego dodatku żywieniowego na procentowy udział włókien typu I. Najniższy udział tego typu włókien odnotowano w grupie kontrolnej, a najwyższy w grupie otrzymującej dodatek kozieradki pospolitej.

W badaniu własnym średnice wszystkich badanych włókien były większe w stosunku do cytowanego wyżej doświadczenia. W badaniach Pałki i wsp. (2021) procentowa zawartość włókien I i IIA była niższa, natomiast udział włókien typu IIB był wyższy niż przy skarmianiu zwierząt makuchem z pestek dyni. Przedstawione różnice mogą wynikać oprócz zastosowanego dodatku żywieniowego, z różnic rasowych jak i czasu pobrania próbki. W przytoczonych badaniach materiał badawczy był pobrany 24 godziny po uboju, kiedy mięso było już dojrzałe.

Rycina 1. Przekrój porzeczný *m. longissimus lumborum* królików rasy popielniańskiej białej. Grupa kontrolna (A), grupa żywiona 5% dodatkiem makuchu (B) oraz grupa żywiona 10% dodatkiem makuchu (C). Reakcja histochemiczna na aktywność dehydrogenazy NADH-TR oraz reakcja immunohistochemiczna na obecność izoformy miozyny wolnej. Włókna mięśniowe czerwone (typu I), pośrednie (typu IIA) i białe (typu IIB). Skala 100 μm .



Wyniki analizy ekspresji genów FADS2 i ACACA

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) są składnikami diety wykazującymi istotny wpływ na zdrowie człowieka, wpływając między innymi na rozwój poznawczy i motoryczny organizmu, zdrowie psychiczne, częstotliwość występowania chorób sercowo-naczyniowych oraz za odpowiedź immunologiczną organizmu w stanach zapalnych i alergiach (Glaser i wsp., 2010). Dużą rolę we wspomnianych procesach odgrywają długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe, takie jak: arachidonowy (AA, 20:4n-6), eikozapentaenowy (EPA, 20:5n-3) i dokozaheksaenowy (DHA, 22:6n-3) (Park i wsp., 2015).

Długołańcuchowe PUFA są dostarczane do organizmu wraz z pobieranym pożywieniem, ale oprócz tego mogą być metabolizowane z prekursorów w postaci kwasu linolowego (LA, 18:2n-6) i kwasu α -linolenowego (ALA, 18:3n-3) przy pomocy desaturaz i elongaz (Glaser i wsp., 2010). W desaturacji PUFA uczestniczą białka kodowane przez geny desaturaz kwasów tłuszczowych (FADS) (Koletzko i wsp., 2019). Desaturaza kwasów tłuszczowych 2 (FADS2) jest białkiem połączonym z błoną retikulum endoplazmatycznego, działającego w procesie biosyntezy długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych obejmującego naprzemienne etapy desaturacji, czyli wprowadzenia dodatkowego wiązania podwójnego i wydłużania kwasów tłuszczowych linolowego (LA, 18:2n-6) i α -linolenowego (ALA, 18:3n-3). W biosyntezie długołańcuchowych PUFA, FADS2 przekształca otrzymane wraz z pożywieniem kwasy w kwas γ -linolenowego (GLA, C18:3n-6) i kwas stearynowy (C18:0), a następnie kwas tetrakozapentaenowy (24:5n-3) w kwas tetrakozahexaenowy (24:6n-3), który jest bezpośrednim prekursorem DHA (C22:6n-3) (Bláhová i wsp., 2020).

Kolejnym białkiem odpowiedzialnym za profil kwasów tłuszczowych mięsa jest karboksylaza acetylo-CoA, będąca kluczowym enzymem, biorącym udział w biosyntezie nasyconych kwasów tłuszczowych tj. kwasu palmitynowego (C16:0) oraz długołańcuchowych kwasów tłuszczowych (Ropka-Molik i wsp., 2013). Istnieją dwa izoenzymy tego enzymu, karboksylaza acetylo-CoA- α (ACACA) i β (ACACB). Są one kodowane przez geny ACACA i ACACB. Enzym ACACA katalizuje pierwszy etap syntezy kwasów tłuszczowych w cytozolu ssaków, karboksylację acetylo-CoA do malonylo-CoA, prowadząc do biosyntezy długołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Enzym ACACB znajduje się na zewnętrznej błonie mitochondrialnej i kontroluje β -oksydację kwasów tłuszczowych poprzez blokowanie transportu kwasów tłuszczowych do mitochondriów (Matsumoto i wsp., 2012). Badania naukowe dowodzą, że zwiększona ekspresja genu ACACA jest odnotowana w wielu typach

nowotworów, między innymi raku prostaty, piersi i wątroby (Milgraum i wsp., 1997; Swinnen i wsp., 2000; Svensson i wsp., 2016).

W tabeli 30. przedstawiono wyniki analizy ekspresji genów FADS2 i ACACA u królików żywionych paszami z dodatkiem makuchu z pestek dyni. Przeprowadzona analiza wykazała wpływ dodatku żywieniowego na poziom ekspresji badanych genów. Gen FADS2 oznaczony w mięśniu najdłuższym lędźwi (*m. longissimus lumborum*) wykazywał istotnie najwyższą ekspresję u królików żywionych 10% dodatkiem makuchu dyniowego, natomiast najniższa ekspresja tego genu została odnotowana w grupie kontrolnej. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku ekspresji omawianego genu w wątrobie. Gen odpowiedzialny za syntezę wielonienasyconych kwasów tłuszczowych odznaczał się najwyższym poziomem w grupie D2 w stosunku do pozostałych grup.

Najwyższa ekspresja genu ACACA cechowała tkankę mięśniową pobraną od zwierząt z grupy kontrolnej, a statystycznie najniższą grupę żywioną 5% dodatkiem badanego makuchu. Nie wykazano natomiast statystycznie istotnych różnic w ekspresji genu ACACA w wątrobie badanych królików. Zaobserwowano jednak, że najwyższa ekspresja tego genu w wątrobie dotyczyła zwierząt z grupy kontrolnej, a najniższa z grupy D2.

Wykres 1. przedstawia porównanie ekspresji genów FADS2 i ACACA w tkance mięśniowej oraz w wątrobie królików. Zauważono, że wyższa ekspresja genu FADS2 cechuje mięśnie, natomiast wątroba odznacza się wyższym poziomem genu ACACA. W badaniach naukowych potwierdzono, że najwyższa ekspresja oraz aktywność karboksylazy acetylo-CoA występuje w tkankach zwierzęcych, związanych z procesem lipogenezy, takich jak tkanka tłuszczowa, gruczoły mlekowe podczas laktacji oraz wątroba (Barber i wsp., 2005; Badaoui i wsp., 2007).

Tabela 30. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na ekspresję genów FADS2 i ACACA w mięśniu najdłuższym lędźwi (*m. longissimus lumborum*) i wątrobie królików (średnia \pm SEM)

Gen	Grupa			p-value
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10	
Mięsień				
FADS2	26,18 \pm 3,90 ^a	29,87 \pm 3,32 ^{ab}	41,62 \pm 5,58 ^b	0,096
ACACA	6,60 \pm 1,29 ^a	3,23 \pm 0,66 ^b	5,58 \pm 0,86 ^{ab}	0,778

Wątroba				
FADS2	2,36±0,49 ^a	3,12±0,34 ^a	7,71±2,11 ^b	0,005
ACACA	203,54±53,33	129,33±25,34	81,25±33,46	0,111

Objaśnienie:

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

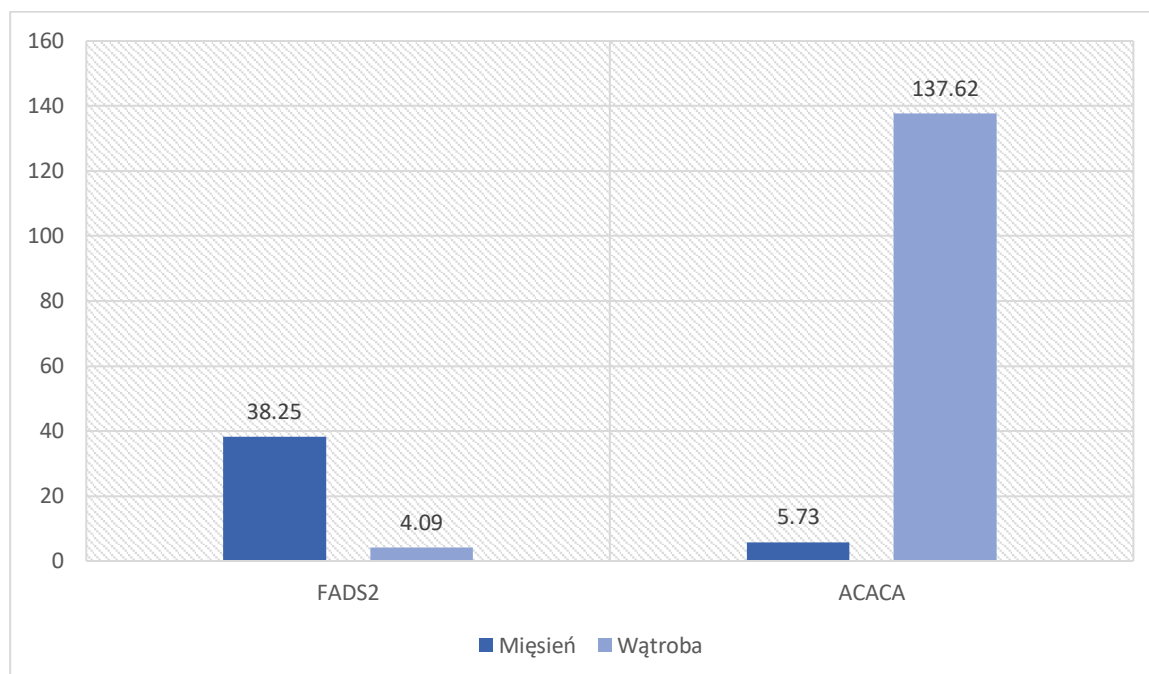
D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

SEM- błąd standardowy średniej.

Wykres 1. Porównanie aktywności genów FADS2 i ACACA w mięśniach i wątrobie królików (średnie dla trzech grup).



Badania naukowe dotyczące poziomu ekspresji genów FADS2 i ACACA nie zostały przeprowadzone do tej pory na królikach. Niewiele pozycji naukowych donosi o wpływie dodatków żywieniowych stosowanych w paszach dla zwierząt na aktywność wspomnianych genów.

Boschetti i wsp. (2016) zbadali ekspresję genów FADS1, FADS2 i SCD1 w wątrobie kurcząt wolno, średnio i szybko rosnących. Ptaki wolno rosnące cechowały się najwyższą ekspresją genów FADS1 i FADS2, czego konsekwencją była zwiększona zawartość długołańcuchowych kwasów wielonienasyconych w mięsie piersi tych zwierząt. W doświadczeniu własnym nie zauważono istotnego związku pomiędzy zwiększoną ekspresją

genu FADS2, a wyższym udziałem długołańcuchowych PUFA w mięsie króliczym. Wykazano jedynie, że w grupach otrzymujących dodatek makuchu dyniowego w paszy zwiększeniu uległ poziom kwasu DHA (C22:6 n-3) w mięśni dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) (tabela 27).

Badania przeprowadzone przez Gaey i wsp. (2010) na okoniach morskich (*Dicentrachus labrax* L.) żywionych dawką pokarmową zawierającą wyłącznie mączki rybne lub wyłącznie mączki pochodzenia roślinnego, nie wskazały na wpływ rodzaju żywienia na ekspresję genu FADS2 w wątrobie badanych ryb. Jest to sprzeczne z wynikami otrzymanymi w niniejszym doświadczeniu, ponieważ rodzaj dawki żywieniowej istotnie wpłynął na ekspresję genu FADS2 zarówno w wątrobie jak i mięsie królików.

Stachowiak i wsp. (2013) zbadali ekspresję genu ACACA w mięśni schabu (*m. longissimus dorsi*) i tłuszczu podskórnym u świń ras pietrain, duroc, polska wielka biała i polski landrace. Wykazano, że rasa wpływa istotnie na ekspresję badanego genu. Polski landrace cechuje się podwyższonym poziomem genu w tkance tłuszczowej oraz obniżoną jego ekspresją w mięśni w stosunku do pozostałych badanych ras świń. Nie zaobserwowano natomiast istotnego wpływu ekspresji genu ACACA na profil kwasów tłuszczowych mięsa.

Dervishi i wsp. (2011) zbadali wpływ systemu żywienia jagniąt na ekspresję genu ACACA w ich mięśniach. Zwierzęta zostały podzielone na cztery grupy, pierwsza była tylko wypasana na pastwisku z lucerną, druga również przebywała na wypasie, jednak otrzymywała dodatkowo suplement dla jagniąt, trzecia utrzymywana była w budynku inwentarskim, a dostęp do pastwiska miały jedynie maciorki-matki, w czwartej zarówno matki jak i jagnięta utrzymywane były w owczarni. Wykazano, że istotnie najwyższy poziom ekspresji genu ACACA cechował jagnięta z grupy trzeciej, a najniższy z grupy pierwszej.

Doświadczenie własne przeprowadzone na królikach potwierdziło, że zmiana rodzaju zadawanej paszy wpływa na ekspresję genu ACACA w ich mięśniach.

Wyniki analizy krwi króliczej

Morfologia krwi

Analiza krwi jest jednym z pierwszych badań diagnostycznych wykonywanych celem określenia stanu zdrowia zwierzęcia. Na jej wynik składa się wiele czynników, takich jak: rasa, wiek, płeć, warunki środowiskowe, w których utrzymywane jest zwierzę, ale dużą rolę odgrywa także rodzaj diety (Hur i wsp., 2005). Krew pełna obwodowa w 55% składa się z osocza, w którym zawieszono są elementy morfotyczne krwi, takie jak czerwone (erytrocyty) i białe (leukocyty) krwinki, różnicujące się na monocyty, limfocyty i granulocyty. Ważnym

elementem morfotycznym są płytki krwi (trombocyty), biorące udział w procesie krzepnięcia, a także odpowiedzialne za utrzymanie homeostazy organizmu. W krwi pełnej obecne są również sole mineralne, enzymy, białka, hormony i produkty przemiany materii (Bain, 2021). Morfologia krwi jest podstawowym badaniem umożliwiającym wczesne wykrycie wielu schorzeń, między innymi chorób autoimmunologicznych, zaburzeń odporności, stanów zapalnych, niedokrwistości, anemii czy infekcji wirusowych i bakteryjnych (Jones, 2009).

Tabela 31. przedstawia wpływ zastosowania makuchu z pestek dyni w żywieniu królików na parametry morfologii krwi badanych zwierząt. Wykazano, że dodatek ten wpływa istotnie na ogólną liczbę białych krwinek (WBC). Ich statystycznie najwyższą zawartością cechowała się krew królików z grupy D1, a najniższą z grupy kontrolnej. Zauważono również wpływ badanego makuchu na procentowy udział limfocytów i granulocytów oraz na liczbę granulocytów. Statystycznie wyższy ($P \leq 0,05$) procentowy udział limfocytów i statystycznie niższy procentowy i liczbowy udział granulocytów cechował krew królików z grupy kontrolnej w stosunku do obydwu grup doświadczalnych, pomiędzy którymi nie wykazano istotnych różnic.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała także wpływ stosowanego dodatku żywieniowego na współczynnik zmienności rozkładu objętości erytrocytów (RDWC). Statystycznie potwierdzona najwyższa wartość tego parametru została odnotowana w grupie żywionej 10% dodatkiem makuchu z pestek dyni, a najniższa w grupie kontrolnej.

Ilość płytek krwi oraz hematokryt płytkowy (trombokryt) również różniły się istotnie między poszczególnymi grupami żywieniowymi. Najwyższa wartość omawianych wskaźników została odnotowana w grupie D1, a najniższa w grupie nieotrzymującej dodatku makuchu w paszy w stosunku do podawanych norm.

Tabela 31. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na wyniki morfologii krwi króliczej (średnia \pm SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value	Normy
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10		
WBC ($10^3 \mu\text{l}$)	8,460 \pm 1,24 ^b	11,74 \pm 0,93 ^a	10,31 \pm 0,79 ^{ab}	0,089	2,0-15,0
LYM (%)	78,63 \pm 1,39 ^a	68,43 \pm 3,81 ^b	69,75 \pm 2,91 ^b	0,037	25,0-95,0
MON (%)	0,870 \pm 0,04	0,890 \pm 0,07	1,030 \pm 0,08	0,217	1,0-16,0
GRA (%)	20,66 \pm 1,37 ^b	30,66 \pm 3,80 ^a	29,18 \pm 2,83 ^a	0,041	10,0-80,0

LYM ($10^3 \mu\text{l}$)	6,600±0,93	7,980±0,65	7,090±0,49	0,398	3,4-7,9
MON ($10^3 \mu\text{l}$)	0,080±0,02	0,120±0,01	0,110±0,02	0,253	0,0-0,5
GRA ($10^3 \mu\text{l}$)	1,820±0,31 ^b	5,310±0,38 ^a	5,690±0,13 ^a	0,000	1,5-5,7
RBC ($10^6 \mu\text{l}$)	5,330±0,08	5,460±0,16	5,690±0,13	0,158	4,0-9,0
HGB (g/dl)	11,25±0,19	11,52±0,32	11,86±0,28	0,284	9,0-19,0
HCT (%)	33,06±0,53	33,86±0,97	34,95±0,72	0,229	30,0-53,0
MCV (μm^3)	62,58±0,77	62,14±0,33	61,54±0,38	0,394	60,0-80,0
MCH (pg)	21,29±0,26	21,09±0,16	21,40±0,59	0,846	16,0-30,0
MCHC (g/dl)	34,04±0,24	33,92±0,15	33,85±0,18	0,783	22,0-41,0
RDWC (%)	14,43±0,53 ^b	14,90±0,36 ^{ab}	15,70±0,24 ^a	0,087	
RDWS (μm^3)	35,19±0,99	36,71±0,95	37,11±0,85	0,321	
PLT ($10^3 \mu\text{l}$)	182,9±17,7 ^b	308,3±25,2 ^a	239,9±21,9 ^b	0,001	120-800
MPV (μm^3)	5,590±0,09	5,700±0,13	5,580±0,18	0,797	
PCT (%)	0,101±0,01 ^b	0,174±0,01 ^a	0,131±0,01 ^b	0,001	
PDW (%)	21,86±2,40	18,30±1,11	23,14±2,12	0,212	
P-LCR	4,880±0,46	4,740±0,53	4,640±0,91	0,968	12,0-42,0

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

WBC – liczba białych krwinek;

LYM – limfocyty;

MON – monocyty;

RBC – liczba czerwonych krwinek;

GRA – granulocyty;

HGB – hemoglobina;

HCT – hematokryt;

MCV - wskaźnik średniej objętości krwinki czerwonej;

MCH – wskaźnik średniej zawartości hemoglobiny w krwince;

MCHC- wskaźnik średniego stężenia hemoglobiny w krwince czerwonej;

RDWC - współczynnik zmienności rozkładu objętości erytrocytów;

RDWS – wskaźnik rozkładu objętości erytrocytów;

PLT – trombocyty;

MPV – średnia objętość płytek krwi ;

PCT – trombokryt;

PDW - wskaźnik anizocytozy (zróżnicowania wielkości) płytek krwi;

P-LCR – odsetek płytek krwi w próbce;

SEM- błąd standardowy średniej.

Wielu naukowców badając użyteczność dodatków paszowych stosowanych w żywieniu zwierząt gospodarskich, coraz częściej popiera swoje wyniki danymi dotyczącymi pozytywnego wpływu badanych dodatków na zdrowotność zwierząt.

Ibrahim i wsp. (2014) podawali królikom nasiona *Moringa peregrine* w ilości 0, 2 i 4 g/ kg paszy. Analiza krwi pełnej obwodowej wykazała, że dodatek żywieniowy istotnie zwiększył zawartość krwinek czerwonych i białych, jak również zwiększyła się ilość hemoglobiny i wskaźnik MCHC we krwi zwierząt. Obniżeniu uległ natomiast hematokryt i wskaźnik MCV.

Elwan i wsp. (2020) zastosowali 1 i 2 % dodatek ostrej czerwonej papryczki (*Capsicum Annum* L.) w żywieniu królików. Określono, że wpłynął on na morfologię krwi badanych zwierząt. Wzrostowi uległ poziom krwinek czerwonych, hemoglobiny, krwinek białych, monocytów i neutrofilii. Zauważono także istotny spadek poziomu eozynofili i bazofili.

Njidda i Isidahomen (2011) wykorzystali w żywieniu królików mączkę z nasion sezamu (*Sesamum* L.). Utworzone zostały cztery grupy żywieniowe, którym podawano kolejno 0, 4, 8 i 12 % badanego dodatku. Wraz ze wzrostem nasion sezamu w dawce żywieniowej, zwiększeniu uległa zawartość hemoglobiny we krwi i stężenie krwinek białych. W grupie żywionej 4% dodatkiem mączki zauważono spadek liczby krwinek czerwonych, jednak w dwóch pozostałych grupach doświadczalnych poziom ten uległ wyrównaniu do grupy kontrolnej. Wskaźniki MCV i MCH istotnie wzrosły w pierwszej grupie badawczej, a najniższą ich wartość odnotowano w grupie żywionej 8% dodatkiem mączki.

Abdelnour i wsp. (2023) skarmiali króliki utrzymywane w wysokich temperaturach (38 °C) dodatkiem oleju z pestek dyni w ilości 0,5, 1,0 i 2,0 ml/kg paszy. Zwierzęta otrzymujące 1 i 2 ml/kg paszy czynnika doświadczalnego miały wyższe stężenie hemoglobiny i niższą liczbę białych krwinek przez cały okres trwania doświadczenia.

Powszechnie stosowaną praktyką na wielkotowarowych fermach królików jest dawkowanie paszy zwierzętom, mające na celu ograniczenie występowania schorzeń ze strony układu pokarmowego. Campos i wsp. (2018) zbadali wpływ dawkowania paszy na parametry krwi królików. Zwierzęta zostały podzielone na dwie grupy, pierwsza żywiona była *ad libitum*, druga miała dawkowaną paszę – od 35. do 42. dnia życia króliki otrzymywały 45 g/zwierzę/dzień, a od 56. do 63. dnia 85 g/zwierzę/dzień. W grupie o dawkowanym systemie

zadawania paszy wykazano obniżenie stężenia krwinek czerwonych, hemoglobiny i hematokrytu. Pozostałe parametry nie różniły się istotnie między grupami.

Ragab i wsp. (2013) zastosowali w żywieniu królików olej z pestek dyni i nasion czarnuszki siewnej (*Nigella sativa*). Badacze utworzyli cztery grupy żywieniowe, pierwszej podawano paszę komercyjną, a pozostałym trzem paszę komercyjną wzbogaconą 5 g oleju z pestek dyni na 1 kg paszy (druga), 5 g oleju z czarnuszki siewnej na 1 kg paszy (trzecia) i mieszaninę 2,5 g oleju z pestek dyni i 2,5 g oleju z nasion czarnuszki na 1 kg paszy (czwarta). Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała wpływu badanych olejów na parametry morfologiczne krwi króliczej, w przeciwieństwie do zastosowanego we własnym doświadczeniu dodatku makuchu z pestek dyni.

Ekpo i wsp. (2019) zastosowali odpad produkcyjny powstały w wyniku zbioru dyń i składający się przede wszystkim z zielonych części roślin. Badacze żywili króliki 0, 5 i 10 % dodatkiem badanej paszy i wykazali jego istotny wpływ na parametry morfologiczne krwi króliczej. 10% dodatek łądyg zwiększył istotnie zawartość hemoglobiny i czerwonych krwinek we krwi zwierząt. Na parametry te nie wpłynął makuch dyniowy zastosowany w niniejszej pracy. Obniżeniu w grupach, którym podawano odpad poprodukcyjny uległ wskaźnik MCH i MCV, w przeciwieństwie do uzyskanych wyników własnych. Części zielone dyni nie miały wpływu na liczbę białych krwinek, natomiast przedstawione w tabeli 31. wyniki wskazują na istotny wpływ mieszanek zawierających makuch z pestek dyni na ten parametr.

Uzyskane w badaniach własnych wyniki nie odbiegają od podanych norm, mimo stwierdzonych statystycznie potwierdzonych różnic pomiędzy poszczególnymi parametrami. Zastosowany dodatek paszowy nie wpłynął negatywnie na wyniki morfologii krwi.

Biochemia krwi

Badania biochemiczne krwi opierają się na badaniu płynnej frakcji krwi – osocza i są cennym źródłem informacji o ogólnym stanie zdrowia zwierzęcia. Często mogą stanowić pierwszy krok w diagnostyce stanów patologicznych i chorób rozwijających się wewnątrz organizmu. Dla ułatwienia interpretacji zmian zachodzących w poszczególnych składnikach osocza opracowano tzw. profile oznaczeń najlepiej pasujące do poszczególnych schorzeń. Można wyróżnić między innymi profil ogólny (kontrolny), wątrobowy, nerkowy, sercowy, lipidowy, trzustkowy, kostny czy tarczycowy (Głowinska i Oler, 2013).

Tabela 32. przedstawia wyniki analizy biochemicznej krwi królików w prowadzonym doświadczeniu. Wykazano, że badany dodatek wpłynął istotnie na poziom lipazy we krwi królików. Najniższe stężenie tego enzymu zostało stwierdzone u zwierząt otrzymujących

5% dodatek makuchu, a najwyższe w grupie żywionej 10% dodatkiem makuchu. Lipaza trzustkowa jest enzymem odpowiedzialnym za hydrolizę związków tłuszczowych pobieranych wraz z pokarmem. Uczestniczy w rozkładzie trójglicerydów do glicerolu i kwasów tłuszczowych, dzięki czemu możliwe jest prawidłowe wchłanianie i wykorzystywanie tych substancji przez organizm. Podwyższony poziom lipazy trzustkowej we krwi może wskazywać na rozwój zaburzeń pracy trzustki (Schad i wsp., 2024), jednak w badaniach własnych wszystkie wartości mimo różnic w grupach mieściły się w granicach normy.

Zauważono także wpływ makuchu na poziom we krwi kreatyniny, związku organicznego będącego produktem degradacji kreatyny następującego głównie w mięśniach szkieletowych. Kreatynina usuwana jest z organizmu wraz z moczem w efekcie procesu filtracji zachodzącego w nerkach. Stężenie kreatyniny we krwi jest jednym ze wskaźników mogących świadczyć o zaburzeniach pracy nerek (Lefèvre i wsp., 2023). W doświadczeniu wykazano, że grupa otrzymująca 10% dodatek makuchu z pestek dyni cechowała się statystycznie wyższą wartością tego parametru, natomiast najniższa wartość została zanotowana w grupie kontrolnej. Średnie stężenia kreatyniny mieściły się w normach przedstawionych w omawianej tabeli.

Podobnie jak stężenie kreatyniny, również zawartość mocznika we krwi pozwala na ocenienie funkcjonowania nerek. Mocznik jest produktem cyklu mocznikowego zachodzącego w wątrobie, a następnie transportowany do nerek jest wydalany z organizmu wraz z moczem (Kamal, 2014). Makuch z pestek dyni podawany wraz z paszą wpłynął na poziom mocznika we krwi badanych królików. Najwyższy średni wynik został odnotowany u królików z grupy kontrolnej, natomiast najniższy u zwierząt z grupy D1. Średnie wartości mocznika w grupach otrzymujących makuch dyniowy były niższe niż te podane w normach ustalonych dla królików, co może świadczyć o wzmożonym oddawaniu moczu przez zwierzęta należące do tych grup.

Lipidogram, czyli profil lipidowy jest badaniem dostarczającym wiedzy na temat poziomu trójglicerydów, cholesterolu oraz jego frakcji HDL i LDL we krwi. Ich wartości informują o wszelkich zaburzeniach w gospodarce lipidowej, mogą posłużyć w diagnostyce chorób takich jak miażdżycy tętnic, zwężenie naczyń wieńcowych, zawał mięśnia sercowego i udar mózgu. Cholesterol całkowity mówi o ogólnym stężeniu cholesterolu we krwi, a jego pomiar stanowi badanie przesiewowe w kierunku zaburzeń gospodarki lipidowej. Cholesterol LDL, czyli lipoproteina o niskiej gęstości nazywana także "złym cholesterolem" jest wskaźnikiem ryzyka wystąpienia miażdżycy i choroby niedokrwiennej serca. Wysoki poziom cholesterolu HDL (lipoproteina o dużej gęstości), tzw. „dobrego cholesterolu” zmniejsza ryzyko wystąpienia wspomnianych chorób. Stężenie trójglicerydów we krwi mówi o poziomie tłuszczów prostych zmagazynowanych głównie w tkance tłuszczowej (Gunathilake i wsp.,

2022). W badaniach własnych zaobserwowano istotny spadek stężenia trójglicerydów, cholesterolu całkowitego i cholesterolu LDL wraz ze wzrastającym udziałem makuchu z pestek dyni w dawce pokarmowej podawanej królikom. Pomiędzy wszystkimi grupami wykazano istotne statystyczne różnice ($P \leq 0,05$). Nie zauważono istotnych różnic między poziomami cholesterolu HDL w poszczególnych grupach, jednak również w przypadku tego parametru występuje zależność liniowa, gdzie wraz ze wzrostem udziału makuchu w podawanej paszy rosło stężenie lipoproteiny o dużej gęstości.

Nie stwierdzono, aby makuch z pestek dyni wpłynął istotnie na średnie stężenie albuminy, aminotransferazy alaninowej (ALT) i fosfatazy alkalicznej (ALP), będących wskaźnikami uszkodzeń wątroby. O ile w przypadku albuminy i ALT wszystkie wartości mieściły się w przedstawionych normach, tak średnie poziomy ALP znacznie ją przekraczały. Króliki biorące udział w doświadczeniu były zwierzętami młodymi, ciągle rosnącymi, a badania naukowe wykazują, że poziom fosfatazy alkalicznej w okresie wzrostu kośćca może być podwyższony w stosunku do norm wytyczonych dla zwierząt dorosłych (Sarithchandra i wsp., 2005).

Tabela 32. Wpływ dodatku makuchu z pestek dyni na parametry biochemiczne krwi króliczej (średnia ± SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value	Normy
	K n = 10	D1 n = 10	D2 n = 10		
ALT (U/l)	35,835±16,75	47,779±15,73	44,546±17,81	0,275	31-53
ALP (U/l)	173,050±65,10	215,075±67,90	216,300±61,54	0,258	90-145
Albumina (g/dl)	3,721±0,50	3,470±0,46	3,778±0,64	0,410	2,7-4,6
Lipaza (U/l)	251,470±48,30 ^b	234,709±67,28 ^b	330,656±96,33 ^a	0,016	0-1587
Kreatynina (mg/dl)	0,846±0,18 ^b	0,944±0,17 ^{ab}	1,059±0,15 ^a	0,031	0,5-2,7
Mocznik (mg/dl)	29,305±5,13 ^a	22,199±4,49 ^b	24,670±6,01 ^{ab}	0,017	28-64
Cholesterol (mg/dl)	208,30±5,52 ^a	194,30±2,26 ^b	181,40±2,16 ^c	< ,001	
Trójglicerydy (mg/dl)	189,30±3,69 ^a	177,40±3,24 ^b	161,10±2,72 ^c	< ,001	
HDL (mg/dl)	59,20±2,29	61,00±1,39	62,00±1,63	0,549	
LDL (mg/dl)	111,24±3,73 ^a	97,82±2,09 ^b	87,18±2,32 ^c	<0,001	

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

ALT – aminotransferaza alaninowa;

ALP – fosfataza alakaliczna;

HDL – lipoproteina o wysokiej gęstości , LDL - lipoproteina o niskiej gęstości;

SEM- błąd standardowy średniej.

Badania dotyczące wykorzystania coraz to nowszych komponentów żywieniowych powinny być poparte nie tylko wynikami dotyczącymi pozytywnego wpływu omawianych substancji na cechy produkcyjne, ale również na zdrowotność zwierząt. Najprostszym sposobem określenia aktualnego stanu zdrowia zwierzęcia jest wykonanie analizy krwi pod kątem odchylenia uzyskanych wartości od przyjętych norm.

Elwan i wsp. (2020) zbadali wpływ 1 i 2% dodatku ostrej czerwonej papryczki (*Capsicum annum* L.) między innymi na profil lipidowy krwi króliczej. Wykazano istotny spadek poziomu cholesterolu i jego frakcji LDL oraz trójglicerydów, zarówno przy 1 jak i 2% dodatku badanego komponentu.

Mattioli i wsp. (2020) zastosowali w żywieniu królików gęstwę drożdżową oraz siemię lniane (*Linum usitatissimum*). Pierwsza grupa otrzymywała 2% dodatek liofilizowanej gęstwy drożdżowej, druga 3% dodatek ekstrudowanego siemienia lnianego, a trzecia mieszankę składającą się z 2% dodatku liofilizowanej gęstwy drożdżowej i 3% dodatku siemienia lnianego. Doświadczenie nie wykazało, aby badane komponenty białkowe wpłynęły istotnie na poziom cholesterolu we krwi królików, obniżyły jednak istotnie jego poziom w mięśniu najdłuższym lędźwi.

Bergeron i wsp. (1992) mierzyli aktywność lipazy lipoproteinowej i lipazy wątrobowej przy żywieniu królików białkiem rybnym lub białkiem sojowym w połączeniu z olejem kukurydzianym lub olejem kokosowym. Wykazali, że zastąpienie białka sojowego białkiem rybnym zwiększa poziom cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL w surowicy krwi królików, natomiast obniża poziom trójglicerydów. Równolegle zwiększa się aktywność lipazy lipoproteinowej.

Abdl-Rahman i wsp. (2011) podzielili króliki biorące udział w przeprowadzonym przez nich doświadczeniu na cztery grupy żywieniowe: kontrolną i trzy doświadczalne otrzymujące paszę wzbogaconą: 1% dodatkiem mocznika (druga), 2,5% dodatkiem bentonitu (trzecia) i 1% dodatkiem mocznika i 2% bentonitu (czwarta). W grupie żywionej 1% dodatkiem mocznika zauważono istotny wzrost ALT, mocznika i kreatyniny we krwi zwierząt.

Etim i Oguike (2011) żywili samice w okresie laktacji świeżym lub suszonym dzikim słonecznikiem (*Aspilia africana*) w ilości 500 g na samicę na dzień. W obydwu grupach doświadczalnych wykazano wzrost poziomu albuminy, przy czym nie był to wzrost istotny statystycznie. Podobnie jak w doświadczeniu własnym, dodatek badanej paszy obniżył poziom mocznika we krwi zwierząt.

Komponenty paszowe będące produktami przetwórstwa owoców dyni również stanowiły dodatek paszowy stosowany w żywieniu królików. Badania przeprowadzone przez

Ragab i wsp. (2013) nad zastosowaniem oleju z pestek dyni i nasion czarnuszki siewnej wskazują na ich wpływ na biochemię krwi króliczej. Zwierzęta biorące udział w doświadczeniu zostały podzielone na cztery grupy żywieniowe. Grupa pierwsza otrzymywała paszę kontrolną, druga paszę z dodatkiem oleju z pestek dyni (0,5%), trzecia paszę z dodatkiem oleju z nasion czarnuszki siewnej (0,5%), a czwarta paszę z dodatkiem obydwu olejów (0,025% oleju z pestek dyni i 0,025% oleju z nasion czarnuszki siewnej). Aktywność ALT była najniższa w grupie drugiej i trzeciej, a najwyższa w grupie kontrolnej, jednocześnie wartości uzyskane w grupie kontrolnej były najbliższe wynikom otrzymanym w doświadczeniu własnym. Olej z pestek dyni i z nasion czarnuszki siewnej wpływał istotnie na zawartość cholesterolu i trójglicerydów we krwi. Odnotowano spadek ogólnej liczby lipidów we krwi, a najniższa wartość cechowała grupę żywioną mieszaniną badanych olejów. Istotny spadek trójglicerydów we krwi zauważono w grupie drugiej i trzeciej, a najniższa wartość wspomnianego parametru cechowała grupę żywioną olejem z nasion czarnuszki siewnej. We wszystkich grupach suplementowanych olejami wykazano spadek ogólnej zawartości cholesterolu, jak również jego frakcji HDL i LDL. Najniższy poziom frakcji LDL cechował grupę trzecią, jednak również w tej grupie najmniej było „dobrej frakcji” cholesterolu HDL.

Ekpo i wsp. (2019) stosując dodatek żywieniowy składający się z części zielonych roślin dyni w ilości 0, 5 i 10% w paszy podawanej królikom wykazali, że wpływa on na zawartość lipidów we krwi króliczej. Stosowany w grupie drugiej i trzeciej dodatek obniżył istotnie poziom cholesterolu całkowitego i trójglicerydów, jak również poziom frakcji LDL cholesterolu. Wykazano natomiast wzrost frakcji HDL wraz ze wzrostem udziału zawartości części zielonych dyni w podawanej paszy.

Bakeer (2021) wykazała u królików karmionych dietą uzupełnioną olejem z pestek dyni (5g/kg diety) w porównaniu z grupą kontrolną, znaczny potwierdzony statystycznie wzrost aktywności w surowicy amylazy, lipazy i proteazy. Wyniki te wg autorki sugerują, że olej z pestek dyni zwiększa produkcję enzymów trawiennych i poprawia trawienie paszy.

Abou-Shehema i wsp. (2023) wykazali u królików karmionych dietą podstawową zawierającą 0,1 i 0,2% mączki z pestek dyni istotny wzrost poziomu albumin w surowicy, przy znacznym spadku globulin. Obydwie diety doświadczalne znacząco zmniejszyły stężenie cholesterolu całkowitego, lipoprotein o niskiej gęstości i trójglicerydów.

Przedstawione wyniki analizy morfologicznej i biochemicznej krwi królików nie wskazują na negatywny wpływ makuchu z pestek dyni na ich zdrowotność. Obniżone wartości cholesterolu i trójglicerydów we krwi zwierząt żywionych dodatkiem makuchu dyniowego wskazują na pozytywny wpływ nasion dyni na te parametry.

Wartość wskaźników statusu redox w surowicy krwi

Stres oksydacyjny definiuje się jako brak równowagi pomiędzy generowaniem reaktywnych form tlenu (wolnych rodników), a zdolnościami antyoksydacyjnymi organizmu. Zdrowy organizm jest w stanie kontrolować ilość uwalnianych wolnych rodników, dzięki obecności tzw. antyoksydacyjnego systemu obronnego, który działa na kilku poziomach wykorzystując zarówno mechanizmy enzymatyczne jak i nieenzymatyczne (Yoshikawa i Naito, 2002). W pierwszej kolejności działają enzymy antyoksydacyjne (m.in. peroksydaza glutationowa i katalaza), które usuwają utleniacze, a także hamują ich wytwarzanie. Enzymy są wspierane przez antyoksydanty nieenzymatyczne, których rolą jest oddawanie swoich elektronów wolnym rodnikom. Wśród nich wymienia się między innymi glutation, flawonoidy, karotenoidy, koenzym Q10 oraz witaminy A, C i E. Antyoksydacyjny system obronny jest tworzony również przez enzymy naprawcze takie jak glikozylaza DNA i endonukleaza AP, które naprawiają szkody wywołane obecnością wolnych rodników w organizmie (Burton i Jauniaux, 2011).

Zaburzenie pracy antyoksydacyjnego systemu obronnego prowadzi do zachwiania równowagi między oksydantami i antyoksydantami. Chwilowy stan braku równowagi nie powinien mieć negatywnego wpływu na organizm, jednak, jeśli stres oksydacyjny utrzymuje się długotrwale, może prowadzić do zaburzenia homeostazy organizmu, co skutkuje przyspieszeniem jego starzenia i rozwojem wielu chorób. Wolne rodniki krążąc po ciele mogą uszkadzać komórki i tkanki, utleniać kwasy tłuszczowe, cukry i białka oraz przyczyniać się do degradacji DNA. Badania naukowe wskazują na czynny udział stresu oksydacyjnego w powstawaniu takich schorzeń jak miażdżyca, zawał serca, udar mózgu, cukrzyca typu 2, choroby autoimmunologiczne i neurodegeneracyjne oraz choroby nowotworowe (Bar-Or i wsp., 2015; Hayes i wsp., 2020).

Dodatek makuchu z pestek dyni do paszy podawanej królikom wpłynął istotnie na wskaźniki statusu redox zmierzone w surowicy krwi, co przedstawia tabela 36. Aldehyd dimalonowy (MDA), jeden z produktów peroksydacji lipidów, posiada mutagenne, cytotoksyczne i kancerogenne właściwości. Jest on generowany w procesie peroksydacji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i wykazuje wysoką reaktywność w stosunku do białek i kwasów nukleinowych, mogąc modyfikować ich strukturę i właściwości (Całyniuk i wsp., 2016). Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że makuch z pestek dyni podawany w paszy królikom istotnie obniża poziom MDA w surowicy krwi. Wskazuje to na zmniejszoną

peroksydację wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w organizmie zwierząt z grup D1 i D2.

Dysmutaza ponadtlenkowa (SOD) i katalaza (CAT) są enzymami komórkowymi biorącymi udział w ochronie organizmu przed szkodliwym działaniem wolnych rodników. SOD jest metaloproteiną, zawierającą w swych centrach aktywnych jony metali takich jak Fe, Cu, Zn, Mn, występującą we wszystkich tkankach metabolizujących tlen (Zhang i wsp., 2024). CAT występuje głównie w peroksysomach komórek, a jej główną funkcją jest ochrona erytrocytów narażonych na skutki stresu oksydacyjnego (Ścibior i Czczot, 2006). Rosnący udział makuchu z pestek dyni w dawce żywieniowej królików zwiększył poziom dysmutazy ponadtlenkowej w surowicy krwi króliczej. Istotne statystycznie różnice wystąpiły pomiędzy wszystkimi grupami żywieniowymi. Nie odnotowano natomiast wpływu badanego dodatku na stężenie katalazy we krwi.

Glutation (GSH) naturalnie występujący w komórkach organizmu, syntetyzowany przede wszystkim w wątrobie, składa się z trzech aminokwasów – kwasu glutaminowego, cysteiny i glicyny, połączonych w tripeptyd. Jego budowa sprawia, że posiada on silne właściwości przeciwutleniające. W organizmie występuje w dwóch formach, zredukowanej (ok. 99%) mającej działanie przeciwutleniające i utlenionej (ok. 1%), nieposiadającej tych właściwości. Oprócz właściwości antyoksydacyjnych, glutation regeneruje zniszczenia komórkowe powstałe w wyniku stłuszczenia wątroby, wpływa na regenerację skóry u osób chorych na łuszczycę oraz polepsza stan zdrowia chorych zmagających się z insulinoopornością (Newair i wsp., 2024). Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu makuchu z pestek dyni na poziom glutationu w surowicy krwi badanych zwierząt.

Metoda FRAP służy do oznaczenia zdolności redukcji jonów żelaza (III), co daje informację o aktywności przeciwutleniającej testowanej substancji (Koss-Mikołajczyk i wsp. 2017). Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że makuch z pestek dyni wpływa istotnie na FRAP zmierzony w surowicy krwi królików. Najniższy poziom omawianego parametru odnotowano w grupie kontrolnej, a najwyższy w grupie otrzymującej 10% dodatek makuchu. Świadczy to o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej makuchu z pestek dyni, wynikającej z obecności przeciwutleniaczy takich jak witamina E i β -karoten.

Tabela 36. Wpływ makuchu z pestek dyni na wskaźniki statusu redox w surowicy krwi królików (średnia ± SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 6	D1 n = 6	D2 n = 6	
MDA (μmol/L)	2,183±0,07 ^a	1,577±0,14 ^b	1,482±0,09 ^b	0,000
SOD (U/ml)	23,989±0,09 ^a	26,586±0,40 ^b	27,764±0,17 ^c	0,000
CAT (U/ml)	19,563±0,63	19,398±0,65	17,575±0,70	0,093
GSH (μmol/L)	4,934±0,03	4,734±0,12	4,915±0,08	0,217
FRAP (μmol/L)	6,246±0,08 ^a	7,603±0,40 ^{ab}	7,736±0,54 ^b	0,030

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

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

MDA – aldehyd dimalonowy;

SOD – dysmutaza ponadtlenkowa;

CAT – katalaza;

GSH – glutation;

FRAP – zdolność redukcji jonów żelaza (III);

SEM – błąd standardowy średniej.

Mutweđu i wsp. (2021) zbadali wpływ stresu cieplnego u samic królików na markery stresu oksydacyjnego takie jak białko nerkowe, MDA, CAT, SOD i GSH. Stwierdzili oni, że długotrwałe narażenie na działanie podwyższonej temperatury (31-32 i 35-36°C) zwiększa stężenie MDA, jednocześnie obniżając poziom enzymatycznych biomarkerów antyoksydacyjnych w organizmie zwierząt, co tłumaczy się ich intensywnym wykorzystaniem w ochronie przed oksydacyjnym uszkodzeniem tkanek.

Stres oksydacyjny w osoczu, wątrobie i aorcie u królików był również przedmiotem badań Balkan i wsp. (2004). Badacze wykazali, że dawka pokarmowa bogata w cholesterol (1% czystego cholesterolu podawanego przez 2 miesiące) istotnie zwiększyła poziom MDA w wątrobie, a przy tym obniżyła zawartość GSH.

Sikiru i wsp. (2021) wykazali, że dodatek chlorelli zwyczajnej (*Chlorella vulgaris*) do dawki pokarmowej podawanej królikom (200, 300, 400, 500 mg/ kg masy ciała), zawierającej w swoim składzie substancje antyoksydacyjne takie jak witaminy A i C, oraz β-karoten, istotnie

obniżał poziom MDA oraz podniósł poziom enzymów komórkowych chroniących organizm przed wolnymi rodnikami. Zwiększeniu uległ również poziom glutationu w surowicy badanych zwierząt.

Mattioli i wsp. (2020) wykazali, że połączenie 10% liści oliwnych (*Olea L.*) z selenem (2,17 mg/ 1 kg suszonych liści) jako dodatku do mieszanek paszowych dla królików powoduje wzrost siły redukującej selenu (SeMet - selenometionina wspierająca ochronę komórek przed stresem oksydacyjnym) i żelaza w osoczu, a także zmniejszenie podstawowego uszkodzenia DNA w komórkach jednojądrzastych krwi.

Wyniki cytowanych prac jak i badania własne potwierdzają, że dodatek pasz bogatych w antyoksydanty obniża stres oksydacyjny u królików, zmniejszając tym samym ryzyko występowania chorób przez niego indukowanych.

Wyniki badania mikrobiologicznego treści pokarmowej jelita cienkiego i ślepego

Przewód pokarmowy ssaków jest środowiskiem bytowania wielu drobnoustrojów. Ich największy odsetek stanowią bakterie, jednak florę jelitową uzupełniają także wirusy, grzyby i pierwotniaki. Duża część mikroorganizmów żyje w symbiozie z organizmem gospodarza, dbając o zachowanie jego prawidłowej homeostazy (Radwan i Skrzydło-Radomańska, 2013). Skład mikroflory jelitowej zależy od wielu czynników, między innymi są to genotyp gospodarza, wiek, region geograficzny, sposób odżywiania jak również stosowane leki (Dave i wsp., 2012). Bakterie jelitowe odgrywają rolę w zachowaniu zdrowia organizmu gospodarza między innymi poprzez spełnianie funkcji metabolicznych. Wspomagają one trawienie trudno przyswajalnych węglowodanów złożonych (celuloza, hemiceluloza, lignina, pektyny) oraz krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych stanowiących główne źródło substancji odżywczych dla nabłonka jelit. Dzięki bakteriom jelitowym możliwa jest także biosynteza witamin K, B1, B6, B12 i kwasu foliowego (Sobieszczańska, 2008; Radwan i Skrzydło-Radomańska, 2013).

Mikroflora jelitowa stanowi źródło antygenów, które stymulują jelitowy system immunologiczny (GALT). Zadaniem GALT jest rozpoznawanie i odróżnianie patogenów szkodliwych, od tych, które są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu gospodarza. Właściwe rozpoznanie drobnoustrojów chorobotwórczych przez GALT jest niezbędne do wzbudzenia odpowiedniej odpowiedzi immunologicznej i wyeliminowania zagrożenia (Lee i wsp., 2010).

Tabela 33. przedstawia skład mikroflory jelitowej królików żywionych trzema różnymi mieszankami paszowymi. Najwyższy poziom bakterii tlenowych mezofilnych, często chorobotwórczych (Kwiatek i wsp., 2008) w treści jelita cienkiego stwierdzono w grupie kontrolnej. W grupach doświadczalnych zawartość tych bakterii była blisko 3 razy mniejsza. Również w treści jelita ślepego zwierząt z grupy kontrolnej odnotowano najwyższą liczbą bakterii tlenowych mezofilnych w stosunku do dwóch pozostałych grup. Najwyższą liczbę grzybów stwierdzono w treści jelita ślepego królików otrzymujących mieszankę paszową bez dodatku makuchu z nasion dyni. W treści jelita cienkiego najwyższa liczba grzybów występowała u zwierząt żywionych 10% dodatkiem makuchu z pestek dyni, a najniższa przy jego 5% dodatku. W treści jelita ślepego królików z grupy kontrolnej wykazano najwyższą liczbę bakterii kwasu mlekowego, a najniższą u królików z grupy D2. Natomiast najwyższa liczba tych bakterii w treści jelita cienkiego została odnotowana u królików z grupy D1, najniższa w D2.

Bakterie z grupy coli, w tym *E. coli* występują fizjologiczne w niewielkiej ilości w treści jelit wielu gatunków zwierząt. Pobranie chorobotwórczych szczepów *E. coli* wraz z zakażoną wodą lub paszą może powodować u zwierząt kolibakteriozę, chorobę objawiającą się pod postacią obfitej, wodnistej biegunki (Sobieszczańska, 2011). Największa ilość bakterii z grupy coli wystąpiła w treści jelita cienkiego królików z grupy kontrolnej, a najmniejsza u królików otrzymujących paszę z 10% dodatkiem makuchu z pestek dyni. W treści jelita cienkiego najmniej bakterii *E. coli* wystąpiło u zwierząt z grupy D1, a ich największa liczba została wykazana w grupie kontrolnej. Pomiar liczby bakterii z grupy coli i bakterii *E.coli* w treści jelita ślepego królików wykazał, że największa ich ilość występuje w grupie kontrolnej, a najniższa w grupie D2.

Laseczka zgorzeli gazowej (*Clostridium perfringens*) daje objawy zatrucia pokarmowego po spożyciu skażonego pokarmu. Do głównych objawów zalicza się wodniste biegunki, rzadziej gorączkę i wymioty (McClane i wsp., 2012). We wszystkich grupach i wszystkich badanych odcinkach jelit odnotowano obecność chorobotwórczej laseczki. Największa liczba *C. perfringens* cechowała treść jelita ślepego królików z grupy kontrolnej, a najniższa treść jelita cienkiego zwierząt z grupy D1. Pozostałe wartości są do siebie zbliżone.

Bakterie z rodzaju *Listeria* wywołują chorobę zwaną listeriozą, która dotyka przede wszystkim zwierzęta i ludzi o obniżonej odporności. Mogą wystąpić dwie formy listeriozy – inwazyjna i nieinwazyjna. Listerioza nieinwazyjna nazywana jest inaczej gorączkowym zapaleniem żołądka i jelit. W ciągu 24 godzin po spożyciu zakażonego produktu występują objawy obejmujące biegunkę, gorączkę i bóle mięśni. Listerioza inwazyjna dotyczy przede

wszystkim osób o obniżonej odporności, kobiet w ciąży, dzieci i osób starszych. Oprócz objawów ze strony układu pokarmowego, mogą wystąpić również stany zapalne innych układów. W najbardziej krytycznej formie choroby może dojść do zapalenia opon mózgowych, opon mózgowo-rdzeniowych, sepsy i zakażenia krwi (Ramaswamy i wsp., 2007).

W badaniu własnym nie wykazano obecności bakterii z rodzaju *Listeria* w treści jelita cienkiego królików we wszystkich badanych grupach. W treści jelita ślepego królików z grupy kontrolnej odnotowano najwyższą, a u królików z grupy D1 najniższą liczbę bakterii *Listeria*. Na pożywkach z próbkami treści jelita cienkiego i ślepego badanych królików nie wykazano wzrostu pałeczek *Salmonella*.

Tabela 33. Wpływ makuchu z pestek dyni na koncentrację mikroorganizmów w treści pokarmowej jelita cienkiego i ślepego (cfu/g treści)

Wyszczególnienie	K n = 3 Jelito ślepe	K n = 3 Jelito cienkie	D1 n = 3 Jelito ślepe	D1 n = 3 Jelito cienkie	D2 n = 3 Jelito ślepe	D2 n = 3 Jelito cienkie
Ogólna liczba bakterii tlenowych mezofilnych	1,2 x10 ⁷	9,3 x10 ⁴	2,0 x10 ⁵	3,2 x10 ⁴	1,0 x10 ⁵	3,9 x10 ⁴
Ogólna liczba grzybów	2,1 x10 ²	8,3 x10 ¹	4,2 x10 ¹	4,2 x10 ¹	4,2 x10 ¹	2,1 x10 ²
Ogólna liczba bakterii kwasu mlekowego z rodzaju <i>Lactobacillus</i>	1,9 x10 ⁵	1,9 x10 ³	1,1 x10 ⁴	2,8 x10 ³	7,3 x10 ³	1,8 x10 ³
Liczba bakterii z grupy coli	8,3 x10 ⁴	1,6 x10 ³	7,9 x10 ⁴	2,5 x10 ³	6,4 x10 ⁴	1,6 x10 ³
Liczba bakterii <i>E. coli</i>	7,9x10 ⁴	1,4x10 ³	7,3 x10 ⁴	1,1 x10 ³	1,0 x10 ⁴	1,3 x10 ³
Ogólna liczba <i>C. perfringens</i>	1,3 x10 ³	3,9 x10 ²	4,4 x10 ²	3,1 x10 ²	3,9 x10 ²	3,5 x10 ²
Obecność bakterii z rodzaju <i>Listeria</i>	2,4 x10 ³	bw	1,3 x10 ²	bw	2,1 x10 ²	bw
Obecność pałeczek z rodzaju <i>Salmonella</i>	bw	bw	bw	bw	bw	bw

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

bw – brak wzrostu.

Abou-Shehema i wsp. (2023) wykazali u królików karmionych dietą podstawową zawierającą 0,1 i 0,2% mączki z pestek dyni znaczny spadek liczby *E. coli* w treści jelita ślepego i znaczny wzrost *Lactobacillus sp.* w porównaniu z pozostałymi grupami skarmianymi paszą z dodatkiem tlenku cynku (100 mg/kg diety) i 0,05% dodatku mączki z pestek dyni.

Obecnie prowadzonych jest wiele badań nad wpływem dodatków żywieniowych na skład mikroflory jelitowej królików. Popularną grupę dodatków stosowanych w celu poprawy składu mikrobioty pokarmowej są probiotyki, prebiotyki i symbiotyki.

Oso i wsp. (2013) badali wpływ na mikroflorę jelita ślepego diet zawierających *Prediococcus acidilactis* (1 x 10¹⁰ jtk/g; 0,5 g/kg), *Bacillus cereus* (1×10⁹ jtk/g; 0,5 g/kg), mannanooligosacharydy (MOS; 1 g/kg), arabinoksyłanowe oligosacharydy (AX; 1 g/kg), oksytetracyklinę paszową (1 g/kg) lub synbiotyki (TGI; 1 g/kg). Opracowano dietę podstawową, niezawierającą dodatków paszowych. W treści jelita ślepego u królików karmionych dietą zawierającą oksytetracyklinę stwierdzono wyższą całkowitą liczbę bakterii w porównaniu z grupami karmionymi dietą kontrolną oraz dietami zawierającymi prebiotyki (MOS, AX) i probiotyki (*Prediococcus acidilactis*, *Bacillus cereus*). Najniższą liczbę bakterii *Lactobacillus* uzyskano w treści jelita ślepego królików karmionych dietą zawierającą MOS. Włączenie do diety różnych dodatków nie miało wpływu na liczbę bakterii *Clostridium*.

Kimsé i wsp. (2012) zastosowali dodatek probiotyczny w postaci żywych drożdży (*Saccharomyces cerevisiae*) na poziomie 1,0 i 10 g/kg paszy. Ogólna liczba bakterii w treści jelita ślepego po podaniu drożdży nie uległa zmianie, natomiast zwiększyła się ich różnorodność.

Poszukiwane są także komponenty paszowe, które dzięki zawartym w nich substancjom biologicznie czynnym i składnikom pokarmowym mogą modyfikować skład mikroflory jelitowej królików i tym samym wpływać na ich zdrowotność.

Tortuero i wsp. (1994) zbadali wpływ źródła włókna pokarmowego na mikroflorę jelitową królików. Utworzono trzy grupy: pierwszą żywioną mączką z siana lucerny (*Medicago L.*) (409 g/kg paszy), drugą mączką z pulpy oliwkowej (*Olea L.*) (556 g/kg paszy), a trzecią mączką z pulpy winogron (*Vitis vinifera L.*) (593 g/kg paszy). W grupie żywionej mączką z pulpy oliwek stwierdzono wysoką liczbę bakterii tlenowych mezofilnych i paciorkowców kałowych. W grupach otrzymujących mączkę z pulp wykazano wzrost liczby *Clostridium* w treści jelita ślepego. Rodzaj zadawanej paszy miał niewielki wpływ na liczbę bakterii z grupy coli i bakterii kwasu mlekowego.

Wlazło i wsp. (2021) zbadali wpływ fermentowanej śruty rzepakowej (4, 8 i 12%) na mikrobiotę przewodu pokarmowego królików. Wykazano, że 8 i 12% dodatek tego

komponentu wpłynął pozytywnie na florę bakteryjną zmniejszając ilość bakterii z grupy coli, *E. coli* i *Clostridium* w treści dwunastnicy i jelita ślepego. Stwierdzono również wzrost pożytecznej flory jelit.

Jelito ślepe królików, podobnie jak żwacz u przeżuwaczy, pełni funkcje fermentacyjne i bierze udział w procesie rozkładu niestrawnych substancji pokarmowych (Rooks i Garrett, 2016). Dzięki bakteriom zasiedlającym jelito ślepe możliwe jest rozkładanie błonnika pokarmowego do krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych stanowiących źródło energii dla zwierzęcia (Ye i wsp., 2021).

Li i wsp. (2023) zbadali wpływ makuchu z pestek dyni o wysokiej zawartości tłuszczu w żywieniu krów mlecznych na skład mikroflory żwacza. W grupie kontrolnej źródło białka stanowiła śruta sojowa, w grupie drugiej 50 a w trzeciej 100% śruty sojowej zostało zastąpione makuchem dyniowym. Nie stwierdzono, aby zmiana dawki żywieniowej wpłynęła znacząco na wskaźnik różnorodności bakterii w żwaczu. Wykazano różnice dla bakterii charakterystycznych dla środowiska żwacza. Względna liczebność *Firmicutes* i *Tenericutes* wzrastała liniowo wraz ze zwiększonym udziałem makuchu z pestek dyni w dawce pokarmowej, a liczebność *Bacteroidetes* spadała liniowo. Liczebność *Ruminococcus* zmniejszała się liniowo wraz z suplementacją makuchu. Populacja *Prevotella* wykazywała liniową tendencję spadkową.

Tabari i wsp. (2016) wykorzystali w żywieniu kurcząt brojlerów dodatek oleju z pestek dyni (0,5 g/kg paszy) lub mieszaninę tego oleju z ekstraktem z pokrzywy zwyczajnej (*Urtica* L.) (po 0,5 g/kg obydwu dodatków) do określenia ich wpływu na mikroflorę jelitową zwierząt. Stosowanie tych dodatków wpłynęło na obniżenie stężenia *E. coli* w jelitach kurcząt. Suplementacja olejem z pestek dyni wpłynęła na zwiększenie liczby bakterii *Lactobacillus* u ptaków, jednak wzrost nie był statystycznie istotny.

Przeprowadzone badania własne wykazały, że zastosowanie dodatku w postaci makuchu z pestek dyni wpływa pozytywnie na mikrobiotę jelit zmniejszając liczbę szkodliwych dla zdrowia organizmu bakterii *E. coli* i *C. perfringens*. Najbardziej korzystne wyniki uzyskano przy zastosowaniu 10 % dodatku badanego makuchu. W grupie otrzymującej 5% dodatek makuchu dyniowego stwierdzono najniższą ogólną liczbę grzybów i bakterii z rodzaju *Listeria*. Wraz z rosnącym udziałem makuchu w paszy, obniżeniu uległa liczba bakterii kwasu mlekowego.

Wyniki badania parazytologicznego kału pobranego z okrężnicy

Kokcydioza jest chorobą pasożytniczą wywoływaną przez jednokomórkowe pierwotniaki z rodzaju *Eimeria*, które bytują w komórkach krwi lub w nabłonku przewodu pokarmowego kręgowców, tym samym niszcząc je i powodując zaburzenia pracy układu pokarmowego gospodarza (Kowalska i wsp., 2012). Eimeriozą mogą zarażać się różne gatunki zwierząt, w tym gady, ptaki i ssaki. Spośród gatunków zwierząt gospodarskich, najbardziej narażone na występowanie kokcydiozy są drób i króliki (Qin i wsp., 2023). Kokcydioza królików domowych jest wywoływana przez 11 gatunków z rodzaju *Eimeria*: *E. vej dovskyi*, *E. magna*, *E. perforans*, *E. intestinalis*, *E. media*, *E. coecicola*, *E. irresidua*, *E. exigua*, *E. stiedai*, *E. piriformis* i *E. flavescens* (Kvicerová i wsp., 2008). Najczęstszymi objawami kokcydiozy u królików jest biegunka, osłabienie, apatia, spadek apetytu i wychudzenie. U młodych zwierząt, szczególnie tych o obniżonej odporności, kokcydioza może prowadzić do śmierci z wyczerpania i odwodnienia. Nieleczona, kliniczna kokcydioza może powodować stany zapalne jelit, zarówno cienkiego jak i grubego, jak również uszkodzenia wątroby (Qin i wsp., 2023). Wyróżniana się dwa typy kokcydiozy: jelitową i wątrobową. Kokcydiozę jelitową charakteryzuje zapalenie błony śluzowej jelit, brunatne, śluzowe i często krwiste odchody. Najbardziej zjadliwymi szczepami *Eimerii* wywołującymi formę jelitową kokcydiozy są *E. intestinalis* i *E. flavescens*. Forma wątrobowa kokcydiozy, wywoływana przez *E. stiedae*, często przybiera postać przewlekłą. Objawia się występowaniem kremowych guzów w tkance wątroby i może powodować cholestazę, martwicę komórek wątroby, jak również marskość i zwłóknienie wątroby. U młodzieży rosnącej może być przyczyną wysokiego wskaźnika śmiertelności (Abd El-Ghany, 2020).

Pierwotniaki *Eimeria* są wyjątkowo odporne na zmiany środowiskowe i środki dezynfekcyjne, przez co pozbycie się ich z zainfekowanego pomieszczenia hodowlanego jest niemalże niemożliwe. Można zapobiegać rozwojowi kokcydiozy poprzez uzupełnianie paszy i wody w leki hamujące wzrost oocyst *Eimerii*.

Wydane 31 grudnia 2012 roku Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego (WE) nr 1831/2003 zakazało stosowania syntetycznych środków kokcydiostatycznych w żywieniu zwierząt gospodarskich. Koniecznym zatem stało się poszukiwanie alternatywnych, naturalnych środków hamujących rozwój kokcydiozy u królików. Podjęto próbę zbadania działania substancji takich jak: siarka i siarczany, kwas garbnikowy, związki bizmutu, tymol, kamfora, alun, olejki lotne i preparaty z czosnku, oregano, szałwia, kminek, cynamon, bazylija lub rozmaryn (Kowalska i wsp., 2012). Zgodnie z danymi literaturowymi przedstawionymi

w rozdziale „Przegląd literatury” niniejszej pracy, nasiona dyni wykazują działanie przeciwpasożytnicze i mogą być stosowane w zwalczaniu pasożytów układu pokarmowego.

W tabeli 34. przedstawiono wyniki badania parazytologicznego w kale pobranym bezpośrednio z okrężnicy królików żywionych trzema różnymi mieszankami paszowymi. We wszystkich badanych grupach wykazano obecność oocyst *Eimerii*. W grupach kontrolnej i otrzymującej 5% dodatek makuchu z pestek dyni, były to oocysty pojedyncze, natomiast w grupie żywionej 10% dodatkiem makuchu wykryto liczne oocysty tego pierwotniaka. Test metodą ilościową z wykorzystaniem komory McMastera wykazał w kale królików z grupy kontrolnej 1100 oocyst/g kału (OPG), w grupie D1 - 450 OPG, a w grupie D2 - 8350 OPG. Badanie to potwierdziło również, że w kale badanych zwierząt wystąpiły oocysty więcej niż jednego gatunku *Eimeria spp.*, co jest wynikiem spodziewanym, jako że króliki są nosicielami kokcydiów, większość z nich więcej niż jednego gatunku (Coudert i wsp., 1979). W grupie K i D2 wystąpiły oocysty gatunków *E. perforans*, *E. flaverscens*, *E. intestinalis*, *E. irresidua*, *E. magna*, *E. media*. W grupie D1 stwierdzono mniejszą różnorodność gatunków *Eimerii*: *E. perforans*, *E. media*, *E. irresidua*. W grupie kontrolnej i D2 obecne były patogenne formy *Eimerii* takie jak *E. flaverscens* i *E. intestinalis*. We wszystkich grupach odnotowano obecność umiarkowanie patogennych gatunków, do których zalicza się *E. perforans* i *E. media*. Wykryte szczepy mogą powodować zarówno postać ostrą jak i przewlekłą kokcydiozy przy spadku odporności zwierząt. Test CEG na obecność *Giardii lamblia* dał wynik negatywny. W prowadzonym doświadczeniu w żadnej z grup nie stwierdzono kokcydiozy.

Tabela 34. Wpływ makuchu z pestek dyni na obecność pasożytów w treści pokarmowej okrężnicy oraz na ich skład gatunkowy

Test	Grupa		
	K n = 3	D1 n = 3	D2 n = 3
R/F/D	Pojedyncze oocysty <i>Eimeria spp.</i>	Pojedyncze oocysty <i>Eimeria spp.</i>	Liczne oocysty <i>Eimeria spp.</i>
Test CEG	Wynik negatywny	Wynik negatywny	Wynik negatywny
OPG	1100	450	8350
	<i>E. perforans</i> , <i>E. flaverscens</i> ,	<i>E. perforans</i> , <i>E. media</i> <i>E. irresidua</i> .	<i>E. exigua</i> <i>E. flaverscens</i> , <i>E. intestinalis</i> ,

	<i>E. intestinalis</i> , <i>E. irresidua</i> , <i>E. magna</i> , <i>E. media</i> .		<i>E. irresidua</i> , <i>E. magna</i> , <i>E. media</i> .
--	---	--	---

Objaśnienie:

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

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

OPG (oocyst per gram) – metoda ilościowa z wykorzystaniem komory McMastera.

Badania przeprowadzone przez Balicką-Ramisz i wsp. (2014) na 9 polskich fermach królików wykazały, że średnia liczba oocyst w 1 g kału króliczego pobranego od 275 osobników wynosiła 31320. Dominowały 3 gatunki – *E. exigua*, *E. magna*, *E. irresidua*. Kowalska i wsp. (2012) wykazali, że średnie zarażenie stada badanych przez nich królików wynosiło 25 748 OPG, przy wahanii od 440 do 64 800 OPG. Zwierzęta przebadane w obydwu doświadczeniach nie wykazywały charakterystycznych dla zarażenia kokcydiozą symptomów. W badaniu Balickiej-Laurans (1993) wykazano, że średnia intensywność wydalania oocyst u królików w okresie odchowu wynosiła 1 222 827 OPG przy 100 % ekstensywności. Ramisz (1988) nie wykazał objawów chorobowych przy intensywności inwazji na poziomie 550 000 OPG.

Sivajothi i wsp. (2014) zbadali kał pobrany *post mortem* bezpośrednio z jelit królików, u których stwierdzono ostrą formę kokcydiozy. U badanych osobników oznaczono od 13 200 do 16 400 oocyst na 1 gram kału. Kokcydioza u królików występuje przede wszystkim w formie klinicznej lub bezobjawowo, a ilość wydalanych oocyst nie jest skorelowana z wystąpieniem objawów choroby. Zależą one w dużej mierze od ogólnego stanu zdrowia żywiciela, jak również patogenności poszczególnych gatunków *Eimeria* (Szkucik i wsp., 2013). Zgodnie z literaturą naukową za bezpieczny poziom inwazyjności uznaje się 2 000 oocyst na 1 g kału (Kowalska i wsp. 2012).

Gugołek i wsp. (2011) zastosowali mielone ziarna gorzycy białej (*Sinapis alba*) jako środek kokcydiostatyczny w paszy dla królików. Grupa kontrolna nie otrzymywała środka kokcydiostatycznego w paszy, grupa druga żywiona była paszą z dodatkiem robenidyny (6 kg/t), a grupa trzecia otrzymywała paszę z 1% dodatkiem nasion gorzycy białej. Grupa, której podawano kokcydiostatyk cechowała się istotnie niższą liczbą oocyst w kale w trakcie drugiego i trzeciego pobrania (13 i 17 tydzień życia zwierząt). U wszystkich badanych grup

stwierdzono identyczny skład gatunkowy *Eimerii*, a najczęściej występującymi szczepami były *E. media*, *E. perforans* i *E. magna*.

Kowalska i wsp. (2012) zastosowali w żywieniu królików dwa komercyjne preparaty ziołowe Bell Gold o składzie 2,5% olejku z czosnku (*Allium L.*) i 1% olejku z oregano (*Origanum vulgare L.*) i Bell Premium zawierający 0,5% olejku z czosnku i 5% olejku z oregano. Utworzonych zostało 7 grup badawczych; pierwsza - otrzymująca komercyjną mieszankę paszową z dodatkiem robenidyny, druga – żywiona tą samą paszą bez dodatku kokcydiostatyku, trzecia – otrzymująca paszę z dodatkiem 0,5 kg Bell Gold na 1000 kg paszy; czwarta – otrzymująca 1 kg dodatku Bell Gold na 1000 kg paszy, piąta – żywiona granulatem z dodatkiem Bell Premium w ilości 0,5 kg na 1000 kg paszy, szósta – otrzymująca ten sam dodatek w ilości 0,75 kg na 1000 kg paszy i siódma, której podawany był granulatan wzbogacony 0,5 kg Bell Gold i 0,3 kg Bell Premium na 1000 kg paszy. Badanie z wykorzystaniem komory McMastera wykazało, że w pierwszym pobraniu kału (56. dzień życia królików) najwięcej oocyst/g kału wystąpiło w grupie czwartej, a najmniej w grupie otrzymującej jako kokcydiostatyk robenidynę. W 21. dniu trwania eksperymentu w grupie czwartej wykazano najmniej oocyst/g kału, najwięcej było ich u zwierząt, którym nie był podawany żaden kokcydiostatyk. Oprócz tego wykazano najwyższy wskaźnik infekcji dla niepatogenicznej *E. coecicola* i umiarkowanie patogennej *E. media* i *E. perforans*. Ekstrakty z czosnku i oregano wpływały pozytywnie na skład gatunkowy kokcydii oznaczonych w kale królików oraz na odnotowaną liczbę oocyst.

Nosal i wsp. (2014) kontynuując badania Kowalskiej i wsp. (2012) wykorzystali naturalne ekstrakty ziołowe i zbadali ich wpływ na obecność pasożytów przewodu pokarmowego u królików rosnących. Podzielili króliki na cztery grupy, pierwsza nie otrzymywała kokcydiostatyku, druga otrzymała kokcydiostatyk Baycox w wodzie raz przy odsadzeniu (0,5 ml/l), trzecia otrzymywała kokcydiostatyk robenidynę w paszy (66 mg/kg), a czwarta była żywiona paszą wzbogaconą w ekstrakty ziołowe z czosnku (*Allium L.*) i oregano (*Origanum vulgare L.*) (0,5 kg Bell Gold i 0,3 kg Bell Premium na tonę paszy). Wykazano, że młodzię hodowlana z grupy żywionej paszą z dodatkiem ekstraktów ziołowych cechowała się lepszymi przyrostami masy ciała i najmniejszą liczbą oocyst kokcydii w kale.

Najbardziej korzystne wyniki, zbliżone do tych, które przedstawili cytowani wyżej autorzy, uzyskano w grupie otrzymującej 5% dodatek makuchu z pestek dyni. Mimo różnej ilości pasożytów w kale w żadnej z grup nie stwierdzono objawów kokcydiozy jelitowej.

Wyniki emisji gazów w kale króliczym

Przemysł rolniczy jest coraz częściej postrzegany jako źródło gazów, zarówno uciążliwych jak i szkodliwych dla środowiska. Obecnie, w większości krajów Europy Zachodniej zwierzęta utrzymywane są w systemie rusztowym, w efekcie czego większość nawozów naturalnych stanowi gnojowica. W Polsce natomiast, blisko 80 milionów ton nawozów naturalnych to obornik albo pomiot drobiowy. Nieprawidłowo składowany obornik może emitować znacznie większą ilość szkodliwych gazów do atmosfery niż przechowywana gnojowica (Pietrowski i wsp., 2017). Obornik składowany całorocznie w przyzmach jest źródłem emisji gazowych, wśród których występują między innymi gazy cieplarniane takie jak metan (CH_4), podtlenek azotu (N_2O), amoniak (NH_3), dwutlenek węgla (CO_2) i siarkowodór (H_2S) (Hongmin i wsp., 2011). Uwalnianie gazów powstałych w wyniku przechowywania nawozów naturalnych prowadzi nie tylko do zanieczyszczenia środowiska naturalnego, ale wywołuje również szereg niekorzystnych zjawisk zachodzących w biosferze. Gazy te emitowane do troposfery przyczyniają się do potęgowania efektu cieplarnianego i powstawania kwaśnych deszczy. Różne reakcje z udziałem gazów cieplarnianych zachodzą również w stratosferze i prowadzą do zaniku strefy ozonowej.

Amoniak i metan, spośród wszystkich gazów emitowanych w trakcie produkcji zwierzęcej, stanowią największe zagrożenie dla środowiska. Gazy te są emitowane głównie ze świeżo zdeponowanych i przechowywanych odchodów, z paszy dla zwierząt jak również fizjologicznie od samych zwierząt (Hartung i Phillips, 1994). Zwiększona w ostatnich latach produkcja amoniaku w przemyśle rolnym, wiąże się w dużej mierze z intensyfikacją produkcji zwierzęcej. Zwiększone zapotrzebowanie społeczeństwa na mięso, mleko czy jaja skutkowało koniecznością użytkowania zwierząt o wybitnych wydajnościach, których potrzeby bytowe i produkcyjne wymagają stosowania dobrze zbilansowanych pasz o wysokiej zawartości białka (Pedersen i Hafner, 2023). Jednak konwersja azotu zawartego w białku przez zwierzęta jest często nieefektywna i od 50 do 80% spożywanego azotu jest wydalane wraz z kałem do środowiska w postaci amoniaku. Emisja amoniaku z budynków inwentarskich waha się w przedziałach: 0,8 - 6,1; 0,14 - 1,77 i 0,6 - 9,3 g NH_3/h odpowiednio dla świń, bydła mlecznego i drobiu. Wskaźniki emisji amoniaku w Europie wynoszą 15 - 23,5, 2,3 - 7,6 i 0,22 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ na zwierzę na rok, odpowiednio dla bydła mlecznego, trzody chlewnej i drobiu (Arogo i wsp., 1998). Amoniak wpływa negatywnie na środowisko naturalne poprzez eutrofizację systemów wodnych (rozwój glonów i sinic), zakwaszanie gleb i zagrożenie toksyczne dla upraw (Bicer i wsp., 2017).

Metan jest jednym z najsilniejszych gazów cieplarnianych, szacunkowo w 30% odpowiedzialnym za dzisiejszy poziom globalnego ocieplenia. Jego głównym źródłem jest działalność człowieka, przede wszystkim wydobycie paliw kopalnych oraz produkcja rolna (Garnsworthy, 2004). Za 47 – 56% całkowitej antropogenicznej produkcji metanu odpowiada działalność rolna, a 12 – 37% z tej wartości należy do produkcji zwierzęcej. Największa emisja metanu w produkcji zwierzęcej przypisywana jest przeżuwaczom, przede wszystkim bydłu. Oszacowano, że przeżuwacze, zarówno te udomowione jak i dziko żyjące, produkują około 80 milionów ton metanu rocznie. Metan jest gazem wytwarzanym w wyniku fermentacji jelitowej przez jednokomórkowe organizmy – archeony, zasiedlające mikrobiom przeżuwaczy. Pełnią one rolę końcowych reduktorów węgla i przekształcają dwutlenek węgla oraz wodór w metan, szlak ten ułatwia trawienie włókna pokarmowego. Obniżenie produkcji metanu przez przeżuwacze jest możliwe przede wszystkim dzięki zmianie zadawanej im paszy. Zadawalające wyniki uzyskuje się poprzez zmniejszenie ilości tłuszczu w dawce pokarmowej, zwiększeniu udziału roślin strączkowych w zadawanej paszy oraz poprzez stosowanie naturalnych dodatków paszowych takich jak probiotyki, prebiotyki, enzymy, oligosacharydy i zioła (Broucek, 2014).

Siarkowodór jest gazem występującym w budynkach inwentarskich w niskich stężeniach, jednak będąc gazem cięższym od powietrza jego największe nagromadzenie występuje blisko podłogi, przez co stanowi poważne zagrożenie dla zwierząt. Powstaje w wyniku procesu rozkładu materii organicznej, przede wszystkim białek zawierających aminokwasy siarkowe, w warunkach beztlenowych (Marciniak i wsp., 2005).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 lutego 2010 roku, w sprawie wymagań i sposobu postępowania przy utrzymywaniu gatunków zwierząt gospodarskich, dla których normy ochrony zostały określone w przepisach Unii Europejskiej (Dz.U.2010.56.344), określa maksymalne dopuszczalne stężenia gazów szkodliwych w budynkach inwentarskich dla poszczególnych gatunków zwierząt. Stężenie dwutlenku węgla nie powinno przekraczać 3000 ppm, siarkowodoru 5 ppm, a koncentracja amoniaku nie może być większa niż 20 ppm.

Tabela 35. obrazuje wpływ zróżnicowanego żywienia na emisję gazów z kału króliczego. Przeprowadzone doświadczenie nie wykazało, aby zastosowany dodatek żywieniowy w postaci makuchu z pestek dyni wpłynął istotnie na średnią emisję (średnia z 13-dniowych pomiarów) gazów takich jak amoniak, metan, tlen czy siarkowodór. Najwyższą średnią emisją amoniaku cechowała się grupa kontrolna, natomiast jej najniższa średnia wartość została odnotowana dla grupy otrzymującej 5% dodatek makuchu dyniowego.

W grupie D1 emisja amoniaku była niższa o ok. 41% niż w grupie kontrolnej, a w grupie D2 o około 31%. W grupie kontrolnej zauważono najniższą choć niepotwierdzoną statystycznie spośród wszystkich badanych grup emisję metanu, natomiast najwyższa wartość tego parametru cechowała grupę otrzymującą 10% dodatek makuchu z pestek dyni. Średnia emisja tlenu i siarkowodoru we wszystkich grupach żywieniowych była zbliżona. Wykresy 2 – 5 przedstawiają uwalnianie amoniaku, metanu, tlenu i siarkowodoru z kału króliczego w trakcie trwania 13-dniowych pomiarów w beczkach ze zwrotnym zaworem powietrza.

Tabela 35. Wpływ makuchu z pestek dyni na uśrednioną emisję gazów w kale króliczym (średnia \pm SEM)

Wyszczególnienie	Grupa			p-value
	K n = 6	D1 n = 6	D2 n = 6	
NH ₃ (ppm)	9,557 \pm 1,92	5,673 \pm 1,65	6,651 \pm 2,40	0,376
CH ₄ (ppm)	1,633 \pm 0,94	1,871 \pm 0,32	3,233 \pm 0,99	0,141
O ₂ (%)	21,346 \pm 0,05	21,199 \pm 0,05	21,232 \pm 0,05	0,118
H ₂ S (ppm)	1,216 \pm 0,01	1,202 \pm 0,01	1,209 \pm 0,01	0,302

Objaśnienie:

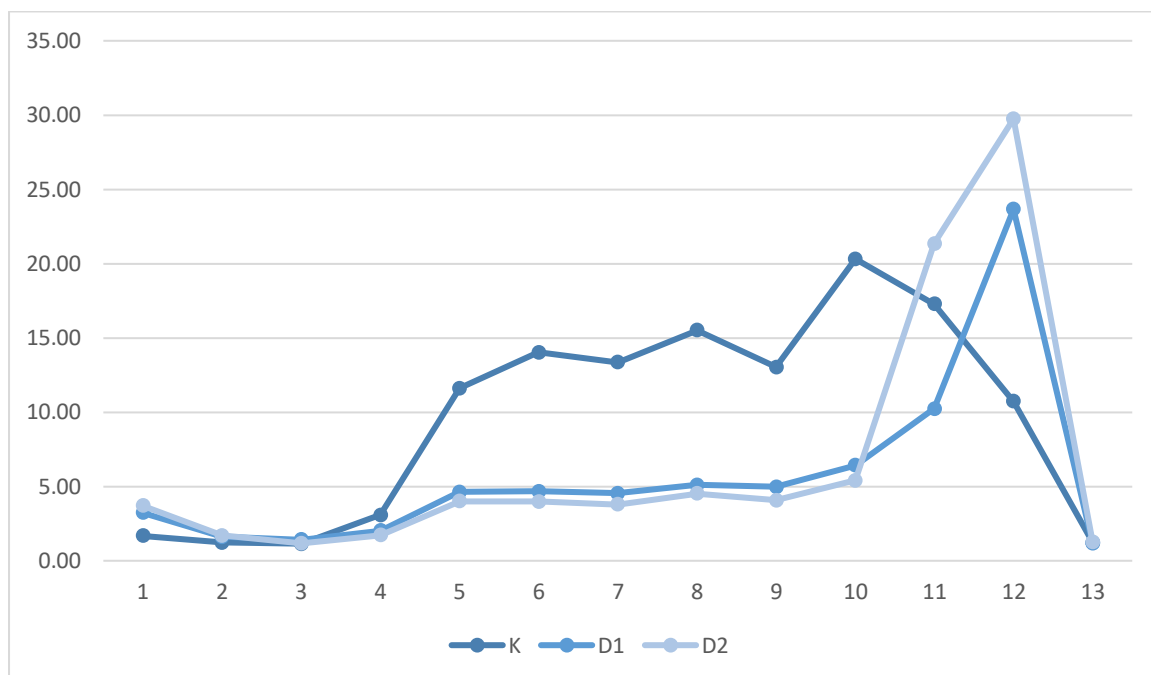
K - grupa kontrolna żywiona granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze;

D1- grupa żywiona mieszanką z 5 % udziałem makuchu z pestek dyni;

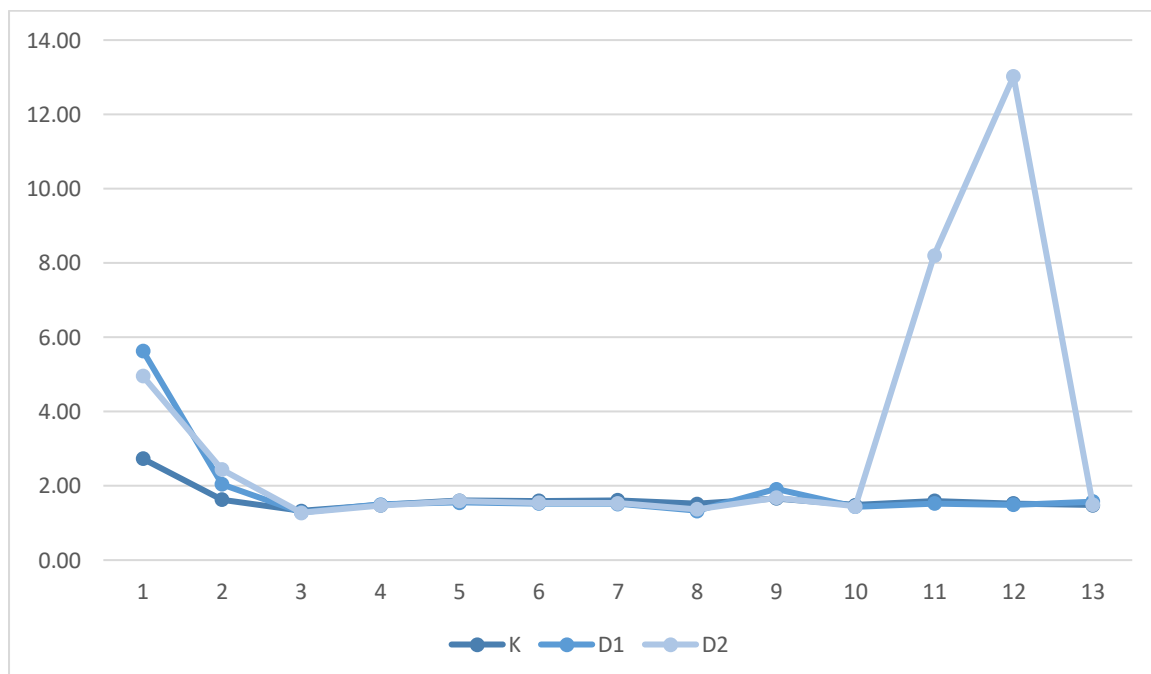
D2 - grupa żywiona mieszanką z 10% udziałem makuchu z pestek dyni;

SEM – błąd standardowy średniej.

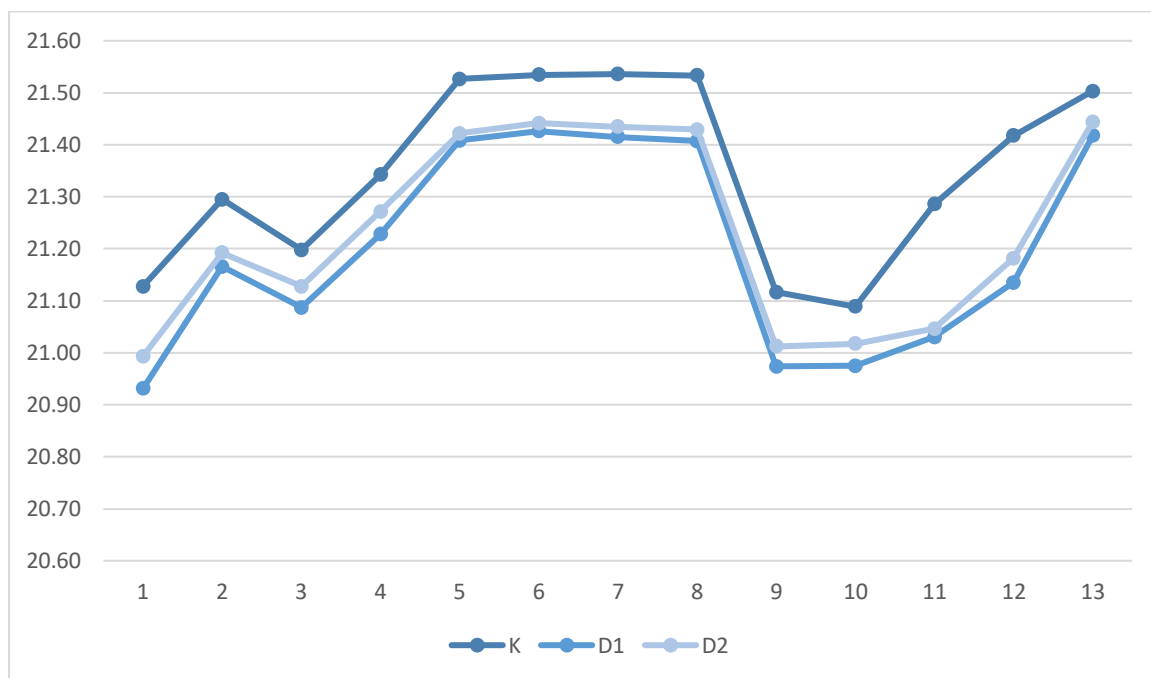
Wykres 2. Analiza emisji amoniaku (NH_4) z kału króliczego w poszczególnych dniach trwania pomiarów (ppm)



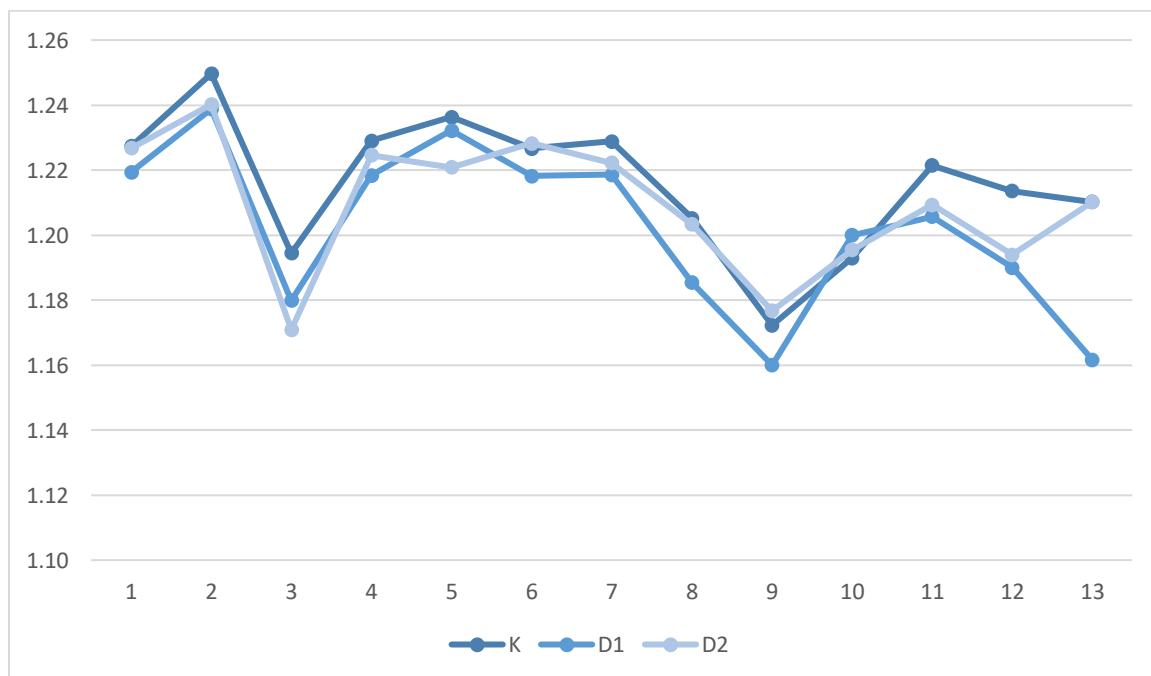
Wykres 3. Analiza emisji metanu (CH_4) z kału króliczego w poszczególnych dniach trwania pomiarów (ppm)



Wykres 4. Analiza emisji tlenu (O_2) z kału króliczego w poszczególnych dniach trwania pomiarów (%)



Wykres 5. Analiza emisji siarkowodoru (H_2S) z kału króliczego w poszczególnych dniach trwania pomiarów (ppm)



Wiele aspektów produkcji króliczej uwarunkowana jest przez specyficzną fizjologię zwierząt, systemy utrzymania i zarządzanie obornikiem. Powstałe w wyniku tej produkcji zanieczyszczenia mogą oddziaływać negatywnie na środowisko, a ich poziom musi być ustalony indywidualnie dla gatunku.

Calvet i wsp. (2011) prowadzili przez 187 dni badania pomiarowe pod kątem stężenia gazów szkodliwych, na trzech fermach króliczych na dwóch etapach produkcji (reprodukcja i tucz młodzięży). Maksymalne stężenie amoniaku ($14,3 \text{ mg/m}^3$), dwutlenku węgla (7041 mg/m^3) i podtlenku azotu ($5,10 \text{ mg/m}^3$) nie przekraczało zalecanych norm i nie miało negatywnego wpływu na dobrostan zwierząt. Określona emisja amoniaku wynosiła $55,9 \text{ mg/h}$ dla samic stada podstawowego i $10,2 \text{ mg/h}$ dla zwierząt w fazie tuczu. Średnia emisja dwutlenku węgla wynosiła $12\,588 \text{ mg/h}$ na jedną samicę stada podstawowego i $3\,341 \text{ mg/h}$ na jednego królika rzeźnego. Emisja podtlenku azotu kształtowała się na poziomie $10,3 \text{ mg/h}$ na samicę, natomiast w przypadku młodzięży rosnącej emisja ta była nieistotna dla środowiska.

Dinuccio i wsp. (2019) wykazali, że obornik króliczy w trakcie przechowywania wydziela znaczne ilości amoniaku i gazów cieplarnianych, natomiast jego wprowadzenie do gleby w formie nawozu naturalnego skutecznie ogranicza emisję NH_4 .

Hidayat i wsp. (2021) porównali produkcję metanu z obornika pochodzącego od kilku gatunków zwierząt: krów, bawołów, kóz, królików, kurczaków i kaczek, umieszczonego w zamkniętych komorach przez 8 tygodni. Próbkę metanu analizowano metodą chromatografii gazowej. Badania wykazały, że całkowita produkcja tego gazu w ciągu całej obserwacji była największa w oborniku kaczym i wyniosła $97,99 \text{ mg g}^{-1}$, najmniejsza w oborniku króliczym $2,70 \text{ mg g}^{-1}$. W podsumowaniu autorzy podali, że najlepszym sposobem na ograniczenie emisji metanu z obornika jest wytwarzanie biogazu.

Obecnie podejmowanych jest wiele działań mających na celu ograniczenie emisji szkodliwych gazów powstałych w wyniku produkcji zwierzęcej do środowiska. Jednym z rozwiązań jest stosowanie suplementów diety, probiotyków, prebiotyków oraz dodatków paszowych pochodzenia roślinnego. Zioła i dodatki roślinne charakteryzują się zdolnościami przeciwutleniającymi, mogą chelatować jony metali ciężkich oraz wygaszać tlen singletowy. Niektóre dodatki ziołowe wpływają ponadto na zmniejszenie aktywności pierwotniaków zasiedlających przewód pokarmowy zwierząt, ograniczając tym samym powstawanie szkodliwych metabolitów (Szeligowska i wsp., 2021).

Wang i wsp. (2016) sprawdzili zastosowanie ekstraktów ze 100 ziół komercyjnie stosowanych w lecznictwie jako substancji potencjalnie ograniczających produkcję metanu przez przeżuwacze. Zioła były eliminowane na różnych etapach prowadzonego badania,

a najbardziej zadowalające wyniki dał ekstrakt etanolowy z nasion pachnotki bazyliowatej (*Perilla frutescens*). Zmniejszył on istotnie produkcję metanu bez negatywnego wpływu na fermentację i populacje wybranych bakterii, grzybów i pierwotniaków w żwaczu.

Faniyi i wsp. (2021) zastosowali wodne i metanolowe ekstrakty z trzech ziół: miodly indyjskiej (*Azadirachta indica*), moringi olejodajnej (*Moringa oleifera*) i pachnotki zwyczajnej (*Ocimum gratissimum*) oraz trzech przypraw: czosnku (*Allium sativum*), imbiru (*Zingiber officinale*) i liści cebuli (*Allium cepa*) na produkcję metanu w żwaczu owiec. Przeprowadzone badania wykazały, że ekstrakty z wybranych ziół i przypraw mogą wpływać na fermentację w żwaczu, a także zmniejszać produkcję metanu u owiec.

Bartoš i wsp. (2016) zastosowali w żywieniu rosnących świń dwa komercyjne dodatki paszowe i zbadali ich wpływ na emisję gazów. Zawierały one olejki eteryczne lub mieszankę olejków eterycznych oraz suszonych ziół i przypraw. Wykorzystano 150 mg/kg paszy Fresta F Plus - mieszanki olejków eterycznych z kminkiem (*Carum L.*) i olejkiem cytrynowym (*Citrus limon L.*) jako głównymi składnikami oraz suszonymi ziołami, przyprawami i saponinami modrzewia właściwego (*Quillaja saponaria* Molina) i 100 mg/kg paszy Aromex ME Plus zawierającego olejki eteryczne z rozmarynu (*Rosmarinus L.*), tymianku (*Thymus vulgaris L.*) i saponiny modrzewia właściwego (*Quillaja saponaria* Molina). Włączenie roślinnych ekstraktów do diety świń zmniejszyło emisję amoniaku w przeliczeniu na jedno zwierzę i na 1 kg przyrostu odpowiednio o 21 i 26 %.

Również w przypadku królików zostały przeprowadzone pierwsze badania nad wpływem dodatków żywieniowych ograniczających emisję szkodliwych gazów.

Biagini i wsp. (2021) wykorzystali rozpuszczalny w wodzie biopolimer uzyskany z miejskich odpadów ogrodniczych. Badacze dodali do konwencjonalnej dawki pokarmowej stosowanej w żywieniu królików 0; 0,05; 0,25; 0,5 i 1% dodatek biopolimeru. Wykazano, że już 0,25% udział dodatku wpływa na obniżenie emisji amoniaku o 30%, metanu o 25%, podtlenku azotu o 9%, a dwutlenku węgla o 8%.

Stosowanie odpowiednich dodatków żywieniowych może wpłynąć pozytywnie na zmniejszenie emisji szkodliwych gazów i poprawienie warunków bytowych zwierząt jak również na środowisko naturalne. Stosowanie makuchu z pestek dyni może mieć pozytywny wpływ na emisję amoniaku z obornika króliczego, jednak wyciągnięcie jasnych wniosków wymaga dalszych badań.

6. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Zastosowanie 5 i 10 % dodatku makuchu z pestek dyni w żywieniu królików nie miało negatywnego wpływu na końcową masę ciała, a poubojowo na poszczególne parametry analizy rzeźnej tuszek i wydajność rzeźną.
2. Dodatek do mieszanek paszowych makuchu z pestek dyni miał znaczący wpływ na jakość mięsa króliczego. Wraz z jego rosnącym udziałem w diecie, stwierdzono korzystne obniżenie wartości pH mięsa, jak również poprawę składowych jego barwy w mięśni najdłuższym lędźwi i dwugłowym uda.
3. Nie wykazano istotnego wpływu stosowanego komponentu paszowego na zawartość cholesterolu i na proporcję włókien mięśniowych w badanych mięśniach.
4. Makuch z pestek dyni istotnie obniżył zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych o wiązaniu n-3 (PUFA n-3) w badanych mięśniach i zwiększył udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-6 (PUFA n-6) przyczyniając się tym samym do zwiększenia stosunku PUFA n-6/n-3, co można uznać za efekt negatywny.
5. Wraz ze zwiększającym się udziałem badanego dodatku w dawce pokarmowej wykazano w mięśni najdłuższym lędźwi zwiększenie poziomu ekspresji genu FADS2, odpowiedzialnego za wprowadzenia dodatkowego wiązania podwójnego do kwasów tłuszczowych oraz obniżenie ekspresji genu ACACA biorącego udział w syntezie nasyconych kwasów tłuszczowych.
6. Makuch z pestek dyni miał pozytywny wpływ na profil lipidowy krwi króliczej. Wraz z jego rosnącym udziałem w dawce pokarmowej istotnemu obniżeniu uległ poziom cholesterolu całkowitego, frakcji cholesterolu LDL i trójglicerydów.
7. Zastosowanie dodatku w postaci makuchu z pestek dyni wpłynęło pozytywnie na mikrobiotę jelit zmniejszając liczbę szkodliwych dla zdrowia królików bakterii *E. coli* i *C. perfringens*. Najbardziej korzystne wyniki uzyskano przy zastosowaniu 10% badanego makuchu. 5% dodatek w największym stopniu obniżył ogólną liczbę grzybów i bakterii z rodzaju *Listeria*.
8. Makuch z pestek dyni, będący komponentem paszowym bogatym w substancje biologicznie czynne o działaniu antyoksydacyjnym miał istotnie korzystny wpływ na wskaźniki statusu redox oznaczone w surowicy krwi, zmniejszając prawdopodobieństwo wystąpienia stresu oksydacyjnego u królików.

9. Badania z wykorzystaniem makuchu z pestek dyni nie potwierdziły jego istotnego wpływu na emisję gazów wydzielanych z kału króliczego w trakcie jego przechowywania. Stwierdzono jednak tendencje spadkową w emisji amoniaku w obydwu grupach doświadczalnych o około 41 i 31% w stosunku do grupy kontrolnej.

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wskazują, że makuch z pestek dyni może być wykorzystywany jako białkowy komponent paszowy stosowany w żywieniu królików, bez wywierania negatywnego wpływu na wyniki produkcyjne. Jego pozytywny wpływ na zdrowotność zwierząt może przyczynić się do ograniczenia występowania chorób i konieczności stosowania syntetycznych środków farmaceutycznych.

Wykazany negatywny wpływ makuchu z pestek dyni na profil kwasów tłuszczowych mięsa króliczego może zostać zniwelowany poprzez zastosowanie dodatkowego komponentu paszowego bogatego w wielonienasycone kwasy tłuszczowe o wiązaniu n-3 (np. olej rybny lub lniany).

7. Streszczenie

Dynia (*Cucurbita* L.) jest rośliną z rodziny dyniowatych (*Cucurbitaceae*), w której częścią jadalną jest miąższ w różnym stadium dojrzałości oraz nasiona, będące cennym źródłem białka i tłuszczu. Zawierają one także witaminy z grupy B oraz witaminę E i cechują się wysoką zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, błonnika pokarmowego, fitosteroli, fosforu i potasu oraz żelaza, seleniu i cynku, dzięki czemu przypisuje się im właściwości prozdrowotne. Bioaktywność pestek dyni może oferować zrównoważoną naturalną alternatywę dla zwalczania organizmów patogennych i pasożytów, a także zwiększać odporność na infekcje chorobowe. Zawierają one kukurbitacynę – fitosterol, który działa paraliżująco na większość pasożytów pokarmowych.

Produktem ubocznym tłoczenia oleju z nasion dyni jest makuch, stanowiący znakomity dodatek do podstawowej diety zwierząt gospodarskich i ryb. Badania wykazały, że zawartość białka ogólnego w suchej masie makuchu z pestek dyni wynosi 59,94%, czyli więcej niż w poekstrakcyjnej śrucie sojowej - 47,42%. Zastosowany w żywieniu wielu gatunków zwierząt makuch z pestek dyni jako pasza wysokobiałkowa, może zastąpić w żywieniu królików poekstrakcyjną śrutę sojową, jednocześnie przyczyniając się do ograniczenia stosowania środków przeciwpasożytniczych w tej hodowli.

Celem pracy było zbadanie wpływu 5 i 10% dodatku makuchu z pestek dyni do pełnoporcjowej mieszanki paszowej podawanej królikom na wyniki odchowu, użytkowość rzeźną, jakość mięsa i zdrowotność zwierząt.

Badania na zwierzętach przeprowadzono w fermie królików K-083, należącej do Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, w okresie od początku stycznia do końca maja 2023 r. Materiał doświadczalny stanowiły króliki rasy popielniańskiej białej. Młodzież rosnącą, po odsadzeniu od matek w 35. dniu życia do dnia uboju utrzymywano w dwupiętrowych klatkach (bateriach), z siatki metalowej, przeznaczonych do towarowego odchowu królików, po 4 sztuki jednej płci w każdej.

Utworzono trzy grupy żywieniowe: K (kontrolną) – żywioną pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową podstawową o standardowej recepturze z 13% zawartością poekstrakcyjnej śruty sojowej; D1 (doświadczalna 1) – żywioną pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową z 5% udziałem makuchu z pestek dyni i 6,5% udziałem śruty sojowej poekstrakcyjnej; D2 (doświadczalna 2) – żywioną pełnoporcjową, granulowaną mieszanką paszową z 10% udziałem makuchu z pestek dyni i bez udziału poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Młode króliki od momentu odsadzenia były regularnie ważone celem określenia wyników produkcyjnych, takich jak masa ciała i przyrosty dobowe. Po zakończeniu odchowu doświadczalnego z każdej grupy wybrano losowo po 10 królików (5 samców i 5 samic) i poddano je ubojowi. Masa ciała zwierząt mieściła się w przedziale od 2600 do 3300 g. W trakcie obróbki poubojowej określono parametry analizy rzeźnej pozyskanych tuszek króliczych i pobrano materiał biologiczny wykorzystany do dalszych analiz.

Wykonano analizę jakości mięsa pod kątem jego kwasowości, barwy, tekstury, profilu aminokwasowego, profilu kwasów tłuszczowych, składu chemicznego, poziomu cholesterolu oraz zawartości poszczególnych włókien mięśniowych. Przeprowadzono analizę morfologiczną i biochemiczną pobranej krwi oraz określono wskaźniki statusu redox. Zbadano treść układu pokarmowego pod kątem składu mikroflory jelitowej oraz pobrano kał celem wykonania badań parazytologicznych i oznaczenia emisji gazów. Na próbkach mięsa i wątroby wykonano analizę ekspresji genów *FADS2* i *ACACA*.

Wszystkie otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica 13.1 PL. Wykonano jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic pomiędzy średnimi w grupach oszacowano stosując wielokrotny test rozstępu Duncana.

Nie wykazano istotnego wpływu badanego dodatku żywieniowego na końcową masę ciała, parametry analizy rzeźnej ciepłej i zimnej, cechy jakości mięsa takie jak skład chemiczny, zawartość cholesterolu oraz proporcję włókien mięśniowych, jak również na emisję gazów wydzielanych z kału króliczego. Uzyskane wyniki były porównywalne z grupą kontrolną.

Przeprowadzone doświadczenie wskazało na pozytywny wpływ badanego makuchu z pestek dyni na cechy jakości mięsa króliczego takie jak barwa i kwasowość.

Za negatywne uznano obniżenie w grupach doświadczalnych w badanym mięsie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA n-3 i zwiększenie udziału PUFA n-6, co wpłynęło na podwyższenie stosunku PUFA n-6/n-3.

Wykazano pozytywny wpływ makuchu z pestek dyni na zdrowotność badanych królików. Wraz z rosnącym udziałem makuchu w dawce żywieniowej zwierząt istotnemu obniżeniu uległ poziom cholesterolu całkowitego, frakcji cholesterolu LDL i trójglicerydów w surowicy krwi. 10% dodatek makuchu z pestek dyni wpłynął pozytywnie na skład mikroflory jelitowej królików poprzez zmniejszenie liczby szkodliwych dla zdrowia bakterii *E. coli* i *C. perfringens*. Zastosowany dodatek żywieniowy wpłynął w sposób pozytywny na wskaźniki statusu redox, przez co zmniejszył prawdopodobieństwo wystąpienia stresu oksydacyjnego u zwierząt.

W mięśni najdłuższym łądźwi wykazano zwiększenie poziomu ekspresji genu FADS2 i obniżenie ekspresji genu ACACA wraz ze zwiększającym się udziałem w dawce pokarmowej makuchu z pestek dyni.

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia potwierdzają, że makuch z pestek dyni może być wykorzystywany jako białkowy komponent paszowy stosowany w żywieniu królików, bez wywierania negatywnego wpływu na wyniki produkcyjne. Ponadto jego pozytywny wpływ na zdrowotność zwierząt może przyczynić się do ograniczenia występowania chorób i stosowania na fermach króliczych syntetycznych środków farmaceutycznych.

Słowa kluczowe: królik, żywienie, makuch z pestek dyni, wyniki produkcyjne, analiza rzeźna, jakość mięsa, profil kwasów tłuszczowych, aminokwasy, ekspresja genów, mikroflora jelitowa, stres oksydacyjny, cholesterol, profil lipidowy, pasożyty, kokcydioza.

The use of pumpkin seed cake in rabbit nutrition

Abstract

Pumpkin (*Cucurbita* L.) is a plant of the *cucurbitaceae* family, in which the edible part is the flesh at different stages of ripeness and the seeds, which are a valuable source of protein and fat. They also contain B vitamins and vitamin E and are characterised by a high content of polyunsaturated fatty acids, dietary fibre, phytosterols, phosphorus and potassium, as well as iron, selenium and zinc, so they are attributed with health-promoting properties. The bioactivity of pumpkin seeds may offer a sustainable natural alternative in the control of pathogenic organisms and parasites, as well as increasing resistance to disease infections. They contain cucurbitacin, a phytosterol that has a paralysing effect on most food parasites.

A by-product of pumpkin seed oil pressing is pumpkin seed cake, which is an excellent addition to the diet of livestock and fish. Studies have shown that the total protein content of the dry matter of pumpkin seed cake is 59.94%, which is higher than that of post-extraction soybean meal - 47.42%. When used in the feeding of many animal species, pumpkin seed cake, as a high-protein feed, can replace soybean meal in the feeding of rabbits, while also contributing to reducing the use of antiparasitic agents in this livestock.

The purpose of this study was to investigate the effects of 5% and 10% pumpkin seed cake addition to a complete feed mixture fed to rabbits on growth performance, slaughter traits, meat quality and animal health.

Studies on animals were carried out at rabbit farm K-083, belonging to The National Research Institute of Animal Production, in the period from the beginning of January to the end of May 2023. The experimental material was rabbits of the Popielno White breed. The rabbits belonging to the primary herd were kept individually in pens on deep bedding in an unheated, enclosed hall. Growing rabbits were kept in two-level cages (batteries), made of metal mesh, designed for commercial rabbit rearing, with four animals of one sex per cage. The young animals were reared with their mothers until they were 35 days old and then moved to the two-level cages, 4 rabbits of one sex in each.

Three feeding groups were established: K (control) - fed a complete, pelleted basic feed mix of standard formulation with 13% post-extraction soy bean meal; D1 (experimental 1) - fed a complete, pelleted compound feed with 5% pumpkin seed cake and 6.5% post-extraction soy

bean meal; D2 (experimental 2) - fed a complete, pelleted compound feed with 10% pumpkin seed cake and no post-extraction soy bean meal.

The young rabbits were weighed regularly from weaning at 35 days of age to determine growth performance such as body weight and daily gains. At the end of the experimental rearing, 10 rabbits (5 males, 5 females) from each group were randomly selected for slaughter. The body weight of the animals on the day of slaughter was between 2600 and 3300 g. During post-slaughter processing, the slaughter performance of the obtained rabbit carcasses was determined and the biological material was collected to be used for further analyses.

Meat quality analyses were carried out to determine its acidity, colour, texture, amino acid profile, fatty acid profile, chemical composition, cholesterol level and individual muscle fibre content. Morphological and biochemical analysis of blood was carried out, and indicators of redox status were determined. The contents of the gastrointestinal tract were examined for the composition of the intestinal microflora, and faeces were collected for parasitological examination and gas emission determination. Analysis of FADS2 and ACACA genes expression was performed on meat and liver samples. All results obtained were subjected to statistical analysis using the Statistica 13.1 PL statistical software package. A one-way analysis of variance was performed and the significance of differences between group means was estimated using Duncan's multiple range test.

There was no significant effect of the tested nutritional supplement on final body weight, hot and cold slaughter performance, meat quality traits such as chemical composition, cholesterol content and muscle fibre ratio, as well as on rabbit faecal gas emissions. The results obtained were comparable with the control group.

The experiment shows that the pumpkin seed cake tested had a positive effect on rabbit meat quality traits such as colour and acidity.

A positive effect of pumpkin seed cake on the health of the examined rabbits was also demonstrated. With increasing proportions of pumpkin seed cake in the animals' feed ration, the levels of total cholesterol, LDL cholesterol fraction and triglycerides were significantly reduced. The 10 % addition of pumpkin seed cake had a positive effect on the composition of the rabbits' intestinal microflora by reducing the number of the harmful *E. coli* and *C. perfringens* bacteria. The pumpkin seed cake used had a positive effect on redox status indices, thereby reducing the probability of oxidative stress in the animals.

Increased expression levels of the FADS2 gene and decreased expression of the ACACA gene were shown in the longissimus lumborum muscle with increasing dietary intake of pumpkin seed cake.

The results of the experiment carried out confirm that pumpkin seed cake can be used as a protein feed component in rabbit nutrition without having a negative effect on the production performance and meat quality of rabbits. Furthermore, its positive effects on animal health can contribute to reducing the occurrence of diseases and the use of synthetic pharmaceuticals and coccidiostats on rabbit farms.

Keywords: rabbit, nutrition, pumpkin seed cake, growth performance, slaughter performance, dressing out percentage, meat quality, fatty acid profile, amino acids, gene expression, intestinal microflora, oxidative stress, cholesterol, lipid profile, parasites, coccidiosis.

8. Piśmiennictwo

- Abd El-Ghany W. A. 2020. Coccidiosis: a parasitic disease of significant importance in rabbits. *World's Veterinary Journal*. 10 (4), 499 - 507.
- Abdelnour S. A., Metwally M. G. E., Bahgat L.B., Naiel M. A. E. 2023. Pumpkin seed oil-supplemented diets promoted the growth productivity, antioxidative capacity, and immune response in heat-stressed growing rabbits. *Tropical Animal Health and Production*. 55 (1), 55.
- Abdl-Rahman M. A., Saleh S. Y., Amal A. Z., Safaa S. A. E. H. 2011. Growth performance, cecal fermentation and blood biochemistry of rabbits fed diet supplemented with urea-bentonite combination. *Journal of Agricultural Science*. 3 (1), 14.
- Abou-Shehema B.M., Rawia S., Hamed, Mona R. M. Ahmed, Shahba H. A. 2023. Influence of dietary pumpkin seed powder supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood constituents and carcass traits of growing rabbits. *Egyptian Poultry Science Journal*. 43 (IV), 663-682.
- Achilonu M. C., Nwafor I. C., Umesiobi D. O., Sedibe M. M. 2018. Biochemical proximates of pumpkin (*Cucurbitaceae spp.*) and their beneficial effects on the general well-being of poultry species. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 102, 5 - 16.
- Achremowicz K., Szary-Sworst K. 2000. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 44, 23-35.
- Adeyemi K. D., Oladele T. O., Atolani O., Sulaimon R. O., Zubair J. I., Ajao B. H. 2022. Dietary *Plukenetia conophora* seed alters muscle cholesterol, antioxidant enzymes, and fatty acids in growing rabbits. *Meat Science*. 189, 108809.
- Aghaei S., Nikzad H., Taghizadeh M., Tameh A. A., Taherian A., Moravveji A. 2013. Protective effect of Pumpkin seed extract on sperm characteristics, biochemical parameters and epididymal histology in adult male rats treated with Cyclophosphamide. *Andrologia*. 46 (8), 927 – 935.
- Ahmad G., Khan A. A. 2019. Pumpkin: Horticultural Importance and Its Roles in Various Forms; a Review. *International Journal of Horticulture & Agriculture*. 4, 1 - 6.
- Al-Salhi K., Kadhum S., Abbas R. 2017. Effect of Supplementation Different Levels of Vitamin E and Pumpkin Seed Oil to the Diet on Productive, Physiological and Reproductive Performance of Japanese Quail. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*. 30 (2), 50-58.

- Antunovic Z., Klir Ž., Šperanda M., Sičja V., Čolović D., Mioč B., Novoselec J. 2018. Partial replacement of soybean meal with pumpkin seed cake in lamb diets: Effects on carcass traits, haemato-chemical parameters and fatty acids in meat. *South African Journal of Animal Science*. 48 (4), 695–704.
- Arino B., Hernández P., Blasco A. 2006. Comparison of texture and biochemical characteristics of free rabbit lines selected for litter size or growth rate. *Meat Science*. 73, 687–692.
- Arogo J., Westerman P. W., Heber A. J., Robarge W. P., Classen J. J. 1998. Ammonia in animal production – A review. In 2001 ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Azzi A. 2019. Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: Many similar molecules but only one vitamin E. *Redox Biology*. 26, 101259.
- Badaoui B., Serradilla J.M., Tomàs A., Urrutia B., Ares J.L., Carrizosa J., Sánchez A., Jordana J., Amills M. 2007. Goat acetyl-coenzyme a carboxylase α : Molecular characterization, polymorphism, and association with milk traits. *American Dairy Science*. 90 (2), 1039–1043.
- Bain, B. J. 2021. *Blood cells: a practical guide*. John Wiley & Sons.
- Bakeer M. R. 2021. Focus on the effect of dietary pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed oil supplementation on productive performance of growing rabbits. *Journal of Applied Veterinary Sciences*. 6 (2), 22-26.
- Bakeer M.R., Saleh S.Y., Gazia N., Abdelrahman H. 2021. Effect of dietary pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed oil supplementation on reproductive performance and serum antioxidant capacity in male and nulliparous female V-Line rabbits. *Italian Journal of Animal Science*. 20 (1), 419-425.
- Balicka-Laurans A. 1993. Przebieg i profilaktyka kokcydiozy w fermie towarowej królików. *Szczecińskie Roczniki Naukowe*. 8, 75 – 88.
- Balicka-Ramis A., Wróbel M., Adadyńska K. 2014. Epidemiology and economic benefits of treating rabbits coccidiosis in small farms from West Pomerania province, Poland. *Annals of Parasitology*. 60 (4), 247 – 251.
- Balkan J., Dođru-Abbasođlu S., Aykaç-Toker G., Uysal M. 2004. The effect of a high cholesterol diet on lipids and oxidative stress in plasma, liver and aorta of rabbits and rats. *Nutrition Researc*. 24 (3), 229 – 234.
- Barabasz B., Bieniek J. 2003. *Królik. Towarowa produkcja mięsna*. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.

- Barber M.C., Price N.T., Travers M.T. 2005. Structure and regulation of acetyl-CoA carboxylase genes of metazoa. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1733, 1–28.
- Bar-Or D., Bar-Or R., Rael L. T., Brody E. N. 2015. Oxidative stress in severe acute illness. 4, 340 – 345.
- Bartoš P., Dolan A., Smutný L., Šístková M., Celjak I., Šoch M., Havelka Z. 2016. Effects of phytogetic feed additives on growth performance and on ammonia and greenhouse gases emissions in growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 212, 143 - 148.
- Bartosz G. 2013. Oxygen's second face. PWN. Warszawa.371, 376.
- Batool M., Ranjha M. M. A. N., Roobab U., Manzoor M. F., Farooq U., Nadeem H. R., Nadeem M., Kanwal R., AbdElgawad H., A. I. Jaouni S. K., Selim S., Ibrahim S. A. 2022. Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (*Cucurbita sp.*). *Plants*. 11(11), 1394.
- Benlemlih M., Aarab A., Bakkali M., Arakrak A., Laglaoui A. 2014. The effect of supplementing diets with dried fennel and thyme on the zootechnical parameters and caecal microflora of growing rabbit. *Journal of Animal and Feed Science*. 23, 346-350.
- Benzie I. F., Strain J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239 (1), 70 – 76.
- Bergeron N., Deshaies Y., Jacques H. 1992. Dietary fish protein modulates high density lipoprotein cholesterol and lipoprotein lipase activity in rabbits. *The Journal of nutrition*. 122 (8), 1731 - 1737.
- Biagini D., Montoneri E., Rosato R., Lazzaron, C., Dinuccio, E. 2021. Reducing ammonia and GHG emissions from rabbit rearing through a feed additive produced from green urban residues. *Sustainable Production and Consumption*. 27, 1 - 9.
- Bianchi M., Petracci M., Cavani C. 2006. Effects of dietary inclusion of dehydrated lucerne and whole linseed on rabbit meat quality. *World Rabbit Science*. 14, 247–258.
- Bicer Y., Dincer I., Vezina G., Raso F. 2017. Impact assessment and environmental evaluation of various ammonia production processes. *Environmental management*. 59, 842 - 855.
- Bivolarski B., Vachkova E., Ribarski S., Uzunova K., Pavlov D. 2011. Amino acid content and biological value of rabbit meat proteins, depending on weaning age. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 14 (2), 94 – 102.
- Bláhová Z., Harvery T. N., Pšenička M., Mráz J. 2020. Assessment of Fatty Acid Desaturase (Fads2) Structure-Function Properties in Fish in the Context of Environmental Adaptations and as a Target for Genetic Engineering. *Biomolecules*. 10 (2), 206.

- Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*. 4 (2), 93 – 99.
- Bogucki M., Neja W. 2008. Produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego w żywieniu bydła. *Hodowca Bydła*. 1, 10 – 12.
- Boix-Fayos C., de Vente J. 2023. Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture within the European Green Deal. *Agricultural Systems*. 207, 103634.
- Boschetti E., Bordoni A., Meluzzi A., Castellini C., Dal Bosco A., Sirri F. 2016. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. *Animal*. 10 (4), 700 – 708.
- Bosze Z., Hiripi L., Carnwath J.W., Niemann H. 2003. The transgenic rabbit as model for human diseases and as a source of biologically active recombinant proteins. *Transgenic Research*. 12 (5), 541 – 553.
- Bouzaida M.D., Resconi V.C., Gimeno D., Romero J.V., Calanche J.B., Barahona M., Olleta J.L., María G.A. 2021. Effect of dietary grape pomace on fattening rabbit performance, fatty acid composition, and shelf life of meat. *Antioxidants*. 10, 795.
- Broucek J. 2014. Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review. *Journal of Environmental Protection*. 5 (15), 51796.
- Buijs S., Hermans K., Maertens L., Van Caelenberg A., Tuytens F. 2014. Effects of semi-group housing and floor type on pododermatitis, spinal deformation and bone quality in rabbit does. *Animal*. 8 (10), 1728 – 1734.
- Burton G. J., Jauniaux E. 2011. Oxidative stress. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*. 25 (3), 287 – 299.
- Caili F., Huan S., Quanhong L. 2006. Review on Pharmacological Activities and Utilization Technologies of Pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition*. 61, 70–77.
- Calvet S., Cambra-López M., Barber F. E., Torres A. G. 2011. Characterization of the indoor environment and gas emissions in rabbit farms. *World Rabbit Science*. 19 (1), 49 - 61.
- Całyniuk B., Grochowska-Niedworok E., Walkiewicz K. W., Kawecka S., Popiołek E., Fatyga E. 2016. Malondialdehyde (MDA) – product of lipid peroxidation as marker of homeostasis disorders and aging. *Annales Academiae Medicae Silesiensis*. 70, 224 – 228.

- Campos F. S. T., Zeferino C. P., Machado L. C., Soares V. E., de Souza Camargos R., dos Santos I. P. 2018. Hematological parameters of rabbits submitted to feed restriction. *Zootecnia Brasil. Construindo Saberes, Formando Pessoas e Transformando a Producao Animal*. 27 – 30.08.2018. Goiânia, Brasil.
- Chen J. G., Liu Z. Q., Wang Y., Lai W. Q., Mei S., Fu Y. 2005. Effects of sugar-removed pumpkin zymptic powders in preventing and treating the increase of blood glucose in alloxan-induced diabetic mice. *Chinese Journal of Clinical Rehabilitation*. 9, 94-95.
- chicken, beef and pork meat. *Journal of Animal Production Advances*. 3 (4), 172-176.
- Chizzolini R., Zanardi E., Dorigoni V., Ghidini S. 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science & Technology*. 10 (4 – 5), 119 – 128.
- Chrastinova L., Chrenková M., Polačiková M., Lauková A., Simonová M. P., Szabóová R., Stropfová V., Ondruška L., Rafay J., Vasilková Z., Plachá I., Faix Š., Haviarová M., Mojto J. 2009. Utilization of an extract product from ginseng supplementation in diets and different energy levels of granulated feed in the nutrition of rabbits. *Archiva Zootechnica*. 12 (1), 72 – 79.
- Chwastowska-Siwiecka I., Kondratowicz J., Winiarski R., Śmiecińska K. 2011. Wartość rzeźna oraz wybrane cechy jakościowe mięsa królików ras mięsnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2 (75), 136 – 147.
- Colagar A. H., Souraki O. A. 2012. Review of pumpkin anticancer effects. *Quran Medicine*. 1 (4), 77 - 88.
- Corino C., Fiego D. P. L., Macchioni P., Pastorelli G., Di Giancamillo A., Domeneghini C., Rossi R. 2007. Influence of dietary conjugated linoleic acids and vitamin E on meat quality, and adipose tissue in rabbits. *Meat Science*. 76 (1), 19 – 28.
- Coudert P., Licois D., Stereun A. 1979. Characterization of *Eimeria* species. *Zeitschrift für Parasitenkunde*. 59, 227 – 234.
- Cullere M., Dalle Zotte A. 2018. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science*. 143, 137 – 146.
- Czech A., Ognik K., Laszewska M., Sembratowicz I. 2017. The effect of raw and extruded linseed on the chemical composition, lipid profile and redox status of meat of turkey hens. *Animal Science Papers and Reports*. 35, 57 – 69.
- Czech A., Sembratowicz I., Kiesz M. 2021. The effects of a fermented rapeseed or/and soybean meal additive on antioxidant parameters in the blood and tissues of piglets. *Animals*. 11, 1646.

- Dal Bosco A., Castellini C., Martino M., Mattioli S., Marconi O., Sileoni V., Ruggeri S., Tei F., Benincasa P. 2015. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition. *Meat Science*. 106, 31 – 37.
- Dal Bosco A., Gerencsér Zs., Szendrő Zs., Mugnai C., Cullere M., Kovács M., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., Dalle Zotte A. 2014. Effect of dietary supplementation of *Spirulina (Arthrospira platensis)* and Thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display. *Meat Science*. 96, 114–119.
- Dalle Zotte A., Szendrő Zs. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*. 88 (3), 319-331.
- 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.
- Dave M.D., Higgins P.D., Middha S. Rioux K.P. 2012. The human gut microbiome: current knowledge, challenges, and future directions. *Translational Research*. 160, 246 - 257.
- Dąbek K., Kalinowski M., Mastalerczyk A., Dąbrowski J., Boguszevska-Czubara A. 2021. Zastosowanie kukurbitacyny B w terapii nowotworów. Wybrane zagadnienia z zakresu produkcji surowców, żywności i kosmetyków. *Środowisko – Roślina – Zwierzę – Produkt*. Lublin. Pod redakcją Marka Babicza i Kingi Kropiwiiec-Domańskiej. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.
- De Castro M. R., de Oliveira C. H. T., Teles M. C., Barcelos M. S., das Neves Motta K. C., dos Santos Medeiros S. L., de Almeida A. A., Valentim J. K. 2023. Pumpkin seed flour (*Cucurbita pepo* L.) as an alternative source in the feeding of pigs in the initial phase of production. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 46 (1), e62047.
- Dervishi E., Serrano C., Joy M., Serrano M., Rodellar C., Calvo J. H. 2011. The effect of feeding system in the expression of genes related with fat metabolism in semitendinous muscle in sheep. *Meat Science*. 89 (1), 91 – 97.
- Dhiman A. K., Sharma k. DS., Attri S. 2009. Functional constituents and processing of pumpkin: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 46 (5), 411.
- Dinh T. T. N., Thompson L. D., Halyean M. L., Brooks J. C., Patterson K. Y., Boylan L. M. 2011. Cholesterol Content and Methods for Cholesterol Determination in Meat and Poultry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 10 (5), 269 – 289.

- Dinuccio E., Biagini D., Rosato R., Balsari P., Lazzaroni C. 2019. Organic matter and nitrogen balance in rabbit fattening and gaseous emissions during manure storage and simulated land application. *Agriculture, ecosystems & environment*. 269, 30 - 38.
- Dorman H. J. D., Deans S. G. 2000. Antimicrobial agents from plants; antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*. 88, 308 -316.
- Dotto J. M., Chacha J. S. 2020. The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review. *Scientific African*. 10, 00575.
- Dubey A., Mishra N., Singh N. 2010. Antimicrobial activity of some selected vegetables. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 1 (3), 994-99.
- Duda I. 1992. Skóry surowe futrzarskie. Wydawnictwo. AE Kraków.
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). 2020. Health and welfare of rabbits farmed in different production systems.
- Ekpo J. S., Okeudo N. J., Uchegbu M. C., Etuk E. B. 2019. Effect of Dietary Pumpkin Stem Waste on Haematological Indices, Meat and Serum Lipid Profiles of Rabbits. *European Scientific Journal*. 15 (6), 10 - 20.
- El-Bagir N. M., Farah I. T. O., Elhag S., Alhaidary A., Mohamed H., Beyen A. 2010. Immune response and Pasteurella resistance in rabbit fed diets containing various amounts of black cumin seeds. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 5, 163-167.
- Elwan H., Abdelhakeam M., El-Shafei S., El-Rahman A. A., Ismail Z., Zounouny A., Shaker E., Al-Rejaie S. S., Mohany M., Elnesr S., Elnesr S. 2020. Efficacy of dietary supplementation with Capsicum Annum L on performance, hematology, blood biochemistry and hepatic antioxidant status of growing rabbits. *Animals*. 10 (11), 2045.
- Etim N. N., Oguike M. A. 2011. Haematology and serum biochemistry of rabbit does fed *Aspilia africana*. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 7 (4), 121-127.
- Falcão-e-Cunha L., Castro-Solla L., Maertens L., Marounek M., Pinheiro V., Freire J., Mourão J. L. 2007. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: a review. *World Rabbit Science*. 15, 127 – 140.
- Fan J., Watanabe T. 2003. Transgenic rabbits as therapeutic protein bioreactors and human disease models. *Pharmacology & Therapeutics*. 99, 261 - 282.

- Faniyi T. O., Adewumi M. K., Jack A. A., Adegbeye M. J., Elghandour M. M., Barbabosa-Pliego A., Salem A. Z. 2021. Extracts of herbs and spices as feed additives mitigate ruminal methane production and improve fermentation characteristics in West African Dwarf sheep. *Tropical Animal Health and Production*. 53, 1 - 8.
- FAOSTAT. The Statistics Division of the FAO. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (dostęp 26 października 2022 r.).
- Folch J., Lees M., Sloane Stanley G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226 (1), 497 – 509.
- Gaey F., Santugosa I Culi E., Corporeau C., Boudry P., Dreano Y., Corcos L., Bodin N., Vandeputte M., Zambonino-Infante J. L., Mazurais D., Cahu C. L. 2010. Regulation of FADS2 expression and activity in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) fed a vegetable diet. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 156 (4), 237 – 243.
- Galeano-Díaz J.P., Sánchez-Torres J.E., Domínguez-Vara I.A., Morales-Almaraz E., Rodríguez-Carpena J.G., Grageola-Nuñez F., Nieto-Martinez G. 2023. Effects on growth performance parameters, carcass traits, meat nutrimental quality and intramuscular fatty acid profile of rabbits fed with diets with avocado waste (*Persea americana Mill*). *Agriculture*. 13, 549.
- Garnsworthy P. C. 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Animal feed science and technology*. 112 (1 - 4), 211-223.
- Gawel A., Benesova I., Kotyza P. 2024. The green transformation and gender equality in agricultural entrepreneurship: Insights from the European Union. *Journal of Rural Studies*. 105, 103202.
- Ghimpețeanu O. M., Pogurschi E. N., Popa D.C., Dragomir N., Drăgotoiu T., Mihai O. D., Petcu C. D. 2022. Antibiotic Use in Livestock and Residues in Food—A Public Health Threat: A Review. *Foods*. 11 (10), 1430.
- Gidenne T., Combes S., Feugier A., Jehl N., Arveux P., Boisot P., Briens C., Corrent E., Fortune H., Montessuy S., Verdelhan S. 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal*. 3 (4), 509 - 515.

- Gil M., Ramírez J.A., Pla M., Ariño B., Hernández P., Pascual M., Blasco A., Guerrero L., Hajós G., Szerdahelyi E., Oliver M.A. 2006. Effect of selection for growth rate on the ageing of myofibrils, meat texture properties and the muscle proteolytic potential of *m. longissimus* in rabbits. *Meat Science* 72, 121-129.
- Glaser C., Heinrich J., Koletzko B. 2010. Role of *FADS1* and *FADS2* polymorphisms in polyunsaturated fatty acid metabolism. *Metabolism*. 59 (7), 993 – 999.
- Glowinska B., Oler, A. 2013. Influence of a lower content of energy in the ration on blood biochemical profile and selected hormones concentration in bulls. *Journal of Central European Agriculture*. 14 (1), 225 – 235.
- Gohari-Ardabili A., Farhoosh R., Haddad-Khodaparast M. 2011. Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (*Cucurbita Pepo Subsp. Pepo Var. Styriaca*) grown in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 13, 1053 – 1063.
- Greenwald, R. A. 1985. *CRC Handbook of Methods for Oxygen Radical Research*. CRC Press. Boca Raton.
- Gugołek A. 2011. *Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. Zwierzęta futerkowe*. Wydawnictwo Instytutu Fizjologii Żywienia Zwierząt im. J. Kielanowskiego. Polska Akademia Nauk, Jabłonna.
- Gugołek A., Kowalska D. 2020. Animal fats in rabbit feeding – a review. *Annals of Animal Science*. 20 (4), 1185 - 1215.
- Gugołek A., Kowalska D., Konstantynowicz M., Strychalski J., Bukowska B. 2011. Performance indicators, health status and coccidial infection rates in rabbits fed diets supplemented with white mustard meal. *Annals of Animal Science*. 11 (3), 425 – 432.
- Gugołek A., Lorek M. O., Kowalska D., Janiszewski P., Daszkiewicz T. 2008. Wpływ systemu utrzymania i żywienia na wyniki produkcyjne i stopień zarażenia kokcydiami królików białych nowozelandzkich. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 2 (4), 39-44.
- Gunathilake M., Hong Van N . T., Kim J. 2022. Effects of nut consumption on blood lipid profile: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 33 (2), 537 – 549.
- Gutierrez R. M. 2016. Review of *cucurbita pepo* (pumpkin) its phytochemistry and pharmacology. *Journal of Medicinal Chemistry*. 6 (1), 12 - 21.
- Hajati H., Hasanabadi A., Waldroup P.W. 2011. Effects of dietary supplementation with pumpkin oil (*Cucurbita pepo*) on performance and blood fat of broiler chickens during finisher period. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 6, 40–44.

- Halik G., Lozicki A., Wilczak J., Arkuszewska E., Makarski M. 2018. Pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) Silage as a Feed that Improves Nutritional Properties of Cow's Milk. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 20 (7), 1383 – 1394.
- Halls A. E. 2010. Nutritional Requirements for Rabbits.
- Hartung J., Phillips V. R. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 57 (3), 173 - 189.
- Hayes J. D., Dinkova-Kostova A. T., Tew K. D. 2020. Oxidative Stress in Cancer. *Cancer Cell*. 38, 167 – 197.
- Hernandez P., Dalle Zotte, A. 2010. Influence of diet on rabbit meat quality. *Nutrition of the rabbit*. 163 – 178.
- Hidayat C., Widiawati Y., Tiesnamurti B., Pramono A., Krisnan R., Shiddieqy M.I. 2021. Comparison of methane production from cattle, buffalo, goat, rabbit, chicken, and duck manure. 1st International Conference on Sustainable Tropical Land Management. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 648.
- Hongmin D., Zhiping Z., Zhongkai Z., Hongwei X., Yongxing Ch. 2011. Greenhouse gas emissions from swine manure stored at different stack heights. *Animal Feed Science and Technology*. 166 -167, 557 - 561.
- 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. *Nutrition Research*. 25, 925 – 935.
- Hussain A., Kausar T., Sehar S., Sarwar A., Ashraf A.H., Jamil M.A., Noreen S., Rafique A., Iftikhar K., Quddoos M.Y., Aslam J., Majeed M.A. 2022. A Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits. *Food Chemistry Advances*. 1 (4), 100067.
- Ibrahim N. H., Morsy A. S., Ashgan M. E. 2014. Effect of Moringa peregrine seeds on productive performance and hemato-biochemical parameters of growing rabbits. *Journal of American Science*. 10 (6), 7 - 12.
- Imbabi T., Hassan A., Ahmed-Farid O., El-Garhy O., Sabeq I., Moustafa M., Mohammadein A., Hassan N., Osman A., Sitohy, M. 2021. Supplementing rabbit diets with butylated hydroxyanisole affects oxidative stress, growth performance, and meat quality. *Animal*. 15 (9), 100339.
- Jafari M., Goli S. A. H., Rahimmalek M. 2012. The chemical composition of the seeds of Iranian pumpkin cultivars and physicochemical characteristics of the oil extract. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 114 (2), 161-167.

- Jezierny D., Mosenthin R., Bauer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 157 (3 – 4), 111 – 128.
- Jones, K. W. 2009. Evaluation of cell morphology and introduction to platelet and white blood cell morphology. *Clinical hematology and fundamentals of hemostasis*. 93 - 116.
- Kamal A. 2014. Estimation of blood urea (bym) and serum creatinine level in patients od renal disorder. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 4 (4), 199 - 202.
- Karlsson A., Enfält A. C., Essén-Gustavsson B., Lundström K., Rydhmer L., Stern S. 1993. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science*. 71, 930-938.
- 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. *Animal feed science and technology*. 173 (3-4), 235 - 243.
- Klir Ž., Castro-Montoya J.M., Novoselec J., Molkentin J., Domacinovic M., Mioc B., Dickhoefer U., Antunovic Z. 2017. Influence of pumpkin seed cake and extruded linseed on milk production and milk fatty acid profile in Alpine goats. *Animal*. 11, 1772–1778
- Kmiciek M., Pałka S., Koziół K., Otwinowska-Mindur A., Migdał Ł., Bieniek J. 2016. Porównanie przyrostów dziennych i masy ciała samic i samców królików ras średnich. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 43 (2), 183 – 189.
- Kocher A., Canolly A., Zawadzki J., Gallet D. 2004. The challenge of finding alternatives to antibiotic growth promoters. *International Society for Animal Hygiene-Saint Malo*, 2004, 227-229.
- Koc-Karwowska K., Stanczuk, E. 2014. Dynia-królowa jesieni. *Wiadomości Rolnicze. Podlaski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Szepietowie*. 11.
- Koletzko B., Reischl E., Tanjung C., Gonzalez-Casanova I., Ramakrishnan U., Meldrum S., Simmer K., Heinrich J., Demmelmair H. 2019. FADS1 and FADS2 Polymorphisms Modulate Fatty Acid Metabolism and Dietary Impact on Health. *Annual Review of Nutrition*. 39, 21 – 44.
- Koss-Mikołajczyk I., Baranowska M., Namieśnik J., Bartoszek A. 2017. Metody oznaczania właściwości przeciwutleniających fitozwiązków w systemach komórkowych z wykorzystaniem zjawiska fluorescencji/luminescencji. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*. 71, 602 – 617.

- Kouba M., Benatmane F., Blochet J. E. Mouro J. 2008. Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat Science*. 80, 829–834.
- Kowalska D. 2006. Wartość dietetyczna mięsa króliczego. *Wiadomości Zootechniczne*. XLIV (3), 72 – 77.
- Kowalska D. 2008. Effect of dietary supplementation with rapeseed and fish oil mixture and antioxidant on rabbit meat quality. *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*. Verona, Italy, 10–13 June 2008, 1371–1376.
- Kowalska D. 2009. Określenie wartości pokarmowej makuchu rzepakowego w żywieniu królików różnych ras. *Roczniki Naukowe Zootechniki. Monografie i Rozprawy*. 6 – 15.
- Kowalska D. 2016. Skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych mięsa królików żywionych mieszanką z udziałem ubocznych produktów biopaliw. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 585, 45 - 53.
- Kowalska D., Bielański P., Grzegorzek I. 2012. Naturalne zamienniki kokcydiostatyków w żywieniu królików. *Przegląd Hodowlany*. 5 (6), 19 – 23.
- Kowalska D., Bielański P., Gugolek A. 2007. Mało znane ginące rasy królików. *Wiadomości Zootechniczne*. 3, 71 - 75.
- Kowalska D., Bielański P., Nosal P., Kowal J. 2012. Natural alternatives to coccidiostats in rabbit nutrition. *Annals of Animal Science*. 12 (4) 561 – 574.
- Kowalska D., Gugolek A., Bielański P. 2011. Effect of stress on rabbit meat quality. *Annals of Animal Science*, 11 (3), 465–475.
- Kowalska D., Gugolek A., Bielański P. 2014. Zależności między otłuszczeniem tuszki a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, profilem kwasów tłuszczowych i kruchością mięsa królików. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2 (93), 58 – 72.
- Kowalska D., Piechocka K. 2014. Wpływ tempa wzrostu na otłuszczenie tuszy oraz profil kwasów tłuszczowych w mięsie i tłuszczu królików. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*. 10 (3), 49 - 59.
- Kozioł K., Maj D. 2013. Dziedziczenie umaszczenia u odmian barwnych królików krótkowłosych (rex). *Medycyna Weterynaryjna*. 69 (8), 475 – 479.
- Kozioł K., Maj D., Bieniek J. 2015. Changes in the colour and pH of rabbit meat in the aging process. *Medycyna Weterynaryjna*. 71 (12), 104 - 108.
- Kozioł K., Siudak Z., Pałka S., Kmiecik M., Otwinowska-Mindur A., Migdał Ł., Bieniek J. 2017. Wpływ rasy i płci na teksturę mięsa królików. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*. 13 (2), 55 – 60.

- Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt. 2023. Hodowla Zwierząt Futerkowych w 2022 roku. Warszawa, 2023.
- Krunt O., Zita L., Kraus A., Bureš D., Needham T., Volek Z. 2022. The effect of housing system on rabbit growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of different muscles. *Meat Science*. 193, 108953.
- Kryński Z., Gacek L. A., Kołodziej W., Kowalska D. 2018. Technologia produkcji żywca króliczego w warunkach podwyższonego dobrostanu. Monografia. Instytut Zootechniki - Państwowy Instytut Badawczy. Kraków. R. I, 7 - 9.
- Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Królczyk J. B. 2020. Optimization of extraction conditions for the antioxidant potential of different pumpkin varieties (*Cucurbita maxima*). *Sustainability*. 12, 1305.
- Kvičerová J., Pakandl M., Hypša V. 2008. Phylogenetic relationships among *Eimeria* spp. (Apicomplexa, Eimeriidae) infecting rabbits: evolutionary significance of biological and morphological features. *Parasitology*. 135 (4), 443-452.
- Kwiatk K., Kukier E., Wasyl D., Hoszowski A. 2008. Jakość mikrobiologiczna mieszanek paszowych w Polsce. *Medycyna Weterynaryjna*. 64 (7), 949 – 954.
- Lebas F. 2013. Feeding strategy for small and medium scale rabbit units. 3rd Conference of Asian Rabbit Production Association – Bali Indonesia - 27-29 August 2013.
- Ledwożyw A., Michalak J., Stępień A., Kądziołka A. 1986. The relationship between plasma triglycerides, cholesterol, total lipids and lipid peroxidation products during human atherosclerosis. *Clinica Chimica Acta*. 155, 2.
- Lee Y.K., Mazmanian S.K. 2010. Has the microbiota played a critical role in the evolution of the adaptive immune system? *Science*. 330, 1768 - 1773.
- Lefèvre C. R., Le Divenah F., Collet N., Pelletier R., Robert E., Ropert M., Pawlowski M., Gicquel T., Bendavid C. 2023. Avoiding falsely low creatinine concentrations measured in patients treated with N-acetylcysteine for acetaminophen intoxication using enzyme-amperometric method – An *in vitro* and *in vivo* study. *Clinica Chimica Acta*. 511, 117611.
- 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.
- LeMaster M. N., Ha M., Dunshea F. R., Chauhan S., D'Souza D., Warner R. D. 2024. Impact of cooking temperature on pork longissimus, and muscle fibre type, on quality traits and protein denaturation of four pork muscles. *Meat Science*. 209, 109395.

- Li Y., Gao J., Lv J., Lambo M. T., Wang Y., Wang L., Zhang Y. 2023. Replacing soybean meal with high-oil pumpkin seed cake in the diet of lactating Holstein dairy cows modulated rumen bacteria and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science*. 106 (3), 1803 – 1814.
- Li Y., Zhang G. N., Fang X. P., Zhao C., Wu H. Y., Lan Y. X., Che L., Sun Y. K., Lv J. Y., Zhang Y. G., Pan, C. F. 2021. Effects of replacing soybean meal with pumpkin seed cake and dried distillers grains with solubles on milk performance and antioxidant functions in dairy cows. *Animal*. 15 (3), 100004.
- Lidfors, L., Edström, T. 2010. The laboratory rabbit. *The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory and Other Research Animals*. 8, 399-417.
- Loukaki K., Koukoutsakis P., Kostomitsopoulos N. 2010. Animal welfare issues on the use of rabbits in an animal assisted therapy program for children. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 61, 220 – 225.
- Ludewig M., van Treel N., Fehlhaber K. 2003. Schlachtausbeute und Fleischqualität von Mastkaninchen in Abhängigkeit vom Alter. *Fleischwirtschaft*. 6, 101 – 103.
- Lukefahr S. D., McNitt J. I., Cheeke P. R., Patton, N. M. 2022. *Rabbit production*. CABI.
- Łapa P., Maj D., Bieniek J. 2008. Barwa i tekstura mięsa królików ras mięsnych i ich mieszańców. *Medycyna Weterynaryjna*. 64 (4A), 454 - 457.
- Maj D., Bieniek J., Bekas Z. 2011. Wpływ wieku i płci na użytkowość rzeźną królików. *Roczniki naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*. 7, 59 – 67.
- Maj D., Bieniek J., Bekas Z. 2012. Wpływ wieku i płci królików na wskaźniki jakości ich mięsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 1 (80), 142-153.
- Maj D., Bieniek J., Łapa P. 2008. Jakość mięsa królików rasy białej nowozelandzkiej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. *Medycyna Weterynaryjna*. 64 (3), 351 - 353.
- Makała, H. 2018. Jakość i wartość żywieniowa modelowych konserw typu szynka blokowa wyprodukowanych z mięsa brojlerów kurzych żywionych paszą bez dodatku oleju lnianego i z jego udziałem. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 25 (3), 126 – 139.
- Makni M., Sefi M., Fetoui H., Garoui E. M., Gargouri N. K., Boudawara T., Zeghal, N. 2010. Flax and Pumpkin seeds mixture ameliorates diabetic nephropathy in rats. *Food and Chemical Toxicology*. 48 (8-9), 2407-2412.
- Mancinim R. A., Hunt M. C. 2005. Current research on meat color. *Meat Science*. 71, 100 - 121.
- Manju Wadhwa M.W.M., Bakshi M.P.S., Makkar H.P.S. 2015. Waste to worth: fruit wastes and by-products as animal feed. *CABI Reviews*. 1–26.

- Marciniak A. M., Romaniuk W., Tomza A. 2005. Wpływ systemu chowu na koncentrację zanieczyszczeń gazowych (NH₃, CO₂, H₂S) w oborach wolnostanowiskowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. 13 (4), 71 - 78.
- Marin-Garcia P.J., Lopez-Lujan M. C., Ródenas L., Martinez-Peredes E. M., Blas E., Pascual J. J. 2020. Plasmatic Urea Nitrogen in Growing Rabbits with Different Combinations of Dietary Levels of Lysine, Sulphur Amino Acids and Threonine. *Animals*. 10 (6), 946.
- Martínez Y., Valdivié M., Solano G., Mirna Estarrón Martínez O., Córdova J. 2012. Effect of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed meal on total cholesterol and fatty acids of laying hen eggs. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 46, 73 - 78.
- Martínez Y., Yero O., Navarro M., Hurtado C., López J., Mejía L. 2011. Effect of squash seed meal (*Cucurbita moschata*) on broiler performance, sensory meat quality, and blood lipid profile. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 13, 219–226.
- Martínez-Aguilar Y., Córdova-López J., Santana-Pérez A., Martínez-Yero O., Valdivié-Navarro M., Betancur-Hurtado C. 2012. Productivity and egg quality in laying hens fed increasing levels of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed meal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3 (1), 65–75.
- Martínez-Aguilar Y., Valdivié M., Martínez O., Estarrón M., Córdova J. 2010. Utilization of pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed in broiler chicken diets. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44 (4), 387-392.
- Massé D. I., Saady N. M. C., Gilbert Y. 2014. Potential of Biological Processes to Eliminate Antibiotics in Livestock Manure: An Overview. *Animals*. 4 (2), 146-163.
- Matsumoto H., Sasaki K., Bessho T., Kobayashi E., Abe T., Sasazaki S., Oyama K., Mennen H. 2012. The SNPs in the ACACA gene are effective on fatty acid composition in holstein milk. *Molecular Biology Reports*. 39, 8637 – 8644.
- Mattioli S., Castellini C., Mancini S., Roscini V., Cartoni Mancinelli A., Cotozzolo E., Pauselli M., Dal Bosco A. 2020. Effect of trub and/or linseed dietary supplementation on *in vivo* oxidative status and some quality traits of rabbit meat. *Meat Science*. 163, 108061.
- Mattioli S., Dal Bosco A., Szendro Zs., Cullere M., Gerencser Zs., Matics Zs., Castellini C., Dalle Zotte A. 2016. The effect of dietary Digestarom® herbal supplementation on rabbit meat fatty acid profile, lipid oxidation and antioxidant content. *Meat Science*. 121, 238–242.

- Mattioli S., Machado Duarte J.M., Castellini C., D'Amato R., Regni L., Proietti P., Businelli D., Cotozzolo E., Rodrigues M., Dal Bosco A. 2018. Use of olive leaves (whether or not fortified with sodium selenate) in rabbit feeding: Effect on performance, carcass and meat characteristics, and estimated indexes of fatty acid metabolism. *Meat Science*. 143, 230–236.
- Mattioli S., Rosignoli P., D'Amato R., Fontanella M. C., Regni L., Castellini C., Proietti P., Elia A. C., Fabiani R., Beone G. M., Businelli D., Dal Bosco A. 2020. Effect of Feed Supplemented with Selenium-Enriched Olive Leaves on Plasma Oxidative Status, Mineral Profile, and Leukocyte DNA Damage in Growing Rabbits. *Animals*. 10 (2), 274.
- Matusevičius P., Ašmenskaitė L., Žilinskienė A., Gugolek A., Lorek M. O., Hartman A. 2006. Effect of probiotic bioplus 2B® on performance of growing rabbit. *Veterinaria ir zootechnik*. 56, 54 - 59.
- McClane B. A., Robertson S. L., Li J. 2012. *Clostridium perfringens*. *Food microbiology: fundamentals and frontiers*. 465 - 489.
- Medina-González R., Ortiz-Milán A., Elias-Iglesias A., Álvarez-Villar V. M., Brea-Maure O. 2019. Effect of fermented pumpkin (*Cucúrbita pepo*) on the productive and health parameters in pre-fattening pigs. *Revista Ciencia y Agricultura*. 16 (1), 79 – 91.
- Meineri G., Cornale P., Tassone S., Peiretti P. G. 2010. Effects of Chia (*Salvia hispanica L.*) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Italian Journal of Animal Science*. 9 (1), 45–49
- Mengüç G. S., Özdil N., Kayseri G. Ö. 2014. Physical Properties of Angora Rabbit Fibers. *American Journal of Materials Engineering and Technology*. 2 (2), 11 – 13.
- Milgraum L. Z., Witters L. A., Pasternack G. R., Kuhajda F. P. 1997. Enzymes of the fatty acid synthesis pathway are highly expressed in in situ breast carcinoma. *Clinical cancer research: an official journal of the American Association for Cancer Research*. 3 (11), 2115-2120.
- Mitsch P., Zitterl-Eglseer K., Köhler B., Gabler C., Losa R., Zimpernik I. 2004. The effect of two different blends of essential oils components on the proliferation of *Clostridium perfringens* in the intestines of broiler chickens. *Poultry Science*. 83 (4), 669-675.
- Mohammadi F., Nikzad H., Taherian A., Taghizadeh M., Azami-Tameh A., Naderian H., Atlasi M. A. 2014. Combined Effect of Ginger and Pumpkin Seed Extracts on Rat Testis and Serum Biochemical Parameters after Cyclophosphamide Treatment. *Anatomical science*. 11 (1), 33–40

- Molnár M., Iváncsik R., DiBlasio B., Nagy I. 2020. Examining the Effects of Rabbit-Assisted Interventions in the Classroom Environment. *Animals*. 10 (1), 26.
- Mutwedu V. B., Nyongesa A. W., Oduma J. A., Mbaria J. M. 2021. Thermal stress causes oxidative stress and physiological changes in female rabbits. *Journal of Thermal Biology*. 95, 102780.
- Mykytyn A. Z., Lamers M. M., Okba N. M. A., Breugem T. I., Schipper D., van den Doel P. B., van Run P., van Amerongen G., de Waal L., Koopmans M. P. G., Stittelaar K. J., van den Brand J. M. A., Haagmans B.L. 2021. Susceptibility of rabbits to SARS-CoV-2. *Emerging Microbes & Infections*. 10 (1), 1 - 7.
- Newair E. F., Khairy M., Ismael M., Al-Anazi A., White R. J., Dionysiou D. D. 2024. Monitoring the oxidative function of hydroxytyrosol and potential interactions with glutathione produced by human cells. *Microchemical Journal*. 197, 109863.
- Niedźwiadek S. 1996. Ujednolicone kryteria badań nad mięsnym użytkowaniem królików. *Biuletyn Informacyjny Instytutu Zootechniki*. 34 (1), 37 – 47.
- Nistor E., Bampidis V., Pentea M. 2014. Nutrient content of rabbit meat as compared to
- Njidda A. A., Isidahomen C. E. 2011. Hematological parameters and carcass characteristics of weanling rabbits fed sesame seed meal (*Sesamum indicum*) in a semi-arid region. *Pakistan Veterinary Journal*. 31 (1), 35 – 39.
- Nosal P., Kowalska D., Bielański P., Kowal J., Kornaś S. 2014. Herbal formulations as feed additives in the course of rabbit subclinical coccidiosis. *Annals of Parasitology*. 60 (1), 65 – 69.
- Nworgu F.C., Onabakin A.M., Obadina T.A. 2008. Performance and haematological indices of weaned rabbits served fluted pumpkin (*Telfaria occidentalis*) leaves extract supplement. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 6 (1), 128-133.
- Omer H. A. A., Ibrahim Sh. A. M., Abedo A. A., Ali F. A. F. 2012. Growth performance of rabbits fed diets containing different levels of energy and mixture of some medicinal plants. *Journal of Agricultural Science*. 4 (2), 201 – 2012.
- Oso A. O., Idowu O. M. O., Haastrup A. S., Ajibade A. J., Olowonefa K. O., Aluko A. O., Ogunade I. M., Osho S. O., Bamgbose A. M. 2013. Growth performance, apparent nutrient digestibility, caecal fermentation, ileal morphology and caecal microflora of growing rabbits fed diets containing probiotics and prebiotics. *Livestock Science*. 157, (1), 184 -190.
- Ott C. 2002. Squashed myths: The cultural history of the pumpkin in North America. University of Pennsylvania ProQuest Dissertations Publishing. 2002. 3073039.

- Ott C. 2013. Pumpkin: The Curious History of an American Icon. University of Washington Press. Seattle and London.
- Pałka S., Kmiecik M., Kozioł K., Otwinowska-Mindur A., Migdał Ł., Bieniek J. 2017. Wpływ rasy na liczebność miotu i współczynnik młeczności królic. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego. 13 (3), 25 – 29.
- Pałka S., Kmiecik M., Migdał Ł., Siudak Z. 2019. Wpływ dodatku do paszy ekstraktu z kopru włoskiego (*Foeniculum vulgare* Mill.) lub z rutwicy lekarskiej (*Galega officinalis* L.) na wielkość miotu i współczynnik młeczności królic. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego. 15 (4), 73 – 78.
- Pałka S., Migdał Ł., Otwinowska-Mindur A., Kmiecik M. 2021 a. Relationships between meat quality traits of Popielno White rabbits. Animal Science and Genetics. 17 (1), 4.
- Pałka S., Otwinowska-Minudr A., Migdał Ł., Kmiecik M., Wojtysiak D. 2021 b. Effect of a Diet Supplemented with Nettle (*Urtica dioica* L.) or Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) on the Post-Slaughter Traits and Meat Quality Parameters of Termond White Rabbits. Animals. 11, 1566.
- Pałka S., Siudak Z., Kmiecik M. 2023. Effect of a diet supplemented with fennel (*Foeniculum vulgare*) and goat's rue (*Galega officinalis* L.) on growth, slaughter traits and meat quality of rabbits. Animal Science and Genetics. 19 (3), 3 – 16.
- Pałka S., Siudak Z., Migdał Ł., Kmiecik M. 2018. Porównanie siły cięcia i profilowej analizy tekstury surowego, gotowanego i pieczonego mięsa króliczego. Roczniki Naukowe Zootechniki. 45 (2), 187 – 193.
- Para P. A., Ganguly S., Wakchaure R., Sharma R., Mahajan T., Praveen P. K. 2015. Rabbit Meat has the Potential of Being a Possible Alternative to Other Meats as a Protein Source: A Brief Review. International Journal of Pharmacy and Biomedical Research. 2 (5), 17 – 19.
- Park H. G., Park W. J., Kothapalli K. S. D., Brenna J. T. 2015. The fatty acid desaturase 2 (*FADS2*) gene product catalyzes $\Delta 4$ desaturation to yield n-3 docosahexaenoic acid and n-6 docosapentaenoic acid in human cells. The FASEB Journal. 29 (9), 3911 – 3919.
- Pedersen J., Hafner S. D. 2023. Ammonia emissions after field application of anaerobically digested animal slurry: Literature review and perspectives. Agriculture, Ecosystems & Environment. 357, 108697.
- Peiretti P. G., Gasco L., Brugiapaglia A., Gai F. 2011. Effects of perilla (*Perilla frutescens* L.) seeds supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of rabbits. Livestock Science. 138 (1 – 3), 118 – 124.

- Peiretti P. G., Meineri G. 2008. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplements. *Meat Science*. 80 (4), 1116 – 1121.
- Pietrowski M., Zbytek Z., Smurzyńska A., Leciwki A. 2017. Parametry składowania obornika a wielkość emisji gazowych. *Technika rolnicza. Ogrodnicza. Leśna*. 1, 22 – 24.
- Pla M. 2008. A comparison of the carcass trans and meat quality of conventionally and organically produced rabbits. *Livestock Science*. 115, 1–12.
- 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 Technology and Biotechnology*. 44 (1), 65-73.
- Ponnampalam E.N., Sinclair A.J., Holman B.W.B. 2021. The sources, synthesis and biological actions of omega-3 and omega-6 fatty acids in red meat: an overview. *Foods*. 10, 1358.
- Potępa W. 2011. Problemy i możliwości w żywieniu królików na małych fermach. *Wiadomości Zootechniczne*. XLIX (2), 37 – 42.
- Prasad R., Singh G., Patnayak B. C. 1996. Growth performance of broiler rabbits maintained on different diets. *World Rabbit Science*. 4 (1), 11 – 14.
- Prebble J. L., Langford F. M., Shaw D. J., Meredith A. L. 2015. The effect of four different feeding regimes on rabbit behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*. 169, 86 – 92.
- Qin Z., Zhang J., Zhang K., Lang J., Wang N., Li J., Zhang L. 2023. Morphological and molecular characteristics of a single oocyst for the identification of *Eimeria* species in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus f. domesticus*). *Veterinary Parasitology*. 321, 109986.
- Radwan P., Skrzydło-Radomańska B. 2013. Rola mikroflory jelitowej w zdrowiu i chorobie. *Gastroenterologia Praktyczna*. 2, 1 – 11.
- Ragab A. A., El-Reidy K. F. A., Gaafar H. M. 2013. Effect of diet supplemented with pumpkin (*Cucurbita moschata*) and black seed (*Nigella sativa*) oils on performance of rabbits: 1-Growth performance, blood hematology and carcass traits of growing rabbits. *Journal of Animal and Poultry Production*. 4 (7), 381 - 393.
- Ramaswamy V., Cresence V. M., Rejitha J. S., Lekshmi M. U., Dharsana K. S., Prasad S. P., Vijila, H. M. 2007. *Listeria*-review of epidemiology and pathogenesis. *Journal of Microbiology Immunology and Infection*. 40 (1), 4.

- Ramirez J. A., Diaz I., Pla M., Gil M., Blasco A., Oliver M.A. 2005. Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *Food Chemistry*. 90, 251 - 256.
- Ramis A. 1988. Profilaktyka i zwalczanie kokcydiozy u zwierząt. *Wiadomości Parazytologiczne*. 34, 551 – 555.
- Rasińska E., Czarniecka-Skubina E., Rutkowska J. 2018. Fatty acid and lipid contents differentiation in cuts of rabbit meat. *Journal of Food*. 16 (1), 807 - 813.
- Razzaghzadeh S., Amini-Jabalkandi J., Hashemi A. 2007. Effects of different levels of pumpkin (*Cucurbita pepo*) residue silage replacement with forage part of ration on male buffalo calves fattening performance. *Italian Journal of Animal Scienc.* 6, 575–577.
- Rekiel A. Grzesiuk K., Sońta M. 2019. Dynia pastewna – uprawa, pozyskanie, badania, wykorzystanie paszowe. *Przegląd hodowlany*. 2, 11 – 14.
- Rezig L., Chibani F., Chouaibi M., Dalgalarondo M., Hessini K., Guéguen J., Hamdi S. 2013. Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed proteins: sequential extraction processing and fraction characterization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61 (32), 7715-7721.
- Rodríguez M., Carro M.D., Valiente V., Formoso-Rafferty N., Rebollar P.G. 2019. Supplementation with fish oil improves meat fatty acid profile although impairs growth performance of early weaned rabbits. *Animals*. 9, 437.
- Rodríguez M., Rebollar P.G., Mattioli S., Castellini C. 2019b. n-3 PUFA sources (precursor/products): a review of current knowledge on rabbit. *Animals*. 9, 806.
- Rogers N. 2002. *Halloween: From Pagan Ritual to Party Night*. Oxford University Press Inc.
- Rooks M.G., Garrett W.S. 2016. Gut microbiota, metabolites and host immunity. *Nature Reviews Immunology*. 16, 341–352
- Ropka-Molik K., Knapik J., Pieszka M. 2013. Frekwencja wybranych polimorfizmów typu SNP w genie karboksylazy acetylo-CoA (ACACA) u owiec rasy merynos polski. *Wiadomości Zootechniczne*. LI (4), 31 – 36.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 152/2009 z dnia 27 stycznia 2009 r. ustanawiające metody pobierania próbek i dokonywania analiz do celów urzędowej kontroli pasz
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 15 lutego 2010 r. w sprawie wymagań i sposobu postępowania przy utrzymywaniu gatunków zwierząt gospodarskich, dla których normy ochrony zostały określone w przepisach Unii Europejskiej

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/4 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie wytwarzania, wprowadzania na rynek i stosowania paszy leczniczej, zmieniające rozporządzenie (WE) nr 183/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz uchylające dyrektywę Rady 90/167/EWG
- Ruusunen M., Puolanne E. 2004. Histochemical properties of fibre types in muscles of wild and domestic pigs and the effect of growthrate on muscle fibre properties. *Meat Science*. 67, 533 – 539.
- Ryu Y.C., Choi Y.M., Lee S.H., Shin H.G., Choe J.H., Kim J.M., Hong K.C., Kim, B.C. 2008. Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*. 80, 363 – 369.
- Ryu Y.C., Kim B.C. 2005. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig Longissimus Dorsi Muscle. *Meat Science*. 71, 351–357
- Saito Y., Yoshida Y. 2019. Chemical reactivity and cellular uptake of tocopherols and tocotrienols. In *Vitamin E*. 51-63.
- Sarathchandra P., Cassella J. P., Ali S.Y. 2005. Enzymem histochemical localisation od alkaline phosphatase activity in osteogenesis imperfecta bone and growth plate: A preliminary study. *Micron*. 36 (7 - 8), 715 - 720.
- Schad T., Zauser D., Fameau A., Stubenrauch C. 2024. Detection od lipase activity with liquid foams. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 683, 132995.
- Schiaffino S., Reggiani C. 1994. Myosin isoforms in mammalian skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 77 (2), 493 – 501.
- Schneider K., Barreiro-Hurle J., Vossen J., Schouten H. J., Kessel G., Andereasson E., Phuong Kieu N., Strassemeyer J., Hristov J. 2023. Insights on cisgenic plants with durable disease resistance under the European Green Deal. *Trends in Biotechnology*. 41 (8), 1027 – 1040.
- Sedigheh A., Jamal M. S., Mahbubeh S., Somayeh K., Mahmoud R. K., Azadeh A., Fatemeh S. 2011. Hypoglycaemic and hypolipidemic effects of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) on alloxan-induced diabetic rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 5 (23), 2620 - 2626.
- Selb R., Wal J. M., Lovik M., Mills C., Hoffmann-Sommergruber K., Fernandez A. 2017. Assessment of endogenous allergenicity of genetically modified plants exemplified by soybean – Where do we stand? *Food and Chemical Toxicology*. 101, 139 – 148.

- Shaban A., Sahu R. P. 2017. Pumpkin Seed Oil: An Alternative Medicine. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 9(2), 11.
- Siddiqui S. A., Gerini F., Ikram A., Saeed F., Feng X., Chen Y. 2023. Rabbit Meat—Production, Consumption and Consumers' Attitudes and Behavior. *Sustainability*. 15, 2008.
- Sikiru A. B., Arangasamy A., Alemede I. C., Egena S. S. A., Bhatta R. 2021. Dietary supplementation effects of *Chlorella vulgaris* on performances, oxidative stress status and antioxidant enzymes activities of prepubertal New Zealand White rabbits. *Bulletin of the National Research Centre*. 43, 162.
- Simonová M. P., Chrastinová L., MoJto J., Lauková A., Szabóová R., Rafay J. 2010. Quality of rabbit meat and phyto-additives. *Czech Journal of Food Sciences*. 28 (3), 161 – 167.
- Singh A., Kumar V. 2023. Pumpkin seeds as nutraceutical and functional food ingredient for future: A review. *Grain & Oil Science and Technology*. In Press.
- Siudak Z., Kmieciak M., Pałka S. 2023. Wpływ razy i płci na kwasowość i barwę mięsa królików. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 50 (1), 59 - 67.
- Siudak Z., Kowalska D. 2024. Dietary supplements used in rabbit nutrition and their effect on the fatty acid profile of rabbit meat - a review. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 33 (2), 159 – 169.
- Siudak Z., Pałka S. 2022. Mięso królicze jako żywność funkcjonalna. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 49 (2), 127 – 139.
- Sivajothi S., Sudhakara Reddy B., Rayulu V. C. 2014. Intestinal coccidiosis infection in domestic rabbits. *International Journal of Biological Research*. 2 (2), 48 – 50.
- Sobieszkańska B. 2011. Pałeczki okrężnicy – doktor Jekyll czy pan Hyde? *Wszechświat*. 112 (7 – 9), 174 – 178.
- Sobieszkańska B.M. 2008. The influence of intestinal dys- biosis on human health. *Polish Gastroenterology*. 15, 287 - 290.
- Stachowiak M., Nowacka-Woszek J., Szydłowski M., Switonski M. 2013. The ACACA and SREBF1 genes are promising markers for pig carcass and performance traits, but not for fatty acid content in the longissimus dorsi muscle and adipose tissue. *Meat science*. 95 (1), 64 - 71.

- Svensson R. U., Parker S. J., Eichne, L. J., Kolar M. J., Wallace M., Brun S. N., Lombardo J. L. V., Nostrand A., Hutchins L., Vera L., Gerken J., Greenwood S., Bhat G., Harriman W. F., Westlin Jr. H. J. H. A., Saghatelian R. Kapeller C.M., Metallo C., Shaw R. J. 2016. Inhibition of acetyl-CoA carboxylase suppresses fatty acid synthesis and tumor growth of non-small-cell lung cancer in preclinical models. *Nature Medicine*. 22 (10), 1108-1119.
- Swinnen J. V., Vanderhoydonc F., Elgamal A. A., Eelen M., Vercaeren I., Joniau, S., Poppel H. V., Baert L., Goossens K., Heyns W., Verhoeven, G. 2000. Selective activation of the fatty acid synthesis pathway in human prostate cancer. *International Journal of Cancer*. 88 (2), 176-179.
- Syed Q. A., Akram M., Shukat R. 2019. Nutritional and therapeutic importance of the pumpkin seeds. *Seed*. 21 (2), 15798-15803.
- Szeligowska N., Kleszcz A., Smoliński J., Wojnarowski K., Michalak M., Cholewińska P., Socha, H. 2021. Wybrane dodatki paszowe stosowane w celu obniżenia produkcji metanu przez przeżuwacze. *Środowisko przyrodnicze jako obszar badań*. 87.
- Szendrő Zs., McNitt J. I. 2012. Housing of rabbit does: Group and individual systems: A review. *Livestock Science*. 150 (1 – 3), 1 – 10.
- Szkucik K., Libelt K. 2006. Wartość odżywcza mięsa królików. *Medycyna Weterynaryjna*. 62 (1), 108 – 110.
- Szkucik K., Pysz - Łukasik R. 2009. Jakość zdrowotna mięsa królików. *Medycyna Weterynaryjna*. 65 (10), 665-669.
- Szkucik K., Pysz-Łukasik R., Szczepaniak K. O., Paszkiewicz W. 2014. Occurrence of gastrointestinal parasites in slaughter rabbits. *Parasitology Research*. 113, 59 – 64.
- Szkucik K., Ziomek M. 2010. Zmienność profilu kwasów tłuszczowych w zależności od rodzaju tłuszczu i rasy królików. *Medycyna Weterynaryjna* 66 (7), 495 - 498.
- Ścibior D., Czeczot H. 2006. Katalaza – budowa, właściwości, funkcje. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*. 60, 170 – 180.
- Tabari M. A., Ghazvinian K. H., Irani M., Molaei R. 2016. Effects of dietary supplementation of nettle root extract and pumpkin seed oil on production traits and intestinal microflora in broiler chickens. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 19 (2), 108 – 116.
- Tazzoli M., Trocino A., Birolo M., Radaelli G., Xiccato G. 2015. Optimizing feed efficiency and nitrogen excretion in growing rabbits by increasing dietary energy with high-

- starch, high-soluble fibre, low-insoluble fibre supply at low protein levels. *Livestock Science*. 172, 59 - 68.
- Telesiński A., Płatkowski M., Jadczyk D. 2014. Właściwości przeciwutleniające owoców wybranych odmian dyni piżmowej (*Cucurbita moschata* Duch.). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*. 47 (2), 150-154.
- Tietze F. 1969. Enzymic method for quantitative determination of nanogram amounts of total and oxidized glutathione: Applications to mammalian blood and other tissues. *Analytical Biochemistry*. 27 (3), 502-522.
- Tortuero F., Rioperez J., Cosin C., Barrera J., Rodriguez M. L. 1994. Effects of dietary fiber sources on volatile fatty acid production, intestinal microflora and mineral balance in rabbits. *Animal Feed Science and Technology*. 48 (1 – 2), 1 – 14.
- Trocino A., Filiou E., Tazzoli M., Bertotto D., Negrato E., Xiccato G. 2014. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. *Livestock Science*. 167, 305 – 314.
- Trocino A., Xiccato A., Sartori P., Queaque I. 2001. Effect of starter diet and weaning age on growth, caecal fermentation and body composition of young rabbits. *Proceedings of the Second meeting of Workgroup 3rd and 4th COST Action, Gödöllő, Hungary*. 52–53.
- Ulbricht T. L. V., Southgate D. A. T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*. 338 (8773), 985 – 992.
- Vachkova E. G., Georgiev, I. P., Bivolarski B. L., Konakchieva R. 2010. Relationships between plasma concentrations of epidermal growth factor, insulin and iodated thyroid hormones in early and normal weaned rabbits. *Revue de Medecine Veterinaire*. 161(1), 30 - 36.
- Valdez-Arjona L. P., Ramírez-Mella M. 2019. Pumpkin Waste as Livestock Feed: Impact on Nutrition and Animal Health and on Quality of Meat, Milk, and Egg. *Animals*. 9 (769), 769.
- Vlaicu P.A., Panaite T. D. 2022. Effect of dietary pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed meal on layer performance and egg quality characteristics. *Animal Bioscience*. 35 (2), 236-246.
- Volek Z., Bureš D., Uhlířová L. 2018. Effect of dietary dehulled white lupine seed supplementation on the growth, carcass traits and chemical, physical and sensory meat quality parameters of growing-fattening rabbits. *Meat Science*. 141, 50 – 56.

- Volek Z., Marounek M., Volková L., Kudrnová E. 2014. Effect of diets containing whole white lupin seeds on rabbit doe milk yield and milk fatty acid composition as well as the growth and health of their litters. *Journal of Animal Science*. 92 (5), 2041–2049.
- 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 Science*. 87 (1), 40 – 45.
- Volokhov D. V., Furtak V., Allen C., Pulle G., Zajac M. D., Levin Y., Kochba E., Moore S. M. 2022. Robust humoral immune response against rabies virus in rabbits and guinea pigs immunized with plasmid DNA vectors encoding rabies virus glycoproteins – An approach to the production of polyclonal antibody reagents. *Molecular and Cellular Probes*. 64, 101833.
- Wafar R. J., Hannison M. I., Abdullahi U., Makinta A. 2017. Effect of umpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed meal on the performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. 2, (3), 1-7.
- Wallendorf M., Arnould E. J. 1991. „We Gather Together”: Consumption Rituals of Thanksgiving Day’. *Journal of Consumer Research*. 18.
- Wang J., Liu M., Wu Y., Wang L., Liu J., Jiang L., Yu Z. 2016. Medicinal herbs as a potential strategy to decrease methane production by rumen microbiota: a systematic evaluation with a focus on *Perilla frutescens* seed extract. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100, 9757 - 9771.
- Wang X., Li J., Zhou D., Qin J., Hu Y., Lu Q., Tian X. 2024. Effects of *Rosa roxburghii* Tratt seed on the growth performance, meat quality, and sensory evaluation characteristics in growing rabbits. *Meat Science*. 208, 109394.
- Whelan J., Fritsche K. 2013. Linoleic Acid. *Advances in Nutrition*. 4 (3), 311-312.
- 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), 716.
- Wojtysiak D., Kaczor U. 2011. Effect of g.2728 G > A and g.3996 T > C polymorphisms at the leptin gene locus on microstructure and physicochemical properties of *Longissimus Lumborum* Muscle Pol. Landrace Pigs. *Folia Biologica (Krakow)*. 59, 77 – 88.

- 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 Veterinary Research*. 17, 1 – 13.
- Yoshikawa T., Naito Y. 2002. What Is Oxidative Stress? *Journal of the Japan Medical Association*. 124 (1), 1549 – 1553.
- Zdrojewicz Z., Błaszczuk A., Wróblewska M. 2016. Dynia – zdrowa, ale zapomniana. *Czytelnia medyczna*. 2, 70 – 74.
- Zduńczyk Z., Minakowski D., Frejnagel S., Flis M. 1998. Skład chemiczny i wartość pokarmowa makuchu z dyni. *Rośliny Oleiste*. XIX. 205 – 209.
- Zhang L., Zhang T., Chen X., Wang F., Liu L., Yang Y., Zeng Y., Si Y., Yang N. 2024. Overexpression of CuZn superoxide dismutase improves high-density lipoprotein function in swine. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators*. 172, 106817.
- Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E. J., U Ahn D. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Science*. 86 (1), 15 – 31.
- Zinabu M., Meseret G., Negassi A., Tesfaheywet Z. 2019. Effects of neem (*Azadirachta Indica*) and pumpkin (*Cucurbita maxima*) seeds and their combination as feed additive on growth and carcass characteristics of broilers. *Livestock Research for Rural Development*. 31 (6).
- Zsédely E., Tóth T., Eiben C., Virág G., Fábrián J. 2008. Effect of dietary vegetable oil (sunflower, linseed) and vitamin E supplementation on the fatty acid composition, oxidative stability and quality of rabbit meat. *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*. Verona, Italy, 10–13 June 2008, 1473–1478.
- Zwoliński C., Strychalski J., Gugołek A., Kowalska D., Konstantynowicz M. 2014. Smakowitość mieszanek paszowych dla królików z różnym udziałem śruty sojowej, grochu, śruty rzepakowej i łubinu białego. *Wiadomości Zootechniczne*, 3, 20 - 24.
- Zymon M., Strzetelski J. 2010. Sposoby poprawy właściwości prozdrowotnych mięsa bydłęcego. *Wiadomości zootechniczne*. 4 (53), 53 – 63.
- <https://knoema.com/data/poland+agriculture-indicators-production+rabbit>
- <https://slate.com/human-interest/2023/10/giant-largest-pumpkin-world-record-2023.html>
- <https://www.linkedin.com/pulse/rabbit-meat-market-report-global-demand-insights-thome>

Spis treści

1. Wstęp.....	1
2. Przegląd literatury	4
Hodowla, użytkowanie i żywienie królików	4
Wybrane komponenty paszowe stosowane w żywieniu królików.....	13
Dyńa – historia uprawy, skład chemiczny, wartość pokarmowa oraz właściwości lecznicze.....	18
Wykorzystanie dyni w żywieniu zwierząt gospodarskich.....	27
3. Hipoteza badawcza i cel pracy.....	30
4. Materiał i metody	31
Charakterystyka zwierząt doświadczalnych.....	31
Żywienie.....	31
Określenie wyników produkcyjnych młodzieży rosnącej.....	39
Analiza użytkowości rzeźnej.....	39
Analiza jakościowa mięsa	41
Pomiar kwasowości i barwy mięsa	41
Wyciek termiczny	41
Analiza tekstury mięsa	41
Oznaczenie zawartości składników pokarmowych mięsa	42
Oznaczenie profilu wyższych kwasów tłuszczowych.....	42
Analiza immunohistochemiczna zawartości włókien mięśniowych	43
Analiza ekspresji genów.....	43
Izolacja RNA	43
Analiza ilości i jakości RNA	45
Reakcja odwrotnej transkrypcji	45
Projektowanie starterów do reakcji Real-time PCR.....	46
Reakcja Real-time PCR.....	48
Analiza morfologiczna i biochemiczna krwi.....	49
Analiza morfologiczna krwi	49
Analiza biochemiczna krwi	49
Analiza cholesterolu i trójglicerydów w osoczu krwi	50
Określenie wskaźników statusu redox w surowicy krwi.....	50
Oznaczenie aktywności dysmutazy ponadtlenkowej (SOD)	50
Oznaczenie aktywności katalazy (CAT)	51
Oznaczenie stężenia aldehydu dimalanowego (MDA)	51

Oznaczenie stężenia glutationu (GSH).....	51
Oznaczenie całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (FRAP)	51
Badania mikrobiologiczne paszy oraz treści przewodu pokarmowego.....	52
Badanie parazytologiczne kału pobranego z okrężnicy	54
Oznaczenie emisji gazów uwalnianych z kału	54
Analiza statystyczna.....	54
5. Wyniki i ich omówienie	56
Wyniki produkcyjne młodzieży rosnącej	56
Wyniki analizy rzeźnej.....	60
Wyniki analizy jakości mięsa	63
Kwasowość i barwa mięsa.....	63
Tekstura mięsa	67
Skład chemiczny mięsa	69
Profil aminokwasowy mięsa	71
Profil kwasów tłuszczowych mięsa.....	75
Cholesterol oznaczony w mięsie.....	84
Wyniki immunohistochemicznej analizy włókien mięśniowych.....	86
Wyniki analizy ekspresji genów FADS2 i ACACA	90
Wyniki analizy krwi króliczej	93
Morfologia krwi	93
Biochemia krwi.....	97
Wartość wskaźników statusu redox w surowicy krwi.....	103
Wyniki badania mikrobiologicznego treści pokarmowej jelita cienkiego i ślepego.....	106
Wyniki badania parazytologicznego kału pobranego z okrężnicy.....	112
Wyniki emisji gazów w kale króliczym.....	116
6. Podsumowanie i wnioski	123
7. Streszczenie.....	125
8. Piśmiennictwo	131