

Doskonalenie żywienia

**w zrównoważonej
produkcji zwierzęcej**

**pod redakcją
Renaty Klebaniuk
Bożeny Kiczorowskiej
Wioletty Samolińskiej
Edyty Kowalczuk-Vasilev**



Doskonalenie żywienia w zrównoważonej produkcji zwierzęcej

pod redakcją

**Renaty Klebaniuk
Bożeny Kiczorowskiej
Wioletty Samolińskiej
Edyty Kowalczyk-Vasilev**

Lublin 2024



**Dobra
Nauka**



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego**

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu Dobra Nauka II – moduł „Wsparcie konferencji naukowych” nr projektu KONF/SP/0135/2023/01, „Doskonalenie żywienia w zrównoważonej produkcji zwierzęcej”, kwota dofinansowania 150 000 zł, całkowita wartość projektu 188 776 zł.

Recenzent
prof. dr hab. Maria Osek

Korekta
Agnieszka Brach
Agnieszka Litwińczuk

Skład
Małgorzata Lużyńska

Projekt okładki
Małgorzata Grzesiak

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie – Wydawnictwo, Lublin 2024

ISBN 978-83-7259-443-3

ISBN 978-83-7259-444-0 on-line

<https://doi.org/10.24326/MON.2024.8>



Ten utwór jest dostępny na licencji
Creative Commons Uznanie autorstwa – Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowa



Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo>

Słowo od Autorów

Zrównoważona produkcja zwierzęca uwzględniająca stałe doskonalenie żywienia zwierząt to kompleksowe wyzwanie, którego rozwiązanie opiera się na współpracy sektora rolniczego, innowacyjnych technologiach w zakresie produkcji pasz i karm dla zwierząt oraz szeroko pojętej edukacji ekologicznej. Redukcja emisji gazów czy pierwiastków do środowiska, efektywne zarządzanie zasobami oraz działania w zakresie ochrony przyrody stanowią podstawę zrównoważonego rozwoju produkcji zwierzęcej.

Konferencja naukowa pt.: „Doskonalenie żywienia w zrównoważonej produkcji zwierzęcej” w ramach XLIX Sesji Naukowej Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury, Polskiej Akademii Nauk, zorganizowana w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie pod patronatem m.in. Ministerstwa Edukacji i Nauki oraz uznanych instytucji naukowych i organizacji zajmujących się szeroko rozumianą problematyką żywienia zwierząt – zarówno w nauce, jak i praktyce – doskonale wpisała się w działania podejmowane w celu propagowania wyników badań naukowych, pozwalające równoważyć rozwój sektora produkcji zwierzęcej. Ważnym elementem na arenie zarówno międzynarodowej, jak i krajowej była prezentacja podczas konferencji aktualnych naukowych osiągnięć związanych z problematyką żywienia zwierząt oraz odpowiedzi na wyzwania, które stawia krajowa i unijna gospodarka oraz światowe trendy badawczo-naukowe.

Konferencja była okazją dokonania podsumowań dotychczasowych osiągnięć i działań, ale również pozwoliła uczestnikom spojrzeć w przyszłość, poszerzając ich naukowe i branżowe horyzonty. Dało to okazję do wyznaczenia nowych celów, planów i zamierzeń w aspekcie wyzwań i oczekiwań, przed jakimi staje obecnie produkcja zwierzęca w Polsce i na świecie.

Wymiernym efektem tego naukowego wydarzenia jest monografia naukowa, którą przedkładamy czytelnikom i która jest mierzalnym przyczynkiem upowszechnienia aktualnej wiedzy oraz szeroko prowadzonych badań związanych z doskonaleniem żywienia zwierząt oraz gospodarką paszową, wpisujących się w ramy zrównoważonego rozwoju.

*Renata Klebaniuk
Bożena Kiczorowska
Wioletta Samolińska
Edyta Kowalczyk-Vasilev*

PATRONATY



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

PATRONAT HONOROWY
WOJEWODA LUBELSKI
LECH SPRAWKA



PATRONAT
HONOROWY



PREZYDENT MIASTA LUBLIN
KRZYSZTOF ŻUK



UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
w Lublinie

PATRONAT HONOROWY JM REKTORA



POLSKA AKADEMIA NAUK



INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



PATRONAT MEDIALNY:



LUBLIN



top
agrar POLSKA

kurier lubelski

PRZEGŁĄD
HODOWLAŃ



PRO AGRICOLA
DOM WYDAWNICZY

Spis treści

Maciej Bąkowski, Agata Bielak, Aleksandra Garbiec, Magda Miklaszewska, Patrycja Rekiel	
Ocena diety BARF oraz jej wpływ na zdrowie psów	7
Agata Bielak, Maciej Bąkowski, Renata Klebaniuk, Bożena Kiczorowska, Edyta Kowalczuk-Vasilev	
Polifenole jako czynnik wspomagający mikrobiom jelitowy psów	19
Marta Borsuk-Stanulewicz, Cezary Purwin	
Zakiszenie rozdrobnionych korzeni buraka cukrowego w balotach cyldrycznych z różnymi materiałami paszowymi	29
Julia Fabjanowska, Kamil Kręt, Renata Klebaniuk, Edyta Kowalczuk-Vasilev, Magdalena Moczulska, Justyna Widz	
Anomalie w behawiorze krów mlecznych	37
Julia Fabjanowska, Edyta Kowalczuk-Vasilev, Renata Klebaniuk	
Efektywność stosowania mieszanek ziołowych w żywieniu cieląt ras mięsnych	49
Eugeniusz R. Grela, Bożena Kiczorowska, Wioletta Samolińska, Małgorzata Świątkiewicz	
Nasiona roślin bobowatych w żywieniu świń i drobiu	64
Bożena Kiczorowska, Wioletta Samolińska, Piotr Kiczorowski, Renata Klebaniuk	
Możliwości wykorzystania fitobiotyków w żywieniu psów	77
Renata Klebaniuk, Edyta Kowalczuk-Vasilev, Maciej Bąkowski, Bożena Kiczorowska, Zvenyslava Zasadna, Dmytro Yanovych, Piotr Jarzyna	
Nasiona lnu jako źródło wielonienasyconych kwasów tłuszczowych dla krów mlecznych	94
Jolanta Król, Anna Teter, Aneta Brodziak, Paulius Matusevičius	
Wykorzystanie naturalnych dodatków w żywieniu krów mlecznych w kierunku poprawy jakości mleka	105
Małgorzata Kwiecień, Anna Winiarska-Mieczan, Magdalena Moczulska, Julia Fabjanowska, Szymon Milewski	
Wybrane czynniki antyodżywcze ograniczające wartość odżywczą nasion roślin bobowatych	122

Magdalena Matusiewicz, Magdalena Wróbel-Kwiatkowska, Wiesław Świderek, Tomasz Niemiec, Waldemar Rymowicz, Waldemar A. Turski	
Wpływ spożycia paszy z dodatkiem biomasy drożdży <i>Yarrowia lipolytica</i> o zwiększonej zawartości kwasu kynureninowego na jego dystrybucję w wybranych narządach myszy	132
Szymon Milewski, Julia Fabjanowska, Bożena Kiczorowska, Wioletta Samolińska, Renata Klebaniuk, Edyta Kowalczuk-Vasilev	
Bioaktywny potencjał wybranych krajowych ziół oraz ich wpływ na efektywność produkcji zwierzęcej	143
Szymon Milewski, Julia Fabjanowska, Magdalena Moczulska, Małgorzata Kwiecień, Robert Krusiński, Anna Winiarska-Mieczan	
Wpływ procesu kiełkowania na skład chemiczny wybranych nasion bobowatych	165
Magdalena Moczulska, Anna Winiarska-Mieczan, Małgorzata Kwiecień, Szymon Milewski, Julia Fabjanowska	
Żywienie żółwi utrzymywanych w warunkach amatorskich	175
Magdalena Moczulska, Marek Babicz, Edyta Kowalczuk-Vasilev	
Klitoria ternateńska (<i>Clitoria ternatea</i> L.) – wykorzystanie w profilaktyce u ludzi i zwierząt	185
Piotr Rożek, Michał Czelej, Katarzyna Garbacz, Jacek Wawrzykowski	
Whey as a source of antioxidant protein hydrolysate for functional food	192

Ocena diety BARF oraz jej wpływ na zdrowie psów

Maciej Bąkowski¹, Agata Bielak¹, Aleksandra Garbiec², Magda Miklaszewska¹,
Patrycja Rekiel¹

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Katedra Etologii Zwierząt i Łowiectwa, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: maciej.bakowski@up.lublin.pl

Wstęp

Pies domowy (*Canis familiaris*) coraz częściej jest uznawany za prawowitego członka rodziny. Dlatego opiekunowie psów coraz bardziej zgłębiają wiedzę na tematy żywieniowe dotyczące tego gatunku, tak by odpowiednio żywić zwierzęta, nad którymi sprawują opiekę. Aktualnie istnieje wiele udogodnień ze względu na stale rozwijający się rynek karm dla zwierząt towarzyszących, na którym znaleźć można wiele rodzajów karm przeznaczonych dla psów [Simonsen i in. 2014]. Wśród produktów komercyjnych oferowane są karmy suche, mokre oraz półwilgotne. Jednak wciąż stawiane są pytania o to, jaka jest najbardziej odpowiednia dla psa domowego należącego do grupy drapieżników. Sugerując się pochodzeniem tego gatunku, zauważyć można, że psy nabyły zdolności spożywania oraz trawienia zróżnicowanego pokarmu [Case 2014]. Karmy suche stosowane są ze względu na wygodę i łatwość ich przechowywania oraz znacznie mniejszy koszt w porównaniu z karmami mokrymi. Jednocześnie ze względu na wysoki stopień przetworzenia karm gotowych opiekunowie coraz częściej decydują się na wprowadzenie diet alternatywnych [Abood i Verton-Shaw 2021, De Smet i in. 2002].

Na terenie Europy zalecenia dotyczące żywienia zwierząt towarzyszących ujęte są w wytycznych Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Karmy dla Zwierząt Domowych (FEDIAF). Zawarte są w nich wymagania co do niezbędnych składników odżywczych w pokarmach pełnoporcjowych i uzupełniających dla zwierząt towarzyszących. Wytyczne FEDIAF obejmują wartości wymagane do zachowania zbilansowanej diety, co utrzyma zwierzęta w zdrowiu poprzez prawidłowe funkcjonowanie ich organizmu. W normach znajdują się zawartości minimalne lub też maksymalne ilości makro- i mikroelementów w karmie dla zwierząt [Kazimierska i in. 2020].

Zarówno niedobór, jak i nadmiar pewnych składników pokarmowych może negatywnie wpływać na organizm na różnych płaszczyznach. Dotyczy to występowania zmian behawioralnych oraz wszelkiego rodzaju schorzeń [Zoran 2021].

Niedobory mogą prowadzić między innymi do nieprawidłowego rozwoju, a także powstawania zaburzeń metabolicznych. Z kolei podawanie nieodpowiednio dobrego pokarmu, nieuwzględniającego aktywności danego osobnika i zapotrzebowania energetycznego, może prowadzić do jego nadwagi lub otyłości [Grela 2016, Muñoz-Prieto i in. 2018, Vendramini i in. 2020].

Opiekunowie są coraz bardziej świadomi i poszukują lepszych rozwiązań żywieniowych dla swoich zwierząt, w czego efekcie decydują się na żywienie najbardziej zbliżone do naturalnego. Żywienie surowym mięsem znajduje zarówno zwolenników, jak i przeciwników. Taki sposób skarmiania może nieść za sobą ryzyko infekcji bakteryjnych oraz chorób pasożytniczych, niedożywienia, niedoborów lub zaburzeń gospodarki wapniowo-fosforanowej [Davies i in. 2019].

Pokarmy bazujące na surowym mięsie określane są terminem BARF (ang. biologically appropriate raw food), co oznacza: biologicznie odpowiednia surowa żywność. Podkreślić należy to, że nieznane są długofalowe konsekwencje spożywania takiego pokarmu przez zwierzęta. Istnieje więc potrzeba dalszych badań w tym zakresie. Dieta zakłada, że jakość podawanego mięsa powinna być porównywalna z jakością surowca przeznaczonego do spożycia dla ludzi. Źródło pochodzenia takiego mięsa musi być sprawdzone, aby jak najbardziej zminimalizować ryzyko zakażenia mikroflorą chorobotwórczą. Na rynku coraz częściej znaleźć można oferty firm zajmujących się komponowaniem gotowych mieszanek zgodnych z założeniami diety BARF. Warto jednak pamiętać, że zarówno w przypadku samodzielnego komponowania diety, jak i korzystania z komercyjnych odpowiedników należy uwzględnić indywidualne potrzeby i preferencje żywieniowe danego osobnika [Neshovska 2020].

Cel pracy

Celem pracy była ocena diety BARF na podstawie ankiety skierowanej do opiekunów psów i stosowanych mieszanek, a także ocena wpływu diety na zdrowie psów przed i po wprowadzeniu diety surowej.

Material i metody

Metodą badawczą była ankieta internetowa przeprowadzona za pośrednictwem strony internetowej www.docs.google.com/forms. Ankietę opublikowano na grupach tematycznych portalu społecznościowego, była ona całkowicie anonimowa i dobrowolna. W badaniu uzyskano 100 ankiet. Wyniki zostały opracowane w programie Excel oraz Statistica 13.3 (TIBCO Software).

Ankieta

Formularz składał się z 42 pytań, z których 26 było jednokrotnego wyboru, 13 wielokrotnego wyboru, a 3 to były pytania otwarte. Ankieta została podzielona na 3 części. Pierwsza i druga część dotyczyły informacji o opiece i jego zwierzęciu. W ostatniej części skupiono się na szczegółowych pytaniach dotyczących diety BARF i sposobie jej przygotowywania. Dodatkowo pytania miały zweryfikować poziom wiedzy opiekunów na temat diety oraz opinii dotyczącej wpływu diety BARF na psy.

W pytaniu o źródło wiedzy na temat diety BARF respondenci mogli wskazać kilka pozycji, z których pozyskują informacje. Wśród badanych najczęściej opiekunów czerpało wiedzę z grup społecznościowych, z internetu, książek oraz artykułów naukowych. Jedynie 19 respondentów jako źródło informacji wskazało lekarzy weterynarii (tab. 1). Aż 81% ankietowanych spotkało się z negatywną opinią na temat diety BARF, w pochodzącą większości od znajomych oraz lekarzy weterynarii.

Tabela 1. Sposób pozyskiwania wiedzy o diecie BARF

Skąd pozyskiwana jest wiedza o diecie BARF?	Liczba respondentów
Grupy w mediach społecznościowych	92
Internet	71
Książki	53
Artykuły naukowe	49
Dietetyk zwierzęcy	28
Szkolenia	25
Lekarz weterynarii	19

Wśród badanych najczęściej znalazło się psów w wieku od 1 do 2 lat (35%) oraz od 3 do 7 lat (31%). Spośród respondentów 17% zadeklarowało, że ich psy miały mniej niż rok, taki sam odsetek osób sprawował opiekę nad psami w wieku powyżej 7. roku życia.

Najliczniejszą grupę psów respondentów stanowiły psy rasowe, posiadające metrykę bądź rodowód (65%), 18% opiekunów określiło swoje psy jako rasę mieszaną, pozostałe psy zostały scharakteryzowane jako osobniki w typie rasy (17%). Spośród psów rasowych najliczniejszą grupę reprezentantów stanowiły psy z grupy I FCI, w której przeważały owczarki niemieckie (6 osobników), następnie rasy golden

retriever (4 osobniki) i buldog francuski (4 osobniki) oraz po 3 osobniki ras border collie i mops (tab. 2). Wśród 100 badanych psów 47% z nich poddano zabiegowi kastracji, natomiast nieznacznie większa część psów należących do respondentów nie była wykastrowana (53%).

Tabela 2. Podział psów rasowych na grupy FCI

Grupa ras FCI	Podział na grupy FCI (jeśli pies jest rasowy i posiada rodowód/metrykę FCI)	Liczba psów
Grupa I: owczarki i inne psy pasterskie	border collie, biały owczarek szwajcarski, owczarek niemiecki, owczarek francuski briard, owczarek podhalański, owczarek szkocki collie, polski owczarek nizinny, welsh corgi cardigan	17
Grupa II: pinczery i sznauclery, molosy itp.	bernardyn, buldog angielski, cane corso, doberman, dog argentyński, leonberger, mastif tybetański, rottweiler, shar pei, sznaucler miniaturowy	12
Grupa III: teriery	airedale terrier, american staffordshire terrier, bulterrier, staffordshire bull terrier, west highland white terrier	7
Grupa V: szpice i psy w typie pierwotnym	akita, akita amerykańska, podenco z ibizy, szpic wilczy	4
Grupa VI: psy gończe i rasy pokrewne	beagle, ogar polski	2
Grupa VII: wyżły	bracco italiano, seter irlandzki, wyżeł weimarski	3
Grupa VIII: aportery, płochacze i psy dowodne	barbet, cocker spaniel angielski, golden retriever, labrador retriever, springer spaniel angielski	9
Grupa IX: psy ozdobne i do towarzystwa	boston terrier, buldog francuski, maltańczyk, mops	10
Grupa X: charty	whippet	1

Masa ciała psów była zróżnicowana, chociaż najwięcej respondentów opiekowało się psami średnimi, o masie między 11 a 25 kg. Najmniej liczną grupą psów

były te o masie powyżej 40 kg (tab. 3). Ocena kondycji psów metodą BCS wykazała, że w przeważającej większości (68 osobników) zwierzęta miały idealną masę ciała. Częściej zauważano niedowagę (23 osobniki) niż nadwagę (7 osobników), a wychudzenie i otyłość występowały jedynie w pojedynczych przypadkach.

Tabela 3. Podział psów na grupy wagowe

Masy ciała psów	Liczba osobników
Małe (<10 kg)	22
Średnie (11–25 kg)	42
Duże (26–40 kg)	27
Olbrzymie (>40 kg)	9

Wyniki i dyskusja

Połowa respondentów (50%) wprowadziła dietę od razu, bez stopniowego przyzwyczajania psa do nowego rodzaju pożywienia. Na stopniowe zaznajamianie psa z nową dietą zdecydowało się 39% opiekunów. Jedynie 11% psów karmiono surową dietą od początku pobytu u opiekuna lub od wieku szczenięcego (w hodowli).

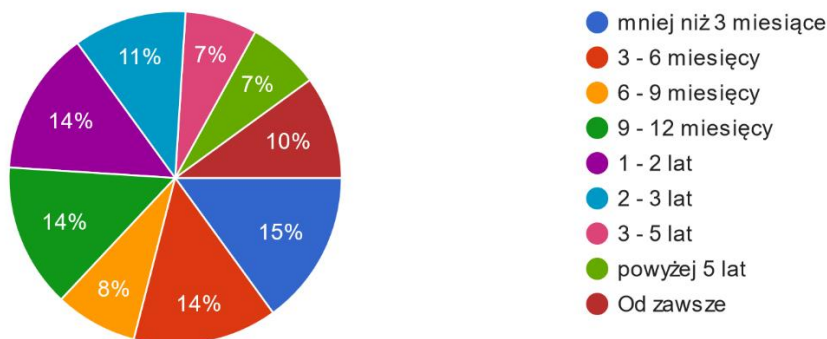
Wśród ankietowanych najczęściej wymienianymi dolegliwościami u psów przed wprowadzeniem diety BARF były alergie pokarmowe (44%), niepożądane reakcje na pokarm (35%), choroby przewodu pokarmowego (17%), a także zapalenie żołądka i/lub jelit oraz schorzenia narządowe (po 10%). Czynniki te w znacznym stopniu wpłynęły na zmianę diety z tradycyjnej na surową. Spośród 6 owczarków niemieckich, 4 miały dolegliwości, takie jak alergie pokarmowe, niepożądane reakcje na pokarm, schorzenia narządów (np. nerek), zaburzenia ortopedyczne, choroby przewodu pokarmowego oraz choroby sercowo-naczyniowe. Przed wprowadzeniem diety BARF 42 osobniki karmione były suchą karmą, 7 – karmą moką, a 34 osobniki były karmione zarówno suchą, jak i moką karmą. Jedynie 6 opiekunów zdecydowało się na żywienie psów gotowaną dietą domową (tab. 4). U 15 osobników żywionych karmą suchą przed wprowadzeniem diety BARF nie wykazano żadnych objawów sugerujących problemy zdrowotne. Natomiast aż 20 psów żywionych karmą suchą przed stosowaniem diety BARF miało problemy związane z alergiami pokarmowymi, a niepożądane reakcje na pokarm występowały u 12 zwierząt. Największą część ankietowanych (61%) żywi swoje psy surowym mięsem od 3 miesięcy do 3 lat. Jedynie 7% osobników było żywionych dietą BARF od 3 do 5 lat oraz powyżej 5 lat (ryc. 1). Przy wyborze produktów do mieszanki respondenci kierowali się głównie

dostępnością i ceną produktów, a także alergiami pokarmowymi oraz preferencjami zwierzęcia.

Wymienianymi przez respondentów produktami podawanymi psom poza dietą BARF było suszone mięso, smaczki, naturalne gryzaki np. uszy, penisy wołowe, żwacze, płuca, tchawice, ser himalański i liofilizowane smakołyki – mięsne, podrobowe, warzywne oraz owocowe (ryc. 2).

Tabela 4. Żywienie psów przed wprowadzeniem diety BARF

Czy pies jadł wcześniej inną karmę?	Liczba osobników
Nie, pies od zawsze na diecie surowej	11
Tak, gotowana dieta domowa (np. kurczak, ryż, warzywa)	6
Tak, karma mokra	7
Tak, karma sucha	42
Tak, karma sucha + mokra	34

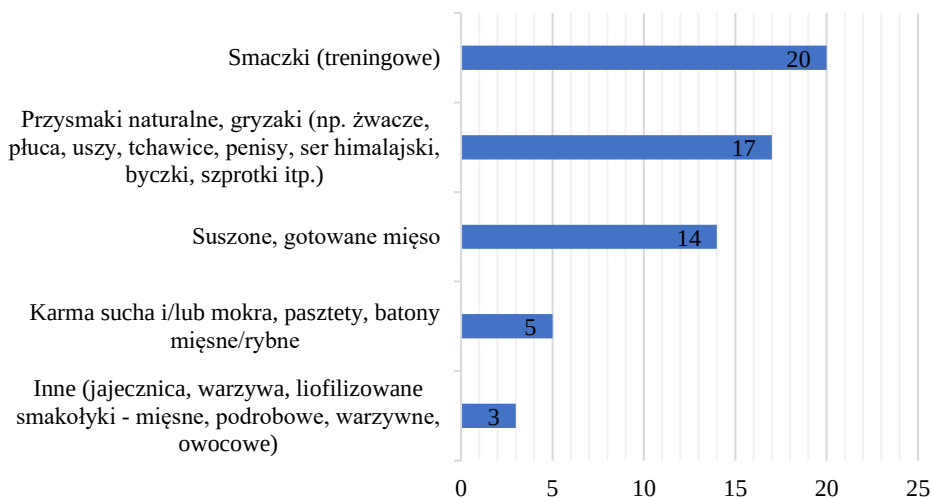


Ryc. 1. Okres stosowania diety BARF u psów

Opiekunowie psów będących na diecie BARF decydowali się najczęściej na badania 2 razy w roku (39%) i raz w roku (36%). Część ankietowanych (16%) decyduje się na wykonywanie badań częściej, maksymalnie raz w ciągu 3 miesięcy. Natomiast grupa stanowiąca 7% decyduje się na wykonanie badań dopiero w chwili wystąpienia niepokojących objawów. Tylko 2% opiekunów wykonuje badania rzadziej niż raz w roku.

Forma diety BARF w większości stanowiła produkty surowe (51%), bez obróbki termicznej oraz mechanicznej, a 12% respondentów podawało psom gotowaną

wersję tej diety. Przyjęte przez opiekunów procentowe udziały poszczególnych komponentów w diecie mieściły się w przedziale 50–100% zawartości mięsa w diecie, kości do 15%, podrobów do 20% (w tym wątroby do 5%), warzyw do 20%, a owoców do 5%. Spośród opiekunów 30% przyjmowało podział: 65% mięsa, 20% podrobów oraz 15% kości. Kolejne 23% opiekunów przyjęło komponenty stanowiące 60% mięsa, 10% podrobów, 10% kości, 15% warzyw oraz 5% owoców. Innym udziałem procentowym wyróżniała się grupa 21% ankietowanych: 50% mięsa, 20% podrobów, 15% kości, 10% warzyw oraz 5% owoców (tab. 5).



Ryc. 2. Pokarm podawany psom poza dietą BARF

Spośród stosowanych komponentów wyróżniono mięsa, takie jak: wołowina (77%), indyk (72%), kaczka (66%), królik (62%), kurczak (56%), wieprzowina (52%), jagnięcina (39%), cielęcina (36%), jeleń (36%), baranina (33%), gęś (33%), przepiórka (29%), konina (27%), sarna (27%), kozina (19%), dzik (11%), kangur (10%), struś (8%) oraz zając (6%). Mięso rybne podawane było przez 67% respondentów, w większości tylko jako niewielki dodatek do mieszanki (50%). Najczęściej były to ryby, takie jak łosoś (60%) i dorsz (34%).

Kości jako ważny element w diecie BARF były stosowane przez 65% opiekunów psów, spośród nich większość podawała kości mięsne, czyli kości surowe z elementami mięsa. Jedynie 8% zdecydowało się na podawanie kości w formie rozdrobnionej. Podczas gdy kości nie były podawane psom, opiekunowie zastępowali je skorupkami jaj, cytrynianem wapnia, węglanem wapnia lub mączką kostną.

Podroby były podawane przez 95% respondentów, najczęściej stosowanymi były serca (94%), wątroby (89%) oraz żołądki (79%). Wymienione zostały także płuca (45%), nerki (44%), ozory (30%), śledziona (12%), jądra (11%) i mózgi (8%). Zauważono, że 89% respondentów nie stosuje podrobów z wieprzowiny oraz dzika.

Opiekunowie (w 97% przypadków) zgodnie odpowiedzieli, że suplementują dietę psom. Najczęściej wymienianymi suplementami były oleje rybne oraz drożdże browarnicze (86%) i algi morskie (82%). Innymi stosowanymi w diecie BARF były żółtka jaj (63%), owoce dzikiej róży (33%), mielone skorupki jaj (31%), małże nowozelandzkie w formie mączki (30%), MSM – metylosulfonylometan (25%), witamina E oraz hemoglobina (19%), spirulina (16%), ostropest plamisty (15%) oraz tauryna (14%) i sól himalajska/kamienna (12%).

Tabela 5. Udział poszczególnych komponentów mieszanki diety BARF dla psów

Udział poszczególnych komponentów w diecie	Liczba opiekunów stosujących poszczególne komponenty w diecie BARF
Mięso 65%, podroby 20%, kości 15%	30
Mięso 60%, podroby 10%, kości 10%, warzywa 15%, owoce 5%	23
Mięso 50%, podroby 20%, kości 15%, warzywa 10%, owoce 5%	21
Inne	26

Spośród ankietowanych 70% podawało psom warzywa i owoce, 12% opiekunów zdecydowała się na podawanie psu jedynie warzyw, a tylko 1% samych owoców. Najczęściej wymienianymi warzywami były: marchew (90,4%), dynia (56,6%), burak (53%), pietruszka (51,8%), ogórek (49,4%), batat (45,8%), cukinia (36,1%) i brokuł (44,6%), opiekunowie podawali psom również warzywa kiszone, np. kapustę i ogórki (27,7%). W większości przypadków zdecydowano się na podawanie warzyw na surowo (41%), a inni respondenci decydowali się na obróbkę termiczną poprzez gotowanie w wodzie (22%) lub na parze (19%). Najczęściej podawanymi owocami w diecie były jabłka (88,9%), banany (77,8%) oraz borówki (66,7%).

Respondenci zwrócili uwagę na pozytywne efekty wynikające z żywienia psów dietą surową, były to: poprawa kondycji sierści i skóry (74%), poprawa wyglądu stolca (65%), zniwelowanie wzdęć oraz lepsze trawienie posiłków (46%), utrzymanie lub osiągnięcie prawidłowej masy ciała (43%) oraz ustanie biegunek (39%). Jedynie 10% opiekunów nie zauważyło żadnych pozytywnych efektów po wprowadzeniu diety BARF, co może być również związane z krótkim czasem jej stosowania (tab. 6). W przypadku podawania psom mięsa stanowiącego 80–100% w dawce pokarmowej 10 opiekunów zauważyło poprawę kondycji skóry i sierści, ale nie stwierdziło żadnych istotnych statystycznie zmian powiązanych z poprawą kondycji skóry i sierści. Istotną poprawę wyglądu stolca u psów po wprowadzeniu diety zauważono

w sytuacji, gdy to mięso stanowiło 60–79% proporcji komponentów w diecie. Obserwacja, że zwierzę po posiłku było spokojniejsze, została przez opiekunów określona jako pozytywny efekt diety. Był on istotny statystycznie przy stosowaniu zawartości mięsa w diecie poniżej 80%, w zakresach 60–79% oraz 50–59% w diecie.

Tabela 6. Pozytywne efekty wprowadzenia diety BARF u psów

Czy po wprowadzeniu diety BARF zauważono pozytywne efekty?	Procent psów (%)
Poprawa kondycji sierści i skóry	74
Poprawa wyglądu stolca	65
Zniwelowanie wzdęć/lepsze trawienie	46
Utrzymanie lub osiągnięcie prawidłowej masy ciała	43
Ustanie biegunek	39
Zwierzę spokojniejsze po posiłku	32
Polepszenie wydolności/kondycji	27
Zniwelowanie wypływu z oczu	26
Ograniczenie lub zniwelowanie koprofagii (zjadanie odchodów)	25
Poprawienie parametrów krwi	24
Zniwelowanie łapczywości/zwierzę je mniej łapczywie	22
Poprawa stanu zębów i dziąseł	20
Ustabilizowanie stanu chorobowego, na który zwierzę cierpi	17
Ograniczenie lub zniwelowanie zjadania przedmiotów niejadalnych	17
Zniwelowanie wypływu z nosa	3
Nie zauważono	10

W przypadku negatywnych efektów zauważonych po wprowadzeniu diety, wyróżnia się: zwiększoną łapczywość i połykanie dużych kawałków (14%), pogorszenie parametrów krwi (8%), biegunki (5%), spadek masy ciała i osłabienie (6%), wymioty (2%), zwiększony wypływ z oczu (2%), wzdęcia i gazy oraz pogorszenie stanu chorobowego (1%). Po wprowadzeniu diety nie zauważono u psów pogorszenia stanu sierści i skóry, wydolności, kondycji, występowania pasożytów, zwiększenia wypływu z nosa, zjadania niejadalnych przedmiotów oraz zjadania odchodów. Spośród opiekunów 69% nie zauważyło żadnych negatywnych efektów po wprowadzeniu diety (tab. 7). Wartości istotne statystycznie wykazano w przypadku wcześniejszych dolegliwości występujących u psów przed wprowadzeniem diety. Zauważono także to, że ilość podawanych posiłków może mieć również wpływ na występowanie negatywnych efektów stosowania tej diety. U psów, które były karmione innym

rodzajem karmy przed dietą BARF, zauważono częstsze występowanie negatywnych reakcji związanych ze zmianą diety. Psy rasowe oraz w typie rasy wykazywały zwiększoną łapczywość i połykanie dużych kawałków pokarmu. Nie stwierdzono istotności w przypadku czasu trwania diety BARF i jej negatywnych efektów u psów po wprowadzeniu diety.

Tabela 7. Negatywne efekty zauważone po wprowadzeniu diety BARF u psów

Czy po wprowadzeniu diety BARF zauważono negatywne efekty?	Procent (%)
Nie zauważono	69
Zwiększona łapczywość i połykanie dużych kawałków	14
Pogorszenie parametrów krwi	8
Biegunka	7
Spadek na wadze i osłabienie	6
Wymioty	2
Zwiększony wpływ z oczu	2
Wzdęcia i gazy	1
Pogorszenie stanu chorobowego, na który cierpi zwierzę	1

Biorąc pod uwagę informacje pozyskane od opiekunów psów, dieta opierająca się na mięsie, podrobach, a także kościach i niewielkich ilościach węglowodanów w postaci warzyw i owoców w większości przynosiła pozytywne efekty u psów respondentów.

Jednakże, zwracając uwagę na dostępne źródła naukowe w tym temacie, znajduje się niewielką liczbę prowadzonych badań naukowych opierających się na monitorowaniu długoterminowego efektu wpływu diety BARF na zdrowie psów. W artykule naukowym autorstwa Brozić i in. [2019] zwrócono uwagę na lepszą strawność komponentów, na których bazuje ta dieta. Wspomniano również o pozytywnych efektach, takich jak poprawa kondycji sierści oraz skóry, wyglądu zębów i dziąseł oraz ogólnego stanu zdrowia zwierzęcia, co również potwierdzają wyniki uzyskane podczas badań ankietowych. W przypadku występowania alergii pokarmowych u psów dieta BARF może w rezultacie dawać pozytywne efekty ze względu na możliwości bazowania na niealergizujących źródłach białka.

Często stwierdza się negatywny wpływ diety BARF pod względem wysokiego ryzyka zakażeń pasożytniczych w kontakcie z surowym mięsem. W niniejszym badaniu wśród 15 psów nie stwierdzono żadnego osobnika, u którego byłyby potwierdzone zakażenia pasożytnicze. O ryzyku zakażeń pasożytniczych wspomniano

w badaniu Ahmeda i in. [2021], gdzie autorzy zwracają uwagę na negatywny stosunek lekarzy weterynarii odnośnie do stosowania diety opartej na surowym mięsie. Jest to związane ze źródłem pozyskiwania takiego mięsa oraz jego prawidłowym przechowywaniem przed podaniem zwierzęciu. Wskazane są również systematyczne badania kału zwierzęcia. Można przypuszczać, że ze względu na narażenie zakażeniem pasożytniczym czy innymi infekcjami opiekunowie psów decydują się na stosowanie innej formy diety opartej na mięsie i podrobach poddanych obróbce termicznej.

Handl [2014] wspomniała o innych powodach, dla których opiekunowie decydują się na taką formę skarmiania zwierząt. Wszystko to w zamierzonym celu poprawy zdrowia, a także rezygnacji z wysoce przetworzonych karm komercyjnych. Poprzez staranne komponowanie diety psów właściciele dążą do zapobieżenia wielu schorzeniom, do których zaliczyć należy: wszelkie choroby, w tym przewlekłe, takie jak choroby skóry, zaburzenia układu pokarmowego oraz alergię.

Handl [2014] zwraca uwagę na fakt, że strony internetowe i książki nie są odpowiednim źródłem informacji, gdyż ich treść często nie jest oparta na badaniach naukowych.

Podsumowanie

1. Wśród opiekunów zwierząt można zauważyć skłonność do stosowania karm komercyjnych, które uważane są przez nich za najlepszy wybór w żywieniu psów. Przekonanie to rzadko poparte jest naukowymi doniesieniami, a opiekunowie psów często nie mają podstawowej wiedzy na temat żywienia tych zwierząt. Na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego można było określić wpływ diety BARF na zdrowie psów.

2. Respondenci po wprowadzeniu diety BARF u swoich zwierząt zauważyli wiele pozytywnych efektów stosowanej diety. Zaliczyć można do nich poprawę kondycji skóry i sierści, poprawę wyglądu stolca, zniwelowanie wzdęć, utrzymanie lub osiągnięcie prawidłowej masy ciała, ustanie biegunek, ograniczenie lub zniwelowanie koprofagii oraz poprawienie parametrów krwi.

3. Wskazane jest prowadzenie większej liczby badań dotyczących wpływu diety surowej u psów oraz powiązanych z nią skutków zdrowotnych.

4. Wprowadzanie diety powinno opierać się na wiedzy specjalistycznej, konsultacjach dietetycznych i kwartalnych badaniach krwi przez co najmniej 12 miesięcy w celu oceny stanu zdrowotnego zwierzęcia, aby móc ocenić rzeczywisty wpływ wprowadzonej diety.

Piśmiennictwo

Abood S.K., Verton-Shaw S., 2021. Talking about dog and cat nutrition with clients. *Vet. Clin. Small Animal Pract.* 51(3), 517–528. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.01.008>

- Ahmed F., Cappai M.G., Morrone S., Cavallo L., Berlinguer F., Dessi G., Tamponi C., Scala A., Varcasia A., 2021. Raw meat based diet (RMBD) for household pets as potential door opener to parasitic load of domestic and urban environment. Revival of understated zoonotic hazards? A review. *One Health* 13, 100327. <https://doi.org/10.1016%2Fj.onehlt.2021.100327>
- Brozić D., Mikulec Z., Samardžija M., Đuričić D., Valpotić H., 2014. Raw meat-based diet (BARF) in dogs and cats nutrition. *Vet. J. Rep. Srpska* 19(2), 313–321. <https://doi.org/10.7251/VET-JEN1902314B>
- Case L.P., 2014. Logika psiego jedzenia. O sztuce dobrego wyboru i mądrym żywieniu psa. Wyd. COAPE Polska, 80–101, 175–180.
- Davies R.H., Lawes J.R., Wales A.D., 2019. Raw diets for dogs and cats: a review, with particular reference to microbiological hazards. *J. Small Animal Pract.* 60(6), 329–339. <https://doi.org/10.1111/jsap.13000>
- De Smet B., Hesta M., Seynaeve M., Janssens G., Vanrolleghem P., de Wilde R.O., 2002. The influence of supplemental alpha-galactosidase and phytase in a vegetable ration for dogs on the digestibility of organic components and phytate phosphorus. *J. Animal Physiol. Animal Nutr.* 81(1), 1–8. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.1999.811144.x>
- FEDIAF, 2019. Wytyczne żywieniowe dotyczące pełnoporcjowych i uzupełniających karm dla kotów i psów. Polskie Stowarzyszenie Producentów Karmy dla Zwierząt Domowych, 68–75.
- Grela E.R., 2016. Behawioralne następstwa nieprawidłowego żywienia. *Życie Wet.* 91(2), 93–95.
- Handl D., 2014. The “BARF” trend – advantages, drawbacks and risks. *Vet. Focus* 24(3).
- Kazimierska K., Biel W., Witkowicz R., 2020. Mineral composition of cereal and cereal-free dry dog foods versus nutritional guidelines. *Molecules* 25(21), 5173. <https://doi.org/10.3390/molecules25215173>
- Muñoz-Prieto A., Nielsen L.R., Dąbrowski R., Bjørnvad C.R., Söder J., Lamy E., Monkeviciene I., Ljubić B.B., Vasiu I., Savic S., Busato F., Yilmaz Z., Bravo-Cantero A.F., Öhlund M., Lucena S., Zelvyte R., Aladrović J., Lopez-Jornet P., Caldin M., Lavrador C., Karveliene B., Mrljak V., Mazeikiene J., Tvarijonaviciute A., 2018. European dog owner perceptions of obesity and factors associated with human and canine obesity. *Sci. Rep.* 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038%2Fs41598-018-31532-0>
- Neshovska H., 2020. The raw dog food – advantages and disadvantages. *Tradition Modern. Vet. Med.* 5, 2(9), 76–87.
- Simonsen J.E., Faskeno G.M., Lillywhite J.M., 2014. The value-added dog food market: do dog owners prefer natural or organic dog foods? *J. Agric. Sci.* 6(6), 86. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n6p86>
- Vendramini T.H., Amaral A.R., Pedrinelli V., Zafalon R.V., Rodrigues R.B., Brunetto M.A., 2021. Neutering in dogs and cats: current scientific evidence and importance of adequate nutritional management. *Nutr. Res. Rev.* 33(1), 134–144. <https://doi.org/10.1017/s0954422419000271>
- Zoran D.L., 2021. Nutrition of working dogs: feeding for optimal performance and health. *Vet. Clin. Small Animal Pract.* 51(4), 803–819. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.04.014>

Polifenole jako czynnik wspomagający mikrobiom jelitowy psów

Agata Bielak, Maciej Bąkowski, Renata Klebaniuk, Bożena Kiczorowska,
Edyta Kowalczyk-Vasilev

Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: agata.bielak@up.lublin.pl

Wstęp

Polifenole to grupa różnorodnych wtórnych metabolitów roślinnych, które występują między innymi w warzywach i owocach. Duża różnorodność związków polifenolowych wiąże się z wieloma możliwymi korzyściami (tab. 1), umożliwiając znalezienie kilku korzystnych efektów dla tej samej podklasy i wspólnych efektów w różnych klasach i podklasach [Swallah i in. 2020]. Mają one działanie m.in. przeciwutleniające i immunomodulujące. Ponadto polifenole mają wyraźną zdolność modulowania stanu zapalnego, a także wykazują właściwości ochronne przed różnymi chorobami przewlekłymi, w tym chorobami sercowo-naczyniowymi, zwyrodnieniami i chorobami przewodu pokarmowego [Farzaei i in. 2015].

Polifenole jako suplementy diety mogą ulegać przemianom metabolicznym i przyczyniać się do poprawy mikroflory jelitowej oraz tłumienia reakcji zapalnych w świetle jelita. Drobnoustroje w jelicie przekształcają złożone polifenole roślinne w proste związki bioaktywne, które mogą mieć wpływ zarówno lokalny, jak i ogólnoustrojowy na funkcjonowanie jelit. Suplementacja polifenolami pochodzącymi z różnych źródeł poprawia wzrost organizmów probiotycznych w jelicie grubym, wraz z redukcją organizmów patogennych, co prowadzi do zwiększonej produkcji korzystnych dla zdrowia metabolitów fermentacyjnych [Benn i in. 2015].

Funkcje mikroflory jelitowej

Interakcja mikroflory jelitowej z organizmem gospodarza oraz wzajemne oddziaływanie drobnoustrojów jelitowych i ich produktów fermentacji ma znaczenie dla całego organizmu nie tylko z odżywczego punktu widzenia, ale także z uwagi na modulację funkcji immunologicznych, endokrynologicznych i neurologicznych [LeBlanc i in. 2013]. Dwukierunkowe połączenie między mózgiem a mikroflorą jelitową opiera się głównie na komunikacji nerwowej ośrodkowego układu nerwowego (OUN). Wśród związków biorących udział w połączeniu ośrodków emocjonalnych

i poznawczych mózgu z jelitami i zamieszkującą je mikroflorą serotonina odgrywa kluczową rolę. Oprócz tego, że jest neuroprzekaźnikiem w OUN, serotonina jest wydzielana przez komórki enterochromanowe nabłonka jelitowego i stymuluje motorykę jelit [Jenkins i in. 2015], regulując czas przejścia pokarmu, a następnie stopień fermentacji bakteryjnej oraz ilość produktów końcowych fermentacji.

Tabela 1. Naturalne składniki funkcjonalne i potencjalne korzyści: polifenole [Ruiz-Cano i in. 2022]

Kategoria	Nazwa związku	Działanie
Fenylopropanoidy	proste fenole	działanie antyseptyczne, moczopędne, przeciwnowotworowe
	estry, alkohole, aldehydy, glikozydy	działanie przeciwutleniające, chemoprotekcyjne, immunomodulatorowe, neuroprotektoryjne
	acetofenony	działanie przeciwastmatyczne, przeciwzapalne, neuroprotektoryjne, uspokajające
	salicylany	działanie przeciwbólowe i przeciwgorączkowe
	kurkuminoidy	działanie przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, kardioprotekcyjne, przeciwutleniające, przeciwdepresyjne
	lignany i neolignany	działanie chemoprotekcyjne, przeciwutleniające, przeciwgrzybicze, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe
	betalainy, betacyjany, betaksantyny	działanie przeciwutleniające, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwnowotworowe
Pochodne poliketydów	stibenyl	działanie przeciwzapalne, neuroprotektoryjne, przeciwnowotworowe, kardioprotekcyjne, przeciwstarzeniowe, przeciwutleniające, przeciwgrzybicze
	chinony, naftochinony, naftodiantrony, antrachinony i kawalaktyny	działanie przeciwnowotworowe, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwpasożytnicze, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe, przeciwzapalne, kardioprotekcyjne, przeczyszczające, nasenne, uspokajające, znieczulające
Flawonoidy	flawonony	działanie przeciwutleniające, przeciwnowotworowe, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwwirusowe, przeciwzapalne, hepatoprotekcyjne, kardioprotekcyjne, neuroprotektoryjne, chemoprotekcyjne, immunoprotekcyjne, przeciwstarzeniowe
	garbniki, galo- i elagitaniny, garbniki skondensowane (proantocyjandyny)	działanie przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwbiegunkowe, przeciwnowotworowe, przeciwbakteryjne, kardioprotekcyjne

Mikroflora jelitowa wpływa na metabolizm tryptofanu i jego ilość dostępną do syntezy serotoniny, oddziałując w ten sposób z układem serotoninergicznym [O'Mahony i in. 2015]. Modyfikacja metabolizmu tryptofanu, zgłaszana często w przypadku zespołu jelita drażliwego, oznacza niedobór serotoniny, co prowadzi do nastroju depresyjnego lub wytwarzania neurotoksycznych/neuroprotektoryjnych metabolitów, których celem jest OUN. Ponadto populacje drobnoustrojów syntetyzują inne cząsteczki sygnałowe, takie jak kwas gamma-aminomasłowy (ang. gamma-aminobutyric acid, GABA) i krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (ang. short chain fatty acid, SCFA), które wpływają na nabłonek jelit, lokalny układ odpornościowy błony śluzowej i nerw błędny [Forsythe i in. 2016]. Zaburzenie mikroflory jelitowej może również indukować modulację innych neuroprzekaźników i cząsteczek sygnałowych (np. dopaminy, cytokin, interleukin i czynnika martwicy nowotworu – ang. tumor necrosis factor, TNF) z przewodu pokarmowego, co z kolei może aktywować odpowiedź neuroendokrynną [Forsythe i in. 2016].

Stosowanie dodatków do żywności, takich jak prebiotyki, probiotyki i synbiotyki, umożliwia podejście terapeutyczne i zapobiegawcze mające na celu przywrócenie równowagi żołądkowo-jelitowej i równowagi mikrobiologicznej [de Souza i in. 2019].

Polifenole jako związki bioaktywne

W roślinach polifenole występują w formie glikozydów, w związku z tym ich katabolizowana biodostępność jest zmniejszona w porównaniu z powszechnie stosowanymi składnikami odżywczymi. Szacuje się, że jedynie 5–10% całkowitej dawki polifenoli jest wchłaniane w jelicie cienkim, natomiast pozostałe 90–95% może ulegać akumulacji w jelitach, świetle okrężnicy, gdzie jest następnie przetwarzane przez aktywne enzymatycznie populacje drobnoustrojów jelitowych [Ozdał i in. 2016].

Ze względu na zdolność modulowania składu mikroflory jelitowej polifenole są włączane do grupy prebiotyków [Gibson i in. 2017]. W rezultacie prowadzi się coraz więcej badań w celu oceny skutków łącznego stosowania polifenolowych substancji bioaktywnych i probiotyków. Łączne podawanie polifenoli i probiotyków jest lepszą opcją, aby zmaksymalizować ich potencjalne właściwości prozdrowotne [López de Lacey i in. 2014]. Jednakże, aby ich synbiotyczne działanie przyniosło optymalne korzyści, należy starannie dobrać stężenie polifenoli, dzięki czemu osiąga się pożądane efekty funkcjonalne, które różnią się w zależności od wybranego szczepu probiotycznego. Stąd staje się oczywiste, że funkcjonalne korzyści zdrowotne substancji polifenolowych dla zdrowia jelit różniłyby się nie tylko źródłem i dawką polifenoli, ale także konkretnymi szczepami probiotyku. Stosowanie probiotyków (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium* i *Bacillus* itp.) w celu poprawy zdrowia jelit często prowadzi do złagodzenia zapalenia żołądka i jelit oraz biegunki u psów [Gomez-Gallego i in. 2016]. Zakłada się jednak, że aby probiotyk był skuteczny, powinien być dostosowany do konkretnego organizmu, to znaczy, że w idealnym przypadku bakterie powinny pochodzić od tego samego żywiciela. W oparciu o tę koncepcję niedawno

wyzolowano z psich odchodów autochtoniczny probiotyk *Lactobacillus johnsonii* CPN23 i stwierdzono, że jest on korzystny dla psów [Kumar i in. 2017]. Jednakże taka strategia terapeutyczna okazuje się kosztowna. Dlatego celem badań Ashwina i in. [2022] było zbadanie potencjału fermentacji w jelicie *in vitro* czterech tańszych źródeł polifenoli – tj. skórki pomarańczowej (ORP), mięszu jeżyny indyjskiej (IBP), skórki granatu (PMP) i bulwy topinamburu (JAT) – przy użyciu inokulum psich odchodów za ustalenie ich potencjału jako nutraceutyków wspomagających zdrowie jelit do stosowania w żywieniu psów. Ponadto zbadano interakcję polifenoli z tych czterech wybranych źródeł z probiotykiem pochodzenia psiego *L. johnsonii* CPN23 w pięciu różnych stężeniach, aby ustalić zakres działania hamującego probiotyk i określić optymalny poziom ekstraktu polifenoli z każdego źródła do wykorzystania w przyszłości u psów. Z tego badania można wyciągnąć wniosek, że bogate w polifenole metanolowe ekstrakty ORP, IBP i JAT podlegają intensywnej fermentacji w jelicie grubym, co prowadzi do wyższej produkcji SCFA przy jednoczesnym zmniejszeniu wytwarzania amoniaku. Ponadto PMP był mniej fermentowalny niż inne ekstrakty. Wyniki wskazują również, że ekstrakty metanolowe z ORP i JAT można potencjalnie wykorzystać do poprawy zdrowia jelit u psów. W teście mikropłytkowym wykazano istotny wpływ stężenia polifenoli na żywotność probiotyków zarówno o charakterze stymulującym, jak i hamującym. Wykazano również, że dawki polifenoli należy optymalizować w celu poprawy odpowiedzi probiotyków przed ich suplementacją *in vivo* [Ashwin i in. 2022]. Suplementacja diety ekstraktem ze skórki granatu w dawce 50 mg/kg masy ciała wpływała pozytywnie na funkcjonowanie jelit i wskaźniki antyoksydacyjne erytrocytów u psów ras średnich, bez żadnego widocznego wpływu na strawność składników odżywczych, wspierając w ten sposób potencjał polifenoli jako nutraceutyków [Jose i in. 2017].

W badaniach Meineri i in. [2021] u psów z przewlekłą chorobą nerek wykryto krążący bakteryjny DNA pochodzący z jelit w wyniku zwiększonej przepuszczalności jelit, co korelowało ze wzrostem poziomu CRP w osoczu. Psy, które otrzymały suplementację, wykazywały znaczną redukcję wartości parametru stresu oksydacyjnego w porównaniu z grupą kontrolną. Suplementacja zawierała połączenie probiotyku (*L. acidophilus* D2/CSL, który jest probiotykiem zdolnym do modyfikacji mikroflory jelitowej i wpływa na stan zapalny jelit [Mutsaers i in. 2013]), prebiotyku (fruktooligosacharydy) i ekstraktu z oliwek (*Olea europaea*) bogatego w polifenole o działaniu przeciwutleniającym. Autorzy tego badania sugerują, że stosowanie jednocześnie probiotyków, prebiotyków i przeciwutleniaczy pozwala na utrzymanie dobrego stanu odżywienia oraz poprawę parametrów krwi i moczu u psów z przewlekłą chorobą nerek. Podawanie kilkuskładnikowego suplementu można więc uznać za nowe podejście żywieniowe w leczeniu przewlekłej choroby nerek u psów [Meineri i in. 2021].

Korzyści zdrowotne ze stosowania polifenoli są związane nie tylko z pierwotnymi cząsteczkami występującymi w roślinach, ale także z ich półproduktami i produktami końcowymi, które dodatkowo wykazują większą biodostępność w porównaniu z cząsteczkami macierzystymi. Jednakże metabolizm polifenoli opisano jedynie w przy-

padku kilku gatunków drobnoustrojów jelitowych, zatem różnice międzysobnicze w składzie mikroflory jelitowej mogą prowadzić do różnic w biodostępności i bioaktywności metabolitów polifenoli. Niemniej jednak zarówno polifenole, jak i cząsteczki pochodne polifenoli są w stanie kształtować mikroflorę jelita grubego poprzez selektywne efekty prebiotyczne i działanie przeciwdrobnoustrojowe przeciwko mikroorganizmom chorobotwórczym [Obrenovich i in. 2022]. Włączenie do diety polifenoli może sprzyjać adhezji pożytecznych bakterii (np. szczepów probiotycznych) poprzez hamowanie kolonizacji mikroorganizmów chorobotwórczych, takich jak *Salmonella* spp. oraz *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* i *Candida albicans* [Wilson i in. 2017].

Celem badania Scarselli i in. [2020] było zbadanie związku pomiędzy podawaniem polifenoli a drobnoustrojami jelitowymi, końcowymi produktami fermentacji i biomarkerami endokrynnymi u psów. Badanie przeprowadzono na psach przebywających w schronisku i karmionych standardową dietą uzupełnioną dwiema dawkami proantocyjanidyn winogronowych. Względna liczebność rodziny *Enterococcaceae* i jej rodzaju *Enterococcus* wraz z rodzajem *Adlercreutzia* była istotnie wyższa u osobników karmionych dietą kontrolną (bez dodatku). Względna obfitość rodziny *Enterobacteriaceae* reprezentujące rodzaje *Escherichia* i rodzaj *Eubacterium* były najliczniejszymi taksonami u psów suplementowanych małą dawką protoantocyjanidyn winogronowych (1 mg/kg masy ciała), natomiast u psów suplementowanych wyższą dawką (3 mg/kg masy ciała) względna liczebność rodzin *Paraprevotellaceae*, *Mogibacteriaceae* i *Fusobacteriaceae* oraz rodzajów *Fusobacterium* i *Phascolarctobacterium* była znacząco wyższa [Scarsella i in. 2020].

Jose i in. [2017] wykazali, że podawanie psom polifenoli ze skórki granatu powodowało zmianę pH w kale oraz stężenia amoniaku i mleczanu, co sugerowało pozytywny wpływ na fermentację jelitową, jednak nie zgłoszono żadnych danych na temat populacji drobnoustrojów [Jose i in. 2017]. Natomiast w badaniu Queipo-Ortuño i in. [2012] suplementacja diety eugenolem u psów doprowadziła do obniżenia pH i amoniaku w kale oraz zmniejszenia liczby *Parabacteroides* i wzrostu *Megamonas* [Queipo-Ortuño i in. 2012].

Według Mondo i in. [2020] agresywne psy wykazują zmianę mikroflory kałowej ze zmniejszeniem liczby *Paraprevotellaceae* i *Mogibacteriaceae*. U psów agresywnych wykazano również wzrost liczby *Catenibacterium* i *Megamonas*, ale nie odnotowano znaczących różnic w stężeniu kortyzolu i testosteronu w kale [Mondo i in. 2020]. Wyniki te zgadzają się z większą liczebnością *Paraprevotellaceae* i *Mogibacteriaceae* stwierdzoną u psów suplementowanych proantocyjanidynami winogronowymi [Scarsella i in. 2020], która wykazywała również wyższe stężenie serotoniny. Co więcej, większa liczebność *Fusobacterium* w tej grupie zgadzałaby się z wynikami przedstawionymi w badaniu Kirchoff i in. [2019], w którym badacze zaobserwowali mniejszą liczebność *Fusobacteriaceae* u agresywnych psów. Włączenie proantocyjanidyn do diety psów wpłynęło na mikroflorę kałową, a modyfikacje względnej liczebności taksonów różniły się pomiędzy niskimi i wysokimi dawkami proantocyjanidyn. Jednakże to, czy zaobserwowane zmiany stężenia serotoniny i kortyzolu w ślinie są powiązane

ze zmianami mikroflory jelitowej związanej z suplementacją polifenolami czy z innymi czynnikami, zasługuje na dalsze badania [Scarsella i in. 2020].

Innym ważnym czynnikiem związanym z zachowaniem odpowiedniej mikroflory jelitowej jest stres oksydacyjny. Jest on jednym z głównych podstawowych mechanizmów niszczenia tkanek poprzez nadmierne uwalnianie reaktywnych metabolitów tlenu (ang. reactive oxygen metabolites, ROM). W związku z tym rozsądne jest założenie, że uszkodzenie błony śluzowej spowodowane wysokim poziomem ROM może również odgrywać kluczową rolę w patogenezie ostrych i przewlekłych enteropatii u psów. Biorąc powyższe pod uwagę, przeprowadzono badania *in vivo* oraz *in vitro* [Liso i in. 2018, Hong i in. 2018, Minamoto i in. 2015] w celu wyjaśnienia możliwych mechanizmów ochronnych dietetycznych związków przeciwutleniających w leczeniu zapalenia jelit i braku równowagi redoks, ze szczególnym uwzględnieniem naturalnych polifenoli. Wzajemny związek między polifenolami a mikroflorą jelitową może przyczyniać się do mikrobiologicznej degradacji polifenoli i modulacji mikroflory jelitowej przez metabolity polifenoli, które z kolei hamują bakterie chorobotwórcze i stymulują pożyteczne drobnoustroje [Nunes i in. 2017]. Tym samym komensale zamieszkujące jelita mogą poprawiać zdrowie, chroniąc przed zaburzeniami przewodu pokarmowego i patogenami, przetwarzając składniki odżywcze, obniżając poziom cholesterolu w surowicy, wzmacniając ścisłe połączenia komórek nabłonka jelitowego, zwiększając wydzielanie śluzu i modulując odpowiedź immunologiczną jelit poprzez stymulację cytokinami [Ozdał i in. 2016].

Związki fenolowe są potencjalnymi środkami przeciwdrobnoustrojowymi o działaniu bakteriostatycznym lub bakteriobójczym, a tym samym mają możliwość hamowania infekcji bakteryjnych nabłonka jelit i dróg moczowych. Związki, takie jak kwercetyna, rutyna, genisteina, katechina i epikatechina, kwas O-metylogalusowy, kwas galusowy i kwas kawowy, zmieniają mikroflorę jelitową, a w konsekwencji modyfikują równowagę *Bacteroides/Firmicutes* [Faria i in. 2014].

Wzajemne powiązanie między bioaktywnymi polifenolami w diecie a mikroflorą jelitową jest kluczowym czynnikiem wpływającym na zdrowie. Do interakcji między polifenolami a mikroflorą można podejść zarówno z perspektywy sposobu, w jaki są one metabolizowane przez mikroflorę, jak i tego, jak mogą one modulować mikroflorę, aby zwiększyć ich wpływ na zapobieganie i poprawę niektórych chorób [Vamanu i Gatea 2020]. Polifenole zawarte w diecie przyczyniają się do utrzymania zdrowia jelit poprzez stymulujący wpływ na wzrost pożytecznych bakterii i hamowanie bakterii chorobotwórczych, często symulując działanie prebiotyczne [Popa i in. 2017]. Chociaż mikroflora jelitowa może wpływać na metabolizm polifenoli w celu wytworzenia większej liczby bioaktywnych metabolitów, polifenole mogą również wpływać na skład mikroflory [Corrêa i in. 2019]. Dlatego związek między polifenolami a mikroflorą jelitową jest zależnością dwukierunkową. Chociaż z jednej strony struktura polifenoli, ich dawkowanie i szczep drobnoustrojów rzutują na wpływ polifenoli na wzrost bakterii i metabolizm w jelitach, indywidualne różnice w składzie mikrobiomu jelitowego wynikające z odżywiania, genetyki i środowiska mogą prowadzić do różnic w biodostępności i bioaktywności metabolitów [Corrêa i in. 2019].

Wpływ polifenoli na mikroflorę jelitową jest bardzo zmienny w zależności od źródła, charakteru chemicznego i dawki polifenoli. Należy jednak zauważyć, że nadmiar polifenoli nie stymuluje proliferacji probiotyków, a raczej ją hamuje. Ponadto, podczas gdy bioaktywne polifenole ze skórki pomarańczowej, mięszu jeżyn indyjskich i topinamburu miały stymulujący wpływ na wzrost probiotyku, polifenole ze skórki granatu wykazały działanie hamujące [Ashwin i in. 2021].

Wyjaśnianie wyraźnej korelacji między polifenolami a mikroflorą jelitową jest często żmudne i nieuchwytnie ze względu na ogrom źródła i charakter chemiczny polifenoli w diecie. Mechanizmy, za których pomocą polifenole modulują mikroflorę jelitową, nadal wymagają wyjaśnienia, ale mogą obejmować zarówno interakcje bezpośrednie, jak i pośrednie [Corrêa i in. 2019]. Dokładne dawkowanie jest niezbędne, aby uzyskać maksymalnie korzystny efekt. Co więcej, to konkretny skład polifenoli w ich źródle decyduje o tym, czy ta suplementacja będzie miała korzystny wpływ na gospodarza. Dzieje się tak, ponieważ każdy polifenol wykazuje bardzo zróżnicowaną aktywność i czasami działa antagonistycznie w obrębie gospodarza [Vamanu i Gatea, 2020]. Wysokie dawki polifenoli szybko osłabiają mechanizmy antyoksydacyjne, prowadząc do przyspieszonej martwicy tkanek. Co więcej, polifenole powodują zwiększoną peroksydację lipidów, uszkodzenia DNA, uszkodzenia mitochondriów, aktywację kaspazy-3, wewnątrzkomórkowe wyczerpanie glutationu i hamowanie niektórych enzymów wychwytyjących reaktywne formy tlenu (RFT). Działanie prooksydacyjne wynikające z wyższych dawek polifenoli można wyeliminować poprzez suplementację przeciwutleniaczy [Zhang i Tsao 2016].

Podsumowanie

Choroby, zaburzenia metaboliczne czy zmiany w diecie także mogą zakłócać liczebność mikroorganizmów w jelitach psów [Al Shawaqfeh i in. 2017]. Wpływ wywierany przez genetykę obserwowany u ludzi [Goodrich i in. 2017] i zwierząt gospodarskich [Rohe i in. 2016] powinien być również uwzględniony wśród czynników wpływających na mikroflorę jelitową u psów.

Ponadto, biorąc pod uwagę dobrze udokumentowaną rolę, jaką stres oksydacyjny odgrywa w patogenezie chorób jelit, w tym ostrej biegunki, należy zachęcać do badań psów w celu sprawdzenia, czy suplementacja polifenolami może stanowić skuteczną zintegrowaną strategię przeciwzapalną i przeciwutleniającą w leczeniu ostrego zapalenia jelit. Z uwagi na specyficzny mechanizm działania i proces biotransformacji, który odróżnia cząsteczki fenoli od innych przeciwutleniaczy, te pierwsze mogą działać jako cząsteczki postbiotyczne, głównie w okrężnicy, zakłócając rozmieszczenie i różnicowanie populacji drobnoustrojów. Uwzględniając te ograniczenia, należy przeprowadzić odpowiednio ukierunkowane badania kliniczne dotyczące roli stresu oksydacyjnego i suplementacji polifenolami w enteropatiach jelita cienkiego i grubego u psów [Candellone i in. 2020]. Dalsze badania prowadzone przez dłuższy czas i w większej grupie psów byłyby korzystne i wzmocniłyby ustalenia dotyczące

suplementacji polifenolami. Dalsze badania laboratoryjne, takie jak ocena mikroflory czy innych metabolitów bakterii, przydadzą się, aby lepiej zrozumieć wpływ suplementacji polifenolami na równowagę jelitową [Meineri i in. 2021].

Piśmiennictwo

- Al Shawaqfeh M.K., Wajid B., Minamoto Y., Markel M., Lidbury J.A., Steiner J.M., Serpedin E., Suchodolski J.S., 2017. A dysbiosis index to assess microbial changes in fecal samples of dogs with chronic inflammatory enteropathy. *FEMS Microbiol. Ecol.* 93(11). <https://doi.org/10.1093/femsec/fix136>
- Ashwin K., Pattanaik A.K., Howarth, G.S., 2021. Polyphenolic bioactives as an emerging group of nutraceuticals for promotion of gut health: A review. *Food Biosci.* 44, 101376.
- Ashwin K., Pattanaik A. K., Paladan V., Singh A., Sahoo J. K., Jose T., Dutta N., 2022. Fermentability of select polyphenol-rich substrates in the canine faecal inoculum and their interaction with a canine-origin probiotic: an in vitro appraisal. *J. Sci. Food Agric.* 102(4), 1586–1597. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11495>
- Benn T., Kim B., Park Y.-K., Yang Y., Pham T.X., Ku C.S., Farruggia C., Harness E., Smyth J.A., Lee J.-Y., 2015. Polyphenol-rich blackcurrant extract exerts hypocholesterolaemic and hypoglycaemic effects in mice fed a diet containing high fat and cholesterol. *Br. J. Nutr.* 113(11), 1697–1703. <https://doi.org/10.1017/s0007114515001105>
- Candellone A., Cerquetella M., Girolami F., Badino P., Odore R., 2020. Acute diarrhea in dogs: current management and potential role of dietary polyphenols supplementation. *Antioxidants* 9(8), 725. <https://doi.org/10.3390/antiox9080725>
- Comblain F., Barthélémy N., Lefèbvre M., Schwartz C., Lesponne I., Serisier S., Feugier A., Balligand M., Henrotin Y., 2017. A randomized, double-blind, prospective, placebo-controlled study of the efficacy of a diet supplemented with curcuminoids extract, hydrolyzed collagen and green tea extract in owner's dogs with osteoarthritis. *BMC Vet. Res.* 13(1), 395. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1317-8>
- Corrêa T.A.F., Rogero M.M., Hassimotto N.M.A., Lajolo F.M., 2019. The two-way polyphenols-microbiota interactions and their effects on obesity and related metabolic diseases. *Front. Nutr.* 6, 188. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00188>
- de Souza E.L., de Albuquerque T.M.R., dos Santos A.S., Massa N.M.L., de Brito Alves J.L., 2019. Potential interactions among phenolic compounds and probiotics for mutual boosting of their health-promoting properties and food functionalities – a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59(10), 1645–1659. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1425285>
- Faria A., Fernandes I., Norberto S., Mateus N., Calhau C., 2014. Interplay between anthocyanins and gut microbiota. *J. Agric. Food Chem.* 62(29), 6898–6902. <https://doi.org/10.1021/jf501808a>
- Farzaei M.H., Rahimi R., Abdollahi M., 2015. The role of dietary polyphenols in the management of inflammatory bowel disease. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 16(3), 196–210. <https://doi.org/10.2174/1389201016666150118131704>
- Forsythe P., Kunze W., Bienenstock J., 2016. Moody microbes or fecal phrenology: What do we know about the microbiota-gut-brain axis? *BMC Med.* 14, 58. <https://doi.org/10.1186/s12916-016-0604-8>
- Fragua V., Lepoudère A., Leray V., Baron C., Araujo J.A., Nguyen P., Milgram N.W., 2017. Effects of dietary supplementation with a mixed blueberry and grape extract on working memory in aged beagle dogs. *J. Nutr. Sci.* 6, e35. <https://doi.org/10.1017/jns.2017.33>
- Gibson G.R., Hutkins R., Sanders M.E., Prescott S.L., Reimer R.A., Salminen S.J., 2017. Expert consensus document: the International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus

- statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 14(8), 491–502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Goodrich J.K., Davenport E.R., Clark A.G., Ley R.E., 2017. The relationship between the human genome and microbiome comes into view. *Annu. Rev. Genet.* 51, 413–433. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-110711-155532>
- Gómez-Gallego C., Junnila J., Männikkö S., Hämeenoja P., Valtonen E., Salminen S., 2016. A canine-specific probiotic product in treating acute or intermittent diarrhea in dogs: a double-blind placebo-controlled efficacy study. *Vet. Microbiol.* 197, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.11.015>
- Hong Z., Piao M., 2018. Effect of quercetin monoglycosides on oxidative stress and gut microbiota diversity in mice with dextran sodium sulphate-induced colitis. *Biomed Res. Int.* 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/8343052>
- Jenkins T.A., Nguyen J.C., Polglaze K.E., Bertrand P.P., 2016. Influence of tryptophan and serotonin on mood and cognition with a possible role of the gut-brain axis. *Nutrients* 8(1), 56. <https://doi.org/10.3390/nu8010056>
- Jose T., Pattanaik A.K., Jadhav S.E., Dutta N., Sharma S., 2017. Nutrient digestibility, hindgut metabolites and antioxidant status of dogs supplemented with pomegranate peel extract. *J. Nutr. Sci.* 6, e36. <https://doi.org/10.1017/jns.2017.34>
- Kircho N.S., Udell M.A.R., Sharpton T.J., 2019. The gut microbiome correlates with conspecific aggression in a small population of rescued dogs (*Canis familiaris*). *PeerJ* 7, e6103. <https://doi.org/10.7717/peerj.6103>
- Kumar S., Pattanaik A.K., Sharma S., Jadhav S.E., Dutta N., Kumar A., 2017. Probiotic potential of a *Lactobacillus* bacterium of canine faecal-origin and its impact on select gut health indices and immune response of dogs. *Probiotics Antimicrob Proteins* 9(3), 262–277. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9256-z>
- LeBlanc J.G., Milani C., de Giori G.S., Sesma F., van Sinderen D., Ventura M., 2013. Bacteria as vitamin suppliers to their host: A gut microbiota perspective. *Curr. Opin. Biotechnol.* 24, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.08.005>
- Liso M., De Santis S., Scarano A., Verna G., Dicarlo M., Gallegiante V., Campiglia P., Mastronardi M., Lippolis A., Vacca M., Sobolewski A., Serino G., Butelli E., De Angelis M., Martin C., Santino A., Chieppa M., 2018. A bronze-tomato enriched diet affects the intestinal microbiome under homeostatic and inflammatory conditions. *Nutrients* 10(12), 1862. <https://doi.org/10.3390/nu10121862>
- López de Lacey A.M., Pérez-Santín E., López-Caballero M.E., Montero García P., 2014. Biotransformation and resulting biological properties of green tea polyphenols produced by probiotic bacteria. *LWT Food Sci. Technol.* 58(2), 633–638. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.040>
- Martineau A.S., Leray V., Lepoudere A., Blanchard G., Bensalem J., Gaudout D., Ouguerram K., Nguyen P., 2016. Neurophenols Consortium. A mixed grape and blueberry extract is safe for dogs to consume. *BMC Vet. Res.* 12, 162. <https://doi.org/10.1186%2Fs12917-016-0786-5>
- Meineri G., Saettone V., Radice E., Bruni N., Martello E., Bergero D. 2021. The synergistic effect of prebiotics, probiotics and antioxidants on dogs with chronic kidney disease. *Ital. J. Animal Sci.* 20(1), 1079–1084. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1940323>
- Minamoto Y., Otoni C.C., Steelman S.M., Büyükleblebici O., Steiner J.M., Jergens A.E., Suchodolski J.S., 2015. Alteration of the fecal microbiota and serum metabolite profiles in dogs with idiopathic inflammatory bowel disease. *Gut Microbes* 6(1), 33–47. <https://doi.org/10.1080/19490976.2014.997612>
- Mondo E., Barone M., Soverini M., D'Amico F., Cocchi M., Petrulli C., Mattioli M., Marliani G., Candela M., Accorsi P.A., 2020. Gut microbiome structure and adrenocortical activity in dogs with aggressive and phobic behavioral disorders. *Heliyon* 6(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03311>
- Mutsaers H.A.M., Engelke U.F.H., Wilmer M.J.G., Wetzels J.F.M., Wevers R.A., van den Heuvel L.P., Hoenderop J.G., Masereeuw R., 2013. Optimized metabolomic approach to identify uremic solutes

- in plasma of stage 3–4 chronic kidney disease patients. *PLoS One* 8(8), e71199. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071199>
- Nunes S., Danesi F., Del Rio D., Silva P., 2017. Resveratrol and inflammatory bowel disease: The evidence so far. *Nutr. Res. Rev.* 31(1), 85–97. <https://doi.org/10.1017/s095442241700021x>
- O'Mahony S.M., Clarke G., Borre Y.E., Dinan T.G., Cryan J.F., 2015. Serotonin, tryptophan metabolism and the brain-gut-microbiome axis. *Behav. Brain Res.* 277, 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.07.027>
- Obrenovich M., Li Y., Tayahi M., Reddy V.P., 2022. Polyphenols and small phenolic acids as cellular metabolic regulators. *Curr. Iss. Mol. Biol.* 44(9), 4152–4166. <https://doi.org/10.3390/cimb44090285>
- Ozidal T., Sela D.A., Boyacioglu D., Chen F., Capanoglu E., 2016. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility. *Nutrients* 8(2), 78. <https://doi.org/10.3390/nu8020078>
- Popa D.E., Drăgoi C.M., Arsene A.L., Dumitrescu I.B., Nicolae A.C., Velescu B.S., Burcea-Dragomiroiu G.T., 2017. The relationship between phenolic compounds from diet and microbiota. InTech. <https://doi.org/10.5772/66908>
- Queipo-Ortuño M.I., Boto-Ordóñez M., Murri M., Gomez-Zumaquero J.M., Clemente-Postigo M., Estruch R., Cardona Diaz F., Andres-Lacueva C., Tinahones F.J., 2012. Influence of red wine polyphenols and ethanol on the gut microbiota ecology and biochemical biomarkers. *Am. J. Clin. Nutr.* 95(6), 1323–1334. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.027847>
- Roehe R., Dewhurst R.J., Duthie C.A., Rooke J.A., McKain N., Ross D.W., Hyslop J.J., Waterhouse A., Freeman T.C., Watson M., 2016. Bovine host genetic variation influences rumen microbial methane production with best selection criterion for low methane emitting and efficiently feed converting hosts based on metagenomic gene abundance. *PLoS Genet.* 12(2), e1005846. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005846>
- Ruiz-Cano D., Sánchez-Carrasco G., El-Mihyaoui A.B., Arnao M., 2022. Essential oils and melatonin as functional ingredients in dogs. *Animals* 12(16), 2089. <https://doi.org/10.3390/ani12162089>
- Scarsella E., Cintio M., Iacumin L., Ginaldi F., Stefanon B., 2020. Interplay between neuroendocrine biomarkers and gut microbiota in dogs supplemented with grape proanthocyanidins: results of dietary intervention study. *Animals* 10(3), 531. <https://doi.org/10.3390/ani10030531>
- Sgorlon S., Mattiello A., Ronutti L., Sandri M., Stefanon B., 2019. Concentration of elements in the hair of growing and adult dogs. *It. J. Anim. Sci.* 18(1), 1126–1134. <http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2019.1621687>
- Suchodolski J.S., Dowd S.E., Wilke V., Steiner J.M., Jergens A.E., 2012. 16S rRNA gene pyrosequencing reveals bacterial dysbiosis in the duodenum of dogs with idiopathic inflammatory bowel disease. *PLoS One*, 7(6), e39333. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039333>
- Swallah M.S., Sun H., Affoh R., Fu H., Yu H., 2020. Antioxidant potential overviews of secondary metabolites (polyphenols) in fruits. *Int. J. Food Sci.* 2020, e9081686. <https://doi.org/10.1155/2020/9081686>
- Tapias V., Cannon J.R., Greenamyre J.T., 2014. Pomegranate juice exacerbates oxidative stress and nigrostriatal degeneration in Parkinson's disease. *Neurobiol. Aging*, 35(5), 1162–1176. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2013.10.077>
- Vamanu E., Gatea F., 2020. Correlations between microbiota bioactivity and bioavailability of functional compounds: a mini-review. *Biomedicines* 8(2), 39. <https://doi.org/10.3390/biomedicines8020039>
- Wilson K., Situ C., 2017. Systematic review on effects of diet on gut microbiota in relation to metabolic syndromes. *J. Clin. Nutr. Metab.* 1, 1–12.
- Zhang H., Tsao R., 2016. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Curr. Opin. Food Sci.* 8, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002>

Zakiszanie rozdrobnionych korzeni buraka cukrowego w balotach cylindrycznych z różnymi materiałami paszowymi

Marta Borsuk-Stanulewicz, Cezary Purwin

Katedra Żywienia Zwierząt, Paszoznawstwa i Hodowli Bydła, Wydział Bioinżynierii Zwierząt, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

autor korespondencyjny: marta.borsuk@uwm.edu.pl

Wstęp

Burak cukrowy (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) pośród roślin okopowych charakteryzuje się wysokim plonowaniem i znaczną zawartością sacharozy, będąc głównym surowcem dla przemysłu cukrowniczego w klimacie umiarkowany. Buraki cukrowe mogą być również wykorzystywane w żywieniu przeżuwaczy oraz w produkcji biogazu [Gerlach i in. 2017]. Generalnie w rolnictwie europejskim buraki cukrowe mają bardzo duże znaczenie, gdyż ich wydajność może wynosić nawet powyżej 100 ton surowca z 1 ha uprawy. Ponadto są ważną rośliną w płodozmianie, która wzbogaca glebę w niezbędne składniki, pozostawiając bardzo dobre stanowisko dla rośliny następczej [Nowak i Wnuczek 2023].

Opłacalność produkcji buraka cukrowego w Polsce pogorszyła się na przestrzeni lat. Cukrownie narzucają warunki zarówno cenowe, jak i techniczne związane z odbiorem wyprodukowanego surowca [Szymańska i in. 2021]. W związku z tym warto zwrócić uwagę na alternatywne sposoby zagospodarowania wyprodukowanego surowca, a przede wszystkim buraków cukrowych produkowanych ponad ilości objęte kontraktami, które są odbierane po zaniżonych cenach. Jednym z rozwiązań może być powrót do wykorzystania korzeni buraków cukrowych w żywieniu przeżuwaczy, co obecnie praktykowane jest w takich krajach, jak Dania lub Irlandia. Korzeń buraka cukrowego w 1 kg suchej masy zawiera średnio 84 g białka ogólnego, 58 g włókna surowego o wartości energetycznej równej 1,15 JPM [INRA 2009]. Polska wyróżnia się długoletnią tradycją skarmiania buraka półcukrowego czy pastewnego w postaci świeżej [Kuc i Tendziagolska 2011]. Skarmianie buraka cukrowego uznawane było za niebezpieczne z powodu znacznej zawartości sacharozy, powodującej duże ryzyko kwasicy żwacza. Wprowadzenie do powszechnego użytku wozów paszowych umożliwiło bezpieczne skarmianie buraków cukrowych dzięki rozdrobnieniu i wymieszaniu z pozostałymi komponentami dawki pokarmowej, głównie paszami włóknistymi w systemie TMR lub PMR [TMR (Total Mixed Ration) oraz PMR (Partly Mixed Ration), Sumińska i Sierakowska 2019].

Kolejnym ograniczeniem w ciągłym stosowaniu korzeni buraków cukrowych jest ich przechowywanie. Zakiszanie buraków cukrowych pozwoli na zachowanie większości składników pokarmowych i zapewnienie stałej jakości paszy przez cały rok [Gerlach i in. 2017]. Samodzielne zakiszanie buraków cukrowych może wiązać się z licznymi stratami składników pokarmowych. Optymalnym rozwiązaniem mogłoby być zakiszanie z różnymi dodatkami i/lub materiałami paszowymi jako możliwość ograniczenia strat oraz zapewnienie bardziej stabilnej fermentacji [Gerlach i in. 2017, Hellwing i in. 2017]. Ze względu na wysoką zawartość cukrów korzenie buraków cukrowych mogłyby być zakiszane z dodatkami i/lub materiałami paszowymi o niskiej zawartości tego składnika, co dodatkowo poprawiłoby parametry fermentacji. Dobór materiałów zasobnych w białko lub inne składniki pokarmowe, występujące w niższym udziale w burakach, mogłoby również przynieść obustronną korzyść każdemu z surowców, pozwalając na uzyskanie paszy o wysokim potencjale energetycznym przy dobrej lub nawet bardzo dobrej zasobności w pozostałe składniki [Thaysen i in. 2012, Gerlach i in. 2017, Hellwing i in. 2017].

W literaturze nie wykazano dotychczas negatywnego wpływu żywienia krów kiszoną z buraków cukrowych, a wręcz przeciwnie – Schmidt i in. [2001] wskazali na możliwość zastąpienia taką paszą znacznych ilości śrut zbożowych przy braku wpływu na zmiany w fermentacji żwacza, poziomie produkcji czy składzie mleka. Dodatkowo badania późniejsze [Gerlach i in. 2017] donoszą, że wprowadzenie kiszonki z buraków cukrowych do diety wysokowydajnych krów mlecznych wpłynęło na silny wzrost pobrania suchej masy, co było wynikiem też poprawy smakowitości skarmianej dawki pokarmowej. Gerlach i in. [2017] wykazali, że wysokie stężenia etanolu powstałego podczas zakiszania surowca nie miały wpływu na poziom pobrania suchej masy. Zatem ten produkt fermentacji wpływa pozytywnie prawdopodobnie ze względu na wartość energetyczną, co wykazali w badaniach wcześniejszych Daniel i in. [2013].

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości przechowywania korzeni buraków cukrowych poprzez zakiszanie w balotach z różnymi paszami osuszającymi.

Materiał i metody

Materiał badawczy pochodził z komercyjnej uprawy zlokalizowanej w prywatnym gospodarstwie rolnym w północnej Polsce. Rozdrobnione korzenie buraków cukrowych zostały zakiszone samodzielnie (grupa kontrolna) oraz z dodatkiem materiałów paszowych, takich jak: świeże wysłodki buraczane w ilości 10% i 20%, a także z dodatkiem kiszonki z lucerny w ilości 20%, 25%, 50%. Wszystkie warianty doświadczalne kiszonek zostały wykonane w technologii produkcji balotów z wykorzystaniem zagęszczarki przeznaczonej do prasowania materiałów sypkich Orkel MP COMPACTOR (Orkel AS, Orkland, Norwegia). Po zagęszczeniu i owinięciu baloty były przechowywane w naturalnych warunkach środowiskowych, ułożone pionowo, jednowarstwowo. Dla każdego wariantu przygotowano 3 powtórzenia. Po 120 dniach kiszenia

zostały pobrane próby za pomocą zgłębnika rurowego o średnicy 80 mm i długości 1500 mm. Część prób zamrożono w temperaturze -25°C , a pozostałą część podsuszone w podsuszarce Binder FED 115 (GmbH, Tuttlingen, Niemcy) w temperaturze 60°C , następnie zmielono w młynku do materiałów włóknistych Retsch SK 100 mill (ZM 200, Retsch, Haan, Niemcy) do wielkości cząstek 1 mm.

W próbach kiszzonek oznaczono zawartość suchej masy (SM), popiołu surowego (PS), białka ogólnego (BO) według standardowych metod [AOAC 2016], frakcję włókna neutralno-detergentowego (NDF) i włókna kwaśno-detergentowego (ADF) [Van Soest i in. 1991], a także cukrów rozpuszczalnych w wodzie (WSC) metodą antronową [Thomas 1977]. Energia brutto (EB) kiszzonek została oznaczona według metody bezpośredniej z wykorzystaniem kalorymetru IKA C 2000 (IKA Werke, IKA Works, Inc., Staufen im Breisgau, Niemcy). Kwasowość mierzono pH-metrem HI 8314 (Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA). Koncentrację N-NH_3 analizowano metodą bezpośredniej destylacji z wykorzystaniem aparatu 2100 Kjeltex (FOSS Analytical A/S, Hillerød, Dania). Zawartość kwasu mlekowego i lotnych kwasów tłuszczowych – LKT (kwasu octowego, propionowego, masłowego, izomasłowego, walerianowego, izowalerianowego) oraz etanolu oznaczono zgodnie z metodą opisaną przez Kostulak-Zielińską i Potkańskiego [2001] oraz Gąsior [2002].

Uzyskane wyniki zostały opracowane statystycznie, weryfikując różnice między wartościami średnimi przy wykorzystaniu testu Tukeya. W analizach przyjęto poziom istotności $p = 0,05$. Obliczenia statystyczne przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica (Statsoft ver. 13.1, TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

Wyniki i dyskusja

Wszystkie wykonane baloty podczas przechowywania zachowały szczelność okrywy, nie stwierdzono rozwarstwień folii ani uszkodzeń mechanicznych. Większość sporządzonych balotów zachowała pierwotny kształt walca z wyjątkiem samodzielnie zakiszanych rozdrobnionych korzeni buraka cukrowego (grupa kontrolna) i wariantów doświadczalnych z dodatkiem świeżych wysłodków buraczanych. Wymienione baloty pomimo zmiany kształtu na nieregularno-kulisty zachowały szczelność okrywy, przy czym nie stwierdzono wycieku soków. W tym przypadku jedynie transport balotów był utrudniony.

Z tabeli 1 wynika, że skład chemiczny sporządzonych wariantów doświadczalnych kiszzonek był istotnie różny dla zawartości SM, PS, BO, NDF, ADF i WSC ($p \leq 0,05$). Odnotowane rozbieżności wynikały głównie z zastosowania odmiennych ilości i rodzaju materiałów paszowych, takich jak świeże wysłodki buraczane lub kiszzonka z lucerny w zakiszaniu buraków cukrowych. Warianty doświadczalne powstały w wyniku wymieszania pasz o diametralnie różnym składzie chemicznym, ale również odmiennych właściwościach fizycznych, do których należały wielkość cząstek czy ciężar właściwy [Dulcet i in. 2011, Gerlach i in. 2017].

Wysłodki buraczane jako produkt uboczny przerobu buraków cukrowych charakteryzują się zawartością SM na poziomie około 220–241 g·kg⁻¹, a w 1 kg SM jest średnio 68 g PS, 86 g BO, 493 g NDF, 248 g ADF, 80 g ADL, cukry natomiast stanowią około 51 g·kg⁻¹ SM [Hartnell i in. 2005]. Skład chemiczny kiszonki z lucerny zależy od wielu czynników; do głównych zaliczamy fazę wegetacji zbioru i szereg warunków środowiskowych, takich jak temperatura, ilość opadów, a także nawożenie, stosowaną agrotechnikę [Chrenková i in. 2014, Lin i in. 2023]. Kiszonka z lucerny w 1 kg SM zawiera średnio 150–220 g BO, 387–436 g NDF, 305–349 g ADF [Grabber i Coblenz 2009, Lin i in. 2023].

Najwyższa zawartość SM została odnotowana we wszystkich wariantach kiszonki z dodatkiem kiszonki z lucerny, co wskazywało na znacznie wyższy potencjał rośliny jako absorbentu w porównaniu ze świeżymi wysłódkami buraczanymi. Koncentracja PS była istotnie różna pomiędzy kiszonkami, co mogło między innymi wynikać ze stopnia zanieczyszczenia surowca przed zakiszeniem [Sumińska i Sierakowska 2019]. Najniższą zawartością BO charakteryzowały się zarówno samodzielnie zakiszone rozdrobnione korzenie buraków cukrowych, jak i z dodatkiem świeżych wysłódków buraczanych. Średnio dwukrotnie wyższą koncentrację składnika odnotowano w kiszonkach z dodatkiem lucerny, co wynikało z zawartości składników odżywczych, w tym BO zawartego w lucernie [Grabber i Coblenz 2009].

Tabela 1. Skład chemiczny i wartość energetyczna zakiszonych korzeni buraków cukrowych z dodatkami

Wyszczególnienie	Sucha masa	Popiół surowy	Białko ogólne	NDF	ADF	WSC	Energia brutto
	g·kg ⁻¹	g·kg ⁻¹ SM					MJ·kg ⁻¹ SM
Bez dodatków	235,6 ^b	100,6 ^{ab}	76,5 ^b	241,3 ^b	147,7 ^b	323,3 ^a	16,73
+ 10% wysłódków buraczanych	225,4 ^b	101,8 ^{ab}	78,5 ^b	288,3 ^{ab}	196,7 ^{ab}	403,4 ^a	16,42
+ 20% wysłódków buraczanych	242,6 ^b	130,9 ^a	82,4 ^{ab}	308,7 ^{ab}	210,7 ^{ab}	415,8 ^a	16,25
+ 20% kiszonki z lucerny	330,0 ^a	96,7 ^{ab}	137,5 ^a	302,5 ^{ab}	232,7 ^{ab}	246,2 ^a	17,97
+ 25% kiszonki z lucerny	334,5 ^a	90,1 ^b	151,1 ^a	333,2 ^{ab}	271,4 ^{ab}	97,1 ^b	18,51
+ 50% kiszonki z lucerny	379,9 ^a	99,5 ^{ab}	162,0 ^a	378,4 ^a	293,4 ^a	134,4 ^{ab}	18,34

NDF – włókno neutralno-detergentowe; ADF – włókno kwaśno-detergentowe; WSC – węglowodany rozpuszczalne w wodzie; SM – sucha masa; Wartości oznaczone tymi samymi literami (a–b) nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0,05$.

Koncentracja NDF oraz ADF różniła się istotnie tylko pomiędzy grupą kontrolną a wariantem z 50% kiszonki z lucerny, dla którego uzyskano najwyższe wartości. Spowodowane było to charakterystyką zakiszane surowca, gdyż burak cukrowy zawiera średnio 124 g NDF i 59 g ADF·kg⁻¹ SM [Hartnell i in. 2005], a pozostałe cukry niestrukturalne stanowią średnio 725 g·kg⁻¹ SM, gdzie w przypadku kiszonki z lucerny sytuacja jest odwrotna – dominują węglowodany strukturalne [Chrenková i in. 2014].

Odmienny skład i proporcje węglowodanów strukturalnych i niestrukturalnych wpłynęły na istotne dysproporcje w zawartości analizowanych WSC ($p \leq 0,05$). Analogicznie najwyższą koncentrację WSC uzyskano w samodzielnie zakiszanych korzeniach buraków cukrowych, a najniższą w grupie z dodatkiem kiszonki z lucerny. Generalnie pomimo zróżnicowanego składu chemicznego sporządzonych kiszonek wartość EB nie była istotnie różna ($p > 0,05$).

Sporządzone kiszonki charakteryzowały się wysokim stosunkiem kwasu mlekowego do kwasu octowego, co było wynikiem głównie niskiej zawartości kwasu octowego (tab. 2). Podobnie za bardzo niską można było uznać zawartość pozostałych LKT [Kung i in. 2018]. Niska koncentracja kwasu masłowego jest typowa dla kiszonek o wysokim stosunku WSC do BO. We wszystkich wariantach doświadczalnych stwierdzono niską w stosunku do oczekiwań zawartość alkoholu. Fermentacja cukrów prowadzona głównie przez drożdże oraz w mniejszym stopniu przez bakterie i inne mikroorganizmy, a także enzymy, skutkuje zwykle wysoką zawartością etanolu, który może być wytwarzany podczas beztlenowego przechowywania pasz zasobnych w cukry. Tworzeniu się etanolu w kiszonkach towarzyszą wysokie straty SM, a zatem także straty EB [McDonald i in. 1991]. Warianty kiszonek jednak istotnie różniły się zawartością etanolu ($p \leq 0,05$). Grupa kontrolna i grupa z udziałem 20% kiszonki z lucerny charakteryzowały się najwyższymi zawartościami etanolu względem grup z udziałem 10% i/lub 20% wysłodków buraczanych, a także z 25% kiszonki z lucerny. Wprowadzenie dodatków wpłynęło na wzrost pH sporządzonych pasz. Dodanie jako substratu do rozdrobnionych korzeni buraków cukrowych kiszonki z lucerny miało największy wpływ na pH kiszonek. Trudno było jednoznacznie wyjaśnić wzrost pH w kiszonkach z udziałem 10% i/lub 20% świeżych wysłodków buraczanych. Wzrost pH wiąże się z ograniczeniem fermentacji spowodowanym wzrostem SM [McDonald i in. 1991, Kung i in. 2018], jednak w tym przypadku przygotowano mieszaninę pasz o zbliżonej SM.

Analiza kiszonki produkowanej bez dodatku wskazywała na bardzo korzystny przebieg fermentacji. W porównaniu z badaniami innych autorów [Gerlach i in. 2017, Hellwing i in. 2017] stwierdzono mniejszą zawartość większości produktów fermentacji, szczególnie kwasu octowego i etanolu, których poziom był kilka razy mniejszy. Stosunek kwasu mlekowego do kwasu octowego w badaniach własnych wynosił 6:1. W badaniach Gerlach i in. [2017], a także Hellwing i in. [2017] stosunek ten wynosił odpowiedni 1:1 i 3:1, a poziom etanolu mieścił się w przedziale 97–220 g·kg⁻¹ SM. Wcześniej badania Thaysena i in. [2012] wykazały udział odpowiednio 162 g i 171 g etanolu w 1 kg SM zakiszanych buraków cukrowych zarówno

w całości, jak i rozdrobnionych. Zawartość pozostałych LKT oraz udział $N-NH_3$ były bardzo zbliżone do wartości stwierdzonych w cytowanych badaniach [Gerlach i in. 2017, Hellwing i in. 2017]. Można było więc założyć, że stopień zagęszczenia uzyskany przy użyciu zagęszczarki COMPACTOR MP firmy Orkel był znacznie wyższy w porównaniu z technologią zastosowaną w cytowanych badaniach (beczki lub kontenery). Większe zagęszczenie wpłynęło na zmniejszenie ilości powietrza „zamkniętego” w balotach, a w efekcie skrócenie fazy tlenowej zakiszania, w której następuje bardzo silny wzrost populacji drożdży, które następnie w fazie beztlenowej prowadzą fermentację alkoholową [McDonald i in. 1991]. Potwierdzać to może mniejszy ubytek WSC podczas konserwowania. Gerlach i in. [2017] donoszą, że pozostałość WSC w kiszonce z buraków cukrowych bez dodatków wynosiła $170 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM, natomiast w badaniach własnych $323,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM.

Tabela 2. Wybrane parametry fermentacji korzeni buraków cukrowych z dodatkami

Wyszczególnienie	pH	N- NH_3	Kwas mlekowy	Kwas octowy	Kwas propionowy	Kwas masłowy	LKT	etanol
		$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ N ogólny	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM					
Bez dodatków	3,86 ^b	62,43	65,55 ^a	9,22 ^a	0,07	0,41	10,65 ^a	16,71 ^a
+ 10% wysłodków buraczanych	4,32 ^{ab}	54,25	23,16 ^b	4,52 ^{ab}	0,02	0,39	6,73 ^{ab}	2,45 ^b
+ 20% wysłodków buraczanych	4,42 ^{ab}	50,33	21,89 ^b	3,64 ^b	0,02	0,38	5,79 ^{ab}	1,97 ^b
+ 20% kiszonki z lucerny	4,11 ^{ab}	68,12	76,30 ^a	6,58 ^{ab}	0,30	0,10	7,30 ^{ab}	18,91 ^a
+ 25% kiszonki z lucerny	4,83 ^a	51,33	35,48 ^b	5,08 ^{ab}	0,02	0,13	5,99 ^{ab}	2,83 ^b
+ 50% kiszonki z lucerny	4,94 ^a	50,81	27,97 ^b	4,27 ^{ab}	0,01	0,16	5,22 ^b	5,87 ^{ab}

LKT – lotne kwasy tłuszczowe, SM – sucha masa. Wartości oznaczone tymi samymi literami (a–b) nie różnią się istotnie na poziomie $p \leq 0,05$.

Wprowadzenie do zakiszanych korzeni buraków cukrowych kiszonki z lucerny spowodowało wzrost zawartości SM i BO w uzyskanej kiszonce. Obserwacje i wyniki własne wskazują na to, że zastosowanie wyższego udziału kiszonki z lucerny w zakiszaniu korzeni buraków cukrowych może pozwolić na uzyskanie odpowiedniej zawartości SM, dzięki której będzie możliwe otrzymanie optymalnych warunków zakiszania. Wzrost SM wpłynął na parametry fermentacji. Dodanie kiszonki z lucerny w udziale 20%, 25%, 50% miało największy wpływ na pH kiszonki.

Uzyskane wartości pH wskazywały na niestabilność tlenową uzyskanych kiszonek po otwarciu, jednak w systemie skarmiania bezpośredniego po otwarciu balotów wada ta była mniej istotna niż w przypadku produkcji kiszonki z wykorzystaniem silosu. Podobne obserwacje uzyskali Gilberty i in. [2010] przy zakiszaniu buraków z sianem z lucerny.

Podsumowanie

Powyższe wyniki dowodzą, że zakiszanie rozdrobnionych korzeni buraków cukrowych może być skuteczną metodą konserwacji, zwłaszcza przy zastosowaniu dodatków/materiałów paszowych, które będą pełniły rolę absorbentów, a jednocześnie źródła składników pokarmowych, których niewielkie zawartości występują w surowcu wyjściowym. Interesującym dodatkiem okazała się kiszunka z lucerny, która wpłynęła istotnie na wzrost pH względem samodzielnego zakiszenia buraków cukrowych.

Dane wskazują na zmniejszenie udziału kiszonki z lucerny w mieszaniu do 20% z korzyścią dla jej stabilności oraz obniżeniem kosztów produkcji. Należy zwrócić uwagę na to, że w przypadku kiszonki z lucerny mamy do czynienia z nakładaniem się kosztów zakiszania. Zaletą kiszonki z lucerny produkowanej w Polsce jest wysoka zawartość SM, wadą natomiast produkcja w balotach, co prowadzi do wzrostu kosztów.

Konserwacja korzeni buraków cukrowych na cele paszowe może okazać się bardzo korzystnym alternatywnym sposobem zagospodarowania buraków cukrowych skupowanych przez cukrownie po niższych cenach.

Piśmiennictwo

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2016. Official methods of analysis. 15th ed. Washington, DC, USA.
- Chrenková M., Čerešňáková Z., Weisbjerg M.R., Formelová Z., Poláčíková M., Vondráková M., 2014. Characterization of proteins in feeds according to the CNCPS and comparison to in situ parameters. Czech J. Anim. Sci. 59(6), 288–295.
- Daniel J.L.P., Amaral R.C., Sá Neto A., Cabezas-Garcia E.H., Bispo A.W., Zopollatto M., Cardoso T.L., Spoto M.H.F., Santos F.A.P., Nussio L.G., 2013. Performance of dairy cows fed high levels of acetic acid or ethanol. J. Dairy Sci. 96(1), 398–406. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5451>
- Dulcet E., Doroszewski P., Kaszkowiak J., Borowski S., Rama R., Bujaczek R., Chojnacki J. 2011. Analiza jakości kiszonek z wysłodków buraczanych sporządzonych przy użyciu prasy zwijającej do materiałów rozdrobnionych. Acta Sci. Pol. Technica Agraria 10 (3–4), 19–26. <https://doi.org/10.24326/aspta.2011.3-4.3>
- Gąsior R. 2002. Oznaczanie lotnych kwasów tłuszczowych i kwasu mlekowego w kiszonkach i treści żwacza. Instytut Zootechniki, Balice, Kraków.
- Gerlach K., Reimink A., Messerschmidt U., Sudekum K-H., 2017. Ensiled sugar beets as dietary component and their effect on preference and dry matter intake by goats. Arch. Anim. Nutr. 71(4), 297–310. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1322795>

- Gilberty T.C., Lardy G.P., Bauer M.L., 2010. Characterizing the ensiling properties of sugarbeets with dry feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 155 (2–4), 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.11.003>
- Grabber J.H., Coblenz W.K., 2009. Polyphenol, conditioning, and conservation effects on protein fractions and degradability in forage legumes. *Crop Sci.* 49(4), 1511–1522. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.05.0298>
- Hartnell G.F., Hvelplund T., Weisbjerg M.R., 2005. Nutrient digestibility in cow fed diets containing Roundup Ready or conventional fodder beet, sugar beet, and beet pulp. *J. Anim. Sci.* 83(2), 400–407. <https://doi.org/10.2527/2005.832400x>
- Hellwing A.L.F., Messerschmidt U., Larsen M., Weisbjerg M.R., 2017. Effects of feeding sugar beets, ensiled with or without an additive, on the performance of dairy cows. *Livest. Sci.* 206, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.007>
- INRA, 2009. IŻ PIB-INRA Normy żywienia przeżuwaczy. Wartość pokarmowa francuskich i krajowych pasz dla przeżuwaczy. Praca zbiorowa. Instytut Zootechniki, Balice, Kraków.
- Kostulak-Zielińska M., Potkański A., 2001. Quality of baled grass-clover silages ensiled with chemical additives. Chemical composition. *Ann. Anim. Sci.* 1, 153–165.
- Kuc P., Tendziagolska E., 2011. Plonowanie buraka cukrowego w różnych wariantach uprawy roli. *Fragm. Agron.* 28(3), 63–69.
- Kung L., Shaver R.D., Grant R.J., Schmidt R.J., 2018. Silage review. Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lin J., Li G., Sun L., Wang S., Meng X., Sun L., Yuan L., Xu L., 2023. Varieties and ensiling: Impact on chemical composition, fermentation quality and bacterial community of alfalfa. *Front. Microbiol.* 13, 1091491. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1091491>
- McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E., 1991. The biochemistry of silage, 2nd ed. Chalcombe Publications, Marlow Bucks, UK.
- Nowak A., Wnuczek R., 2023. Rynkowe uwarunkowania opłacalności produkcji buraków cukrowych – studium przypadku. *Agronom. Sci.* 78(2), 43–53. <https://doi.org/10.24326/as.2023.4096>
- Schmidt S., Steingass H., Jungbluth T., Drochner W., 2001. Sugar beet mash silage as a component of a total-mixed-ration for dairy cows – effects on parameters of digestion and animal performance. *Arch. Anim. Nutr.* 54(1), 47–59. <https://doi.org/10.1080/17450390109381965>
- Sumińska T., Sierakowska M., 2019. Wysłodki buraczane wartościową paszą dla zwierząt. *Post. Nauki Technol. Przem. Rolno-Spoż.* 74(2), 48–59.
- Szymańska E., Żukowski I., Kruszyński M., 2021. Organizacja łańcuchów dostaw na wybranych rynkach produkcji roślinnej w Polsce. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Thaysen J., Auerbach H., Weißbach F., 2012. Fermentation losses during ensiling of sugar beets as substrate for biogas production. W: Kuoppala K., Rinne M., Vanhatalo A. (ed.). *Proc. XVI Int. Silage Conference*. July 2–4, 2012, Hämeenlinna, Finland, 460–461.
- Thomas T.A., 1977. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrates in herbage. *J. Sci. Food Agric.* 28(7), 639–642. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740280711>
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Anomalie w behawiorze krów mlecznych

Julia Fabjanowska, Kamil Kręt, Renata Klebaniuk, Edyta Kowalczyk-Vasilev,
Magdalena Moczulska, Justyna Widz

Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: julia.fabjanowska@up.lublin.pl

Wstęp

Behawior to zachowanie się zwierząt, czyli reakcje ruchowe w odpowiedzi na czynniki pojawiające się z wnętrza organizmu lub docierające ze środowiska zewnętrznego. Możliwe jest to za pośrednictwem układu nerwowego i wielu narządów zmysłów, dzięki którym odbierane są bodźce słuchowe, wzrokowe, czuciowe, smakowe czy węchowe, poprzez które możliwa jest reakcja organizmu na każdy czynnik środowiskowy. Im bardziej rozwinięty i złożony jest organizm, tym jego behawior jest bardziej skomplikowany. Jednak nawet prymitywne organizmy, takie jak pierwotniaki, wykazują pewnego rodzaju zachowania wywołane bodźcami chemicznymi lub fizycznymi, polegające na przemieszczaniu się w kierunku bodźca lub przeciwnym kierunku (taksja).

Zachowania zwierząt można podzielić na trzy rodzaje: takie, którego zwierzę się nauczyło (nabyte), stereotypowe (orientacja w przestrzeni) oraz zachowanie instynktowne, czyli wrodzone. Dziedziczone schematy dzielone są na trzy fazy: poszukiwania celu, skierowania behawioru na cel i uspokojenia po osiągnięciu celu (popęd) [Kokocińska i Kaleta 2015]. Każdy gatunek zwierząt posiada wrodzone cechy zachowania. Poprzez połączenie wszystkich jego charakterystycznych cech można stworzyć etogram, czyli listę różnych form zachowań typowych dla gatunku. Mogą być nimi na przykład sposób polowania, obrony czy poruszania się. Zachowania te wykształciły się na drodze ewolucji i konieczności adaptowania się do zmieniających się warunków środowiskowych [Frindt i in. 2006].

Obecnie bydło mleczne (krowy) nie jest hodowane w naturalnym dla niego środowisku. Najczęściej, przynajmniej w okresie zimowym, krowy przebywają w pomieszczeniach inwentarskich. Istnieje wiele różnych rozwiązań technologicznych utrzymania bydła. Właściwy projekt obory oraz jego obejścia poprzez zastosowanie nowoczesnych rozwiązań może znacząco obniżyć nakład pracy fizycznej rolnika z zachowaniem rygorystycznych wymogów ochrony środowiska, dobrostanu zwierząt i produkcji mleka. Systemy utrzymania bydła to: wolnostanowiskowe (boksowe – ściółkowe lub bezściółkowe, na głębokiej ściółce – legowiskowa lub z korytarzem gnojowo-spacerowym, ściółkowe z podłożem samospławialnym), stanowiskowe

(uwięziowe) zarówno w systemie bezściółkowym, jak i ściółkowym z dwoma typami uwięzi: grabnerska i Detroit [Romaniuk i in. 2005].

W badaniach nad behawiorem krów niezależnie od systemu utrzymania krowy wykazują tendencję późniejszego kładzenia się wynikającego z otrzymania paszy zaraz po udoju (do 20 minut). Wydłuża to okres pomiędzy dojem a położeniem się krowy do 2 godzin, co sprzyja zamknięciu się kanałów strzykowych przed zetknięciem z potencjalnie groźnymi dla wymienia bakteriami i zachowaniem zdrowotności [Winnicki i in. 1988]. W systemie uwięziowym na posadzkach betonowych krowy niechętnie zmieniają pozycję i przeznaczają więcej czasu na beczynne stanie (nie zaś pobieranie pokarmu), a mniej czasu na leżenie (odpoczynek) [Haley i in. 2000]. Istnieją jednak czynniki, które powodują, że system uwięziowy wypada lepiej od wolnostanowiskowego. Przykładem może być poprawa zdrowia oraz zmniejszone ryzyko występowania chorób nóg u bydła (kulawizny) w oborach uwięziowych przy systematycznym korzystaniu z ruchu na świeżym powietrzu lub zwiększona produkcja mleka w pierwszej fazie laktacji, podczas gdy w kolejnych fazach lepsze wyniki uzyskuje się w systemie wolnostanowiskowym. Zaletą systemu wolnostanowiskowego jest większa swoboda wykazywania naturalnych zachowań i niższa częstotliwość występowania zapalenia wymion [Gajos 2010]. Wykazano też, że inseminację jałówek powtarzano częściej, by osiągnąć zapłodnienie, w oborach z uwięzią o średnio 0,24 zabiegów więcej niż u jałówek utrzymywanych w systemie wolnowybiegowym. Mimo to ciężkie porody zdarzały się częściej u krów utrzymywanych wolno [Makulska 2011]. W hali udojowej typu rybia ość zaobserwowano wybór prawej lub lewej strony. Krowy, które preferowały przejście po prawej stronie, a nie umożliwiano im tego, dawały mniej mleka [Fahim i in. 2018].

Korzystny wpływ na mleczność i zachowanie dobrostanu mają optymalne warunki mikroklimatu panującego w oborze. Istotnymi czynnikami wpływającymi na produkcję mleka są m.in. wilgotność na poziomie 60–80%, wentylacja powodująca swobodny przepływ powietrza przez oborę (jest niezbędna do utrzymania zdrowia krów, ponieważ usuwa szkodliwe gazy i parę wodną, doprowadzając świeże powietrze) oraz odpowiednie natężenie światła w oborze (20–30 lx, jednostek natężenia światła). Fundamentalnym czynnikiem jest także poziom hałasu, który może prowadzić do zmniejszenia pobierania paszy, zalegania pokarmu w żwacu czy nawet do poważnych schorzeń, takich jak leukocytoza, i groźnych zaburzeń w układzie rozrodczym [Solan i Józwik 2009]. Na cechy okołozwieniowe wpływają również czynniki klimatyczne, na przykład wysoka temperatura, która nie sprzyja pobieraniu paszy, a co za tym idzie, zmniejsza wydajność mleczną. Już wzrost o 11°C powoduje spadek wydajności krów w udoju rannym i wieczornym [Wójcik i in. 2018]. System pastwiskowy jest najbardziej zbliżony do naturalnych warunków bydła przed jego udomowieniem. U krów korzystających z pastwisk stwierdza się wyższy poziom dobrostanu, a mleko od nich charakteryzuje lepszy skład chemiczny [Szewczyk i Pałowska 2015]. Mimo to krowy doskonale dostosowują się do nowych technologii podawania pasz w oborach uwięziowych i wolnostanowiskowych. Występuje zależność między zwiększeniem przestrzeni do pobierania paszy w oborach a aktywnością

pokarmową krów. Zwiększona przestrzeń paszowa z 0,5 m do 1m na krowę spowodowała spadek rywalizacji o miejsce, powiększenie odległości od sąsiada, zwiększenie aktywności pokarmowej oraz zmniejszenie częstotliwości wykazywania agresywnych zachowań [DeVries i in. 2004]. Bydło jako zwierzęta stadne wykazuje cechy, które wpływają na żywienie. Mogą być nimi zachowania socjalne, gdzie krowy postawione wyżej w hierarchii pobierają więcej paszy od tych postawionych niżej. W badaniach na 6 grupach po 12 krów w okresie laktacji wykazano, że więcej czasu na pobieraniu paszy spędzają krowy o wyższej hierarchii, a ranga zwierzęcia wywiera wpływ na produkcję mleka [Val-Laillet i in. 2008]. Częstotliwość zadawania pasz wpływa również na ich pobieranie. Bydło jest zwierzęciem korpuskularnym [Guliński 2017], ponieważ wykazuje wzmożone pobieranie pokarmu o zmierzchu i o świcie. Z badań wynika, że częstotliwość zadawania pasz w ciągu doby wydłuża czas jej pobierania przez krowy [DeVries i in. 2005].

Istnieje także wpływ wczesnej i późniejszej separacji cielęcia od krowy na przyrost dobowy masy ciała cieląt oraz na poziom mleczności, chociażby ze względu na pobieranie przez cielę mleka, które można zastąpić preparatami zastępczymi. Wykazały to badania [Flower i Weary 2001] przeprowadzone na 24 parach krów rasy HF podzielonych na 2 grupy separacji cielęcia – w pierwszy dzień oraz 14 dni po ociehleniu. Grupa z późną separacją miała wyższe wskaźniki wokalizacji, przemieszczania się i wystawiania głowy poza kojec niż grupa z wcześniejszą separacją. Dodatkowo cielęta z grupy rozdzielonej po 2 tygodniach wykazywały intensywniej zachowania społeczne w stosunku do nowych osobników i charakteryzowały się wyższymi przyrostami niż rozdzielone po 24 godzinach.

Bydło jako zwierzęta gospodarskie utrzymywane jest w środowisku stworzonym przez człowieka, dlatego bezwzględne jest spełnienie podstawowych warunków potrzebnych do życia. Szerzej opisuje to zasada 5 wolności [Budzyńska 2015] mówiąca o zachowaniu dobrostanu oraz o teorii postępowania ze zwierzętami: wolne od głodu i pragnienia (przez zapewnienie zarówno pożywienia pozwalającego zachować zdrowie, jak i świeżej wody), wolne od dyskomfortu (przez zapewnienie optymalnych warunków środowiskowych i możliwości odpoczynku oraz schronienia się przed warunkami atmosferycznymi), wolne od bólu, urazów i chorób (przez zapewnienie prawidłowej opieki, profilaktyki, diagnostyki i możliwie szybkiego leczenia), wolne od strachu i stresu (przez zapewnienie warunków umożliwiających unikanie stresu i zbędnego cierpienia), wolne w wyrażaniu normalnego zachowania (przez zapewnienie odpowiedniej przestrzeni życiowej i możliwości korzystania z interakcji socjalnych). Badania nad bydłem rasy Simental wykazały, że wybór bydła z temperamentem spokojnym przekłada się na wyższą wydajność, szybszy udój i lepsze parametry mleka, takie jak tłuszcz czy białko [Cziszter i in. 2016]. Co więcej, stosunek rolnika do krowy również wpływa na wydajność [Runowski 2013], bo około 30% strat w wydajności związane jest ze strachem, jaki odczuwają krowy podczas nieprawidłowego obchodzenia się z nimi. Krowy traktowane łagodnie dawały o 13% (czyli około 600 kg mleka rocznie) więcej od krów traktowanych ostrzej [Gajos 2010].

Anomalie behawioralne odróżniają się od typowego zachowania charakterystycznego dla gatunku. Ocena zachowania się zwierząt umożliwia selekcję cech zwierząt, sprzyjających użytkowaniu poprzez sprawdzenie ich reakcji w różnych sytuacjach. Przykładem są nowoczesne hale udojowe, które u zwierząt wywołują stres i wymagają przyzwyczajenia się do mechanizacji i adaptacji do wymuszonego typu zachowania. Krowy młode i wysoko wydajne wykazują większą aktywność ruchową przed wejściem do hali udojowej oraz po wejściu do niej, co prawdopodobnie wskazuje na większe ciśnienie w pęcherzykach mlecznych wymienia [Budzyńska i in. 2007]. Występują zależności pomiędzy reakcjami na testy behawioralne a dolegliwościami bydła, co jest przydatne w rozpoznawaniu stanów chorobowych. Wśród alarmujących zachowań możemy wymienić wydłużony odpoczynek, unikanie innych krów, niskie zainteresowanie nowym obiektem, rzadko występujące zachowania pielęgnacyjne, osowiałość czy zmniejszoną chęć pobierania pokarmu. Można to ocenić przy użyciu specjalistycznych testów behawioralnych [Budzyńska i in. 2019].

Krowy wysyłają wiele sygnałów mową ciała. W obrębie swojego stada porozumiewają się nie tylko wokalizując, ale również uzewnętrzniają swój behawior na przykład gestami agresji (potrząsanie głową, machanie ogonem) lub gestami mającymi na celu uniknięcie agresji (opuszczenie głowy, ogona i uszu) [Abramowicz i in. 2014]. Należy jednak podkreślić, że badanie polegające na obserwacji zachowania jest bardzo trudne i niejednoznaczne, gdyż często badaczy cechuje subiektywizm. Zwierzę może zmieniać swoje zachowanie, wiedząc, że ktoś je obserwuje, jak i nie ukazywać słabości lub bólu, ponieważ w warunkach naturalnych naraziłoby je to na atak drapieżnika i spadki energii [Adamczyk i Gil 2014]. Najczęstszymi zachowaniami odbiegającymi od normy są tak zwane stereotypie, czyli rytmiczne wykonywanie czynności niezwiązanych z zapotrzebowaniem fizjologicznym (oralne – np. ssanie i lizanie wystających elementów czy żucie łańcucha; motoryczne – np. przestępowanie z nogi na nogę). Do powstawania stereotypii przyczynia się niezachowanie właściwego dobrostanu, zbyt duże zagęszczenie zwierząt, strach powodowany złym traktowaniem, przedwczesne odsadzenie od matki, zbyt mała ilość miejsca ograniczająca wykazywanie zachowań naturalnych. Wszystkie te czynniki powodują pewnego rodzaju odruch, który się utrwała.

Na wytworzenie stereotypii u bydła wpływa również nieprawidłowe żywienie. Odpowiednie zbilansowanie dawek pokarmowych na bazie pasz wysokiej jakości – w zależności od rasy krów, ich masy ciała, kondycji oraz wydajności – poprzez dostarczenie wszystkich podstawowych składników pokarmowych, ale i niezbędnych składników mineralnych oraz witamin, pozwala na pełne wykorzystanie możliwości genetycznych krowy w tym zakresie. Niedobór składników pokarmowych może prowadzić do wielu chorób, lecz nadmierne dostarczanie pokarmu w stosunku do potrzeb również spowoduje pogorszenie stanu zdrowia [Albright 1993]. Zbyt wiele pożywienia, takiego jak wysłodki czy produkty uboczne przemysłu browarnianego, zawierającego duże ilości białka w stosunku do ilości włókna strawnego, powodują u krów kwasicę [Klebaniuk i in. 2016]. Z kolei niedobory składników mineralnych, takich jak żelazo, miedź, witaminy B₁₂, prowadzi do apatii [Grela 2016].

Niedobór chlorku sodu sprawia, że zwierzę zaczyna lizać ściany czy przypadkowo napotkane rzeczy [Kowalski 2005]. Właściwy stosunek molibdenu do miedzi powinien wynosić 1 : 3,5–4. Deficyt miedzi może powodować chorobę zwaną lizawość, polegającą na lizaniu, a nawet zjadaniu różnych niejadalnych przedmiotów [Łyszczarz i Pietrzak 1998]. Niewłaściwy stosunek wapnia do fosforu (Ca : P), który powinien wynosić 1 : 1, a dla krów w okresie laktacji 2 : 1, może spowodować obrzęk nóg, co wpływa na behawior krów [Żółkowski 2015].

Hipoteza i cel pracy

Zaburzenia behawioralne często są pierwszymi objawami rozwijających się chorób, wynikających m.in. z niedoborów żywieniowych, błędów utrzymania czy warunków środowiskowych. Poprzez poznanie przyczyn nietypowych zachowań zwierząt można w znacznym stopniu przeciwdziałać różnego rodzaju schorzeniom czy niedoborom żywieniowym już po stwierdzeniu pierwszych symptomów.

Celem badań była ocena zachowań okołozywieniowych krów mlecznych w różnych okresach laktacji.

Material i metody

Badania przeprowadzono w stadzie krów bydła mlecznego. Ścisłymi obserwacjami objęto 18 krów, w tym: 6 sztuk rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej – HO, 3 mieszańce – MM i 9 sztuk rasy Simental – SM (tab. 1). Obserwacje przeprowadzono trzykrotnie, co 2 tygodnie, przez 3 kolejne dni. Każdą obserwację rozpoczynano wraz z rozpoczęciem w oborze przygotowania do zadawania pasz. Pojedyncze obserwacje trwały około 1,5 godziny.

Przed rozpoczęciem obserwacji zebrano informacje dotyczące systemu utrzymania bydła i zadawania pasz, sposobu bilansowania dawek dla poszczególnych grup produkcyjnych, preferowanych dodatków paszowych, sposobów zapobiegania problemom zdrowotnym, ewentualnego prowadzenia wybiegów pastwiskowych, sposobów poszerzania wiedzy o anomaliach i chorobach krów w różnych okresach fizjologicznych oraz częstotliwości występowania w stadzie poszczególnych jednostek chorobowych czy nietypowych zachowań lub sytuacji.

Czynności doświadczalne obejmowały obserwację zachowania poszczególnych krów podczas przygotowania do doju, samego doju i bezpośrednio po jego zakończeniu (w przypadku krów dojnych), a także przed zadaniem paszy, w trakcie i po nim. Notowano następujące elementy:

1. Pozycja w chwili wejścia do obory,
2. Zainteresowanie dojem,
3. Zachowanie podczas doju,
4. Czas, po jakim krowa zaczyna być zainteresowana pobieraniem pasz po ich zadaniu,

5. Czas pobierania pasz, preferencja, żerność itp.,
4. Indywidualne cechy zachowania.

Na podstawie wyników obserwacji wytypowano pojedyncze przypadki krów mlecznych wykazujące nietypowe zachowania behawioralne.

Wyniki i ich omówienie

Objęte badaniami stado krów utrzymywane było w oborze uwięziowej. Pasze zadawano tradycyjnie „jedna po drugiej”. Ilość zadawanych pasz dla poszczególnych krów zależały od ich wydajności dziennej (fazy laktacji). Dawkę pokarmową dla krów zasuszonych stanowiły siano, sianokiszonka i słoma. Krowy dojne w zależności od sezonu żywienia oraz wydajności otrzymywały analogiczne pasze objętościowe suche i soczyste w odpowiednich proporcjach oraz mieszankę treściwą (produkcyjną).

Obserwacje zachowania poszczególnych krów w stadzie przeprowadzono trzykrotnie (co 2 tygodnie), każdorazowo przez 3 kolejne dni, po minimum 1,5–2 godziny dziennie, w godzinach popołudniowych, wraz z rozpoczęciem przygotowania obsługi do zadawania pasz i doju. Po wejściu obsługi i obserwatorów do obory wszystkie krowy wstawały, pojedyncze z mniejszym lub większym opóźnieniem (tab. 2). Bezpośrednio przed dojem krowom podawano sianokiszonkę, natomiast po około 20 minutach od zakończenia udoju zwierzęta otrzymywały zgodnie z zapotrzebowaniem mieszankę treściwą – śrutę zbożową wraz ze śrutą poekstrakcyjną rzepakową oraz z dodatkiem mineralnym, a następnie suszone wysłodki. Po zakończeniu doju zadawano krowom siano łąkowe i na koniec, na tzw. zakładkę, słomę jęczmienną. Obserwację kontynuowano do czasu, gdy poszczególne krowy zakończyły aktywne pobieranie pasz/położyły się. Szczegółowe informacje z obserwacji dla każdej krowy zestawiono w tabeli 2.

Stwierdzono różnice w zachowaniu i reakcjach na otoczenie przez poszczególne krowy. Wystąpiły również zachowania nietypowe dla krów mlecznych. Krowa nr 4 może odczuwać zwiększone ciśnienie w pęcherzykach mlecznych wymienia [Budzyńska i in. 2007], mimo że jej wydajność nie jest wysoka jak na okres laktacji, w którym się znajduje. Zachowanie krowy nr 5 może sugerować wystąpienie niedoborów składników mineralnych (żelazo, miedź) czy witaminy B₁₂, których niedobór lub nieodpowiednie proporcje prowadzą do apatii [Grela 2016]. Dodatki mineralne są stosowane w optymalnych ilościach, zgodnie z zapotrzebowaniem wynikającym z wieku, stanu fizjologicznego krów. Może należy się przyjrzeć buforowości całej dawki, zwłaszcza ze względu na to, że pasze są zadawane jedna po drugiej, a nie np. w formie wymieszanej – dawki pełnoporcjowej. Biorąc pod uwagę zachowanie krowy nr 4, jak i rasę oraz wydajność, można podejrzewać, że mogą to być symptomy nadmiaru mleka w wymieniu. Może w okresie najwyższej wydajności krowa ta powinna być dojona trzykrotnie w ciągu doby, zwłaszcza że jest to krowa – jeśli chodzi o użytkowość mleczną – w zaawansowanym wieku. Zachowanie krowy nr 11 może sugerować pojawienie się ketozy. Może być ona spowodowana nie tylko

Tabela 1. Charakterystyka stada bydła mlecznego objętego obserwacjami

Cecha	Charakterystyka
Liczebność, szt.	18
Rasa, szt. - HO (polska holsztyńsko-fryzyjska, odmiana czarno-biała) - MM (krzyżówka HF z SM) - SM (Simental)	6 3 9
System utrzymania	uwięziowy
System doju	dojarka przewodowa
Liczba doju na dobę	2
System żywienia	tradycyjny
Dostęp do pastwiska	tak
Dostęp do zielonki stosowanej alkierzowo	nie
Stała kontrola weterynaryjna	tak
Kontrola użytkowości mlecznej	nie
Bilansowanie dawki przez specjalistę	dawki pokarmowe ustalane przez gospodarza, zadawane zwierzętom w ilościach zależnych od wydajności krowy (fazy laktacji)
Stosowane pasze: objętościowe: - sianokiszonka - siano - słoma treściwe: - śruta zbożowa (pszenica, jęczmień, pszenżyto) - wysłodki buraczane suche - śruta poekstrakcyjna rzepakowa	14 kg/szt./dzień w okresie zimowym 12 kg/szt./dzień w okresie zimowym 6 kg/szt./dzień przez resztę roku 10 kg/szt./dzień w okresie zimowym 5 kg/szt./dzień przez resztę roku 4 kg/szt./dzień dla krów o wydajności pow. 15 l/dzień 3 kg/szt./dzień dla krów poniżej 15 l/dzień 3 kg/szt./dzień dla krów powyżej 15 l/dzień, tylko w okresie zimowym 2 kg/szt./dzień dla krów poniżej 15 l/dzień, tylko w okresie zimowym 0,5 kg/szt./dzień dla krów o wydajności powyżej 15 l/dzień, przez cały rok 0,2 kg/szt./dzień dla krów o wydajności poniżej 15 l/dzień, przez cały rok
Stosowanie dodatków paszowych: mineralno-witaminowe	0,2 kg (2×0,1 kg)/szt./dzień, przez cały rok, zgodnie z zaleceniami żywieniowymi
Działania w stadzie zapobiegające anomaliiom behawioralnym	regularna korekcja racic, około miesiąc przed wyjściem na pastwisko

Tabela 2. Ocena stada krów mlecznych objętych badaniem

Lp.	Rasa ¹	Wiek, lata	Faza laktacji	Wydajność w tygodniach obserwacji, litr	Opis zachowań okołozwywieniowych
1.	HO	5	III	25/24/25	Podczas zadawania paszy krowa bardzo szybko wstaje, chętnie spożywa paszę, nie podbiera sąsiadkom. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową, jest spokojna.
2.	SM	7	III	15/15/14	Podczas zadawania paszy krowa jest niespokojna. W trakcie jednej z obserwacji krowa przycisnęła rolnika zadającego paszę do ściany. Podczas przygotowania do doju, jak i w jego trakcie, wykazuje niską aktywność ruchową. Krowę od pół roku nieskutecznie zapładniano, z jej tylnych racie wydobywa się nieprzyjemny zapach.
3.	SM	5	III	18/18/17	Podczas zadawania paszy krowa przestępuje z nogi na nogę, następnie wyjada paszę sąsiadom, a dopiero później spożywa swoją. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje niską aktywność ruchową.
4.	SM	6	I	10/11/11	Podczas zadawania paszy krowa szybko wstaje, szybko pobiera paszę, próbuje zabierać sąsiadkom. Wokalizuje zarówno podczas spożywania paszy, jak przygotowania do doju. W czasie jego trwania wykazuje bardzo niską aktywność ruchową i przestaje wokalizować.
5.	SM	6	II	20/19/20	Krowa powoli wstaje. Podczas zadawania paszy bardzo powoli i spokojnie ją spożywa. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową. Ogólnie wykazuje spowolnione i ociężałe ruchy.
6.	HO	8	II	25/23/24	Podczas zadawania paszy krowa przestępuje z nogi na nogę, a gdy otrzyma pokarm, staje się bardzo spokojna. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową.
7.	MM	7	stopniowe zaszuszenie	13/12/7	Podczas zadawania paszy krowa zaczepia, liże i skubie ręce zadającego paszę.
8.	HO	12	I	25/24/25	Podczas zadawania paszy krowa bardzo ciężko wstaje, chętnie spożywa paszę. Jedząc, bardzo szeroko otwiera szczękę, przez co czasami wypada jej pożywienie. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo wysoką aktywność ruchową, wymagane jest założenie poskromu jednostronnego, zwierzę utrudnia podłączenie aparatu udojowego, ucieka we wszystkie strony. Przy ostatnim etapie dojenia krowa staje się niespokojna, skacze, uderza o ścianę, utrudnia zdjęcie aparatu udojowego, kładzie uszy, napina się oraz wydaje się wystraszona.
9.	HO	6	III	15/15/15	Podczas zadawania paszy krowa żuje łańcuch i liże inne krowy. Po otrzymaniu paszy sięga do sąsiadów, próbuje zjeść wszystko dookoła. Po zjedzeniu liże ścianę. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową.

10.	SM	9	stopniowe zasuszanie	12/13/8	Podczas zadawania paszy krowa rozgląda się, przestępuje z nogi na nogę. Po otrzymaniu paszy widocznie się uspokaja.
11.	SM	5	II	20/19/22	Podczas zadawania paszy krowa zdaje się bardzo zniecierpliwiona, przestępuje z nogi na nogę, po otrzymaniu paszy krowa macha głową, bije się z sąsiadem, uderza głową w barierki. Machanie głową występuje w nieregularnych odstępach czasowych i trwa około 30 sekund. Podczas leżenia machanie głową występuje znacznie rzadziej. Przy defekacji krowa mocno się napina.
12.	SM	5	II	18/17/23	Podczas zadawania paszy krowa wykazuje niepokój, rozgląda się za człowiekiem, po zadaniu paszy zjada pokarm sąsiadom. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową, czasami kopnie tylną lewą nogą. Wyczuwalny jest nieprzyjemny zapach z tylnych racic.
13.	MM	5	III	17/15/15	Podczas zadawania paszy krowa bawi się oknem, otwierając je i zamykając. Po zadaniu paszy krowa klęka na przednie kolana, sięgając do pożywienia sąsiadów. Ruchy powodują u niej widoczny dyskomfort. U krowy widoczne są symptomy opuchlizny stawów.
14.	HO	3	II	12/18/20	Podczas zadawania paszy krowa jest bardzo spokojna, cierpliwie czeka, po otrzymaniu paszy również. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową. Czasami kopie, zrzucając aparat udojowy.
15.	SM	4	III	16/15/15	Podczas zadawania paszy krowa wstaje z wyraźną ociężałością (szczególnie rano). Po otrzymaniu paszy najpierw sięga do sąsiada, a później zjada swoją. Podczas przygotowania do doju, jak i w czasie jego trwania, wykazuje bardzo niską aktywność ruchową.
16.	HO	13	III	10/9/10	Podczas zadawania paszy krowa wykazuje bardzo niską aktywność ruchową. Po otrzymaniu paszy uderza się głową z sąsiadem. Podczas przygotowania do doju krowa wycofuje się i próbuje uniknąć mycia i założenia aparatu udojowego. Podczas dojenia stoi spokojnie.
17.	MM	3	I	12/13/19	Podczas zadawania paszy krowa wydaje się zniecierpliwiona, wykazuje dużą aktywność ruchową, po otrzymaniu paszy uspokaja się. Podczas przygotowania do doju wokalizuje. Konieczne jest użycie poskromu jednostronnego, aby założyć aparat udojowy, ponieważ uniemożliwia to, kopiąc i przemieszczając się. Podczas doju wykazuje bardzo niską aktywność ruchową.
18.	SM	3	II	14/18/23	Podczas zadawania paszy jest niespokojna, chętnie spożywa paszę. W trakcie doju, w porównaniu z resztą krów, musi mieć dostęp do paszy, ponieważ w przeciwnym wypadku celowo przewraca bankę. Wykazuje bardzo dużą aktywność ruchową, ciągnie, liże i gryzie przewód dojarki, uniemożliwia dojenie. Gdy ma paszę, jej aktywność ruchowa spada do minimum.

¹ HO – rasa polska holsztyńsko-fryzyjska odmiany czarno-białej; SM – rasa Simental, MM – mieszańce (krzyżówka HF z SM)

pobranie zbyt małej ilości energii w dawce, ale także niedoborem witamin z grupy B – głównie B₃ i B₄ lub niedoborem wapnia [Lutnicki i in. 2015]. W przypadku tej krowy należy dokładnie przyjrzeć się nie tylko zbilansowaniu dawki pokarmowej, ale głównie ilości pobieranych przez nią pasz w ciągu doby. Zachowanie krowy nr 13 może sugerować niewłaściwy stosunek Ca do P w jej dawce [Żółkowski 2015]. Wskazane byłoby w tym przypadku indywidualne określenie ilości zadawanych dodatków mineralnych.

Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że problemem żywieniowym w gospodarstwie jest kwestia formy zadawanych pasz (pojedynczo, a nie zmieszanych). Należałoby również ocenić szczegółowo jakość pasz skarmianych w dawce pokarmowej.

We wszystkich przypadkach już same obserwacje zachowania zwierząt przyniosły dobre diagnozy ogólnej genezy problemu. Trzy krowy wykazują zachowania znacznie odstępujące od normy, prawdopodobnie spowodowane nieprawidłowościami żywieniowymi. Właściwe zbilansowanie dawek pokarmowych ma korzystny wpływ na zdrowie i behawior krów. Najistotniejsze jest dopasowanie odpowiedniej formy żywienia do wieku, masy ciała, a przede wszystkim fazy laktacji.

Obserwacje behawioru zwierząt w stadzie pozwoliły na wstępne, szybkie i nieinwazyjne rozpoznanie symptomów chorób wynikających z niedoborów żywieniowych. Podsumowując, należy stwierdzić, że forma (sposób) skarmiania pasz stosowana w badanym gospodarstwie może być przyczyną negatywnych zachowań behawioralnych. Zalecono przeprowadzenie ścisłej oceny jakości skarmianych pasz oraz indywidualnego zbilansowania dawek pokarmowych dla poszczególnych zwierząt w stadzie zgodnie z ich stanem fizjologicznym oraz zadawanie pasz dawki pokarmowej w formie wymieszanej.

Piśmiennictwo

- Abramowicz P., Brzozowski M., Gołębiowski M., 2014. Praktyczne aspekty społecznych zachowań bydła. *Med. Wet.* 70(2), 90–93.
- Adamczyk K., Gil Z., 2014. Ocena poziomu dobrostanu bydła mlecznego na podstawie wskaźników behawioralnych. *Wiad. Zootech.* 2(52), 43–49.
- Albright J.L., 1993. Feeding behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76(2), 485–498. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77369-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77369-5)
- Budzyńska M., 2015. Współczesne zagadnienia w badaniach i nauczaniu dobrostanu zwierząt. *Wiad. Zootech.* 1, 58–64.
- Budzyńska M., Kamieniak J., Marko D., 2019. Praktyczne znaczenie oceny behawioru w aspekcie dobrostanu i produktywności bydła. *Med. Wet.* 75(7), 416–421.
- Budzyńska M., Krupa W., Tietze M., 2007. Behawior krów w hali udojowej. *Med. Wet.* 63(11), 1363–1365.

- Cziszter L.T., Gavojdian D., Neamt R., Neciu F., Kusza S., Ilie D.E., 2016. Effects of temperament on production and reproductive performances in Simmental dual – purpose cows. *J. Vet. Behav.* 15, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.08.070>
- DeVries T.J., von Keyserlingk M.A.G., Beauchemin K.A., 2005. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88(10), 3553–3562. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73040-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73040-X)
- DeVries T.J., von Keyserlingk, M.A.G., Weary D.M., 2004. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87(5), 1432–1438. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73293-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73293-2)
- Fahim A., Kamboj M.L., Bhakat M., Mohanty T.K., Gupta R., 2018. Preference of side and standing in relationship with milking characteristics and temperament score of crossbred dairy cows in an 8×2 herringbone milking parlour. *Turk. J. Vet. Animal Sci.* 42(1), 49–54.
- Flower F.C., M. Weary M., 2001. Effects of early separation on the dairy cow and calf:: 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth. *Appl. Animal Behav. Sci.* 70(4), 275–284. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00164-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00164-7)
- Frindt A., Zoń A., Bielański P., 2006. Stres jako forma zachowania się zwierzęcia. *Wiad. Zootech.* 44(1), 15–18.
- Gajos E., 2010. Dobrostan bydła mlecznego – implikacje ekonomiczne. *Zesz. Nauk. SGGW – Ekonom. Org. Gospod. Żywn.* 84, 123–131.
- Grela E.R., 2016. Behawioralne następstwa nieprawidłowego żywienia zwierząt. *Życie Wet.* 91(2), 93–96.
- Guliński P., 2017. Bydło domowe użytkowanie i hodowla. *Wyd. Nauk. PWN*, 636–637.
- Guliński P., Salamończyk E., Młynek K., 2014. Okołożywnieniowe zachowanie bydła mlecznego. *Wiad. Zootech.* 2, 57–69.
- Haley D.B., Rushen J., AM de Passillé., 2000. Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canad. J. Animal Sci.* 80(2), 257–263. <https://doi.org/10.4141/A99-084>
- Hamilton C., Emanuelson U., Forslund K., Hansson I., Ekman T., 2006. Mastitis and related management factors in certified organic dairy herds in Sweden. *Acta Vet. Scand.* 48(1), 11. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-48-11>
- IZ PIB-INRA, 2014. Zalecenia żywieniowe dla przeżuwaczy i tabele wartości pokarmowej pasz. IZ PIB Patronus Animalium, Kraków.
- IZ PIB-INRA, 2009. Normy żywienia przeżuwaczy. Wartość pokarmowa francuskich i krajowych pasz dla przeżuwaczy. IZ PIB, Kraków.
- Jakimiec E., Strojny K., Główna P., Dycha P., Walczak S., Pirga A., Żółkiewski P., 2018. Behawior bydła utrzymywanego w warunkach całorocznego wypasu naturalnego. W: Aktualne problemy w produkcji zwierzęcej, W. Chabuz, B. Nowakowicz-Dębek (red.), *Wyd. UP w Lublinie*, Lublin 143–153.
- Kądrowska A., Gołębiowski M., 2013. Krzyżowanie międzyrasowe bydła mlecznego. *Farmer* 4, 177–181.
- Kinal S., Bodarski R., Preś J., Twardoń J., Mordak R., 2008. Żywienie jako ważny czynnik stanu racic u wysoko wydajnych krów rasy hf. *Med. Wet.* 64, 753–758.
- Klebaniuk R., Grela E.R., Bąkowski M., Zajac M., Olcha M. 2016. Behawioralne następstwa nieprawidłowego żywienia bydła. *Przegl. Hod.* 84(2), 9–14.
- Kokocińska A., Kaleta T., 2015. Behawioryzm i behawior–myśl filozoficzna i badania przyrodnicze. *Kosmos* 64(2), 221–227.
- Kowalski A., 2005. Stereotypie jako wskaźnik dobrostanu zwierząt. *Med. Wet.* 61(12), 1335–1339.
- Król J., Brodziak A., Topyła B., 2016. Wartość odżywcza mleka krów rasy simentalskiej z uwzględnieniem sezonu i systemu produkcji. *Przegl. Hod.* 84(6), 20–23.
- Kruczyńska H., Mocek M., 1997. Zapotrzebowanie krów mlecznych na wapń, fosfor, magnez i sód. *Med. Wet.* 12(53), 711–715.
- Kurek Ł., Kleczkowski M., Lutnicki K., Banach A., Gołyński M., 2011. Udział selenu w przebiegu niektórych chorób bydła mlecznego. *Życie Wet.* 86(8), 604–608.

- Litwińczuk Z., Kamieniecki K., 2005. Historia bydła polskiego czerwonego w regionie lubelskim. *Wiad. Zootech.* 2(43), 22–25.
- Lopez H., Satter L.D., Wiltbank M.C., 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reprod. Sci.* 81(3–4), 209–223. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.10.009>
- Lutnicki K., Kaczmarek B., Kurek L., 2015. Niedobory wybranych makroelementów u bydła mlecznego. *Życie Wet.* 90(12), 802–805.
- Łyszczarz R., Pietrzak A., 1998. Wybrane elementy chemicznej i mikrobiologicznej charakterystyki pasz objętościowych zebranych z terenów powodziowych w województwie Toruńskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 462, 125–131.
- Makulska J., 2011. Ocena technologii utrzymania bydła i pozyskania mleka w aspekcie dobrostanu i jakości surowca. *Przegl. Hod.* 79(3), 12–15.
- Nowicki B., Zwolińska-Bartczak I., 1983. Zachowanie się zwierząt gospodarskich: wprowadzenie. *PWRiL*, 7–252.
- Preś J., Mordak, R., 2010. Wybrane elementy żywienia a problemy zdrowotne krów mlecznych. *Med-Pharm Polska*, 18–52.
- Romaniuk W., Łukaszuk M., Karbowy A., 2005. Rozwiązania obór pod kątem dobrostanu zwierząt i ochrony środowiska w zakresie produkcji bydła mlecznego i mięsnego. *Inż. Rol.* 9(4), 175–182.
- Runowski H., 2013. Kierunki zmian w produkcji zwierzęcej w kontekście zrównoważonego rozwoju rolnictwa. *Przegl. Hod.* 81(5), 1–5.
- Sandøe P., Christiansen S.B., 2013. *Ethics of animal use*. John Wiley & Sons, 50–150.
- Solan M., Józwik M., 2009. Wpływ mikroklimatu oraz systemu utrzymania na dobrostan krów mlecznych. *Wiad. Zootech.* 1, 25–29.
- Szewczyk A., Pawłowska J., 2015. Wpływ warunków środowiskowych w sezonie pastwiskowym na jakość mleka i dobrostan krów w chowie ekologicznym. *Rocz. Nauk. Zootech.* 2(42), 181–194.
- Val-Laillet D., de Passillé A. M., Rushen, J., von Keyserlingk M. A., 2008. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. *Appl. Animal Behav. Sci.* 111(1–2), 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.001>
- Winnicki S., Kaczor A., Szyndler J., 1988. Wybrane zagadnienia wypoczynku krów w oborze uwięzowej i wolnostanowiskowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 333, 233–239.
- Wójcik P., Meller M., Mróz P., 2018. Kształtowanie aktywności dobowej krów w oparciu o raporty pochodzące z pedometrów. *Wiad. Zootech.* 56(3), 24–29.
- Żółkowski J., 2015. Przygotowanie krów do laktacji. *Bydło* 2, 16–17.

Efektywność stosowania mieszanek ziółowych w żywieniu cieląt ras mięsnych

Julia Fabjanowska, Edyta Kowalczuk-Vasilev, Renata Klebaniuk

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: julia.fabjanowska@up.lublin.pl

Wstęp

Status zdrowotny zwierząt przeżuujących jest elementarnym czynnikiem warunkującym efektywność procesów hodowlanych. Zaburzenia zdrowotne negatywnie wpływają na tempo wzrostu, rozwój, przeżywalność oraz produkcyjność tych zwierząt [Fabjanowska i in. 2023]. Nieodpowiednie metody zarządzania, w tym niedobory jakościowego i ilościowego składu dawki pokarmowej [Bertoni i in. 2015], brak dobrostanu i odpowiedniej higieny [Arnott i in. 2017] narażający cielęta na zarażenie patologicznymi szczepami bakterii, wirusów, grzybów czy pierwotniaków m.in. *Ostertagia ostertagi*, *Cooperia* spp., *Fasciola hepatica* czy *Strongyloides papillosus* [Trevisi i Minuti 2018], przyczyniają się do występowania u nich problemów zdrowotnych [Hulbert i Moisés 2016, Bisinotto i in. 2018, Chase i in. 2019]. Częstą konsekwencją narażenia zwierzęcia na wymienione czynniki jest wystąpienie skumulowanego stresu, który wpływa na obniżenie humoralnej odpowiedzi układu immunologicznego, zaburzając homeostazę organizmu zwierzęcego [Asres i Amha, 2014, Sordillo i Mavangira 2014].

Najważniejszym elementem racjonalnego chowu jest zapewnienie młodym zwierzętom optymalnych warunków utrzymania, w szczególności prawidłowego żywienia dostosowanego do szybko zmieniających się potrzeb pokarmowych przy jednoczesnej stymulacji odporności i zdrowotności zwierząt [Paskudska i in. 2018, Studdzińska-Sroka i in. 2018]. Stąd w ostatnich latach obserwujemy rosnącą częstotliwość wykorzystywania naturalnych związków stymulujących wzrost młodych zwierząt hodowlanych. Stosowanie naturalnych związków, w tym ziół, jako dodatków do żywienia cieląt może przyczyniać się do lepszego wchłaniania składników pokarmowych, utrzymania równowagi fizjologicznej oraz wzmacniania zdrowia zwierząt [Kuri i in. 2019, Sharma i in. 2021, Zhao i in. 2022]. Substancje bioaktywne zawarte w roślinach leczniczych mogą wykazywać synergizm odzwierciedlony w spójnym i wielokierunkowym wpływie na organizm zwierzęcy [Amenu 2014]. Efekt fizjologiczny działania poszczególnych związków aktywnych zawartych w preparatach

ziołowych jest sumą działania pojedynczych substancji aktywnych. Warto jednak zauważyć, że pomiędzy niektórymi substancjami zawartymi w ziołach może zachodzić interakcja antagonistyczna [Radzikowski i in. 2020]. W porównaniu z syntetycznymi antybiotykami lub innymi dodatkami ziołowe dodatki paszowe są naturalnymi składnikami pasz – są mniej toksyczne i przystępne cenowo, zwłaszcza w polskich warunkach, i wywierają mniej niepożądanych skutków. Są to substancje naturalnie występujące w roślinach, dlatego mogą być stosowane w żywieniu zwierząt w systemie chowu ekologicznego [Faniyi i in. 2016, Klebaniuk i in. 2017, Skoufos i in. 2020].

Udowodniono, że stosowanie złożonych mieszanek ziołowych zawierających kilka lub kilkanaście surowców ziołowych daje lepsze wyniki w leczeniu określonych chorób niż pojedyncze składniki [Kumar i in. 2021]. Odpowiednio dobrane dodatki paszowe, w tym zioła o ukierunkowanym działaniu, mogą przyczynić się do stymulacji spożycia i wykorzystania paszy [AlSuwaiegh i in. 2022], a pośrednio do poprawy zdrowia zwierząt [Shan i in. 2018]. Jednocześnie związki te mogą również stymulować odporność i zdrowie zwierząt. W ten sposób wykazują działanie profilaktyczne. Niewątpliwie zioła i preparaty ziołowe mają wielokierunkowe działanie ze względu na dużą ilość substancji czynnych zawartych w roślinach leczniczych, które mają szeroki zakres wielokierunkowego i ogólnoustrojowego wpływu na organizm [Grela i in. 2013, Laskowski i in. 2017, Paskudska i in. 2018, Kiczorowska i in. 2017, Tamminen i in. 2018, Redoy i in. 2020].

Biorąc pod uwagę wieloaspektowe właściwości ziół i ich potencjalny synergistyczny wpływ na parametry odchovu cieląt, można założyć, że mieszanki ziołowe będą stanowić istotny dodatek uzupełniający w żywieniu cieląt, przyczyniający się do poprawy parametrów produkcyjnych oraz ogólnego stanu zdrowia w stadach bydła mięsnego. Dlatego celem tego badania była ocena wpływu stosowania trzech różnych mieszanek ziołowych składających się z lebidki pospolitej, tymianku pospolitego oraz szafwii lekarskiej jako suplementu w żywieniu cieląt, ukierunkowana na poprawę wskaźników produkcyjnych.

Materialy i metody

Doświadczenie przeprowadzono na farmie hodowlanej bydła rasy Limousin. W doświadczeniu wzięło udział 48 cieląt od urodzenia do końca 3. miesiąca życia, podzielonych na 5 grup badawczych: kontrolną (K) i 3 grupy doświadczalne: C1, C2, C3 (tab. 1). Cielęta przebywały z matkami, miały dostęp do pasz objętościowych (siano, pastwisko), a dodatkowo otrzymywały paszę treściwą z dodatkiem lub bez eksperymentalnej mieszanki ziołowej (tab. 2). Podczas doświadczenia cielęta zważano po urodzeniu oraz w 7., 15., 28. i 42. dniu życia. W doświadczeniu oceniano następujące parametry: spożycie paszy przez cielęta (codziennie przez pierwsze 2 tygodnie, następnie 2 razy w tygodniu, wyrażone w kilogramach na dzień – kg/dzień),

Tabela 1. Układ doświadczenia

Grupa	K	C1	C2	C3
Żywienia	siara/mleko (z matek) + PO i MTC	siara/mleko (z matek) + PO i MTC + M1	siara/mleko (z matek) + PO i MTC + M2	siara/mleko (z matek) + PO i MTC + M3
Liczba cieląt	12	12	12	12

K – cielęta z grupy kontrolnej utrzymywane z matkami i mające dostęp do paszy objętościowej i treściwej bez dodatków eksperymentalnych

C1, C2, C3 – cielęta z grup doświadczalnych utrzymywane z matkami i mające dostęp do paszy objętościowej i treściwej z 5% s.m. dodatkiem doświadczalnych mieszanek ziołowych: M1, M2 lub M3

PO – pasza objętościowa (siano, zielonka pastwiskowa), MTC – pasza treściwa (jęczmień, pszenżyto, otręby pszenne, bobik, wg 60%, 20%, 12% i 8%)

Tabela 2. Skład doświadczalnych mieszanek ziołowych

Gatunki roślin	Nazwa łacińska	Materiał roślinny	M1	M2	M3
			proporcja, % s.m.		
Lebiodka pospolita	<i>Origanum vulgare</i>	ziele	40	40	50
Tymianek pospolity	<i>Thymus vulgaris</i> L.	ziele	30	20	20
Szałwia lekarska	<i>Salvia officinalis</i>	liść	30	40	30

przyrost masy ciała (kg/dzień), pobranie paszy treściwej na 1 kg przyrostu masy ciała oraz objawy chorobowe i/lub nietypowe zachowanie cieląt.

W trakcie doświadczenia przeprowadzono czterokrotnie analizę pasz podstawowych, pojedynczych ziół i mieszanek ziołowych. Paszę i eksperymentalne mieszanki ziołowe analizowano w celu określenia zawartości podstawowych składników odżywczych, tj. suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego i włókna surowego, zgodnie z procedurami analitycznymi AOAC [2011]. Na podstawie wyników analiz laboratoryjnych została oceniona wartość odżywcza pasz oraz wybranych surowców ziołowych i ich mieszanek dla cieląt [IŻ PIB–INRA 2014] (tab. 3). Wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 13.3 (Statsoft Inc. 2013). Istotność różnic między średnimi określono za pomocą wielokrotnych przedziałów ufności Tukeya na poziomie istotności <0,05.

Wyniki i dyskusja

Surowce roślinne charakteryzują się zmiennym składem chemicznym w zależności od warunków uprawy, zbioru i przechowywania [Donno i in. 2016]. Standaryzacja surowców roślinnych pomaga określić zawartość związków aktywnych, nie tylko substancji o działaniu prozdrowotnym, ale także składników niepożądanych [Kumari i Kotecha 2016]. Mieszanki ziołowe stanowiące dodatek do paszy dla cieląt w celu poprawy wydajności odchowu zostały opracowane z uwzględnieniem spektrum właściwości biologicznych ziół, preferencji żywieniowych bydła dla poszczególnych surowców roślinnych [Radkowska 2013, Borys i Jarzynowska 2016, Mirowski 2019], a także potencjalnego synergistycznego działania związków w nich zawartych (lebbiodce, tymianku, szalwii). Wszystkie komponenty mają udokumentowane działanie przeciwutleniające, przeciwbakteryjne oraz immunomodulujące [Kumar i in. 2014, Batt 2015, Ayrlle i in. 2016, Horky i in. 2019, Kuralkar i Kuralkar 2021].

Skład chemiczny i wartość pokarmowa skarmianych pasz były charakterystyczne dla ich rodzaju i nie odbiegały od wartości podawanych w literaturze [IZ PIB–INRA 2009]. Z zestawienia podstawowego składu chemicznego badanych mieszanek ziołowych wynika, że Mieszanka 3 cechowała się najwyższą zawartością składników odżywczych, natomiast nieco niższą Mieszanka 1, a następnie Mieszanka 2. Wynika to głównie z ilości stwierdzonych związków organicznych zawartych w mieszkankach (tab. 3). Mieszanka 1 wyróżniała się wyższą w porównaniu z pozostałymi badanymi mieszkankami zawartością białka ogólnego i tłuszczu surowego, ale również zawierała najwyższy udział włókna surowego oraz popiołu surowego. W porównaniu z innymi mieszkankami dostarcza również mniej związków bezazotowych wyciągowych (BAW) w kilogramie suchej masy. Natomiast odnotowano wyższą wartość tych związków w Mieszance 3 (o 49,27 g) w porównaniu z pozostałymi analizowanymi mieszkankami uzupełniającymi. Biorąc pod uwagę najważniejsze składniki pokarmowe zawarte w mieszkankach (białko ogólne i tłuszcz surowy) i zestawiając je z normami żywienia bydła [Strzetelski i in. 2014], widać, że najniższą potencjalną wartością pokarmową charakteryzowała się Mieszanka 2.

Dodatek mieszanin ziół w żywieniu cieląt wpłynął pozytywnie na uzyskane przyrosty oraz wykorzystanie paszy. Analiza średnich dziennych przyrostów oraz zużycia mieszanki treściwej wykazała, że po zastosowaniu mieszanki w żywieniu cieląt charakteryzującej się największym udziałem lebbiodki pospolitej osiągały największe przyrosty przy najmniejszym pobraniu paszy (tab. 6). W porównaniu z grupą kontrolną codzienne zwiększenie masy ciała młodych przeżuwaczy w grupie badawczej otrzymującej dodatek Mieszanki 3 stosunku do nie otrzymującej dodatku uzupełniającego była wyższa o 301 g/dzień. Pomiędzy badanymi grupami otrzymującymi Mieszanki 1 i 2 nie stwierdzono różnic pod względem dobowych przyrostów oraz zużycia mieszanki treściwej na 1 kg przyrostu.

Mechanizmy działania fitochemicznych dodatków paszowych stosowanych jako stymulatory wzrostu zwierząt pozostają jeszcze nie w pełni zrozumiane pomimo długotrwałego ich wykorzystywania w żywieniu zwierząt [Lillehoj i in. 2018]. Badania

Tabela 3. Skład chemiczny i wartość pokarmowa pasz i mieszanek

Wyszczególnienie	Pasza					
	ZP1	SŁ	MTC	M1	M2	M3
Sucha masa, %	17.45	90.33	86.68	90.64	91.67	91.20
W 1 kg s.m.						
Białko ogólne, g	177.1	107.8	186.7	138.0	129.84	134.82
Włókno surowe, g	230.9	255.1	66.8	244.15	231.45	212.23
Tłuszcz surowy, g	44.1	15.7	14.2	68.40	62.84	64.14
BAW, g	460.2	543.6	697.6	451.23	483.11	500.70
BTJE, g	61.0	75.0	108.0	70.53	69.52	70.78
BTJN, g	67.0	62.0	124.0	87.05	81.90	85.04
JPŻ	0.79	0.72	1.12	0.47	0.48	0.48

ZP – zielonka pastwiskowa

SŁ – siano łąkowe

MTC – pasza treściwa (jęczmień, pszenżyto, otręby pszenne, bobik, wg 60%, 20%, 12% i 8%)

BAW – związki bezazotowe wyciągowe

JPŻ – jednostka paszowa produkcji żywca

BTJE – białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim, obliczone na podstawie dostępnej w żwaczu energii (E)

BTJN – białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim obliczone na podstawie dostępnego w żwaczu azotu (N)

M1 – Mieszanka 1: lebiodka pospolita – 40%, tymianek pospolity – 30%, szalwia lekarska – 30%

M2 – Mieszanka 2: lebiodka pospolita – 40%, tymianek pospolity – 20%, szalwia lekarska – 40%

M3 – Mieszanka 3: lebiodka pospolita – 50%, tymianek pospolity – 20%, szalwia lekarska – 30%

skupiające się na wykorzystaniu ziół jako tzw. promotorów wzrostu wykazują, że główny mechanizm działania dodatków paszowych stosowanych w żywieniu zwierząt polega na działaniu substancji biologicznie aktywnych [Stevanović i in. 2018], które korzystnie oddziałują na skład chemiczny paszy, co przyczynia się do podniesienia jej wartości odżywczej [Øverland i in. 2019]. Dzięki zwiększonej atrakcyjności paszy obserwuje się korzystniejsze jej spożycie przez zwierzęta. Dodatkowo fitobiotyki mogą powodować poprawę trawienia i wchłaniania składników odżywczych poprzez zwiększenie skuteczności procesów trawienia i absorpcji substancji odżywczych. W żywieniu zwierząt przeżuujących zastosowanie dodatków ziołowych prowadzi do zmian w procesach trawiennych poprzez modulację fermentacji żwacza. Fitobiotyki mogą również wykazywać działanie anaboliczne przyczyniające się do zwiększenia syntezy i akumulacji związków chemicznych prowadzących do wzrostu i rozwoju tkanek. W efekcie wspierane są procesy rozwoju mięśni, kości i innych struktur organizmu, co przekłada się na lepszą wydajność i jakość wzrostu zwierząt hodowlanych [Kikusato 2021]. Całość tych działań potwierdza kompleksowe i korzystne oddziaływanie fitochemicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt.

Poprzez wykonanie dodatkowych analiz wyodrębniających zawartość m.in. substancji wtórnego metabolizmu roślin, w tym skład olejków eterycznych mieszanek, zawartości związków fenolowych oraz witaminy C, wykazano możliwe pośrednie oddziaływanie pojedynczych ziół lub/i ich mieszanek na organizm zwierzęcy. Mieszanki ziołowe zawierały co najmniej 40% karwakrolu, 4% *p*-cymenu i 10% tymolu (tab. 4). Mieszanek 1 z najwyższą zawartością ziela tymianku zawierała najwyższą ilość tymolu w całkowitej zawartości olejków eterycznych spośród wszystkich mieszanek ziołowych (tab. 4). Abd El-Hack i in. [2016] potwierdzają potencjał dodatku żywieniowego tymianku pospolitego w żywieniu zwierząt gospodarskich ze względu na dużą zawartość tymolu i jego właściwości. Jedną z korzyści suplementacji tymiankiem jest poprawa produktywności i biodostępności składników odżywczych, co znajduje odzwierciedlenie w ogólnym zdrowiu i wydajności produkcji [Hassan i Awad 2017]. Z kolei Kostyra i in. [2018] podają, że tymianek pospolity wpływa na poprawę apetytu zwierząt. Santos i in. [2015] informują, że stosowanie olejków eterycznych u zwierząt przeżuujących może wpłynąć na rozwój żwacza ze względu na ich wpływ na populacje mikroorganizmów i późniejszą zmianę profili fermentacji w żwaczu. Natomiast Kuźnicki i in. [2018] podają, że również polifenole stanowią istotne modulatory przemian w przewodzie pokarmowym zwierząt, dlatego dzięki wspomnianej już dużej zawartości związków fenolowych w tymianku oraz lebiodce mogą tworzyć one wspólnie istotną ochronę białek dawki żywieniowej zwierząt przeżuujących przed rozkładem mikrobiologicznym w żwaczu. Istnieją jednak dowody naukowe wskazujące, że ekstrahowany olejek tymiarkowy i tymol nie wywierają korzystnego wpływu na wskaźniki produktywności i zdrowie krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej [Benchaa 2021]. Dodatkowo najwyższa zawartość kwasu askorbinowego, tj. ważnego naturalnego przeciwutleniacza, oraz związków fenolowych (flawonoli, flawononów i kwasów fenolowych) w tymianku (tab. 4) sugerują jego wysokie właściwości przeciwutleniające [Radkowska 2013, Kumar i in. 2014]. Kwasy fenolowe stosowane w żywieniu zwierząt chronią młody organizm przed stresem oksydacyjnym. Ponadto wywierają one działanie immunostymulujące i przeciwwirusowe [Kuźnicki i in. 2018]. Jest to ważne zwłaszcza w przypadku młodych zwierząt hodowlanych, które często są narażone na stres tlenowy [Mirowski 2020]. Radkowska [2013] oraz Kumar i in. [2014] w swoich pracach również podkreślają charakter przeciwutleniający surowców zielarskich uwzględnionych w badanych mieszkankach własnych (liść szalwii lekarskiej, ziele tymianku pospolitego, ziele lebiodki pospolitej) użytych do badań. Turyk i in. [2013] oraz Abd El-Hack i in. [2016] odnotowali również wysoką zawartość polifenoli w tymianku i lebiodce pospolitej oraz wysoką aktywność przeciwutleniającą tych ziół. Jest to bardzo istotne w przypadku młodych zwierząt gospodarskich, które często narażone są na stres oksydacyjny [Mirowski 2020]. Potencjalnie mieszanka eksperymentalna 1, zawierająca w swoim składzie największy procentowy udział tymianku pospolitego, może naji-

stotniej pomóc złagodzić negatywne skutki stresu oksydacyjnego i stanowić doskonałą alternatywę profilaktycznej ochrony antyoksydacyjnej organizmów zwierzęcych, przyczyniając się do poprawy ich zdrowotności. W badaniach Klebaniuk i in. [2017] wykazano, że zastosowanie w żywieniu cieląt mieszanki ziołowej stanowiącej uzupełnienie paszy treściwej, w której jednym z głównych komponentów roślinnych był tymianek, stwierdzono wzrost zawartości immunoglobulin w osoczu krwi młodych osobników bydła. Natomiast Wafa i in. [2021], stosując w żywieniu cieląt rasy fryzyjskiej 0, następnie 20 oraz 40 mg/kg m.c. ekstraktu z tymianku pospolitego również wykazali poprawę statusu zdrowotnego cieląt.

Biorąc pod uwagę właściwości użytych komponentów zielarskich oraz oznaczonych substancji biologicznie czynnych (tab. 5) w Mieszanke 2, można przypuszczać, że będzie wykazywała działanie głównie wzmacniające organizm zwierzęcy, regulujące procesy trawienne oraz przeciwdrobnoustrojowe. Charakter prozdrowotnego działania tej mieszanki można przypisać substancjom biologicznie czynnym stanowiącym czynniki regulujące zawartości kwasów tłuszczowych wielonienasyconych – PUFA (ryc. 1), charakteryzujący się najwyższym ich udziałem w tłuszczu przy najniższym poziomie kwasów nasyconych – SFA (ryc. 2), a także wysokiemu udziałowi oraz proporcji kwasów omega-3 i omega-6 (ryc. 3 i 4). Dostarczenie zwierzętom odpowiedniej ilości PUFA wpływa pozytywnie na ich układ odpornościowy poprzez modyfikację frakcji fosfolipidowej komórek odpornościowych. Zwłaszcza kwasy tłuszczowe omega-3 odgrywają kluczową rolę w immunomodulacji i metabolizmie lipidów, wspierając rozwój układu odpornościowego płodu oraz skuteczną odpowiedź zapalną. Ponadto omega-3 i PUFA pełnią funkcję regulatorów metabolicznych poprzez wpływ na transkryptom, co wykazuje działanie nutrigenomiczne [Gladine i Mazur 2014, Hansen i in. 2017, Håbeanu i in. 2022]. Ponadto jest istotny w odpowiedzi na wyzwania żywieniowe w środowisku matczyno-płodowym, ponieważ łożysko dostosowuje swoją zdolność do dostarczania składników odżywczych, w tym kwasu α -linolenowego (ALA), gdzie jest transportowany przez łożysko do rozwijającego się płodu. Szczególnie istotne jest to, że długołańcuchowe kwasy tłuszczowe pochodzące z ALA pełnią kluczową rolę w rozwoju poznawczym płodu. Dostępność ALA w krążeniu matki oraz zdolność łożyska do transportu tego składnika do krążenia płodowego mają istotny wpływ na wzrost zarodka [Shrestha i in. 2020, Uken i in. 2021]. Ze względu na duży udział ziela szalwii lekarskiej mieszanka może istotnie wpłynąć zwłaszcza na funkcjonowanie układu pokarmowego zwierząt. Radkowska [2013] podaje, że zastosowanie szalwii lekarskiej w żywieniu zwierząt reguluje procesy trawienne oraz intensywność przemiany materii. Przyczynia się do zwiększenia również aktywności enzymów trawiennych błon śluzowych żołądka, co może istotnie wpływać na poprawę i wykorzystanie składników pokarmowych. Zioła te cechują się też właściwościami przeciwbakteryjnymi i mogą być stosowane do utrzymania prawidłowej populacji mikroorganizmów przewodu pokarmowego zwierząt. Studzińska-Sroka i in. [2018] również wskazują na działanie antybakteryjne użytych

Tabela 4. Procentowa zawartość zidentyfikowanych składników olejków eterycznych w doświadczalnych mieszankach ziółowych (%)

Lp.	Składnik olejku	Mieszanka 1	Mieszanka 2	Mieszanka 3
1.	α -phellandrene	0,22	0,09	0,16
2.	α -pinene	0,54	0,24	0,39
3.	camphene	0,52	0,36	0,42
4.	beta-pinen	0,19	0,12	0,13
5.	1-octen-3-ol	0,30	0,14	0,15
6.	β -myrcene	0,50	0,21	0,28
7.	terpinolen	0,34	0,22	0,23
8.	<i>p</i> -cymene	8,93a	4,29b	6,15b
9.	limonene	0,24	0,08	0,15
10.	eucalyptol	1,07	1,33	1,08
11.	γ -terpinene	2,98a	1,43b	2,05ab
12.	sabinene hydrate	0,22	0,17	0,18
13.	β -linalool	3,07	2,58	2,99
14.	α -thujone	1,86	2,90	2,00
15.	β -thujone	0,85	1,28	0,96
16.	camphor	2,68	3,85	3,16
17.	endo-borneol	1,12	1,10	1,06
18.	4-terpinenol	0,70	0,54	0,56
19.	α -terpineol	0,17	0,25	0,19
20.	methylthymol	0,37	0,15	0,17
21.	methylcarvacrol	0,24	0,13	0,18
22.	carvone	0,14	0,09	0,07
23.	bornyl acetate	0,15	0,15	0,11
24.	thymol	20,43a	12,48b	12,80b
25.	carvacrol	49,35b	62,11a	61,28a
26.	caryophyllene	1,08	1,17	1,03
27.	humulene	0,38	0,70	0,50
28.	β -bisabolene	0,44	0,51	0,53
29.	caryophyllene oxide	0,50	0,50	0,40
30.	viridiflorol	0,44	0,83	0,63

a, b – wartości różnią się istotnie pomiędzy mieszankami przy $p \leq 0,05$

w recepturze mieszanki komponentów ziołowych. Radkowska [2013] podaje, że w samej lebidoczce pospolitej wykryto aż 30 substancji wtórnego metabolizmu roślin wykazujących działanie przeciwbakteryjne. Mieszanka może mieć istotny wpływ na zdrowie przewodu pokarmowego młodych przeżuwaczy. Właściwości immunostymulujące potencjalnie wykazuje mieszanka z najwyższym udziałem ziela lebidoczki pospolitej (Mieszanka 3). Immunomodulujący charakter wnoszą dodatkowe czynniki funkcjonalne tego zioła, co wykazali również Ayrle i in. [2016] oraz Studzińska-Sroka i in. [2018]. Frankić i in. [2009] podają, że zioła, które odznaczają się wysoką zawartością związków o właściwościach fitoterapeutycznych, takich jak kwas askorbinowy (jedna z form witaminy C), a także karotenoidów oraz flawonoidów przyczyniają się do prawidłowego funkcjonowania odporności zwierząt. Ponadto warunkują zwiększoną aktywność białek (interferonów), które zostają uwalniane w wyniku obecności patogenów.

Tabela 5. Zawartość wybranych substancji biologicznie czynnych w badanych ziołach w przeliczeniu na substancję czynną (mg/100 g świeżej masy)

Wyszczególnienie	Zioła		
	lebidoczka pospolita	szałwia lekarska	tymianek pospolity
Witamina C	28,61	38,44	39,12
Kwasy fenolowe	39,7	96,7	93,4
Flawonole	84,2	172,3	205,4
Flawonony	78,3	6,2	123,8

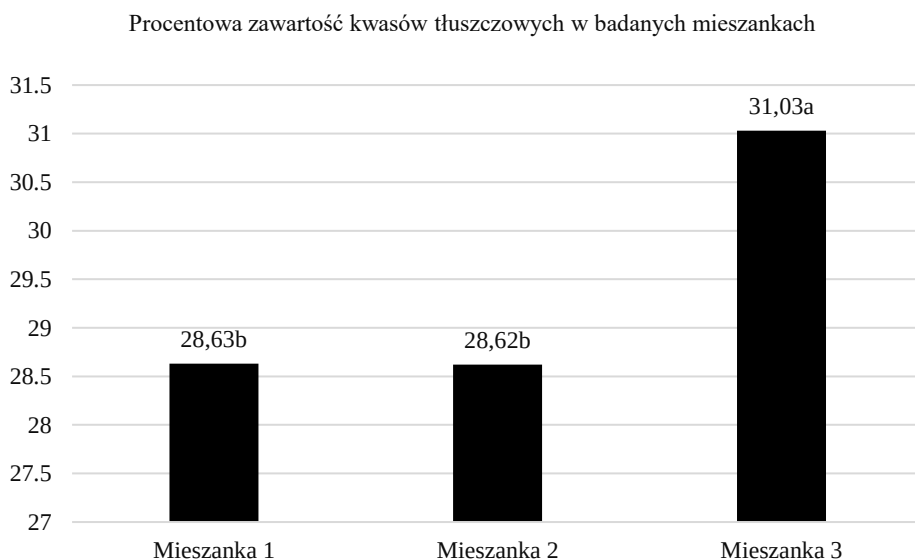
Tabela 6. Średnie dzienne przyrosty cieląt oraz zużycie mieszanki treściwej na kilogram przyrostu

Okres doświadczalny, od urodzenia do końca 12. tyg. życia	Grupa			
	K	C1	C2	C4
Przyrosty, g/dobę	1026b	1133b	1148b	1327a
Zużycie mieszanki treściwej na 1 kg przyrostu, g s.m.	1740	1680	1670	1590

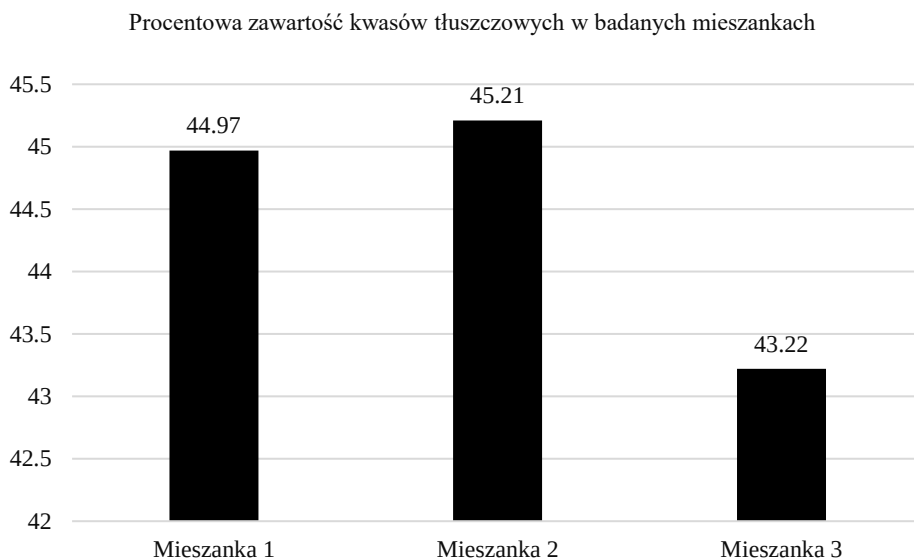
a, b – wartości różnią się istotnie pomiędzy grupami przy $p \leq 0,05$



Ryc. 1. Zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w badanych mieszankach zielonych objętych badaniami (%); a, b – wartości różnią się istotnie pomiędzy mieszankami przy $p \leq 0,05$



Ryc. 2. Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych w badanych mieszankach zielonych objętych badaniami (%); a, b – wartości różnią się istotnie pomiędzy mieszankami przy $p \leq 0,05$



Ryc. 3. Zawartość kwasów tłuszczowych omega-3 w tłuszczu mieszanek zielonych objętych badaniami (%); a, b – wartości różnią się istotnie pomiędzy mieszankami przy $p \leq 0,05$



Ryc. 4. Zawartość kwasów tłuszczowych omega-6 w tłuszczu mieszanek zielonych objętych badaniami (%); a, b – wartości różnią się istotnie pomiędzy mieszankami przy $p \leq 0,05$

Podsumowanie

Dodatek mieszanek ziołowych, niezależnie od udziału procentowego poszczególnych ziół, w żywieniu cieląt miał pozytywny wpływ na przyrosty masy ciała i współczynniki konwersji paszy. Analiza statystyczna efektów produkcyjnych, w tym średnich dziennych przyrostów masy ciała i pobrania mieszanki treściwej, wykazała istotnie ($p \leq 0,05$) wyższe przyrosty i najwyższą wartość współczynników wykorzystania paszy w wariacie mieszanki ziołowej zawierającej najwyższy udział lebiodki pospolitej. Wyniki badań nad suplementacją diety cieląt wieloskładnikowymi mieszankami ziołowymi zawierającymi ziele oregano (*Origanum vulgare*), ziele tymianku (*Thymus vulgaris*) i liście szafwii (*Salvia officinalis*) mogą być zalecane w żywieniu młodych zwierząt. Warto zauważyć, że obserwowane efekty wzrostu cieląt mogą wynikać z różnej zawartości związków aktywnych biologicznie. Nadal jednak brakuje szczegółowych informacji na temat mechanizmu działania tych substancji na organizm zwierząt, co skłania do prowadzenia poszerzonych badań wyjaśniających te mechanizmy.

Piśmiennictwo

- Abd El-Hacka M.E., Alagawanya M., Faragb M.R., Tiwaric R., Karthikd K., Dhamae K., Zorriehzahraf J., Adelg M., 2016. Beneficial impacts of thymol essential oil on health and production of animals, fish and poultry: a review. *J. Essent. Oil Res.* 5(28), 365–382. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2016.1153002>
- AlSuwaiegh S.B., Almotham A.M., Alyousef Y.M., Mansour A.T., Al-Sagheer A.A. (2022). Influence of functional feed supplements on the milk production efficiency, feed utilization, blood metabolites, and health of holstein cows during mid-lactation. *Sustain Sci.* 14, 8444. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2016.1153002>
- Amenu D., 2014. Antimicrobial activity of medicinal plant extracts and their synergistic effect on some selected pathogens. *Am. J. Ethnomed.* 1(1), 18–29.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry), 2011. Official methods of analysis. 18th edition. AOAC, Gaithersburg, MA 2011.
- Arnott G., Ferris C.P., O'connell N.E., 2017. Welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal* 11(2), 261–273. <https://doi.org/10.1017/s1751731116001336>
- Asres A., Amha N., 2014. Effect of stress on animal health: a review. *J. Biol. Agric. Healthcare* 4(27), 116–121.
- Ayrle H., Mevissen M., Kaske M., Nathues H., Gruetzner N., Melzig M., Walkenhorst M., 2016. Medicinal plants – prophylactic and therapeutic options for gastrointestinal and respiratory diseases in calves and piglets? A systematic review. *BMC Vet. Res.* 12, 1–31.
- Batt N., (2015). Herbs and herbal supplements, a novel nutritional approach in animal nutrition. *Iran. J. Appl. Animal Sci.* 5(3), 497–516. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4688.9444>
- Benchaar C., 2021. Diet supplementation with thyme oil and its main component thymol failed to favorably alter rumen fermentation, improve nutrient utilization, or enhance milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104(1), 324–336. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18401>
- Bertoni G., Minuti A., Trevisi E., 2015. Immune system, inflammation and nutrition in dairy cattle. *Animal Prod. Sci.* 55(7), 943–948. <https://doi.org/10.1071/AN14863>
- Bisinotto R.S., Greco L.F., Ribeiro E.S., Martinez N., Lima F.S., Staples C.R., Santos J.E.P., 2018. Influences of nutrition and metabolism on fertility of dairy cows. *Animal Reprod.* 9(3), 260–272.

- Borys B., Jarzynowska A., 2016. Wpływ dodatku mieszanki ziół na użytkowość dojonych owiec w okresie żywienia letniego. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 12, 20(2), 31–43.
- Chase C., Kaushik R.S., 2019. Mucosal immune system of cattle: all immune responses begin here. *Vet. Clin. North Am. Food Animal Pract.* 35(3), 431–451.
- Donno D., Boggia R., Zunin P., Cerutti A.K., Guido M., Mellano M.G., Prgomet Z., Beccaro G.L., 2016. Phytochemical fingerprint and chemometrics for natural food preparation pattern recognition: an innovative technique in food supplement quality control. *J. Food Sci. Technol.* 53, 1071–1083. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2115-6>
- Faniyi T.O., Adewumi M.K., Prates Ê.R., Ayangbenro A.S., 2016. Effect of herbs and spices (plant extracts) on rumen microbial activities: a review. *Pubvet* 10(6), 477–486.
- Frankič T., Voljč M., Salobir J., Rezar V., 2009. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta Argic. Sloven.* 94(2), 95–102.
- Gladine C., Mazur A., 2014. Nutrigenomic effects of omega-3 fatty acids. *Lipid Technol.* 26(10), 227–229.
- Grela E.R., Klebaniuk R., Kwiecień M., Pietrzak K., 2013. Fitobiotyki w produkcji zwierzęcej. *Przegl. Hod.* 3, 21–24.
- Hăbeanu M., Lefter N.A., Gheorghe A., Ropota M., Toma S.M., Pistol G.C., Surdu I., Dumitru M., 2022. Alterations in essential fatty acids, immunoglobulins (IgA, IgG, and IgM), and enteric methane emission in primiparous sows fed hemp seed oil and their offspring response. *Vet. Sci.* 9(7), 352.
- Hansen S.L., Ritterband-Rosenbaum A., Voigt C.B., Hellgren L.I., Sørensen A.D.M., Jacobsen C., Greve L.Z., Jørgensen K.D., Bilde P.E., Kiens B., Nielsen J.B., 2017. Supplementation of docosahexaenoic acid (DHA), vitamin D3 and uridine in combination with six weeks of cognitive and motor training in prepubescent children: a pilot study. *BMC Nutr.* 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40795-017-0155-1>
- Hassan F.A., Awad A., 2017. Impact of thyme powder (*Thymus vulgaris* L.) supplementation on gene expression profiles of cytokines and economic efficiency of broiler diets. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 15816–15826.
- Horky P., Skalickova S., Smerkova K., Skladanka J., 2019. Essential oils as a feed additives: Pharmacokinetics and potential toxicity in monogastric animals. *Animals* 9(6), 352.
- Hulbert L.E., Moisé S.J., 2016. Stress, immunity, and the management of calves. *J. Dairy Sci.* 99(4), 3199–3216. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9251-7>
- IZ PIB-INRA, 2009. Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Zalecane normy i tabele wartości pokarmowej pasz. IZ PIB, Kraków-Balice.
- Kiczorowska B., Samolińska W., Al-Yasir A.R., Kiczorowski P., Winiarska-Mieczan A., 2017. Natural feed additives as immunostimulants in animal nutrition. *Ann. Animal Sci.* 17(3), 605–625.
- Kikusato M., 2021. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. *Animal Biosci.* 34(3), 345.
- Klebaniuk R., Kowalczyk-Vasilev E., Bąkowski M., Rocki G., Grela E.R., Kiczorowska B., Matras J., Widz J., Kępka K., 2017. Efektywność stosowania mieszanki ziołowej. *Med. Wet.* 73(12), 751–755.
- Kostyra M., Albera-Łojek A., Łojek J., 2018. Zioła w terapii i profilaktyce schorzeń u koni. *Wiad. Zootech.* 56(1), 90–107.
- Kumar M., Kumar V., Roy D., Kushwaha R., Vaiswani S., 2014. Application of herbal feed additives in animal nutrition – a review. *Int. J. Livestock Res.* 4(9), 1–8. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20141205105218>
- Kumar M., Dahuja A., Tiwari S., Punia S., Tak Y., Amarowicz R., Bhoite A.G., Singh S., Joshi S., Panesar P.S., Saini R.P., Pihlanto A., Tomar M., Sharifi-Rad J., Kaur C., 2021. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review. *Food Chem.* 353, 129431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129431>
- Kumari R., Kotecha M., 2016. Przegląd standaryzacji leków ziołowych. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 7(2), 97–106.
- Kuralkar P., Kuralkar S.V., 2021. Role of herbal products in animal production. An updated review. *J. Ethnopharmacol.* 278, 114246.

- Kuri P., Kumar P., Kumar N., Aggarwal A., Singh M., 2019. Effect of poly-herbal mixture supplementation during post partum period on feed intake and reproductive performance of Sahiwal cows. *Indian J. Animal Nutr.* 36(1), 35–39.
- Kuźnicki D., Szulc P., Szumacher-Strabel M., Cieślak A., 2018. Polifenole jako modulatory przemian w przewodzie pokarmowym zwierząt. *Przegl. Hod.* 6, 18–21.
- Laskowski S., Banaszkiewicz T., Milczarek A., 2017. Wpływ oregano dodanego do mieszanek na wyniki odchovu, wybrane organy wewnętrzne oraz cechy morfometryczne i wartość pH przewodu pokarmowego kurcząt brojlerów. *Med. Wet.* 73(12), 781–785.
- Lillehoj H., Liu Y., Calsamiglia S., Fernandez-Miyakawa M.E., Chi F., Cravens R.L., Gay C.G., 2018. Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. *Vet. Res.* 49(1), 1–18.
- Mirowski A., 2019. Probiotyki w żywieniu cieląt. *Życie Wet.* 94(4), 275–276.
- Mirowski A., 2020. Użyteczność antyoksydantów pokarmowych w łagodzeniu stresu oksydacyjnego u młodych świń. *Życie Wet.* 95(5), 281–283.
- Øverland M., Mydland L.T., Skrede A., 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *J. Sci. Food Agric.* 99(1), 13–24.
- Paskudska A., Kolodziejczyk D., Socha S., 2018. The use of herbs in animal nutrition. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 17(2), 3–14. <https://doi.org/10.21005/asp.2018.17.2.01>
- Radkowska I., 2013. Wykorzystanie ziół i fitogenicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich. *Wiad. Zootech.* 4, 117–124.
- Radzikowski, D., Milczarek, A., Janocha, A., Ostaszewska, U., Niedziałek, G., 2020. Feed additives in the diet of high-producing dairy cows. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 19(4), 5–16. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.4.01>
- Redoy M.R.A., Shuvo A.A.S., Cheng L., Al-Mamunl M., 2020. Effect of herbal supplementation on growth, immunity, rumen histology, serum antioxidants and meat quality of sheep. *Animal* 14(11), 2433–2441.
- Robi D.T., Mossie T., Temteme S., 2023. Eukaryotic infections in dairy calves: impacts, diagnosis, and strategies for prevention and control. *Vet. Med. Res. Rep.* 195–208.
- Santos F.H.R., De Paula M.R., Lezier D., Silva J.T., Santos G., Bittar C.M.M., 2015. Essential oils for dairy calves: effects on performance, scours, rumen fermentation and intestinal fauna. *Animal* 9(6), 958–965.
- Shan C.H., Guo J., Sun X., Li N., Yang X., Gao Y., Zhao J.J., 2018. Effects of fermented Chinese herbal medicines on milk performance and immune function in late-lactation cows under heat stress conditions. *J. Animal Sci.* 96(10), 4444–4457.
- Sharma N., Kundu S.S., Tariq H., Mani V., Malhotra R., 2021. Effect of fat and protein along with polyherbal preparation on reproductive health of periparturient Karan Fries Cows. *Indian J. Animal Res.* 55(6), 657–662.
- Shrestha N., Sleep S.L., Cuffe J.S., Holland O.J., Perkins A.V., Yau S.Y., McAinch A.J., Hryciw D.H., 2020. Role of omega-6 and omega-3 fatty acids in fetal programming. *Clin. Experim. Pharmacol. Physiol.* 47(5), 907–915.
- Skoufos I., Bonos E., Anastasiou I., Tsinas A., Tzora A., 2020. Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals. In: *Feed Additives*, 311–337. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00018-2>
- Sordillo L.M., Mavangira V., 2014. The nexus between nutrient metabolism, oxidative stress and inflammation in transition cows. *Animal Prod. Sci.* 54(9), 1204–1214.
- Stevanović Z.D., Bošnjak-Neumüller J., Pajić-Lijaković I., Raj J., Vasiljević M., 2018. Essential oils as feed additives. Future perspectives. *Molecules* 23(7), 1717.
- Strzetelski J.A., Brzóska F., Kowalski Z., Osieglowski S., 2014. Zalecenia żywieniowe dla przeżuwaczy i tabele wartości pokarmowej pasz. Kraków, Instytut Zootechniki – PIB.
- Studzińska-Sroka E., Dudek-Makuch M., Czapska I., 2018. Zastosowanie roślin w profilaktyce i leczeniu zwierząt hodowlanych. *Wiad. Zootech.* 56(3), 66–78.
- Tamminen L., Emanuelson U., Blanco-Penedo I., 2018. Systematic review of phytotherapeutic treatments for different farm animals under european conditions. *Front. Vet. Sci.* 5(140), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00140>

- Trevisi E., Minuti A., 2018. Assessment of the innate immune response in the periparturient cow. *Res. Vet. Sci.* 116, 47–54.
- Turyk Z., Osek M., Milczarek A., 2013. Wpływ preparatu ziółowego na zmiany barwy i kwasowości mięsa wieprzowego podczas przechowywania. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 9(4), 53–61.
- Uken K.L., Schäff C.T., Vogel L., Gnott M., Dannenberger D., Görs S., Tuchscherer A., Tröscher A., Liermann W., Hammon H.M., 2021. Modulation of colostrum composition and fatty acid status in neonatal calves by maternal supplementation with essential fatty acids and conjugated linoleic acid starting in late lactation. *J. Dairy Sci.* 104(4), 4950–4969. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19627>
- Wafa W.M., El-Nagar H.A., 2021. Reproductive efficiency, milk production, health status, antioxidant capacity, lipid profile, and metabolic hormones of lactating cows treated with coenzyme q10 and l-carnitine. *J. Anim. Health Prod* 9(4), 380–390.
- Zhao S., Shan C., Wu Z., Feng M., Song L., Wang Y., Gao Y., Guo J., Sun X., 2022. Fermented Chinese herbal preparation: impacts on milk production, nutrient digestibility, blood biochemistry, and antioxidant capacity of late-lactation cows under heat stress. *Animal Feed Sci. Technol.* 292, 115448. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115448>

Nasiona roślin bobowatych w żywieniu świń i drobiu

Eugeniusz R. Grela¹, Bożena Kiczorowska¹, Wioletta Samolińska¹,
Małgorzata Świątkiewicz²

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Instytut Zootechniki PIB

autor korespondencyjny: bozena.kiczorowska@up.lublin.pl

Wstęp

Nasiona roślin bobowatych (dawniej strączkowych) stanowią cenne źródło białka i innych składników pokarmowych. Są one drugim po zbożach, pod względem ważności, źródłem pożywienia roślinnego dla ludzi i zwierząt. Charakteryzują się stosunkowo dużą zawartością białka ogólnego (20–40%) o podobnym składzie aminokwasowym (wysoka zawartość lizyny, a niska metioniny), ale także obecnością substancji antyżywnieniowych, pogarszających wykorzystanie składników pokarmowych. W składzie chemicznym i wartości pokarmowej pomiędzy poszczególnymi gatunkami istnieją jednak znaczne różnice. Zmienna jest zawartość białka ogólnego (od ok. 20 do ponad 40%), tłuszczu (od ok. 2 do ponad 20%) oraz włókna surowego (tab. 1). O wartości biologicznej białka decyduje skład aminokwasowy, który zależy od wielu czynników, w tym od gatunku rośliny i miejsca uprawy i pozyskania

Tabela 1. Zawartość składników pokarmowych (88% suchej masy) i energii metabolicznej (EM) nasion roślin bobowatych [Smulikowska i Rutkowski 2018, Grela i Skomiał 2020, analizy własne]

Nasiona	Białko ogólne (g·kg ⁻¹)	Popiół surowy (g·kg ⁻¹)	Tłuszcz surowy (g·kg ⁻¹)	Włókno surowe (g·kg ⁻¹)	EM* (MJ)	
					drób	świnie
Bobik	268	37	13	73	10,35	13,04
Ciecierzycza	205	30	60	35	11,84	14,60
Fasola	215	38	14	44	10,45	13,02
Groch siewny	227	34	12	58	10,22	13,68
Łędwian siewny	265	35	7	58	9,35	12,44
Łubin biały	313	38	91	113	9,04	13,22
Łubin wąskolistny	292	37	55	136	8,39	14,20
Łubin żółty	383	48	47	144	9,42	14,23
Peluszka	216	32	12	60	10,08	13,64
Soja ekstrudowana	349	55	208	48	13,55	16,23

*EM – energia metaboliczna

nasion (tab. 2). Duże różnice jakościowe i ilościowe dotyczą także czynników przeciwdrożdżyczych [Jeroch i in. 2016, Grela i in. 2017b]. Do nasion bobowatych o znaczeniu paszowym zaliczyć należy w szczególności soję (*Glycine max*), groch siewny i polny (*Pisum sativum* i *P. sativum subsp. arvense*), fasolę (*Phaseolus vulgaris*), ciecierzycę (*Cicer arietinum*), łubiny: biały, wąskolistny i żółty (*Lupinus albus*,

Tabela 2. Skład aminokwasowy białka nasion roślin bobowatych w paszy

Aminokwas	IFŻŻ PAN ¹	INRA ²	IFŻŻ PAN	INRA	IFŻŻ PAN	INRA	IFŻŻ PAN	INRA
	bobik (g·kg ⁻¹)		groch siewny (g·kg ⁻¹)		łubin biały (g·kg ⁻¹)		soja ekstrudowana (g·kg ⁻¹)	
Thr	9,1	9,1	8,6	7,8	11,5	12,6	14,1	13,9
Val	12,9	11,5	10,0	9,7	12,5	14,7	18,8	16,6
Ile	11,2	10,3	9,1	8,6	13,8	15,8	16,2	16,1
Leu	20,9	19,3	15,9	14,7	23,5	24,7	26,3	25,9
Tyr	9,2	8,1	8,4	6,4	10,3	15,9	12,8	12,3
Phe	11,1	10,7	9,5	9,7	13,5	13,3	17,2	17,4
Lys	16,5	16,6	16,3	15,0	16,3	16,6	21,7	21,6
His	7,2	6,4	5,6	5,2	7,2	7,4	9,3	9,3
Arg	27,4	24,1	20,0	17,8	31,0	37,0	25,6	25,7
Cys	3,2	3,2	3,4	2,8	5,6	5,6	5,1	5,6
Met	2,1	1,8	2,3	2,0	2,2	2,6	5,0	5,3
Trp	2,3	2,1	2,1	1,8	2,2	2,4	4,5	4,4

¹Grela i Skomiał [2020], ²Sauvant i in. [2004]

L. angustifolius i *L. luteus*) oraz soczewicę (*Lens culinaris*). Do nasion roślin bobowatych o znacznie mniejszym znaczeniu należy bób (*Vicia faba*), lędwian (*Lathyrus sativus*) i wykę (*Vicia sativa*). Wśród nich pierwsze miejsce należy przypisać nasionom i produktom pochodnym z soi, które znane i cenione są w Europie i najdalszych zakątkach świata. Polska importuje rocznie ok. 2,6–2,7 mln ton poekstrakcyjnej śruty sojowej, najczęściej z udziałem GMO, głównie z Brazylii, Argentyny i USA. Europejska produkcja rolna obejmuje natomiast głównie groch, fasolę, bobik, łubin wąskolistny oraz ostatnio w coraz większym zakresie soję non GMO. Bobowate pozwalają na urozmaicenie płodozmianu zbożowego i sprawiają, że staje się on bardziej przyjazny zarówno dla roślin, jak i dla struktury gleby. Specyficzne, symbiotyczne wiązanie azotu zmniejsza nakłady związane z nawożeniem azotowym w płodozmianie, oddziałując w ten sposób korzystnie na środowisko naturalne. Atrakcyjność roślin bobowatych zwiększają nowe odmiany o niższej zawartości substancji antyżywnościowych i korzystniejszym profilu aminokwasowym białka. Białko nasion

bobowatych jest dobrze trawione, szczególnie przez świnię. Nasiona bobowatych zawierają również istotną ilość metabolitów wtórnych (taniny, alkaloidy, glukozydy, inhibitory proteaz). Mogą one pogarszać strawność paszy, obniżać jej smakowitość, a w niektórych przypadkach pogarszać stan zdrowia zwierząt (tab. 3). Występowanie i mechanizmy działania tych związków są zróżnicowane: α -galaktozydy, inhibitory proteaz i taniny wpływają przede wszystkim na wykorzystanie składników pokarmowych, natomiast hemaglutyniny, alkaloidy, glukozydy wywierają negatywny

Tabela 3. Oddziaływanie czynników przeciwożywczych w nasionach bobowatych na organizm zwierząt [Jeroch i in. 2013]

Grupa składników	Związek chemiczny	Występowanie	Możliwe skutki (działanie)
Alkaloidy	sparteina, lupinina, lupanina, hydroksylupanina, angustifolina	łubiny gorzkie, ślady w odmianach słodkich	uszkodzenie wątroby, porażenie dróg oddechowych, spadek pobrania paszy, pogorszenie produktywności
Związki chelatujące	kwasy fitynowe	we wszystkich bobowatych	wiązanie makro- (Ca, Mg) i mikrośladków (Fe, Zn), pogarszające wykorzystanie składników mineralnych, kompleksy z białkiem (aminokwasami) i cukrami, które mogą pogarszać trawienie
Glikozydy	wicyna i konwicyna	bobik, wyka	zaburzenia przemiany materii, zmniejszenie masy jaj (mniejsze żółtka) spadek nieśności, wylęgowości, krwawe wybroczyny na żółtku
	saponiny	bobik, groch, łubin, soja	powierzchniowo aktywne właściwości hemolityczne, blokowanie witaminy D
	α -galaktozydy (rafinoza, stachioza, werbaskoza)	łubin, bobik, groch, soja	optymalny substrat do fermentacji bakteryjnej w jelicie grubym, w efekcie gwałtowny wzrost mikroorganizmów i powstawanie dużej ilości gazów jelitowych
	glikozydy cyjanogenne	wyka, fasola	objawy zatrucia kwasem pruskim
Fenole	Głównie skondensowane taniny	bobik, groch, soja	pogorszenie pobrania paszy, blokowanie enzymów proteolitycznych, pogorszenie strawności białka, wyhamowanie wzrostu, spadek nieśności
Białka	lektyny	soja, fasola, bobik, groch	uszkodzenia ściany jelit, w wyniku tego pogorszenie mechanizmów obronnych organizmu
	inhibitory proteaz	soja, bobik, groch, łubin	ograniczenie aktywności trypsyny i chymotrypsyny, hipertrofia i hiperplazja trzustki, pogorszenie tempa wzrostu

wpływ na organizm zwierzęcy. Z tego względu w żywieniu zwierząt młodych i hodowlanych nasiona roślin bobowatych należy stosować ostrożnie i w ograniczonych ilościach [Sońta i Rekiel 2017, Grela i Czech 2019, Grela 2020].

Wykorzystanie nasion roślin bobowatych zależy od polityki UE i Polski w zakresie dopłat do ich uprawy, wyhodowania odmian o zmniejszonej zawartości substancji antyodżywczych, a o zwiększonej ilości aminokwasów siarkowych oraz zakazu stosowania pasz z udziałem GMO. Polska w niektórych obszarach produkcji zwierzęcej może i powinna ograniczyć import poekstrakcyjnej śruty sojowej z udziałem GMO. Dotyczy to żywienia przeżuwaczy oraz częściowo trzody chlewnej i niektórych gatunków drobiu. Należy przy tym dążyć też do zwiększenia uprawy soi bez GMO, która poddana procesom termoplastycznym stanowi doskonałą paszę energetyczno-białkową w żywieniu świń i drobiu [Sońta i Rekiel 2017].

Wartość pokarmowa nasion bobowatych

Nasiona roślin bobowatych cechują się dość zróżnicowaną zawartością białka, zależnie od gatunku, agrotechniki i metod uzdatniania [Grela, 2020]. Nasiona tych roślin stanowią bogate źródło białka, którego zawartość wynosi od około 20% w grochu, 25–32% w bobiku, łubinie wąskolistnym i białym aż do 38–42% w soi i łubinie żółtym (tab. 1). Dość zróżnicowana jest zawartość tłuszczu oraz włókna surowego i wynikająca stąd wartość energetyczna dla świń i drobiu (tab. 1). Wspólną cechą składu aminokwasowego białka nasion strączkowych jest niska zawartość aminokwasów siarkowych (metioniny i cysteiny) i tryptofanu, a wysoka, chociaż znacznie zróżnicowana między gatunkami, zawartość lizyny (tab. 2). Najwięcej lizyny zawiera białko grochu, nieco mniej białko bobiku, a najmniej białko łubinu. Zawartość aminokwasów siarkowych jest największa w białku łubinu, jednak w białku łubinu żółtego stosunek cysteiny do metioniny jest znacznie wyższy, niż w pozostałych nasionach i wyższy, niż optymalny dla większości gatunków zwierząt, co powinno być uwzględniane przy obliczaniu stopnia pokrycia zapotrzebowania na te aminokwasy przez białko nasion łubinu żółtego. Nasiona soi zawierają wysoką ilość białka (40–46% i tłuszczu (do 20%), przez co są doskonałym źródłem dla drobiu zarówno niezbędnych aminokwasów egzogennych, jak i energii – 15 MJ energii metabolicznej (EM) [Brzóska i in. 2015]. Tłuszcz soi charakteryzuje się bardzo dobrym profilem kwasów tłuszczowych, w którym ponad 80% stanowią kwasy nienasycone, a wśród nich dominuje kwas linolowy (50%). Nasiona bobiku zawierają ok. 25–35% s.m. białka, które stanowią głównie albuminy i globuliny (legumina) o zawartości lizyny w granicach 6,5–7,5% białka i relatywnie niskiej zawartości aminokwasów siarkowych (metioniny – 0,8–1%, cystyny 1,3–1,4%). Nasiona bobiku zawierają ok. 45–50% skrobi, o dużym udziale amylopektyny (do nawet 65%). Charakteryzują się także dość niską zawartością tłuszczu (do 2%), który w swoim profilu kwasów tłuszczowych zawiera nawet 80% nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym najczęściej linolowego [Brzóska i in. 2015]. Wartość energetyczna nasion bobiku dla drobiu

określa się na poziomie 10 MJ, a strawność poszczególnych składników pokarmowych w granicach: białko ogólne od 79%, cukry łatwo hydrolizujące 70%, tłuszcz do 66% [Smulikowska i Rutkowski 2005]. Nasiona grochu charakteryzują się wysoką zawartością białka – 21–25% s.m. oraz aminokwasów (głównie frakcji globulin: leguminy i weceliny oraz albumin: legumeliny), które cechują się wysoką strawnością (86%) [Smulikowska i Rutkowski 2005]. Głównym węglowodanem zapasowym jest skrobia (ok. 44%), a wartość energetyczna grochu w żywieniu drobiu waha się od 11 do 12 MJ EM. Nasiona grochu bogate są w witaminy oraz związki mineralne (P, K, Ca, Mg i Na) [Brzóska i in. 2015]. Nasiona łubinów charakteryzują się wysoką zawartością białka – od 30% w łubinie białym do nawet 45% w łubinie żółtym. Białko to zawiera najmniej lizyny w porównaniu z pozostałymi nasionami bobowatych i nie więcej niż 0,7% metioniny. Charakteryzuje się jednak wysoką, wynoszącą ok. 92%, strawnością u drobiu. Cechą charakterystyczną nasion łubinów jest struktura węglowodanów, w której w śladowych ilościach występuje skrobia, a dominują węglowodany nieskrobiowe, trawione w niewielkim stopniu (9%) w przewodzie pokarmowym ptaków [Choć 2015]. Nasiona łubinu białego charakteryzują się relatywnie wysoką zawartością tłuszczu surowego (ok. 10%) z dużym udziałem jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, dobrze trawionym przez drób (85%) [Smulikowska i Rutkowski 2005, Brzóska i in. 2015]. Wartość energetyczna nasion łubinów dla drobiu jest dość niska i kształtuje się w granicach od 7,2 do ok. 8,7 MJ EM.

Substancje przeciwdrożdżycze nasion bobowatych

W paszoznawstwie zalicza się je tradycyjnie do tzw. czynników antyżywienio- wych lub przeciwdrożdżyczych (antinutritional factors – ANF), ponieważ na ogół wpływają ujemnie na procesy przyswajania składników pokarmowych i ich metabolizm, a w końcowym efekcie na użytkowość zwierząt. Obecnie coraz częściej określa się je mianem związków bioaktywnych, ze względu na różnorodne, także prozdrowotne, oddziaływanie na organizm. Do czynników wpływających niekorzystnie na wartość odżywczą białka nasion bobowatych, w tym także na strawność jelitową białka i aminokwasów, zalicza się przede wszystkim obecność wtórnych metabolitów roślin bobowatych (ANF). Biorąc pod uwagę budowę chemiczną, związki te dzieli się na białkowe, do których należą inhibitory enzymów proteolitycznych, lektyny i białka o właściwościach alergizujących, oraz niebiałkowe, obejmujące taniny, fityniany, alkaloidy, saponiny, glikozydy i latyrogeny. Do związków typu ANF zalicza się także oligocukry, które w nasionach stanowią materiał zapasowy, a ich zawartość jest znacznie większa niż pozostałych substancji. Wśród związków ANF można wyróżnić takie, których działanie polega głównie na upośledzeniu trawienia i wykorzystania składników pokarmowych, jak taniny i fityniany, oraz związki toksyczne, wykazujące silne działanie ogólnoustrojowe: należą do nich lektyny, alkaloidy i latyrogeny. Obecnie wiele uwagi poświęca się nieskrobiowym polisacharydom

(NSP), wchodzącym w skład włókna pokarmowego nasion bobowatych. Mechanizm działania związków ANF w przewodzie pokarmowym jest różny. Taniny powodują pogorszenie strawności białka na skutek tworzenia kompleksów z białkami paszy, śliny i enzymów trawiennych. Inhibitory proteaz tworzą kompleksy z trypsyną i chymotrypsyną, i poprzez mechanizm zwrotny stymulują wydzielanie soku trzustkowego. Powoduje to wzrost strat białka endogennego o dużej zawartości aminokwasów siarkowych, prowadzi do pogłębienia niedoboru tych aminokwasów w białku bobowatych i pogorszenia nie tylko strawności, ale także wartości biologicznej białka.

Nasiona poszczególnych gatunków zawierają różne rodzaje i różne ilości czynników typu ANF, wywołując negatywny wpływ na organizm zwierząt (tab. 3). W nasionach bobiku i grochu odmian kolorowo kwitnących, czynnikiem pogarszającym strawność jelitową białka i aminokwasów są taniny, których zawartość jest znacznie większa niż w odmianach białko kwitnących. W grochu, zawartość czynnika antytrypsynowego jest większa w odmianach ozimych, co również znajduje wyraz w niższej strawności jelitowej białka grochu ozimego. W obrębie odmian jarych grochu, zawartość inhibitorów proteaz jest stosunkowo niska i nie wpływa w sposób wyraźny na strawność składników pokarmowych. Do związków typu ANF należą także lektyny (hemaglutyniny), które oprócz uszkodzania nabłonka jelitowego mają działanie ogólnoustrojowe i zwiększają katabolizm białka organizmu. Lektyny soi nie mają działania toksycznego, natomiast najwięcej lektyn o działaniu toksycznym zawierają nasiona fasoli, dlatego jedzenie i skarmianie surowej fasoli jest niebezpieczne i może powodować ciężkie zatrucia. Wobec realizacji projektu pt. „Produkcja i wykorzystanie krajowych źródeł białka roślinnego na cele paszowe (Nr umowy 00001.DDD.65141.3.00001.2023.00) szczególną uwagę należy zwrócić na nasiona soi. Surowe nasiona soi zawierają różnorodne inhibitory trypsyny i inne termolabilne substancje antyżywniowe, które mają jednoznacznie ujemny wpływ na produktywność i zdrowotność zwierząt, szczególnie kurcząt i prosiąt. Z tych też względów nasiona soi winny być włączane do programu żywieniowego dopiero po obróbce termoplastycznej (analogicznie jak w przypadku poekstrakcyjnej śruty sojowej). Próby eliminacji inhibitorów trypsyny oraz lektyn poprzez zabiegi hodowlane okazały się mało zadowalające, w porównaniu z efektami uzyskiwanymi w procesie toastowania. Także nowe odmiany soi zawierają jeszcze inne termolabilne substancje antyżywniowe, które upośledzają trawienie białka. Spośród roślin bobowatych surowa soja wykazuje największą aktywność inhibitorów trypsyny (około $70 \text{ TUI} \cdot \text{mg}^{-1}$ suchej masy), natomiast aktywność antytrypsynowa toastowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej wynosi poniżej $10 \text{ TUI} \cdot \text{mg}^{-1}$ s.m. Tak więc wartość pokarmowa surowych nasion soi istotnie ograniczają substancje antyżywniowe, wśród których dominują inhibitory enzymów proteolitycznych (Kunitza oraz Browmana-Birka) [Kiczorowska 2016]. Są to substancje termolabilne, więc nasiona soi o paszowym wykorzystaniu przetwarza się termicznie na przykład poprzez: toastowanie, ekstrudowanie, ekspandowanie. Zatem wszystkie, nawet nowe, odmiany nasion soi powinny być

poddawane przed skarmieniem dodatkowym zabiegom termoplastycznym, np. ekstruzji [Brzóska 2017, Milczarek i in. 2017, Janocha i in. 2022].

Efektywność nasion bobowatych w żywieniu świń

Nasiona roślin bobowatych mogą być wartościowym komponentem mieszanek paszowych dla świń i drobiu. Zawierają spore ilości białka surowego, a umiejętnie stosowane nasiona grochu, łubinu czy bobiku mogą być cennym źródłem tego składnika w mieszankach dla zwierząt monogastrycznych [Grela i in. 2017a, Parrini i in. 2023, Lestingi 2024]. Nasiona roślin bobowatych są dobrze trawione przez świnię, a współczynniki strawności dla białka wahają się od 84 do 89% (tab. 4). Biorąc pod uwagę zawartość składników pokarmowych oraz rodzaj i ilość związków antyżywniowych można stwierdzić, że spośród nasion roślin bobowatych najlepszą paszą (poza soją) dla świń jest łubin żółty, w dalszej kolejności groch siewny, łubin wąskolistny, bobik i ciecierzycza oraz lędźwian siewny i wyka, zaś najmniej polecanymi – łubin biały i surowa fasola, których w zasadzie w żywieniu kurcząt i prosiąt nie powinno się stosować. Dla powodzenia w chowie świń nie należy przekraczać górnych zalecanych udziałów nasion roślin bobowatych w mieszankach pełnodawkowych (tab. 5). Nasiona bobowatych nie powinny być jedynym źródłem białka w mieszankach dla świń, a zwłaszcza dla młodszych zwierząt, prosiąt, warchlaków i tuczników w początkowym okresie tuczu. Nasiona bobowatych dobrze komponują się z poekstrakcyjną śrutą rzepakową [Grela i Czech 2019]. Nadmierna ilość nasion bobowatych (grochu, bobiku lub łubinów) może przyczynić się do pogorszenia produ-

Tabela 4. Współczynniki strawności składników odżywczych oraz wartość pokarmowa nasion bobowatych w żywieniu świń [Grela i Skomial 2020]

Nasiona	Współczynniki strawności pozornej (%)				
	SO	BO	TS	S i C	FSO
Bobik	85	85	45	98	45
Ciecierzycza pospolita ¹	85	86	52	98	55
Groch siewny	89	88	48	98	63
Lędźwian siewny	83	86	86	95	55
Łubin biały	81	85	60	98	75
Łubin niebieski	91	89	82	98	93
Łubin żółty	91	89	82	98	93
Peluszka	89	88	48	98	63
Soja ekstrudowana	86	89	84	98	74
Wyka ¹	78	84	42	93	45

¹ dane niepublikowane, SO – substancja organiczna, BO – białko ogólne, TS – tłuszcz surowy, S i C – skrobia i cukry, FSO – fermentująca substancja organiczna

Tabela 5. Wartość pokarmowa i zalecany maksymalny udział nasion bobowatych w żywieniu świń [opracowanie własne]

Nasiona	Zawartość w 1 kg ¹		Prosięta 15–25 kg	Tuczniki 26–70 kg	Tuczniki 71 kg – ubój	Lochy		Knury
	EM (MJ)	Lizyna ² (g)				ciąża	laktacja	
Bobik ³	13,0	13,5	5	10	8	5	10	10
Groch	13,6	13,2	10	25	10	5	15	10
Fasola ⁴	11,5	8,9	5	10	10	5	5	5
Lędwian siewny	11,8	12,8	0	5	10	5	10	5
Łubin biały	13,2	14,3	0	5	10	0	5	0
Łubin wąskolistny	14,1	11,8	5	10	10	5	8	5
Łubin żółty	14,2	16,9	10	15	10	10	15	10
Peluszka	13,5	12,6	0	5	5	5	5	0
Soja ekstrudowana	16,8	18,9	12	10	5	3	10	5
Soczewica	12,8	15,8	5	15	10	5	10	10
Wyka siewna	11,8	10,7	0	5	5	0	5	0

¹ Grela i Skomiał, [2020], ² lizyna standaryzowana do końca jelita cienkiego; ³ bobik obłuszczone; ⁴ fasola po obróbce termicznej

kiejności zwierząt. Wyniki prowadzonych dotychczas badań wydają się niezwykle istotne, zwłaszcza w związku z planowanym w naszym kraju w bliskiej przyszłości zakazem stosowania surowców GMO w żywieniu zwierząt. Biorąc pod uwagę, że ponad 90% dostępnej obecnie na światowych rynkach poekstrakcyjnej śruty sojowej jest genetycznie modyfikowana, to nasiona roślin bobowatych krajowej produkcji, w tym soi non GMO mogą stać się w niedługiej przyszłości podstawowym źródłem białka paszowego dla świń [Brzóska 2017].

Jak wykazano w testach przeprowadzanych na świniach mieszanki pełnoporcjowe zawierające wysokie udziały nasion roślin bobowatych (poza soją) charakteryzują się, w porównaniu ze standardowymi mieszankami zbożowo-sojowymi, mniejszą smakowitością i słabszą efektywnością produkcyjną [Zmudzińska i in. 2022, Parrini i in. 2023, Lestingi 2024]. Zwierzęta mniej chętnie je pobierają, ze względu na gorzki smak surowych nasion wchodzących w skład mieszanek. Aby temu zapobiec, można stosować dodatki paszowe, maskujące smak nasion, lub poprawiające smakowitość i zachęcające zwierzęta do pobierania większej ilości paszy. Są to dodatki aromatyczno-smakowe, np. wanilina, sacharynian sodu, aromaty: wiśniowy, jabłkowy, maślano-mleczny. Można też w tym celu stosować ekstrakty lub preparaty ziołowe, które nie tylko poprawią smak paszy, ale też wpływają na poprawę funkcjonowania układu pokarmowego zwierzęcia, przeciwdziałając występującym przy skarmianiu nasion bobowatych zaburzeniom, takim jak wzdęcia czy

zaparcia [Radzikowski i Milczarek 2022]. Jako dodatek do mieszanek pełnoporcyjnych zawierających nasiona roślin bobowatych stosowane są też pojedyncze enzymy lub preparaty multienzymatyczne. Ich celem jest np. zwiększanie dostępności składników mineralnych (np. fitaza „uwalnia” fosfor związany w postaci tzw. fitynianów), poprawa strawności składników pokarmowych (ksylanaza) czy też zwiększenie wartości energetycznej paszy (β -glukanaza, hemicelulaza). Podkreślić należy, że w żywieniu świń nasiona roślin bobowatych stanowić mogą cenny komponent białkowy mieszanek paszowych, przy czym nie należy przekraczać zalecanych udziałów nasion bobowatych w dawce, ponieważ może wystąpić pogorszenie efektów produkcyjnych zwierząt. Najlepiej stosować odmiany o zmniejszonej zawartości składników antyżywniowych lub poddać nasiona obróbce termoplastycznej, zaś mieszanki zawierające nasiona bobowatych uzupełniać aminokwasami krystalicznymi, lizyną i metioniną oraz dodawać niektóre enzymy paszowe (fitaza, ksylanaza, β -glukanaza) [Aranda-Aguirre i in. 2021, Hameed 2021].

Wartość pokarmowa i substancje antyodżywcze wybranych nasion bobowatych wykorzystywanych w żywieniu drobiu

Drób jest bardzo wymagającym gatunkiem pod względem żywienia. Charakteryzuje się wysokimi potrzebami pokarmowymi, co dotyczy nie tylko wartości odżywczej paszy, ale także jej jakości. Związane jest to z szybką przemianą materii, wczesną dojrzałością płciową oraz intensywnym wzrostem. W mieszkach pełnoporcyjnych istotnym jest zoptymalizowanie ilości i wzajemnych proporcji w bilansie białka i energii, określenie odpowiedniej zawartości włókna surowego, a także składników mineralnych i witamin. Ilość tych składników pokarmowych w diecie jest zdeterminowana zarówno przez gatunek ptaków, jak i masę ciała, wiek, intensywność produkcji, stan fizjologiczny, płeć czy temperaturę otoczenia. W prawidłowym optymalizowaniu mieszanek paszowych dla drobiu istotnym elementem jest ilość i wartość biologiczna białka. Białko, a zwłaszcza aminokwasy są niezbędnym składnikiem pokarmowym do prawidłowego wzrostu oraz funkcjonowania organizmu ptaków. Przy jednostronnym żywieniu roślinnymi paszami treściwymi, w intensywnej produkcji drobiarskiej, pojawia się problem prawidłowego zbilansowania aminokwasów egzogennych – szczególnie aminokwasów siarkowych, których w nasionach roślin bobowatych jest niewystarczająca ilość w porównaniu z zapotrzebowaniem drobiu.

W żywieniu drobiu spośród nasion bobowatych wykorzystuje się głównie nasiona soi, a także grochu, bobiku i w mniejszym stopniu nasiona łubinów. Strawność składników pokarmowych termicznie przetworzonych nasion soi wynosi: ok. 85% (białko), 84% (tłuszcz) i 48% (cukry łatwo hydrolizujące) [Smulikowska i Rutkowski 2005]. Aktywność antytrypsynowa nasion przeznaczonych do żywienia zwierząt powinna wynosić średnio 5 mg/kg. Można je wykorzystać w żywieniu drobiu

w ilościach od 15% (młode kurczęta rzeźne) do 20% (starsze kurczęta rzeźne i kury nioski) mieszanki paszowej (tab. 6).

Tabela 6. Zalecany maksymalny udział nasion bobowatych w żywieniu drobiu [Smulikowska i Rutkowski 2018, opracowanie własne]

Nasiona bobowate	Kurczęta rzeźne 1–3 tyg.	Kurczęta rzeźne 4–7 tyg.	Kury nioski	Kaczki, gęsi
Bobik	5	10	–	10
Bobik obłuszczony	5	15	10	15
Bobik*	5	15	10	15
Groch	5	15	20	20
Łubin biały	10	15	10	15
Łubin żółty	10	15	10	15
Łubin wąskolistny	5	10	–	10
Soja*	15	20	20	20

* Nasiona termicznie przetworzone

Groch jest chętnie pobierany przez drób. W żywieniu kurcząt w początkowym okresie odchowu nie zaleca się przekraczać 5% udziału nasion grochu, a w końcowym okresie odchowu 10–15%. Nieco wyższe udziały, bo nawet 15–20% mieszanki paszowej można stosować w żywieniu kur niosek, gęsi i kaczek [Kiczorowska i in. 2015, 2016]. Udział grochu w mieszankach paszowych dla drobiu wyznacza wartość odżywcza oraz poziom substancji antyżywniowych [Hejdysz i in. 2017].

Nasiona bobiku zawierają także substancje antyżywniowe, jak taniny, inhibitory enzymów proteolitycznych, lektyny oraz wicynę i konwicynę. Ich obecność w nasionach bobiku znacznie ogranicza możliwość ich wykorzystania w żywieniu drobiu, a zwłaszcza u kur niosek. Wicina i konwicyna może wpływać na zmniejszenie masy jaj u kur niosek, stąd bobik zaleca się raczej w żywieniu kurcząt rzeźnych w ilości od 5–10% mieszanki paszowej. Stosowanie nowoczesnych procesów obróbki technologicznej nasion bobiku, jak np.: obłuszczenie lub ekstruzja unieczynia część substancji antyżywniowych [Kiczorowska i in 2006], co pozwala zwiększyć ich udział w mieszankach dla kurcząt do poziomu nawet 15–20%, a nawet wprowadzić je do żywienia kur niosek (do ok. 10%) [Kiczorowska 2013].

W żywieniu drobiu zaleca się wykorzystanie jedynie łubinów słodkich o obniżonej zawartości alkaloidów, nie wyższej jak 0,03% s.m. Ze względu na dość niską wartość energetyczną i ubogi skład aminokwasowy zawartość nasion łubinów w mieszankach dla kurcząt nie powinna być wyższa niż 5–10% w początkowym okresie odchowu i do 10–15% w końcowym okresie odchowu (łubin wąskolistny oraz

biały i żółty). Procesy technologicznej obróbki nasion łubinów nie zwiększają istotnie ich możliwości wykorzystania żywieniowego w hodowli drobiu [Kiczorowska 2013].

Podsumowanie

Pomimo przedstawionych ograniczeń co do możliwości stosowania nasion roślin bobowatych należy je równocześnie traktować jako rodzime i wartościowe komponenty w żywieniu świń i drobiu. Posiadając wiedzę na temat możliwości ich prawidłowego stosowania można zmniejszyć koszty produkcji świń i drobiu. Ważne, aby dokładnie zbilansować mieszanki (dawki) pokarmowe pod względem energii i białka, a w szczególności aminokwasów: lizyny, metioniny, cysteiny, treoniny i tryptofanu. Bilansowanie dawek jest dokładniejsze, jeżeli uwzględnia się tzw. strawność jelitową tych aminokwasów. Nasiona roślin bobowatych należy wprowadzać stopniowo do dawki pokarmowej, zwiększając ich udział w paszy wraz z wiekiem. Niektóre nasiona należy poddawać obróbce termoplastycznej w celu istotnego ograniczenia substancji przeciwożywczych. Bilansując dawkę pokarmową, trzeba określić także poziom substancji antyżywniowych, gdyż zawartość tych związków zmienia się, zwłaszcza w nasionach odmian reprodukowanych we własnym gospodarstwie. Prowadzone już od szeregu lat badania krajowe i zagraniczne nad możliwością substytucji poekstrakcyjnej śruty sojowej z udziałem GMO wskazują na realne możliwości wykorzystania nasion roślin bobowatych, łącznie z coraz popularniejszą uprawą w Polsce soi non GMO, w żywieniu świń i drobiu. Problemem dla przemysłu paszowego będzie dostarczanie większych i jednolitych pod względem jakości i wartości pokarmowej nasion roślin bobowatych, uprawianych w naszym kraju.

Piśmiennictwo

- Aranda-Aguirre E., Robles-Jimenez L.E., Osorio-Avalos J., Vargas-Bello-Pérez E., Gonzalez-Ronquillo M. 2021. A systematic-review on the role of exogenous enzymes on the productive performance at weaning, growing and finishing in pigs. *Vet. Anim. Sci.* 14, 100195. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100195>
- Brzóska F., 2017. Soja niemodyfikowana genetycznie – jej produkcja i możliwości wykorzystania w żywieniu zwierząt w Polsce. Część II. Pasze sojowe w żywieniu zwierząt. *Wiad. Zoot.* 55, 67–79.
- Brzóska F., Śliwiński B., Furgał-Dierżuk I. 2015. Tabele składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych. Dane zawarte w Bazie Danych Pasz Krajowych. Wyd. Instytut Zootechniki PIB, Kraków.
- Choct M., 2015. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. *Anim. Prod. Sci.* 55, 1360–1366. <https://doi.org/10.1071/AN15276>
- Grela E.R., 2020. Alternatywne do soi pasze białkowe w żywieniu świń i drobiu. *Życie Wet.* 95(8), 480–486.

- Grela E.R., Czech A., 2019. Pasze alternatywne w odniesieniu do soi genetycznie modyfikowanej w żywieniu zwierząt. *Wiad. Zoot.* 57(2), 66–77.
- Grela E.R., Kiczorowska B., Samolińska W., Matras J., Kiczorowski P., Rybiński W., Hanczakowska E. 2017a. Chemical composition of leguminous seeds: part I – content of basic nutrients, amino acids, phytochemical compounds, and antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.* 243, 1385–1395. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2849-7>
- Grela E.R., Samolińska W., Kiczorowska B., Klebaniuk R., Kiczorowski P. 2017b. Content of minerals, fatty acids and their correlation with phytochemical compounds and antioxidant activity of leguminous seeds. *Biol. Trace Element Res.* 180, 338–348. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1005-3>
- Grela E.R., Skomiał J., 2020. Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Wydanie III uzupełnione z oprogramowaniem. IFiZZ PAN Jabłonna.
- Hameed H.M., 2021. Feed additives in poultry. *Assiut Vet. Med. J.* 67, 87–100.
- Hejdysz M., Kaczmarek S.A., Adamski M., Rutkowski, A. 2017. Influence of graded inclusion of raw and extruded pea (*Pisum sativum* L.) meal on the performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 230, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.05.016>
- Janocha A., Milczarek A., Pietrusiak D., Łaski K., Saleh M. 2022. Efficiency of soybean products in broiler chicken nutrition. *Animals (Basel)*, 12(3), 294. <https://doi.org/10.3390/ani12030294>
- Jeroch H., Lipiec A., Abel H., Zentek J., Grela E.R., Bellof G. 2016. *Körnerleguminosen als Futter- und Nahrungsmittel.* DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Jeroch H., Simon A., Zentek J., 2013. *Geflügelernährung,* Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Kiczorowska B., 2016. Maßnahmen zur Verbesserung des Futter- und Nährwertes von Körnerleguminosen. W: *Körnerleguminosen als Futter und Nahrungsmittel,* Jeroch H., Lipiec A., Abel H., Zentek J., Grela E.R., Bellof G. (red.). DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, s. 80–91.
- Kiczorowska B., 2013. Zmiany wartości odżywczej nasion bobiku (*Vicia faba* L.) i łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius*) naświetlanego promieniami podczerwonymi oraz ich efektywność w odchowie kurcząt brojlerów. Wydawnictwo UP w Lublinie, Lublin.
- Kiczorowska B., Andrejko D., Winiarska-Mieczan A., 2006. The influence of different infrared radiation parameters on the modification of fatty acids content in faba beans' ether extract. *Pol. J. Nat. Sci. suppl.* 3, 87–92.
- Kiczorowska B., Samolińska W., Grela E.R., Andrejko D., 2015. Wpływ dodatku naświetlanych promieniami podczerwonymi nasion grochu w mieszankach dla brojlerów na status zdrowotny i wybrane wskaźniki produkcyjne. *Med. Wet.* 71, 583–588.
- Kiczorowska B., Samolińska W., Andrejko D., 2016. Effect of micronized pea seeds (*Pisum sativum* L.) as a substitute of soybean meal on tissue fatty acid composition and quality of broiler chicken meat. *Anim. Sci. J.* 87, 1396–1406. <https://doi.org/10.1111/asj.12592>
- Lestingi A. 2024. Alternative and sustainable protein sources in pig diet: a review. *Animals (Basel)*. 14(2), 310. <https://doi.org/10.3390/ani14020310>
- Milczarek A., Osek M., Kwiecień M., Pachnik M., 2017. Wpływ surowych lub ekstrudowanych nasion soi w mieszankach dla kurcząt brojlerów na parametry odchovu, wartość rzeźną i obraz histologiczny wątroby. *Med. Wet.* 73, 764–769. <https://doi.org/10.21521/mw.5823>
- Parrini S., Aquilani C., Pugliese C., Bozzi R., Sirtori F., 2023. Soybean replacement by alternative protein sources in pig nutrition and its effect on meat quality. *Animals*, 13(3), 494. <https://doi.org/10.3390/ani13030494>
- Radzikowski D., Milczarek A. 2022. Efficiency of herbs and botanicals in pig feeding. *Anim. Sci. Gen.* 18, 73–87. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.9442>

- Sauvant D., Perez J.-M., Tran G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. INRA Editions, Wageningen Academic Publishers, Versailles.
- Smulikowska S., Rutkowski A. 2018. Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla drobiu. IFiŻ PAN Jabłonna, POŚTWD WPSA Poznań.
- Sońta M., Rekiel A, 2017. Produkcja i wykorzystanie bobowatych na cele paszowe. Cz. II. Wykorzystanie bobowatych w żywieniu zwierząt. *Przeg. Hod.* 85(1), 19–24.
- Zmudzińska A., Bigorowski B., Banaszak M., Roślewska A., Adamski M., Hejdysz M., 2020. The effect of diet based on legume seeds and rapeseed meal on pig performance and meat quality. *Animals (Basel)*, 10(6),1084. <https://doi.org/10.3390/ani10061084>

Możliwości wykorzystania fitobiotyków w żywieniu psów

Bożena Kiczorowska¹, Wioletta Samolińska¹, Piotr Kiczorowski²,
Renata Klebaniuk¹

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
autor korespondencyjny: bozena.kiczorowska@up.lublin.pl

Wstęp

Żywienie psów opiera się obecnie na karmach komercyjnych, zarówno pełnoporcjowych, zapewniających pełne pokrycie dobowych potrzeb pokarmowych zwierząt, jak i suplementów psiej diety, czy preparatów mineralno-witaminowych. Właściciele zwierząt towarzyszących powoli, ale konsekwentnie odchodzą od żywienia zwierząt domowym sposobem, ufając gotowym produktom paszowym – karmom przygotowanym w oparciu o wiedzę naukową z zakresu żywienia psów, fizjologii trawienia składników pokarmowych i wartości odżywczej surowców paszowych wykorzystywanych do ich komponowania [MLG 2023]. Rynek karm komercyjnych w Polsce przeżywa obecnie intensywny rozwój, a polski przemysł paszowy w tej branży pokrywa nie tylko potrzeby krajowe, ale również ekspansywnie wchodzi na rynki zagraniczne. W 2022 r. Polska zajmowała piąte miejsce na świecie w sektorze eksportu karmy dla psów i kotów. Trend ten obserwowano również w roku 2023, gdy w pierwszej połowie roku odnotowano niemal 15-proc. wzrost wartości eksportu tych produktów paszowych w porównaniu z analogicznym okresem 2022 r. [GUS 2023].

Karmy dla psów dostępne na rynku niezależnie od formy (suche lub mokre) komponowane są zarówno na bazie mięsnych, jak i roślinnych materiałów paszowych. Producenci oferują bardzo szeroki asortyment karm przeznaczony dla zwierząt o zróżnicowanych potrzebach żywieniowych, uwzględniających ich wiek, płęć, stan fizjologiczny, masę ciała, rasę czy nawet kolor włosa sierści [Bradshaw 2006]. W tym sektorze produkcji obserwuje się także daleko idącą personalizację produktów paszowych, uwzględniającą m.in. problemy zdrowotne psów, stan ich kondycji fizycznej, a nawet psychicznej. Aby uzyskać żywieniowy efekt wspierania organizmu zwierzęcia w problemach zdrowotnych, do mieszanek pokarmowych wprowadza się surowce paszowe o specyficznych, prozdrowotnych właściwościach. Szerokie możliwości wspierania psów dietą w stanach chorobowych daje wykorzystanie surowców zielarskich [do Nascimento i in. 2022]. Występujące w nich substancje o wysokiej aktywności biologicznej, korzystnie wpływające na organizm człowieka czy zwierząt, definiowane są jako fitobiotyki [Schippmann i in. 2002].

Fitobiotyki

W roślinach zielarskich występują substancje swoiste (wtórne) nazywane fitobiotykami. Są one najczęściej końcowymi produktami przemiany materii rośliny i nie charakteryzują się właściwościami odżywczymi [Ndomou i in. 2023]. W przeciwieństwie do substancji podstawowych (białka, tłuszcze, cukry) związki wtórne (fitobiotyki) nie występują we wszystkich roślinach, ale w określonych ich grupach systematycznych. Rolą fitobiotyków jest ochrona roślin m.in. przed szkodnikami, wirusami czy bakteriami. Właściwości bakterio-, grzybo- czy wirusobójcze ziół są wykorzystywane zarówno w medycynie ludowej, konwencjonalnej, jak i weterynarii, a rośliny zielarskie są z powodzeniem stosowane w żywieniu ludzi i zwierząt. Fitobiotyki mogą występować w różnych częściach roślin (liście, kłącza, łodygi, korzenie, kwiaty) w innych stężeniach i proporcjach. Jest to grupa związków bardzo zróżnicowana pod względem budowy chemicznej oraz właściwości. Zalicza się do nich m.in.: alkaloidy, flawonoidy, garbniki, glikozydy, kwasy organiczne, olejki eteryczne, śluz oraz terpeny [Batiha i in. 2020, Bhatwalkar i in. 2021, Masyita i in. 2022]. Alkaloidy charakteryzują się zarówno korzystnym, jak i toksycznym oddziaływaniem na organizmy żywe. Niektóre z nich, podawane w niewielkich dawkach, wykorzystywane są terapeutycznie, jak np.: przeciwkaszlowo (kodeina, narkotyna), przeciwbólowo (morfina), do miejscowego znieczulenia (kokaina), do obniżenia ciśnienia (rezerpina), do zmniejszenia zmęczenia czy do poprawienia koncentracji (kofeina, lobelina, strychnina), obkurczenia macicy (ergotamina) itp. [Gutiérrez-Grijalva i in. 2020]. Flawonoidy są barwnikami i dość powszechnie występują w przyrodzie. Wykazują działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne. Przykładem flawonoidów są m.in.: kwercetyna, katechiny, antocyjany, izoflawony czy naryngenina [Ninfali i in. 2020, Ullah i in. 2020]. Kolejną grupą fitobiotyków są garbniki, zwane taninami. Chemicznie są pochodnymi fenoli i mają zdolność łączenia się z białkami, co determinuje ich właściwości ściągające, wykorzystywane m.in. w leczeniu stanów zapalnych skóry czy w drobnych krwawieniach. Dzięki zdolności koagulacji białka tworzą warstwę ochronną na powierzchni skóry, zabezpieczając ją przed czynnikami szkodliwymi [Sharma i in. 2021, Tong i in. 2022]. Natomiast glikozydy występują najczęściej w organach podziemnych roślin, w korze, owocach i nasionach. Do tej grupy związków należą m.in. glikozydy naskórowe lub stewiolowe oraz salicyna, rutyna, hesperydyna czy saponina [Soto-Blanco 2022]. Do kwasów organicznych zalicza się m.in. kwas cytrynowy, mrówkowy, masłowy, propionowy i octowy, które najczęściej wykorzystywane są w konserwacji pasz i żywności. Natomiast na organizm zwierząt działają przeciwbakteryjnie oraz wzmacniają układ immunologiczny [Liu i in., 2022]. Silnymi właściwościami odkażającymi, antyseptycznymi i bakteriobójczymi charakteryzują się specyficzne mieszaniny różnych związków chemicznych, jak: ketony, aldehydy, alkohole, estry, laktony czy terpeny, lub lotnych substancji zapachowych, określane jako olejki eteryczne [Khodaei i in. 2021]. Niektóre terpeny wykazują dodatkowo działanie prze-

ciwzapolne, a nawet przeciwnowotworowe, np.: eukaliptol, tymol, karwakrol, geraniol, limonen [Koyama i Heinbockel 2020, Noriega 2020]. Właściwościami ochronnymi i zmiękczejącymi charakteryzują się natomiast słuzy [Arifin i in. 2020].

Fitobiotyki w żywieniu psów

Zwierzęta, w tym psy, żyjące w stanie wolnym samodzielnie pobierają rośliny rosnące w środowisku naturalnym. Instynktownie wybierają rośliny i zioła, których skład chemiczny i odżywczy odpowiada na ich aktualne potrzeby pokarmowe czy zdrowotne, jak np. zmniejszające ból, wspomagające gojenie się ran, poprawę trawienia czy odtrucie organizmu itp. U części psów instynkt ten nie przejawia się wyraźnie, ponieważ proces udomowienia psów, w wyniku którego stale przebywają w towarzystwie człowieka, ograniczył możliwość ich funkcjonowania w środowisku naturalnym i samodzielnego zdobycia pokarmu [Di Cerbo i in. 2017]. Obecnie na opiekunach psów ciąży odpowiedzialność zapewnienia zwierzętom karmy zawierającej wszystkie składniki pokarmowe i odżywcze, ale także bioregulacyjne. Zioła wykorzystywane w żywieniu psów, w zależności od sposobu żywienia czy ich podawania, mogą być np. w formie: świeżych ziół, nasion, owoców, suszu surowców zielarskich (ziela lub korzenia), naparów, wyciągów czy poddane obróbce termicznej. W diecie psa, w zależności od jej rodzaju, można uwzględnić do 15% warzyw oraz do 5% owoców i ziół [Freeman i Michel 2001, de Montaigne 2005].

Fitobiotyczna charakterystyka wybranych surowców zielarskich

Substancje swoiste (fitobiotyki) występujące w roślinach zielnych są charakterystyczne dla poszczególnych grup roślin i determinują ich właściwości nutraceutyczne i terapeutyczne [Kalemba-Drożdż i Grzywacz-Kisieleska 2022]. Uwzględnione w diecie psów z powodzeniem mogą wspierać organizm zwierząt w stanach chorobowych lub osłabienia statusu zdrowotnego, w okresach fizjologicznych o szczególnych wymaganiach, rekonwalescencji, a nawet w stanach osłabionej kondycji psychicznej. Odpowiednio skomponowane mieszanki ziołowe, o prawidłowo dobranych surowcach, z uwzględnieniem nie tylko ich właściwości, ale także ewentualnego antagonizmu lub synergizmu oraz w optymalnych proporcjach [Zhang i in. 2021], mogą stanowić strategię wspierania organizmu psa naturalnymi metodami żywieniowymi np. w chorobach układu krwionośnego, pokarmowego, moczowego, otyłości, cukrzycy, mogą poprawiać kondycję skóry i włosy, wzmacniać stawy i układ kostny, wspierać układ odpornościowy, działać uspokajająco czy aktywizująco itp. Dostępnych jest wiele ziół o udokumentowanym, szerokim spektrum oddziaływania prozdrowotnego, które można wykorzystać w żywieniu psów.

Bazylija pospolita (*Ocimum basilicum* L.) – ziele zawiera do 1,5% olejku eterycznego, w którego składzie znajduje się: bisabolen, węglowodór ocymen, metylocha-

wikol, linalol, cineol, kamfora, cynamonian metylu, pinen(alfa), eugenol, safrol, borneol, cytral, beta-farnezen, a także około 6% garbników, saponiny i flawonoidy. Oprócz substancji bioaktywnych zawiera także witaminy A, C, K, kwas foliowy oraz elementy mineralne jak: wapń, miedź, mangan, magnez oraz żelazo [Shahrajabian i in. 2020]. Zawartość wapnia w bazylii wspiera mineralizację kości zwierząt, a Zn i Mg regulują gospodarkę hormonalną. Ziele bazylii działa przeciwzapalnie, przeciwbakteryjnie i przeciwnowotworowo. Zawiera beta-kariofilen, który wspiera leczenie stanów zapalnych stawów oraz jelit [Brandão i in. 2022]. Związki fenolowe zawarte w liściach bazylii mają także właściwości przeciwutleniające, dzięki czemu chronią komórki przed uszkodzeniami oraz spowalniają procesy starzenia [Miraj i Kiani 2016]. Ponadto bazylia poprawia trawienie i ułatwia przyswajanie pokarmu, ma działanie przeciwskurczowe, pobudza wydzielanie soku żołądkowego, działa słabo wiatropędnie [Dhama i in. 2023].

Czystek pospolity (*Cistus incanus* L.) – zawiera wiele substancji bioaktywnych, jak: żywice, olejek eteryczny (diterpeny labdanowe – sklareol, monoterpeny), kwasy fenolowe (galusowy, elagowy, katecholowy), flawonoidy (rutyna), garbniki, proantocyjany i fitosterole [Pomponio i in. 2003, Santagati i in. 2008]. Polifenole występujące w czystku są silnymi antyoksydantami, dzięki czemu czystek uważany jest za ziele wspierające układ odpornościowy psów. Ekstrakt z czystka hamuje namnażanie wirusów ptasiej oraz ludzkiej grypy, a także wpływa na spadek wartości markerów stanów zapalnych, zmniejszając objawy zakażeń. Ziele czystka charakteryzuje się także oddziaływaniem przeciwbólowym, wykrztuśnym, odkażającym, uspokajającym, żółciopędnym i przeciwzapalnym [Dimcheva i Karsheva 2018].

Jeżówka purpurowa (*Echinacea purpurea* L. Moench.) – charakteryzuje się wysoką zawartością m.in.: flawonoidów, olejku eterycznego, glikozydów, alkiloamin i alkiloamidów. Jest uznawana za jeden ze skuteczniejszych naturalnych fitoterapeutyków, stosowanych zarówno u ludzi, jak i zwierząt, na poprawę odporności [Petrova i in. 2023]. Można ją stosować u psów narażonych na infekcje, u zwierząt w rekonwalescencji z osłabionym systemem immunologicznym np.: po chorobach nowotworowych, czy po okresie długotrwałego przyjmowania antybiotyków. Odporność organizmu stymulowana jest poprzez aktywowanie procesu fagocytozy, w wyniku którego bakterie i wirusy są niszczone przez komórki systemu immunologicznego. Jeżówka pobudza także białe ciała krwi, by wydzielały większą ilość substancji niszczących wirusy. Ziele jeżówki stymuluje wydzielanie soku żołądkowego, jelitowego, wspierając procesy trawienne. Składniki bioaktywne w jeżówce przyspieszają przemianę materii, regenerację komórek oraz działają przeciwgrzybiczo, przeciwgorączkowo, rozkurczowo i przeciwnowotworowo [Clemmons 1997, Ememe i Ememe 2017]. Badania z wykorzystaniem sproszkowanego korzenia *Echinacea purpurea* w infekcjach dróg oddechowych u psów przedstawili m.in. Reichling i in. [2003] (tab. 1). Po 4 tygodniach stosowania dodatku odnotowano znaczące zmniejszenie nasilenia oraz ustąpienie typowych objawów klinicznych obserwowanych w przebiegu infekcji, takich jak obecność wydzieliny z nosa, powiększenia węzłów chłonnych, suchego kaszlu, duszności i szmerów w płucach.

Kozieradka pospolita (*Trigonella foenum-graecum* L.) – jest rośliną zasobną w słuzy, gorzkie saponiny sterydowe, flawonoidy, polisacharydy, alkaloidy (trigonelina), kumaryny (trigokumaryna), olejek eteryczny oraz witaminy (A, C, D, B₁, B₂, B₃) i elementy mineralne (K, Na, P, Ca, Zn, Se, Fe i Cu) [Syed i in. 2020]. Zalecana jest do stosowania u zwierząt w rekonwalescencji oraz borykających się z brakiem apetytu i niedowagą. Natomiast u zwierząt wysoce aktywnych (np. psów sportowych) kozieradkę wykorzystuje się do pozytywnego stymulowania układu hormonalnego, a także do wspierania redukcji tkanki tłuszczowej oraz poprawy przyswajalności aminokwasów, co ułatwia budowanie masy mięśniowej. We wsparcie psów aktywnych bardzo dobrze wpisują się także jej właściwości regulowania metabolizmu glukozy i tłuszczów zwierząt [Pal i Mukherjee 2020]. Ponadto kozieradka wykazuje właściwości, antyoksydacyjne, przeciwnowotworowe, antibakteryjne i przeciwzapalne. Dzięki występującemu w niej alkaloidowi – trygonelinie – stymuluje proces uczenia się oraz poprawia pamięć, co jest m.in. wynikiem regeneracji komórek nerwowych [Dhull i in. 2023].

Krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.) – w składzie chemicznym zawiera: olejek eteryczny (0,25–0,5%), którego głównym składnikiem jest chamazulen, ponadto achillicyna (i jej pochodne, np. millefolina), endonadtlenki gwajanolidowe (achifolid), pochodne eudesmanolidowe (tauremisyna), pochodne longipinenu i germakranu, α -pinen, tujon, borneol, cyneol, kariofyllen, kamfora, azulen, borneol, cyneol, ponadto glikozydy cyjanogenne, garbniki, cholina, kwas askorbowy, furanokumaryna, witaminy A, C, K, elementy mineralne (cynk, miedź, żelazo i siarka), kwasy organiczne (salicylowy, mrówkowy i octowy) [Falconieri i in. 2011]. Ziele krwawnika jest także bogate we flawonoidy (apigenina luteolina, izoramnetyna), poliacetyleny, fenolokwasy, triterpeny i sterole. Dużą rolę w kształtowaniu właściwości prozdrowotnych krwawnika odgrywają też związki azotowe (betaina, stachydryna, achilleina, cholina), kumaryny, garbniki, glukozyd cyjanogeny – prunazyna [Ali i in. 2017]. Dzięki flawonoidom działa rozkurczowo na mięśnie gładkie jelit, dróg żółciowych i moczowych. Te właściwości pomagają niwelować dolegliwości ze strony układu pokarmowego, takie jak zaparcia, kolka jelitowa czy bóle skurczowe jelit. Ponadto krwawnik pospolity pobudza sekrecję soków trawiennych, dlatego zalecany jest dla psów z brakiem apetytu i problemami trawiennymi [Cavalcanti i in. 2006]. Do pozostałych właściwości prozdrowotnych krwawnika zalicza się także działanie: przeciwzapalne i przeciwutleniające oraz w niewielkim stopniu bakteriostatyczne i przeciwgrzybiczne [Georgieva i in. 2015].

Cannabis sativa L. var. *sativa* jest powszechnie znana, jako konopie siewne lub włókniste i od tysięcy lat dostarcza ludziom surowca do wyrobu olejów, tkanin, żywności, kosmetyków oraz lin konopnych czy sznurków. Jest również szeroko wykorzystywana jako roślina lecznicza ze względu na zawartość wielu związków chemicznych, w tym fitokannabinoidów, terpenów, węglowodorów, ketonów oraz aldehydów. Najbardziej znane kannabinoidy pochodzenia roślinnego to kannabidiol (CBD) i tetrahydrokannabinol (THC, delta-9-tetrahydrocannabinol) [Coile 2016, Kaniewski i in. 2017, Bartner i in. 2018, Strzelczyk i Kaniewski 2021]. Drugi związek

chemiczny odpowiada za działanie psychotropowe, wykorzystywany jest jako środek odurzający, ale również wykazuje silne działanie lecznicze oraz toksyczne, obserwowane zarówno u ludzi, jak i zwierząt [Fitzgerald i in. 2013, Janeczek i in. 2018, Ross 2023, Tallon i Child 2023], natomiast CBD jest także wykorzystywany leczniczo, przy tym nie ma działania psychotropowego, ma właściwości przeciwłękowe i przeciwpsychotyczne oraz charakteryzuje się niską toksycznością i jest coraz częściej stosowany w badaniach klinicznych na ludziach i zwierzętach [Hill i in. 2012, Hausman-Kedem i in. 2018, Deabold i in. 2019, Strzelczyk i Kaniewski 2021, Ukai i in. 2023]. W Rejestrze Krajowym COBORU [2024] znajduje się obecnie 11 krajowych odmian konopi siewnych, w których zawartość THC (delta-9-tetrahydrocannabinol), w suchej masie ziela kwiatostanów roślin, nie przekracza 0,2%. Terapeutyczny wpływ kannabidiolu u zwierząt towarzyszących, w tym psów, jest przedmiotem intensywnych badań zarówno w odniesieniu do działania przeciwpalnego i przeciwbólowego w zapaleniach kostno-stawowych, ograniczenia napadów drgawkowych, poprawy nastroju lub zmiany zachowania w lęku i stresie, a także wspomaganiu trawienia i zwiększaniu apetytu czy hamowania procesów nowotworzenia. W swoich badaniach Corsetti i in. [2021] wykorzystali ekstrakt *Cannabis sativa* L. var. *sativa* zawierający kannabidiol (CBD) do ustalenia jego ewentualnego wpływu na zachowania związane ze stresem (stereotypie, agresywność) występujące u psów przebywających w schronisku (tab. 1). Podczas terapii w grupie, w której podawano zwierzętom ekstrakt zawierający CBD, stwierdzono mniej zachowań agresywnych u psów wobec ludzi. Również Verrico i in. [2020] odnotowali u psów ze zdiagnozowaną chorobą zwyrodnieniową stawów pozytywny wpływ terapii CBD (tab. 1). Zastosowany w dużej dawce (50 mg/dzień) lub niższej dawce, ale zamknięty w liposomach (20 mg/dzień), CBD wpłynął na znaczną poprawę wyników w zakresie jakości życia zarówno w ocenie właściciela, jak i lekarza weterynarii. Jak podają autorzy badania podawanie CBD nie wiązało się z żadnymi znaczącymi zmianami ocenianych parametrów morfologicznych, biochemicznych i metabolicznych krwi zwierząt.

Majeranek (*Origanum majorana* L.) – zawiera m.in. karoten, rutynę, flawonoidy, katechiny, garbniki, fitoncydy, witaminy A i C oraz elementy mineralne: Zn i Mg. Do substancji bioaktywnych o silnym działaniu antyoksydacyjnym zaliczane są m.in.: karwakrol i eugenol oraz kwas ursolowy. Natomiast w skład olejku eterycznego wchodzi: terpinen, terpinenol, terpineol oraz borneol, które działają przeciwzapalnie, a nawet udrażniają drogi oddechowe – dlatego majeranek poleca się wspierająco w leczeniu chorób górnych dróg oddechowych, łącznie ze stanami zapalnymi zatok [Muqaddas i in. 2016]. Zalecany jest także w zaburzeniach układu trawienego. U psów działa delikatnie rozkurczowo i wiatropędnie, łagodzi wzdęcia, z powodzeniem wykorzystywany jest wspierająco także przy leczeniu wrzodów. Majeranek zalecany jest do stosowania u zwierząt otyłych w celu redukcji ich masy ciała, ponieważ ma właściwości przyspieszające metabolizm. Ponadto działa przeciwbakteryjnie, przeciwgrzybiczo, redukuje obrzęk, a nawet rozgrzewa [Duletić-Laušević i in. 2018].

Mięta pieprzowa (*Mentha × piperita* L.) – zawiera olejki eteryczne (3%), garbniki (6–12%), flawonoidy, fenolokwasy, karotenoidy, garbniki, związki gorycze, sterole oraz jest bogata w witaminy A, B₁, C i B₉ oraz elementy mineralne, jak: Mg, P, Zn, Cu i Se [Brahmi i in. 2017]. Mięta kompleksowo korzystnie wpływa na pracę układu pokarmowego poprzez m.in.: pobudzanie wydzielania soku żołądkowego, co optymalizuje przebieg procesu trawienia. Dzięki mentolowi optymalizuje zmniejszenie wydzielania żółci, co ogranicza powstawanie niestrawności [Brahmi i in. 2017]. Dodatkowo działa wiatropędnie i reguluje perystaltykę jelit. Zwiększa łaknienie, dlatego zalecana jest dla psów starszych i w rekonwalescencji z obniżonym apetytem [Almatroodi i in. 2021]. Ma działanie delikatnie uspokajające, więc zalecana jest w zaburzeniach pracy żołądka o podłożu nerwicowym. Mięta charakteryzuje się także właściwościami rozkurczającymi, przeciwbólowymi, przeciwświądowymi i przeciwzapalnymi, a nawet przeciwbakteryjnymi oraz przeciwgrzybiczymi [Mahboubi i Haghi 2008].

Mniszek lekarski (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex FH Wigg) – jest wyjątkowo bogaty w substancje biologicznie czynne, do których należą głównie gorzkie laktony seskwiterpenowe, polifenole, kumaryny, flawonoidy oraz witaminy, głównie witamina A, B₁ i C. Ponadto korzeń mniszka zawiera β-amyrynę, taraksasterol, tarakserol, wolne sterole (sitosteryna, stigmasteryna, fitosteryna) oraz małą ilość pektyn, żywicy i śluzu [Ajmiri i in. 2021]. Za jego właściwości przeciwutleniające odpowiadają głównie polifenole, a za antyoksydacyjnie – alkaloidy, steroidy, terpenoidy, glikozydy, cukry redukujące i taniny. Mniszek charakteryzuje się także silnym działaniem przeciwzapalnym oraz antyobrzękowym, co wykorzystywane jest w postępowaniach nutraceutyczno-terapeutycznych w chorobach reumatycznych [Akhtar i in. 2023]. Badania potwierdzają jego właściwości antynowotworowe. Uwzględnienie korzenia mniszka w żywieniu prowadziło do zmniejszenia poziomu interleukiny 6 i spadku poziomu czynnika martwicy nowotworu [Viana i in. 2020]. Ponadto ekstrakty z korzenia mniszka hamują proces powstawania komórek tłuszczowych oraz zmniejszają gromadzenie się tłuszczu w dojrzałych komórkach tłuszczowych, co ułatwia kontrolę masy ciała oraz postępowanie odchudzające. Preparaty z mniszka rekomendowane są także jako wsparcie żywieniowe w problemach układu pokarmowego, moczowego oraz początkowych stadiach cukrzycy [Marchegiani i in. 2020].

Nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.) – zawiera saponiny triterpenowe typu oleananu: kalendulozydy A-F (głównie A, C, E). Ponadto występują też flawonoidy (rutyna, astragalina, hyperozyd, izokwercytryna, kwercetyna), karotenoidy (flawoksantyna, likopen, ksantofil) fitosterole, kumaryny, kwasy organiczne i fenolowe, polisacharydy, śluzu, związki gorycze oraz mangan i witamina C [Rigane i in. 2013]. Korzeń nagietka wykazuje działanie rozkurczające mięśnie gładkie oraz żółciopędnie i stosuje się go m.in. wspomagająco w chorobach układu pokarmowego (np. choroba wrzodowa, stany zapalne dróg żółciowych) [Ashwlayan i Verma 2018]. Wyciąg z nagietka przyspiesza także gojenie się ran, owrzodzeń i ogranicza stany zapalne. Chętnie stosowany jest przy stanach zapal-

nych pyska oraz chorobach przyzębia, ponieważ działa przeciwzapalnie i bakterio-bójczo. Za działanie przeciwzapalne odpowiadają występujące w nagietku saponiny o właściwościach hemolitycznych [Moghaddasi i Kashani 2012]. Natomiast właściwości przeciwnowotworowe i przeciwgrzybicze nagietka warunkowane są obecnością olisacharydów i saponin, które stymulują procesy fagocytozy (niszczenie antygenów, np. wirusów, bakterii) [Jan i in. 2017].

Pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.) – charakteryzuje się dość zróżnicowanym zestawem elementów mineralnych, jak: wapń, fosfor (0,55%), żelazo (0,17%), siarka, potas (4,28%), sód, jod, krzem, zawiera także witaminy: C, K, ryboflawinę, a także β -karoten – prekursor witaminy A. Pokrzywa charakteryzuje się także dużą ilością chlorofilu i ksantofili (0,12%), kwasów organicznych (mrówkowy, octowy, pantotenowy) i nieorganicznego (krzemowy) oraz protoporfiryny, garbników, fito-steroli, glikokinin, lektyn, aglutyniny, lignanów, skopoletyny [Francišковиć i in. 2017]. W liściach pokrzywy występuje w niewielkich ilościach olejek eteryczny, w skład którego wchodzi: antofen, monotereny, triterpeny, fenole, taniny oraz kumaryny [Brahmi-Chendouh i in. 2021]. Ziele pokrzywy wykazuje silne właściwości bakterio-bójcze wykorzystywane w leczeniu schorzeń skórnych, ropni, czyraków, trądziku, guzków, stanów zapalnych pochwy oraz stanów zapalnych mięśni. Stosuje się je również w schorzeniach skóry, na którą działa oczyszczająco, regenerująco i leczniczo [Kasouni i in. 2021]. Pokrzywa stosowana jako suplement diety odłuszcza skórę, a włosom/sierści nadaje jedwabistą puszystość, co związane jest z oczyszczającym działaniem na gruczoły potowe i łojowe. Substancje bioaktywne pokrzywy kompleksowo korzystnie wpływają na organizm zwierząt, m.in. oczyszczają organizm z nadmiaru kwasu moczowego przez co wspomagają leczenie schorzeń i stanów zapalnych oraz zakażeń bakteryjnych dróg moczowych. Dzięki witaminie K, flawonoidom i garbnikom pokrzywa zapobiega stanom krwotocznym, działając rozkurczająco na mięśnie gładkie naczyń krwionośnych, co prowadzi do obniżenia ciśnienia krwi [El Haouari i Rosado 2019]. Pokrzywa charakteryzuje się także właściwościami antyalergicznymi, działa oczyszczająco na drogi oddechowe oraz zwiększa odporność organizmu zwierząt. Ziele pokrzywy w diecie stymuluje prawidłowe funkcjonowanie układu pokarmowego, zwiększa wydzielanie śliny, soków żołądkowych, poprawia trawienie i przyswajanie składników pokarmowych oraz zapobiega stanom zapalnym [Asgarpanah i Mohajerani 2012].

Rumianek pospolity (*Matricaria chamomilla* L.) – zawiera olejek eteryczny (0,2 do 1,5%), w skład którego wchodzi chamazulen (1–30% olejku), α -bisabolol oraz tlenki bisabololu A, B i C, farnezen, myrcen, kadinen, matrycyna; spiroeter; flawonoidy, pochodne flawonowe, tj. apigenina i 7-glukozyd apigeniny, związki kumarynowe oraz związki śluzowe [Stanojevic i in. 2016]. Chamazulen charakteryzuje się zdolnością do hamowania syntezy histaminy z komórki tkanki, dzięki czemu działa silnie antyalergicznie, bakterio-bójczo i przeciwzapalnie, ułatwia to regenerację tkanek i gojenie się ran. Substancje chemiczne wchodzące w skład tzw. zespołu bisabololo-chamazulenowego mają działanie przeciwuczuleniowe i przeciwskurczowe

[Gupta i in. 2010]. Dzięki nim rumianek jest wykorzystywany jako środek przeciwzapalny, przeciwalergiczny i przeciwskurczowy, głównie w schorzeniach układu pokarmowego. Jest polecany w nieżycie jelit i żołądka, reguluje pracę jelit. Za właściwości rozkurczające odpowiadają flawonoidy, które działając na mięśnie jelit, ułatwiają rozprowadzanie gazów i pomagają je usunąć. Rumianek wpływa także korzystnie na poprawę apetytu oraz przyspiesza trawienie. Ziele to może być również stosowane w infekcjach górnych dróg oddechowych, gdzie wykorzystywane jest jego działanie przeciwbólowe i przeciwgorączkowe [Mahdavi i in. 2020].

Róża dzika (*Rosa canina* L.) – wykazuje działanie przeciwutleniające, przeciwpalne, przeciwnowotworowe, hepatoprotekcyjne, nefroprotekcyjne, kardioprotekcyjne, neuroprotekcyjne i przeciwbólowe, co związane jest z obecnością szeregu składników bioaktywnych, takich jak flawonoidy, garbniki, antocyjany, związki fenolowe, kwasy tłuszczowe, kwasy organiczne i związki nieorganiczne [Deliorman i in. 2007, Ayati i in. 2018]. Zastosowanie dzikiej róży w leczeniu jest brane pod uwagę szczególnie u pacjentów z chorobami zapalnymi, takimi jak choroba zwyrodnieniowa stawów, a jego skuteczność potwierdzono zarówno w badaniach na ludziach, jak i zwierzętach [Marstrand i Campbell-Tofte 2016]. Takie postępowanie może przeciwdziałać chorobom zapalnym, np. nawracającej niedrożności dróg oddechowych i chorobie zwyrodnieniowej stawów, których etiologia związana jest ze stresem oksydacyjnym [Kirschvink i in. 2002, Dimock i in. 2000]. W badaniach Winther i in. [2010] odnotowano korzystny wpływ dodatku ze sproszkowanych owoców dzikiej róży na odpowiedź immunologiczną, zdolność do pracy i dobrostan psów (tab. 1).

W przypadku wspierania zdrowia psów oraz terapii chorób obserwuje się również coraz częstsze sięganie po sprawdzone rośliny lecznicze zgodnie z tradycyjną farmakologią orientalną. Do takich roślin można zaliczyć kadzidłowca indyjskiego (*Boswellia serrata* Roxb. ex Colebr.) szeroko rozpowszechnionego w Indiach, z którego jest pozyskiwana żywica zwana „olibanum” [Al-Yasiry i in. 2016]. Żywica z *Boswellia serrata* wykazuje liczne właściwości terapeutyczne: przeciwzapalne, bakteriobójcze, a nawet przeciwnowotworowe, co jest związane z występowaniem wielu substancji aromatycznych, wśród których najaktywniejszy jest kwas bosweliowy [Camarda i in. 2007, Umar i in. 2014, Roy i in. 2016]. W badaniach nad zastosowaniem naturalnego ekstraktu z żywicy *Boswellia serrata* w terapii przewlekłej choroby zwyrodnieniowej stawów i kręgosłupa u psów odnotowano znaczące zmniejszenie nasilenia oraz ustąpienie typowych objawów klinicznych (tab. 1). Według autorów badania, ten ziołowy suplement diety może być polecany, jako wsparcie leczenia objawowego w chorobie zwyrodnieniowej stawów psów [Reichling i in. 2004].

Kolejną orientalną rośliną o znacznym potencjale terapeutycznym jest Witania ospała (*Withania somnifera* (L.) Dunal) z rodziny psiankowatych, znana pod nazwą ashwagandha. Jest to najbardziej ceniona roślina botaniczna w starohinduskiej holistycznej medycynie ajurwedyjskiej. Zawiera ona różnorodną gamę związków bioaktywnych, od alkaloidów po steroidy, flawonoidy i fenole. Korzenie tej rośliny są

Tabela 1. Przegląd badań naukowych dotyczących efektów włączenia fitobiotyków do żywienia psów

Rośliny przyprawowe i lecznicze oraz ich ekstrakty	Czynnik doświadczalny	Zwierzęta oraz grupy doświadczalne	Okres trwania terapii	Efekty	Źródło
Jeżówka purpurowa (<i>Echinacea purpurea</i> L. Moench.)	sproszkowany korzeń jeżówki podawany w dawce 1,0 g/10 kg m.c. raz dziennie wymieszany z wilgotną karmą	41 psów różnych ras (23 samce, 18 samic), wiek $3,5 \pm 3,2$ lat, masa ciała $21,6 \pm 13,2$ kg, z objawami przewlekłych i sezonowych infekcji górnych dróg oddechowych, w tym zapalenia gardła/zapalenia migdałków, zapalenia oskrzeli i kaszlu kenelowego	8 tygodni	↓wydzielina z nosa, ↓ powiększenie węzłów chłonnych, ↓suchy kaszel, ↓duszności, ↓szmery w płucach	Reichling i in. [2003]
Konopie siewne (<i>Cannabis sativa</i> L. var. <i>sativa</i>)	ekstrakt pozyskano z części nadziemnych i kwiatostanów konopi siewnych; ekstrakcję wykonano przy użyciu tłuszczu w proporcjach 150 g surowca konopnego na 1 l oliwy z oliwek z pierwszego tłoczenia; dodatek podawano w dawce 1 kropla na 2 kg masy ciała (w przypadku otyłości zwiększano dawkę o 20%) raz dziennie przed porannym karmieniem	24 psy mieszańce oraz różnych ras (22 samce, 2 samice), fizycznie zdrowe z zaburzeniami behawioralnymi (zdiagnozowane przez lekarza weterynarii) oraz przebywające w schronisku przez co najmniej 9 miesięcy; ustalono grupę kontrolną (n = 12), w której podawano placebo (oliwa), oraz grupę z dodatkiem ekstraktu z CBD (n = 12)	45 dni	↓agresywne zachowanie wobec ludzi	Corsetti i in. [2021]
Konopie siewne (<i>Cannabis sativa</i> L. var. <i>sativa</i>)	izolat CBD o stężeniu 99,9% rozpuszczano we frakcjonowanym oleju kokosowym; liposomalne CBD poddawano kapsułkowaniu w małych strukturach zwanych liposomami	20 psów mieszańców oraz różnych ras (10 samców, 10 samic) z chorobą zwyrodnieniową stawów (diagnoza weterynaryjna), o masie ciała >20 kg (średnio 41 ± 15 kg); ustalono grupę kontrolną w której podawano placebo (olej kokosowy) (n = 5) oraz grupy z rosnącym dodatkiem CBD: 20 mg/dzień (n = 5); 50 mg/kg (n = 5), oraz 20 mg/dzień CBD liposomalnego (n = 5)	4 tygodnie	↑ jakość życia przy podawaniu liposomalnego CBD lub CBD w dużych dawkach, ↓objawy bólowe przy dawce 50 mg/dzień CBD lub 20 mg/dzień liposomalnego CBD	Verrico i in. [2020]

Róża dzika (<i>Rosa canina</i> L.)	standaryzowany proszek z owoców dzikiej róży (LitoVet) podawany do karmy w dawce 10 g/dzień	86 chartów obu płci, w wieku $4,25 \pm 1,75$ lat i masie ciała $30,95 \pm 4,0$ kg, ustalono grupę kontrolną, w której podawano placebo oraz grupę z dodatkiem proszku z owoców dzikiej róży	3 miesiące	↑ działanie przeciwzapalne i przeciwutleniające, ↑ wydolność fizyczna, wytrzymałość, motywacja do różnych aktywności, w tym treningowych, prędkość, ↑ nastrój, ↑ jakość sierści, brak wpływu na apetyt oraz masę ciała	Winther i in. [2010]
Kadziłowiec indyjski (<i>Boswellia serrata</i> Roxb. ex Colebr.)	ekstrakt żywicy z <i>Boswellia serrata</i> podawany w dawce 400 mg/10 kg masy ciała raz dziennie z pokarmem	29 psów różnych ras (16 samców i 13 samic) z objawami przewlekłej choroby stawów i kręgosłupa, wiek $8,0 \pm 3,5$ lat, masa ciała $30,0 \pm 8,9$ kg	6 tygodni	↓ kulawizna, ↓ miejscowy ból, ↓ sztywny chód, u 5 psów wystąpiły epizody biegunki i wzdęć	Reichling i in. [2004]
Witania ospała (<i>Withania somnifera</i> (L.) Dunal)	ekstrakt z korzenia ashwagandhy podawany w dawce 15 mg/kg masy ciała raz dziennie z wieczorną karmą	24 psy mieszańce i różnych ras (20 samców i 4 samice) z oznakami stresu i lęku, w średnim wieku 4,12 lat i masie ciała 26,4 kg, ustalono grupę kontrolną (n = 12), w której podawano placebo (skrobia) oraz grupę (n = 12) z dodatkiem ashwagandhy	4 tygodnie	↓ stosunek kortyzolu do kreatyny w moczu, ↓ strach i niepokój, ↑ kondycja ciała	Kaur i in. [2022]

↑ – wzrost, ↓ – zmniejszenie

szeroko stosowane ze względu na ich właściwości adaptogenne i liczne korzyści zdrowotne. Sugeruje się, że ashwagandha ma działanie przeciwzapalne, przeciwtłeniające, immunomodulujące, przeciwnowotworowe, adaptogenne, neuroprotektoryjne, hepatoprotekcyjne oraz przeciwstarzeniowe [Dar i in. 2015, Paul i in. 2021]. Powszechnie wiadomo, że ashwagandha zmniejsza reakcje na stres zarówno u ludzi, jak i zwierząt [Weiner i Weiner 1994]. Kaur i in. [2022] ocenili działanie standaryzowanego ekstraktu z korzenia ashwagandhy jako adaptogenu i zioła przeciwlękowego u psów (tab. 1). Odnotowane wyniki w tym badaniu potwierdziły, iż suplementacja ekstraktem z korzenia ashwagandhy wiązała się ze znaczną poprawą objawów związanych ze stresem.

Podsumowanie

Mimo bezsprzecznych, szerokich możliwości oddziaływania prozdrowotnego ziół w żywieniu psów należy stosować je z dużą ostrożnością i wiedzą lub konsultacją żywieniowo-weterynaryjną. Rozwiązaniem mogą być gotowe produkty paszowe dostępne na rynku (karmy pełnoporcjowe z udziałem ziół, ziołowe suplementy diety psów, smaczki z udziałem ziół) skomponowane przez specjalistów. Niektóre rośliny, czy zioła mogą być szkodliwe, a nawet toksyczne dla psa. Do nich należą m.in.: bluszcz, ostrokrzew, bukszpan, czarny bez, cis, zimowit jesienny, a także rośliny cebulowe. Zaleca się kontrolę w przypadku nawet przypadkowego pobrania tych roślin. Organizm psa charakteryzuje się osobniczą wrażliwością na nowe elementy diety, dlatego przy ich wprowadzaniu zaleca się obserwację zwierzęcia, aby wcześniej wykryć np.: nietolerancję czy alergię. Niektóre zioła mogą także wchodzić w interakcję z lekami, które pies przyjmuje lub między sobą, wzmacniając lub blokując swoje działanie, a także działać niekorzystnie przy występujących określonych schorzeniach, np.: długie stosowanie majeranku może być potencjalnie niebezpieczne u psów geriatrycznych z chorobą układu krwionośnego – zakrzepicą. Wówczas szczególnie ważna jest konsultacja ich podawania ze specjalistą.

Piśmiennictwo

- Ajmire P.V., Chavhan S.A., Thete P.V., Bakal R.L., 2021. Pharmacognosy, phytochemistry, pharmacology and clinical applications of *Taraxacum officinale*. J. Pharm. Phytochem. 10(3), 165–171.
- Akhtar U., Wankhade, A.M., Vyas J.V., Paithankar V.V., 2023. A review on: Phytoconstituents, traditional and medicinal uses of *Taraxacum officinale* (Dandelion). Res. J. Pharm. Phytochem. 15(2), 139–144.
- Ali S.I., Gopalakrishnan B., Venkatesalu, V., 2017. Pharmacognosy, phytochemistry and pharmacological properties of *Achillea millefolium* L.: a review. Phytother. Res. 31(8), 1140–1161. <https://doi.org/10.1002/ptr.5840>
- Almatroodi S.A., Alsahli M.A., Almatroudi A., Khan A.A., Rahmani A.H., 2021. Peppermint (*Mentha × piperita*): role in management of diseases through modulating various biological activities. Pharm. J. 13(3), 822–827. <https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.104>

- Al-Yasiry A.R., Kiczorowska B., 2016. Frankincense – therapeutic properties. *Post. Hig. Med. Dośw.* 70, 380–391. <https://doi.org/10.5604/17322693.1200553>
- Arifin P.F., Suyatna F.D., Arozal W., Wikanendra G.B., Susilowidodo R.A., Wisastra R., 2020. Mucoactive effect evaluation and acute toxicity study of natural herbal combination of *Echinacea purpurea*, *Sambucus nigra*, *Glycyrrhiza glabra*, *Vitex trifolia*, and *Zingiber officinale*. *Pharmacol. Online* 1, 186–194.
- Asgarpanah J., Mohajerani R., 2012. Phytochemistry and pharmacologic properties of *Urtica dioica* L. *J. Med. Plant Res.* 6(46), 5714–5719. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.540>
- Ashwlayan V.D.K.A., Verma M., 2018. Therapeutic potential of *Calendula officinalis*. *Pharm. Pharmacol. Int. J.* 6(2), 149–155. <https://doi.org/10.15406/ppij.2018.06.00171>
- Ayati Z., Amiri M.S., Ramezani M., Delshad E., Sahebkar A., Emami S.A., 2018. Phytochemistry, traditional uses and pharmacological profile of rose hip: a review. *Curr. Pharm. Des.* 24(35), 4101–4124. <https://doi.org/10.2174/1381612824666181010151849>
- Bartner L.R., McGrath S., Rao S., Hyatt L.K., Wittenburg L.A. 2018. Pharmacokinetics of cannabidiol administered by 3 delivery methods at 2 different dosages to healthy dogs. *Can. J. Vet. Res.* 82, 178–183.
- Batiha G., Beshbishy A., Wasef L., Elewa Y., Al-Sagan A., El-Hack M., Taha A., Abd-Elhakim Y., Devkota H., 2020. Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): a review. *Nutrients* 12(3), 872. <https://doi.org/10.3390/nu12030872>
- Bhatwalkar S., Mondal R., Krishna S., Adam J., Govender P., Anupam R., 2021. Antibacterial properties of organosulfur compounds of garlic (*Allium sativum*). *Front. Microbiol.* 12, 613077. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.613077>
- Bradshaw J.W., 2006. The evolutionary basis for the feeding behavior of domestic dogs (*Canis familiaris*) and cats (*Felis catus*). *J. Nutr.*, 136(7), 1927S–1931S.
- Brahmi F., Khodir M., Mohamed C., Pierre D., 2017. Chemical composition and biological activities of *Mentha* species W: Aromatic and medicinal plants. Back to nature, H.A. El-Shemy (red.). *IntechOpen* 10, 47–79.
- Brahmi-Chendouh N., Piccolella S., Nigro E., Hamri-Zeghichi S., Madani K., Daniele A., Pacifico S., 2021. *Urtica dioica* L. leaf chemical composition: a never-ending disclosure by means of HR-MS/MS techniques. *Pharm. Biomed. Anal.* 195, 113892, <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.113892>
- Brandão L.B., Santos L.L., Martins R.L., Rodrigues A.B.L., da Costa A.L.P., Faustino C. G., de Almeida S., 2022. The potential effects of species *Ocimum basilicum* L. on health: a review of the chemical and biological studies. *Pharmacogn. Rev* 16, 23. <https://doi.org/10.5530/phrev.2022.16.4>
- Camarda L., Dayton T., Di Stefano V., Pitonzo R., Schillaci D., 2007. Chemical composition and antimicrobial activity of some oleogum resin essential oil from *Boswellia* spp. (Burseraceae). *Ann. Chim.* 97, 837–844. <https://doi.org/10.1002/adic.200790068>
- Cavalcanti A.M., Baggio C.H., Freitas C.S., Rieck L., de Sousa R.S., Da Silva-Santos J.E., Mesia-Vela S., Marques M.C.A., 2006. Safety and antiulcer efficacy studies of *Achillea millefolium* L. after chronic treatment in Wistar rats. *J. Ethnopharmacol.* 107(2), 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.03.011>
- Clemmons R.M., 1997. Integrative treatment of cancer in dogs. University of Florida.
- COBORU, (2024). Odmiany konopi wpisane do Krajowego Rejestru. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Dostępne na: https://coboru.gov.pl/pl/kr/kr_odm?kodgatunku=KOP, [dostęp: 23.02.2024].
- Coile D.C., 2016. Cannabis and CBD science for dogs: natural supplements to support healthy living and graceful aging. Assisi BioPress, New York.
- Corsetti S., Borruso S., Malandrucchio L., Spallucci V., Maragliano L., Perino R., D'Agostino P., Natoli E., 2021. *Cannabis sativa* L. may reduce aggressive behaviour towards humans in shelter dogs. *Sci. Rep.* 11, 2773. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82439-2>
- Dar N.J., Hamid A., Ahmad M., 2015. Pharmacologic overview of *Withania somnifera*, the Indian Ginseng. *Cell Mol. Life Sci.* 72(23), 4445–4460. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-2012-1>

- de Montaigne M.E., 2005. Suggested clinical application of psychoactive herbs. W: Psychoactive Herbs in Veterinary Behavior Medicine, S.Schwartz (red.). Wiley-Blackwell, 317.
- Deabold K.A., Schwark W.S., Wolf L. Wakshlag J.J., 2019. Single-dose pharmacokinetics and preliminary safety assessment with use of CBD-rich hemp nutraceutical in healthy dogs and cats. *Animals* 9, 832. <https://doi.org/10.3390/ani9100832>
- Deliorman Orhan D., Hartevioğlu A., Küpeli E., Yesilada E., 2007. *In vivo* anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. *J. Ethnopharmacol.* 112, 394–400. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.03.029>
- Dhama K., Sharun K., Gugjoo M.B., Tiwari R., Alagawany M., Iqbal Yattoo M., Thakurg P., Iqbal H.M.N., Chaicumpai W., Michalak I., Elnesr S.S., Farag M.R., 2023. A comprehensive review on chemical profile and pharmacological activities of *Ocimum basilicum*. *Food Rev. Int.*, 39(1), 119–147. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900230>
- Dhull S.B., Bamal P., Kumar M., Bangar S.P., Chawla P., Singh A., Mushtaq W., Ahmad M., Sihag S., 2023. Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) gum: a functional ingredient with promising properties and applications in food and pharmaceuticals – a review. *Legume Sci.* 5(3), e176. <https://doi.org/10.1002/leg3.176>
- Di Cerbo A., Sechi S., Canello S., Guidetti G., Fiore F., Cocco R., 2017. Behavioral disturbances: an innovative approach to monitor the modulatory effects of a nutraceutical diet. *JoVE* 119, e54878, <https://doi.org/10.3791/54878>
- Dimcheva V., Karsheva M., 2018. *Cistus incanus* from Strandja mountain as a source of bioactive antioxidants. *Plants* 7(1), 8. <https://doi.org/10.3390/plants7010008>
- Dimock A.N., Siciliano P.D., McIlwraith C.W., 2000. Evidence supporting an increased presence of reactive oxygen species in the diseased equine joint. *Equine Vet. J.* 32(5), 439–443, <https://doi.org/10.2746/04251640077591129>
- do Nascimento R.C., Souza C.M.M., Bastos T.S., Kaelle G.C.B., de Oliveira S.G., Félix A.P., 2022. Effects of an herbal source of choline on diet digestibility and palatability, blood lipid profile, liver morphology, and cardiac function in dogs. *Animals* 12(19), 2658. <https://doi.org/10.3390/ani12192658>
- Duletić-Laušević S., Aradski A.A., Kolarević S., Vuković-Gačić B., Oalde M., Živković J., Šavikin K., Marin P.D., 2018. Antineurodegenerative, antioxidant and antibacterial activities and phenolic components of *Origanum majorana* L.(Lamiaceae) extracts. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 91, 126–134. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2018.091.018>
- El Haouari M., Rosado J.A., 2019. Phytochemical, anti-diabetic and cardiovascular properties of *Urtica dioica* L. (Urticaceae): a review. *Mini Rev. Med. Chem.* 19(1), 63–71, <https://doi.org/10.2174/1389557518666180924121528>
- Ememe M., Ememe C., 2017. Benefits of super food and functional food for companion animals. Superfood and functional food: an overview of their processing and utilization. InTech, London, 309–322.
- Falconieri D., Piras A., Porcedda S., Marongiu B., Gonçalves M.J., Cabral C., Cavaleiro C., Salgueiro L., 2011. Chemical composition and biological activity of the volatile extracts of *Achillea millefolium*. *Nat. Product Commun.* 6(10), 1934578X1100601030, <https://doi.org/10.1177/1934578X11006010>
- Fitzgerald K.T., Bronstein A.C., Newquist K.L., 2013. Marijuana poisoning. *Top. Comp. Med.* 28, 8–12. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2013.03.004>
- Francišković M., Gonzalez-Pérez R., Orčić D., Sanchez de Medina F., Martínez-Augustin O., Svirčev E., Simin, N., Mimica-Dukić N., 2017. Chemical composition and immuno-modulatory effects of *Urtica dioica* L. (stinging nettle) extracts. *Phytother. Res.* 31(8), 1183–1191, <https://doi.org/10.1002/ptr.5836>
- Freeman L.M., Michel K.E., 2001. Evaluation of raw food diets for dogs. *JAVMA*, 218(5), 705–709.
- Georgieva L., Gadjalova A., Mihaylova D., Pavlov A., 2015. *Achillea millefolium* L. – phytochemical profile and *in vitro* antioxidant activity. *Int. Food Res. J.*, 22(4), 1347–1352.
- Gupta V., Mittal P., Bansal P., Khokra S.L., Kaushik D., 2010. Pharmacological potential of *Matricaria recutita* – a review. *Int. J. Pharm. Sci. Drug Res.*, 2(1), 12–16.

- GUS, 2023. Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2023. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Gutiérrez-Grijalva, E.P., López-Martínez, L.X., Contreras-Angulo, L.A., Elizalde-Romero, C.A., Heredia, J.B., 2020. Plant Alkaloids: Structures and bioactive properties. W: Plant-derived Bioactives, M. Swamy (red.). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2361-8_5
- Hausman-Kedem M., Menascu S., Kramer, U., 2018. Efficacy of CBD-enriched medical cannabis for treatment of refractory epilepsy in children and adolescents: an observational, longitudinal study. *Brain Dev.* 40, 544–551. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2018.03.013>
- Hill A.J., Williams C.M., Whalley B.J., Stephens G.J., 2012. Phytocannabinoids as novel therapeutic agents in CNS disorders. *Pharmacol. Ther.* 133, 79–97, <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2011.09.002>
- Jan N., Andrabi K.I., John R., 2017. *Calendula officinalis* – an important medicinal plant with potential biological properties. In *Proc. Indian Natl. Sci. Acad.* 83(4), 769–787.
- Janeczek A., Zawadzki M., Szpot P., Niedzwiedz A., 2018. Marijuana intoxication in a cat. *Acta Vet. Scand.* 60, 44. <https://doi.org/10.1186/s13028-018-0398-0>
- Kalemba-Drożdż M., Grzywacz-Kisiełowska A., 2022. Surowce polifenolowe. Oficyna Wydawnicza KAAFM, Kraków.
- Kaniewski R., Pniewska I., Kubacki A., Strzelczyk M., Chudy M., Oleszak G., 2017. Konopie siewne (*Cannabis sativa* L.) – wartościowa roślina użytkowa i lecznicza. *Post. Fitoter.* 18(2), 139–144, <https://doi.org/10.25121/PF.2017.16.2.13>
- Kasouni A.I., Chatzimitakos T.G., Stalikas C.D., Trangas T., Papoudou-Bai A., Troganis A.N., 2021. The unexplored wound healing activity of *Urtica dioica* L. extract: an *in vitro* and *in vivo* study. *Molecules* 26(20), 6248. <https://doi.org/10.3390/molecules26206248>
- Kaur J., Seshadri S., Golla K.H., Sampara P., 2022. Efficacy and safety of standardized ashwagandha (*Withania somnifera*) root extract on reducing stress and anxiety in domestic dogs: a randomized controlled trial. *J. Vet. Behav.* 51, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2022.03.002>
- Khodaei N., Nguyen M.M., Mdimagh A., Bayen S., Karboune S., 2021. Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: predictive models. *LWT* 138, 110684. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110684>
- Kirschvink N., Fiéves L., Bougnet V., Art T., Degand G., Smith N., Marlin D., Roberts C., Harris P., Lekeux P., 2002. Effect of nutritional antioxidant supplementation on systemic and pulmonary antioxidant status, airway inflammation and lung function in heaves-affected horses. *Equine Vet. J.* 34(7), 705–712. <https://doi.org/10.2746/042516402776250298>
- Koyama S., Heinbockel T., 2020. The effects of essential oils and terpenes in relation to their routes of intake and application. *Int. J. Mol. Sci.* 21(5), 1558. <https://doi.org/10.3390/ijms21051558>
- Liu B., Liu L., Deng B., Huang C., Zhu J., Liang L., Liu S., Yao S., 2022. Application and prospect of organic acid pretreatment in lignocellulosic biomass separation: a review. *Int. J. Biol. Macromol.* 222, 1400–1413. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.09.270>
- Mahboubi M., Haghi G., 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Mentha pulegium* L. essential oil. *J. Ethnopharmacol.* 119(2), 325–327. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.023>
- Mahdavi B., Ghorat F., Nasrollahzadeh M.S., Hosseini-Tabar M., Rezaei-Seresht H., 2020. Chemical composition, antioxidant, antibacterial, cytotoxicity, and hemolyses activity of essential oils from flower of *Matricaria chamomilla* var. *chamomilla*. *Anti-Infective Agents*, 18(3), 224–232, <https://doi.org/10.2174/2211352517666190528114041>
- Marchegiani A., Fruganti A., Gavazza A., Mangiaterra S., Candellone A., Fusi E., Cerquetella M., 2020. Evidences on molecules most frequently included in canine and feline complementary feed to support liver function. *Vet. Med. Int.* 9185759. <https://doi.org/10.1155/2020/9185759>
- Marstrand K., Campbell-Tofte J., 2016. The role of rose hip (*Rosa canina* L) powder in alleviating arthritis pain and inflammation – part II animal and human studies. *Bot. Targets Ther.* 6, 59–73, <https://doi.org/10.2147/BTAT.S55573>
- Masyita A., Mustika Sari R., Dwi Astuti A., Yasir B., Rahma Rumata N., Emran T.B., Nainu F., Simal-Gandara J., 2022. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chem. X* 13, 100217. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>

- Miraj S., Kiani S., 2016. Study on pharmacological effect of *Ocimum basilicum*: a review. *Pharm. Lett.* 8(9), 276–280.
- MLG, 2023. Polska ma prawdziwy hit eksportowy. Jesteśmy w światowej czołówce. money.pl [dostęp: 19.11.2023].
- Moghaddasi M.S., Kashani H.H., 2012. Pot marigold (*Calendula officinalis*) medicinal usage and cultivation. *Sci. Res. Essays* 7(14), 1468–1472.
- Muqaddas R.A.K., Nadeem F., Jilani M.I., 2016. Essential chemical constituents and medicinal uses of marjoram (*Origanum majorana* L.) – a comprehensive review. *Int. J. Chem. Biochem. Sci.* 9, 56–62.
- Ndomou S.C.H., Mube H.K., Ndomou S.C.H., Mube H.K., 2023. The use of plants as phytobiotics: a new challenge. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110731>
- Ninfali P., Antonelli A., Magnani M., Scarpa E.S., 2020. Antiviral properties of flavonoids and delivery strategies. *Nutrients*, 12(9), 2534, <https://doi.org/10.3390/nu12092534>
- Noriega P., 2020. Terpenes in essential oils: bioactivity and applications. W: *Terpenes and Terpenoids – Recent Advances*, S. Perveen, A. Mohammad Al-Taweel (red.). *IntechOpen*, 12–27. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93792>
- Pal D., Mukherjee S., 2020. Fenugreek (*Trigonella foenum*) seeds in health and nutrition. W: *Nuts and seeds in health and disease prevention*, V.R. Preedy, R.R. Watson, V.B. Patel (red.). *Elsevier*, 161–170.
- Paul S., Chakraborty S., Anand U., Dey S., Nandy S., Ghorai M., Saha S.C., Patil M.T., Kandimalla R., Proćków J., Dey A., 2021. *Withania somnifera* (L.) Dunal (Ashwagandha): a comprehensive review on ethnopharmacology, pharmacotherapeutics, biomedicinal and toxicological aspects. *Biomed. Pharmacother.* 143, 112175. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112175>
- Petrova A., Ognyanov M., Petkova N., Denev P., 2023. Phytochemical characterization of purple cone-flower roots (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) and their extracts. *Molecules* 28(9), 3956. <https://doi.org/10.3390/molecules28093956>
- Pomponio R., Gotti R., Santagati N.A., Cavrini V., 2003. Analysis of catechins in extracts of *Cistus* species by microemulsion electrokinetic chromatography. *J. Chromatogr. A* 990(1–2), 215–223. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)002010-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)002010-1)
- Reichling J., Fitz J., Fürst-Jucker J., Bucher S., Saller R., 2003. Echinacea powder: treatment for canine chronic and seasonal upper respiratory tract infections. *Schweiz Arch. Tierheilkd.* 145(5), 223–231. <https://doi.org/10.1024/0036-7281.145.5.223>
- Reichling J., Schmökel H., Fitz J., Bucher S., Saller R., 2004. Dietary support with *Boswellia* resin in canine inflammatory joint and spinal disease. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 146(2), 71–79, <https://doi.org/10.1024/0036-7281.146.2.71>
- Rigane G., Younes S.B., Ghazghazi H., Salem R.B., 2013. Investigation into the biological activities and chemical composition of *Calendula officinalis* L. growing in Tunisia. *Int. Food Res. J.* 20(6), 3001.
- Ross I.A., 2023. Psychotropic effects of Cannabis. W: *Ross I.A., Plant-based therapeutics*. Vol. 1. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35155-6_6
- Roy N.K., Deka A., Bordoloi D., Mishra S., Kumar A.P., Sethi G., Kunnumakkara A.B., 2016. The potential role of boswellic acids in cancer prevention and treatment. *Cancer Lett.* 377, 74–86.
- Santagati N.A., Salerno L., Attagui G., Savoca F., Ronsisvalle G., 2008. Simultaneous determination of catechins, rutin, and gallic acid in *Cistus* species extracts by HPLC with diode array detection. *J. Chromatogr. Sci.* 46(2), 150–156. <https://doi.org/10.1093/chromsci/46.2.150>
- Schippmann U., Cunningham A.B., Leaman D.J. (2002). Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues (case study no. 7). In: *Biodiversity and the Ecosystem Approach in Agriculture, Forestry and Fisheries*. Satellite Event Session on the Occasion of the 9th Regular Session of the Commission on “Genetic Resources for Food and Agriculture”, Rome, 12–13 October 2002. *FAO Document Repository of United Nations*, 142–167.
- Shahrajabian M.H., Sun W., Cheng Q., 2020. Chemical components and pharmacological benefits of Basil (*Ocimum basilicum*): a review. *Int. J. Food Prop.* 23(1), 1961–1970, <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1828456>

- Sharma K., Kumar V., Kaur J., Tanwar B., Goyal A., Sharma R., Gat Y., Kumar A., 2021. Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review. *Toxin Rev.* 40(4), 432–444. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>
- Soto-Blanco B., 2022. Herbal glycosides in healthcare. In: *Herbal biomolecules in healthcare applications*, 239–282.
- Stanojevic L.P., Marjanovic-Balaban Z.R., Kalaba V.D., Stanojevic J.S., Cvetkovic D.J., 2016. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of chamomile flowers essential oil (*Matricaria chamomilla* L.). *J. Essent. Oil-Bear. Plants* 19(8), 2017–2028, <https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1224689>
- Strzelczyk M., Kaniewski R., 2021. Konopie siewne *Cannabis sativa* L. – jeden z najstarszych gatunków roślin użytkowych. *Post. Fitoter.* 1, 53–60. <https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.53>
- Syed Q.A., Rashid Z., Ahmad M.H., Shukat R., Ishaq A., Muhammad N., Rahman H.U.U., 2020. Nutritional and therapeutic properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): a review. *Int. J. Food Prop.* 23(1), 1777–1791. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1825482>
- Tallon M.J., Child R., 2023. Subchronic oral toxicity assessment of a Cannabis extract. *Reg. Pharm. Tox.* 105496. <https://doi.org/10.1016/j.yrtp.2023.105496>
- Tong Z., He W., Fan X., Guo A., 2022. Biological function of plant tannin and its application in animal health. *Front. Vet. Sci.* 8, 803657. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.803657>
- Ukai M., McGrath S., Wakshlag J., 2023. The clinical use of cannabidiol and cannabidiolic acid-rich hemp in veterinary medicine and lessons from human medicine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 261(5), 623–631. <https://doi.org/10.2460/javma.23.02.0064>
- Ullah A., Munir S., Badshah S.L., Khan N., Ghani L., Poulson B.G., Emwas M-H. Jaremko M., 2020. Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. *Molecules* 25(22), 5243. <https://doi.org/10.3390/molecules25225243>
- Umar S., Umar K., Sarwar A.H.M.G., Khan A., Ahmad N., Ahmad S., Katiyar C.K., Husain S.A., Khan H.A., 2014. *Boswellia serrata* extract attenuates inflammatory mediators and oxidative stress in collagen induced arthritis. *Phytomedicine* 21, 847–856. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.02.001>
- Verrico C.D., Wesson S., Konduri V., Hofferek C.J., Vazquez-Perez J., Blair E., Dunner K., Jr, Salimpour P., Decker W.K., Halpert M.M., 2020. A randomized, double-blind, placebo-controlled study of daily cannabidiol for the treatment of canine osteoarthritis pain. *Pain* 161(9), 2191–2202. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001896>
- Viana L.M., Mothé C.G., Mothé M.G., 2020. Natural food for domestic animals: a national and international technological review. *Res. Vet. Sci.* 130, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.02.008>
- Weiner M.A., Weiner J.A., 1994. *Ashwagandha (Indian ginseng)*. W: Weiner M.A., Weiner J.A., *Herbs that heal*. Quantum Books, Mill Valley, 70–72.
- Winther K., Ragone A., Hansen A.V., Hansen P., Kharazmi A., 2010. A herbal remedy derived from subspecies of *Rosa canina*, improves the immune response, working capacity and well-being of dogs? A parallel, placebo-controlled, double-blind, randomized study. *Osteoarth. Cartil.* 18, Suppl. 2, 338.
- Zhang Z.B., Ip S.P., Cho W.C.S., Ng A.C.F., Hu Z., Huang Y.F., Luo D.D., Xian Y.F., Lin Z.X., 2021. Herb–drug interactions between androgenic Chinese herbal medicines and androgen receptor antagonist on tumor growth: studies on two xenograft prostate cancer animal models. *Phytother. Res.* 35(5), 2758–2772. <https://doi.org/10.1002/ptr.7020>

Nasiona lnu jako źródło wielonienasyconych kwasów tłuszczowych dla krów mlecznych

Renata Klebaniuk¹, Edyta Kowalczuk-Vasilev¹, Maciej Bąkowski¹,
Bożena Kiczorowska¹, Zvenyslava Zasadna², Dmytro Yanovych², Piotr Jarzyna¹

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

² State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Feed Additives,
9000 Lviv, Ukraine

autor korespondencyjny: reneta.klebaniuk@up.lublin.pl

Wstęp

Nowoczesne systemy żywienia skierowane na zaspokojenie potrzeb zwierząt wysokoprodukcyjnych, wymagają od hodowcy lub doradcy żywieniowego posiadania olbrzymich ilości informacji. Dane te dotyczą pasz stosowanych w żywieniu, systemu utrzymania, jak również samych zwierząt. Zarządzanie żywieniem powinno uwzględniać wiedzę dotyczącą specyfiki fizjologicznej, jak również zachowań danej grupy zwierząt, co pozwoli uniknąć błędów skutkujących problemami zdrowotnymi, które mogą mieć bezpośrednie przełożenie na opłacalność produkcji.

Tłuszcz w żywieniu przeżuwaczy

Osiągnięcie wysokiej produktywności krów mlecznych, zwłaszcza w początkowym okresie laktacji najczęściej limitowane jest niedostateczną, w porównaniu z potrzebami, wartością energetyczną pobranej dawki, a często także zbyt niskim udziałem w dawce białka nieulegającego rozkładowi w żwaczu [Szarkowski i in. 2009, Klebaniuk i in. 2011, Rabiee i in. 2012, Bąkowski i in. 2013]. Niedobory energii i innych składników pokarmowych przyczyniają się nie tylko do niższej wydajności mleka, ale także do pogorszenia zdrowia i rozrodu krów [Matras i in. 2014]. Koncentrację energii w dawce pokarmowej można podwyższyć, zwiększając ilość skrobiowych pasz treściwych (zbóż), jednak przy zbyt wysokim udziale tych pasz notuje się niebezpieczne obniżanie pH żwacza, prowadzące do kwasicy [Cone 1991, Owens i in. 1998, Kowalski 2010]. Pogarsza się wtedy strawność włókna i zmniejsza pobranie paszy, co jeszcze bardziej komplikuje pobranie energii przez krowę. Zmniejsza się wydajność mleka i zawartość tłuszczu w mleku. Kosztownymi konsekwencjami SARA (subkliniczna kwasica żwacza) są również kulawizny (ochwat bydła). Jednym z najefektywniejszych, chociaż nienajtańszych i nienajłatwiejszych, sposobów zwiększania gęstości energetycznej dawki pokarmowej jest stosowanie dodatków tłuszczowych. Tłuszcz jest źródłem wysoko skoncentrowanej energii. W porównaniu

z węglowodanami jest ponad dwukrotnie bogatszym jej źródłem (w 1 g tłuszczu znajduje się 9 kcal, natomiast w analogicznej ilości węglowodanów 4 kcal). W żywieniu przeżuwaczy stosuje się dodatek tłuszczu pochodzenia zarówno zwierzęcego (łój, smalec), jak i roślinnego w formie oleju lub całych nasion roślin oleistych i/lub produktów ich przerobu. Ze względu na ograniczenia w stosowaniu w żywieniu krów mlecznych pasz pochodzenia zwierzęcego, a także na ograniczenia cenowe (np. olej rybi) hodowcy krów mlecznych w naszym kraju powinni zwrócić uwagę przede wszystkim na dodatki paszowe, których głównym składnikiem są specjalnie przetworzone pełnotłuste nasiona lnu. Ambrose i in. [2006a] wykazali, że zastosowanie nasion lnu jako źródła kwasu LNA wpływa pozytywnie na funkcję jajników, wczesny rozwój zarodka i wskaźnik zapłodnialności oraz zmniejsza straty w wyniku poronień, co w bezpośredni sposób może się przełożyć na opłacalność produkcji.

Pod wpływem działania drobnoustrojów tłuszcz w żwacu ulega w zasadniczej mierze lipolizie, zaś nienasycone wyższe kwasy tłuszczowe (WKT) – biouwodorowaniu [Cieślak i in. 2005]. Dodatek tłuszczu, zwłaszcza zawierającego wielonienasycone kwasy tłuszczowe, może ujemnie wpływać na aktywność bakterii żwacza, zwłaszcza celulolitycznych, prowadząc do pogorszenia strawności składników włókna surowego [Rabiee i in. 2012, Weld i Armentano 2017], stąd też ilość takiego tłuszczu w dawce musi być ograniczona. Zawartość tłuszczu w tradycyjnych dawkach pokarmowych wynosi z reguły 2–3% (w suchej masie) [Kowalski 2004]. Przez stosowanie dodatków tłuszczów niechronionych (np. olejów roślinnych) można tę zawartość zwiększyć do ok. 4% (tłuszcz z dodatku stanowi wtedy ok. 1–1,5% suchej masy dawki). Dalsze zwiększanie udziału w dawce takich dodatków tłuszczowych jest już jednak niebezpieczne, gdyż powodować może hamowanie namnażania się bakterii żwaczowych, zwłaszcza tych, które odpowiadają za trawienie celulozy. Pozostaje więc możliwość stosowania dodatków tłuszczów chronionych, bo wtedy zawartość tłuszczu w dawce pokarmowej można podnieść do ok. 6% (tłuszcz z dodatku stanowi wtedy ok. 3% suchej masy dawki). Większe dawki dodatków tłuszczowych, także tłuszczu chronionego, są jednak nie tylko zbyt drogie, ale przede wszystkim mogą spowodować zaburzenia apetytu. Suplementacja dawek pokarmowych dla krów mlecznych różnymi formami tłuszczów jest poruszana w wielu publikacjach [Cieślak 2000, 2004, 2005, Kowalski 2004, 2010, Fuentes 2008, Albuquerque i in. 2012, Dirandeh i in. 2013, Matras 2014, Gonzalez i in. 2015, Elis i in. 2016, Greco i in. 2018, Castro i in. 2019, Freret i in. 2019]. W wielu jednak można znaleźć informacje o niekorzystnym wpływie stosowania tłuszczu niechronionego w żywieniu bydła, co prowadzi do zaburzenia funkcjonowania mikroflory żwacza i pogorszenia parametrów produkcyjnych w stadzie. Stąd coraz powszechniej stosuje się preparaty zawierające tłuszcz chroniony, tzw. by-pass fat. Tłuszcz chroniony, występuje najczęściej w formie otoczkowanej, mydła wapniowego lub utwardzanego tłuszczu sypkiego (olej palmowy). Jest on obojętny dla przebiegu fermentacji w żwacu, ponieważ nie ulega rozkładowi w zbliżonym do obojętnego pH żwacza. Równocześnie

zalecane jest stosowanie związków buforujących (kwaśny węglan sodu), co zapobiega niekorzystnej dysocjacji mydeł wapniowych w żwaczu [Włodarczyk i Budvytis 2011].

Znaczenie nienasyconych kwasów tłuszczowych w żywieniu krów mlecznych

Nasiona lnu są bogatym źródłem tłuszczu zasobnego w NNKT, które są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Kwasy tłuszczowe są klasyfikowane jako lipidy, które są związkami biologicznymi rozpuszczalnymi w rozpuszczalnikach organicznych. Lipidy obejmują m.in. cholesterol i tłuszcze, takie jak triacyloglicerole i fosfolipidy. Fosfolipidy są głównymi składnikami błon komórkowych i źródłem kwasów tłuszczowych do syntezy różnych cząsteczek efektorowych, takich jak eikozanoidy, które są grupą związków zawierających prostaglandyny, tromboksany i leukotrieny. Zmiany długości łańcucha, stopnia nienasylenia i pozycja podwójnych wiązań w łańcuchu acylowym kwasów tłuszczowych mogą mieć znaczący wpływ na ich funkcje. Niezbędny wielonienasycony kwas tłuszczowy – kwas linolowy (C18:2 n-6) – ulegać może wydłużaniu łańcucha i desaturacji, przez co może tworzyć zróżnicowane produkty takie jak kwasy linolenowe dihomio-y (C20:3 n-6) i arachidonowe (C20:4 n-6). Podobnie kwas α -linolenowy (C18:3 n-3) może tworzyć produkty takie jak kwas eikozapentaenowy (EPA; C20:5 n-3) i kwas dokozaheksaenowy (DHA; C22:6 n-3). Te specyficzne długie łańcuchy wielonienasyconych kwasów tłuszczowych wytwarzają produkty eikozanoidowe z serii prostaglandyn. Odpowiednio PGF1, PGF2 i PGF3, jak również różne tromboksany, leukotrieny, lipoksyny, kwasy hydroperoksyekozatetraenowe i kwasy hydroksyeikozatetraenowe (HETE), które regulują stan zapalny i odporność w organizmie [Kowalski 2010].

W żywieniu zwierząt, w tym bydła, wciąż rosnącym zainteresowaniem cieszą się wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny omega-3 (LNA, EPA i DHA). Część kwasów EPA i DHA powstaje w organizmie zwierzęcia z kwasu LNA. Dodatkowo kwasy EPA i DHA mogą być także pobierane w dawce pokarmowej, a ich bardzo bogatym źródłem są oleje rybne (ryby morskie). Bogatym źródłem kwasów omega-3 jest także tłuszcz znajdujący się w zielonce z traw. W procesach rozrodu z kolei ważne są również kwasy z rodziny omega-6, zwłaszcza kwas linolowy (LA, C18:2 n-6), będący prekursorem kwasu arachidonowego (AA, C20:4 n-6). Bogatym źródłem kwasów z rodziny omega-3 (a także omega-6) są nasiona lnu i produkty jego przetwarzania [Petit 2010]. W oleju lnianym ok. 50–60% sumy kwasów stanowi kwas LNA, natomiast około 15% – kwas LA. W nowych odmianach lnu, np. Amon, udział kwasu LNA wynosi 65–70%, kosztem kwasu LA (ok. 2–2,5%). Oleje kukurydziany, sojowy oraz słonecznikowy stanowią przede wszystkim źródło kwasów z rodziny omega-6, w znacznie mniejszym stopniu kwasów omega-3 (olej słonecznikowy zawiera ponad 60% kwasu LA, a tylko 0,5% kwasu LNA). Znacznie lepszym źródłem kwasów omega-3 jest olej rzepakowy (LNA stanowi 10% sumy kwasów),

choć zawartość kwasu LA (z rodziny omega-6) wynosi około 20%. Olej kukurydziany, którego znaczne ilości pobierają krowy w kiszonce z kukurydzy oraz w ziarnie kukurydzy, zawiera aż 55–65% kwasu LA, a tylko śladowe ilości kwasów z rodziny omega-3 [Ghazani i Marangoni 2016].

Z danych publikowanych przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka wynika, że 92,68% krów utrzymywanych w naszym kraju to zwierzęta rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej [PFHBiPM 2019]. Wysokie wydajności mleka uzyskiwane od krów tej rasy skorelowane są często z zaburzeniami płodności (ciche ruje, niski współczynnik zapładnialności, wczesna zamieralność zarodków itp. [More i Thatcher 2006]. Ma to związek z jednej strony z trudnością w pokryciu olbrzymiego zapotrzebowania krów na składniki pokarmowe, a z drugiej ze swoistą „deregulacją” ich gospodarki hormonalnej, skierowanej bardziej na produkcję mleka, niż na regulację czynności rozrodczych. Zaburzenia rozrodu są jedną z najważniejszych przyczyn pogarszających efektywność ekonomiczną produkcji mleka oraz zwiększających wskaźnik brakowania krów. W wielu badaniach został potwierdzony korzystny wpływ stosowania kwasów z rodziny omega-3 w żywieniu krów mlecznych na procesy rozrodu, a także na funkcjonowanie układu odpornościowego przeżuwaczy [Petit i in. 2007, Fuentes i in. 2008, Matras i in. 2014]. Wyniki badań sugerują, że wzrost stosunku kwasów tłuszczowych n-3/n-6 w diecie może mieć wpływ na wydzielanie prostaglandyn, co w bezpośredni sposób może wpływać na przetrwanie zarodka [Thatcher i in. 2001, Santos i in. 2004, Fuentes 2008]. Ambrose i in. [2006b] zaobserwowali, że uzupełnienie dawek pokarmowych krów mlecznych siemieniem lnianym w ilości 9% suchej masy dawki zmniejszyło straty wywołane przez poronienia. Ilość PGFM uwalnianego z macicy jest mniejsza u krów żywionych dawkami pokarmowymi z dodatkiem siemienia lnianego, co potwierdza hipotezę, że zwiększenie ilości kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w diecie zmniejsza syntezę PGF2 α w macicy. W przybliżeniu 17 dni po rui i inseminacji embrion wytwarza interferon- τ (IFN- τ) – co prowadzi do zmiany kierunku pulsacyjnego wyrzutu PGF2 α (zmiana z wewnętrznego na zewnętrzne wydzielanie) z błony śluzowej macicy – przyczynia się to do zapobiegania regresji ciała żółtego, które wydziela progesteron, przez co możliwe jest utrzymanie ciąży. Znaczną ilość wczesnie zamierających zarodków w pogłowie bydła przypisuje się niewystarczającej produkcji IFN- τ [Thatcher i in. 2001, Santos i in. 2004]. Zmiana profilu kwasów tłuszczowych w dawkach pokarmowych dla bydła może stymulować embriony, które nie produkują wystarczająco dużo IFN- τ , aby utrzymać ciążę [Abayasekara i in. 1999]. Uzupełnianie dawek pokarmowych dodatkiem kwasów omega-3, a zwłaszcza EPA i DHA, blokujących syntezę prostaglandyny PGF2 α wspomaga działanie interferonu τ . Zmniejsza to ryzyko wczesnej, przedimplantacyjnej śmierci zarodków [Fuentes i in. 2008, Kowalski 2010, Matras i in. 2014]. Stosowanie pełnotłustych nasion lnu w dawkach pokarmowych dla przeżuwaczy może przyczynić się do poprawy wskaźników rozrodu. Petit i Twagiramungu [2002] wykazali, że u krów otrzymujących w dawce pokarmowej w okresie wczesnej laktacji ok. 10% (w suchej masie) takich nasion ob-

serwowano o ok. 15 i 8% mniejszą zamieralność zarodków w stosunku do krów żywionych z dodatkiem tłuszczu chronionego (mydła wapniowe kwasów tłuszczowych oleju palmowego; 3,8% suchej masy dawki) oraz pełnotłustych nasion soi (17,7% suchej masy dawki). U krów żywionych dawkami z udziałem nasion lnu obserwowano większe ciała żółte, a także najwyższy poziom progesteronu we krwi pomiędzy 17. a 21. dniem cyklu. Ten efekt był najbardziej widoczny u zwierząt będących w stanie ujemnego bilansu energii. Zaskakująco dobre efekty uzyskano jednak także u zwierząt, których dawka pokrywała zapotrzebowanie na energię. Przyczyną poprawy rozrodu był w tym przypadku specyficzny skład kwasów tłuszczowych w tłuszczach paszowych czy dodatkach tłuszczowych. Ponadto Petit i in. [2001] zaobserwowali, że dodatek nasion lnu zwiększał skuteczność zapłodnienia w porównaniu z krowami karmionymi dawkami pokarmowymi z dodatkiem mydeł wapniowych (87,5 vs. 50,0%), wskazując, że kwasy tłuszczowe zawarte w nasionach lnu, w szczególności kwas linolenowy, mogły być odpowiedzialne za te wyniki. Również zmiany w stężeniu progesteronu u krów karmionych pożywieniem z udziałem nasion lnu w porównaniu ze zwierzętami otrzymującymi w dawkach pokarmowych olej palmowy w postaci mydeł wapniowych mogły przyspieszyć rozwój zarodka [Mann i Lamming 2001], poprawiając w ten sposób płodność.

Możliwości stosowania różnych źródeł i form tłuszczu w żywieniu krów mlecznych

Istnieje wiele trudności we wprowadzeniu dodatków tłuszczowych o korzystnym profilu kwasów tłuszczowych do dawek pokarmowych dla przeżuwaczy, ponieważ tłuszcze ulegają w żwaczu bakteryjnemu rozkładowi do kwasów tłuszczowych. Kolejno następuje biouwodorowanie zdecydowanej większości nienasyconych kwasów tłuszczowych, przez co z kwasów omega-3 lub omega-6 stają się kwasami jednonienasyconymi lub nasyconymi. Szczególnie podatne na proces biouwodorowania są kwasy LNA i LA, w mniejszym stopniu kwasy EPA i DHA. Tylko niewielka część nienasyconych kwasów tłuszczowych jest w stanie przedostać się w niezmienionej formie do światła jelita cienkiego, z którego w jelicie czczym wchłaniane są do limfy [Jenkins 1993, Brzozowska i Oprządek 2013]. Sposobem na zwiększenie podaży nienasyconych kwasów tłuszczowych jest stosowanie dodatków tak zwanego tłuszczu chronionego, w tym mydeł wapniowych kwasów tłuszczowych. Innym sposobem może być stosowanie całych pełnotłustych nasion roślin oleistych lub ekstrudowanych nasion lnu, z których olej uwalnia się powoli, przez co znaczna część tłuszczu unika przemian zachodzących w żwaczu. Trawienie tego tłuszczu odbywa się w jelicie cienkim przez lipazę trzustkową i niezmienione nienasycone kwasy tłuszczowe są w nim wchłaniane [Oprządek i Oprządek 2003].

Żywienie ma wpływ na każdy proces fizjologiczny zachodzący w organizmie. W związku z tym nie powinien dziwić fakt, że odżywianie ma również istotny wpływ na odporność i częstość występowania chorób. Od wielu lat naukowcy zdawali sobie sprawę z tego, iż poprzez prawidłowe żywienie można modulować odporność zwie-

rząt. Jednak dopiero w ostatnich latach udało się bardziej wnikliwie poznać mechanizmy, dzięki którym składniki odżywcze i inne związki biologicznie czynne zawarte w paszy mogą wpływać na odporność zwierząt [Forsberg i Wang 2006]. Zdrowie i status immunologiczny zwierząt są uzależnione od wielu elementów. Czynniki zwierzęce, takie jak rasa, płeć i temperament, oddziałują z czynnikami środowiskowymi, takimi jak żywienie, rodzaj i intensywność czynników stresogennych, które aktywują reakcję w organizmie zwierząt. Chociaż korzyści, które można osiągnąć kontrolując ten system i manipulując nim, są znaczne, istnieje również wiele wyzwań dla świata nauki, aby zrozumieć mechanizmy, w jaki sposób można to osiągnąć. Stan wiedzy na temat wpływu żywienia na funkcjonowanie układu odpornościowego i zdrowie zwierząt rozwija się szybko w odniesieniu do wielu gatunków zwierząt. Do tej pory zostało już zidentyfikowanych wiele czynników żywieniowych mających wpływ nie tylko na efekty końcowe, czyli wskaźniki produkcyjne zwierząt, ale również na wskaźniki pośrednie, m.in. status immunologiczny zwierząt. Dzięki dotychczas osiągniętej wiedzy, w połączeniu z dalszymi badaniami i zastosowaniem nowych technologii, możliwa jest dalsza poprawa zdrowia zwierząt (szczególnie tych wysoko wydajnych) w przyszłości. W badaniach został potwierdzony wpływ wielonienasyconych kwasów tłuszczowych na stymulację odporności zwierząt poprzez stymulację produkcji cytokin i cząsteczek zaangażowanych w regulację odpowiedzi immunologicznej [Lessard i in. 2003]. Dodatek nasion lnu w dawkach pokarmowych dla zwierząt może przyczynić się do zmniejszenia negatywnych skutków zdrowotnych związanych ze stresem oksydacyjnym i stymulować system obrony antyoksydacyjnej organizmu. Wyniki badań dotyczących wpływu siemienia lnianego na wskaźniki produkcyjne, stres oksydacyjny i odporność u przeżuwaczy są często rozbieżne. U krów mlecznych niektóre eksperymenty wykazały, że siemię lniane ma właściwości antyoksydacyjne [Schogor i in. 2013], podczas gdy w innych badaniach zaobserwowano jedynie działanie prozapalne [Caroprese i in. 2009]. Badania przeprowadzone przez Nudda i in. [2015] sugerują, iż ekstrudowane nasiona lnu mogą być włączone do diet karmiących owiec bez wpływu na cechy produkcyjne. Mogą mieć jednak działanie immunomodulujące u owiec mlecznych bez negatywnego wpływu na skład mleka, parametry hematologiczne, metaboliczne i stan zdrowia.

W przypadku bydła mlecznego, dodatek nasion lnu do dawek pokarmowych, które są cennym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-3, zmodyfikował sekrecję PG oraz wpłynął na reprodukcję u krów mlecznych [Petit i in. 2002]. To sugeruje, że siemię lniane może mieć również wpływ na inne parametry, które są stymulowane poprzez wydzielanie PG (odpowiedź immunologiczna organizmu). Niewiele wiadomo o skutkach stosowania dawek pokarmowych bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe na komórkowe i humoralne reakcje immunologiczne u krów. Lepsze zrozumienie wpływu NNKT na układ odpornościowy, reakcje na różnych etapach fizjologicznych mogą pomóc w określeniu sposobów żywienia, które optymalizują odpowiedź immunologiczną krów mlecznych. Limfocyty i monocyty/makrofagi odgrywają istotną rolę w ustalaniu odpowiedzi immunologicznej organizmu. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Lessarda i in.

[2003] stosowanie dawek pokarmowych z udziałem nasion lnu obniżyło proporcje kwasów tłuszczowych n-6 do n-3 w surowicy krwi u krów mlecznych. W okresie rozrodczym stężenie PGE₂ w surowicy krwi krów karmionych paszami z dodatkiem siemienia lnianego zostało obniżone w porównaniu ze stężeniem w surowicy krwi zwierząt żywionych paszami z dodatkiem oleju palmowego w postaci mydeł wapniowych lub zmikronizowanej soi. Po wycieleniu proliferacja limfocytów u krów karmionych paszami z dodatkiem nasion lnu została zwiększona, co sugeruje, że zarówno profil kwasów tłuszczowych dawki pokarmowej, jak i stan fizjologiczny wpływają na właściwości funkcjonalne limfocytów u krów mlecznych [Petit i in. 2009].

Oprócz dodatków tłuszczu chronionego (nieдоступnego dla mikroorganizmów w żwacu) w żywieniu krów można stosować całe nasiona roślin oleistych (np. gniecione nasiona rzepaku) lub ekstrudowane nasiona roślin oleistych (nasiona lnu ekstrudowane w obecności ziarna zbóż). Dostępność takiego źródła tłuszczu dla mikroorganizmów żwacza jest ograniczona przez fakt powolnego uwalniania się oleju z komórek nasion (np. nasiona rzepaku); a w przypadku pasz ekstrudowanych (np. ekstrudowany len) z powodu wpływu temperatury zastosowanej w procesie ekstruzji na strukturę białek i węglowodanów paszy poddanej ekstruzji, co korzystnie ogranicza uwalnianie oleju z komórek [Kowalski 2010].

Zainteresowanie uzupełnianiem diety przeżuwaczy różnymi źródłami tłuszczu wzrosło w ciągu ostatnich dziesięcioleci [Zymon i Strzetelski 2007, Hess i in. 2008, Klebaniuk i in. 2016]. Początkowo głównym celem dodawania tłuszczu do diety spożywanej przez przeżuwacze było zapewnienie skoncentrowanej energii. Obecnie wzrost zainteresowania wykorzystaniem tłuszczu w żywieniu przeżuwaczy jest głównie spowodowany możliwością modyfikacji składu kwasów tłuszczowych produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego (mleko, mięso). Odnotowuje się szczególnie zwiększone zainteresowanie zastosowaniem tradycyjnych odmian siemienia lnianego w żywieniu krów mlecznych, cieląt czy owiec ze względu na wysoką zawartość kwasu linolenowego w jego profilu kwasów tłuszczowych (FA). Ten kwas tłuszczowy promuje zwiększoną zawartość kwasów tłuszczowych n-3 i sprzężonego kwasu linolowego (CLA) w mleku [Chilliard i in. 2007, Moallem 2018] czy mięsie [Mapiye i in. 2013, He i in. 2014]. Wprowadzenie suplementu tłuszczowego do diety przeżuwaczy może jednak mieć negatywny wpływ na proces fermentacji w żwacu, a ostatecznie może wpłynąć na całkowitą strawność składników pokarmowych [Jenkins 1993, Beauchemin i in. 2009]. Wpływ zależy od ilości wprowadzonego dodatku [Hess i in. 2008], jego formy, np. surowe lub przetworzone (wytlączone, mikronizowane) nasiona oleiste [Gonthier i in. 2004, Doreau i in. 2009], ale i składu diety [Hess i in. 2008]. W badaniach z użyciem nasion lnu przetworzonych [Petit 2002, Beauchemin i in. 2009] największy negatywny wpływ na strawność diety odnotowano dla tradycyjnych odmian siemienia lnianego, charakteryzujących się wysoką zawartością (ponad 50% całkowitej FA) kwasu linolenowego (C18:3), szczególnie w porównaniu z gniecionymi nasionami rzepaku, o wysokiej zawartości C18:1 (blisko 60% całkowitej FA) [Beauchemin i in. 2009]. Nieco mniejsze różnice

odnotował Petit [2002], który porównał siemię lniane z mikronizowanymi ziarnami soi, bogatymi w C18:2 (blisko 60% całkowitej FA). W badaniach Matrasa i in. [2014], w których stosowano w żywieniu krów mlecznych gniecione nasiona lnu (siemię lniane) odmiany tradycyjnej i o zmodyfikowanym profilu kwasów tłuszczowych, nie stwierdzono obniżonego pobrania pasz dawki pokarmowej przez krowy. Zastosowanie gniecionych nasion lnu nie miało też istotnego wpływu na pozorne współczynniki strawności składników pokarmowych. Znaczący wpływ stwierdzono jedynie w odniesieniu do pozornej strawności włókna surowego i białka surowego przy zastosowaniu w dawce dla krów 6% ekstrudowanych nasion lnu w suchej masie dawki.

Podsumowanie

Mimo znacznej liczby badań dotyczących oceny wskaźników produkcyjnych bydła, jakości pozyskiwanego surowca czy zdrowia tych zwierząt, wciąż brakuje badań łączących poszczególne zagadnienia i problemy. Brakuje badań szczegółowych, a jednocześnie kompleksowych, dotyczących wpływu stosowania różnych materiałów paszowych (nasiona roślin wysokobiałkowych i/lub wysokotłuszczowych różnych odmian, surowych i/lub przetworzonych) w żywieniu bydła z uwzględnieniem zarówno bezpośredniego, jak i pośredniego ich wpływu na organizm zwierzęcia, z zachowaniem optymalnego statusu zdrowotnego i produkcyjnego zwierząt oraz wysokiej jakości pozyskiwanych surowców i produktów zwierzęcych.

Piśmiennictwo

- Abayasekara D.R.E., Wathes D.C., 1999. Effect of altering dietary fatty acid composition on prostaglandin synthesis and fertility. *Prostag. Leukotr. Ess.* 61, 275–287.
- Albuquerque K.P., do Prado I.N., do Prado R.M., Bin Cavallieri F.L., Rigolon L.P., Barbosa O.R., 2012. Superovulatory response, production and quality of embryos of cows fed on linseed or canola seed supplemented diets. *Acta Sci. Anim. Sci.*, 34, 321–327.
- Ambrose D.J., Estill C.T., Colazo M.G., Kastelic J.P., Corbett, R., 2006a. Conception rates and pregnancy losses in dairy cows fed a diet supplemented with rolled flaxseed. *Proceedings of the 7th International Ruminant Reproduction Symposium, Wellington, New Zealand. Abstract 50.*
- Ambrose D.K., Kastelic J.P., Corbett R., Pitney P.A., Petit H.V., Small J.A., Zalkovic P., 2006b. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 89, 8, 3066–3074.
- Bąkowski M., Kiczorowska B., Klebaniuk R., Marczuk J., 2013. Struktura dawki pokarmowej a zdrowotność krów mlecznych. W: *Profilaktyka, rozpoznawanie i leczenie chorób o etiologii żywieniowej u krów mlecznych*, K. Lutnicki, W. Kluciński, M. Kleczkowski (red.). Łomża, Polskie Towarzystwo Nauk Weterynaryjnych, Oddział Łomżyńsko-Ostrołęcki, 145–159.
- Beauchemin K.A., McGinn S.M., Benchaar C., Holtshausen L., 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. *J. Dairy Sci.* 92(5), 2118–2127.
- Brzozowska A., Oprządek J., 2013. Trawienie i wchłanianie lipidów w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy. *Med. Wet.* 69(11), 662–665.

- Caroprese M., Marzano A., Entrican G., Wattegedera S., Albenzio M., Sevi A., 2009. Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* 92, 2796–2803.
- Castro T., Martinez D., Isabel B., Cabezas A., Jimeno V., 2019. Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids supplementation of dairy cows' diets: effects on productive and reproductive performance. *Animals* 9(5), 205.
- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J., Doreau M., 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 109(8), 828–855.
- Cieślak A., 2004. Poziom produkcji metanu oraz stopień biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych u owiec otrzymujących dodatki różnych rodzajów olejów roślinnych. Rozprawa doktorska, AR w Poznaniu.
- Cieślak A., Potkański A., 2000. Przemiany tłuszczu w żywcu i ich wpływ na skład tłuszczu mleka. *Rocz. Nauk. Zoot.* 9, 25–30.
- Cieślak A., Potkański A., Szumacher-Strabel M., Janicki M., Nowakowska A., Nowacka M., Szymaniewicz E., 2005. Biouwodorowanie nienasyconych kwasów tłuszczowych pochodzących z pasz z dodatkiem olejów roślinnych w warunkach *in vitro*. *Rośl. Oleiste* 26, 519–526.
- Cone J.W., 1991. Degradation of starch in feed concentrates by enzymes, rumen fluid and rumen enzymes. *J. Sci. Food Agric.* 54, 23–34.
- Dirandeh E., Towhidi A., Zeinoaldini S., Ganjkanlou M., Pirsaraei Z.A., Fouladi-Nashta A., 2013. Effects of different polyunsaturated fatty acid supplementations during the postpartum periods of early lactating dairy cows on milk yield, metabolic responses, and reproductive performances. *J. Anim. Sci.* 91, 713–721.
- Elis S., Freret S., Desmarchais A., Maillard V., Cognié J., Briant E., Touzé J.L., Dupont M., Faverdin P., Chajès V., Uzbekova S., Monget P., Dupont J., 2016. Effect of a long chain n-3 PUFA-enriched diet on production and reproduction variables in Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 164, 121–132.
- Forsberg N.E., Wang Y., 2006. Nutrition and immunity in dairy cattle: implications to hemorrhagic bowel syndrome. Proceedings, Prince Agri-Products, Inc. Summit, August 2006. Dostępne na: <http://www.poolecommunication.com/PrinceSummit2006/Ruminant/DIM030906-FINAL.pdf> [dostęp: 19.07.2007].
- Freret S., Oseikria M., Le Bourhis D., Desmarchais A., Briant E., Desnoes O., Dupont M., Le Berre L., Ghazouani O., Bertevello P.S., Teixeira-Gomes A.P., Labas V., Uzbekova S., Salvetti P., Maillard V., Elis S., 2019. Effects of a n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched diet on embryo production in dairy cows. *Reproduction* 158, 71–83.
- Fuentes M.C., Calsamiglia S., Sánchez C., González A., Newbold J.R., Santos J.E.P., Rodríguez-Alcalá L.M., Fontecha J., 2008. Effect of extruded linseed on productive and reproductive performance of lactating dairy cows. *Livest Sci.* 113, 144–154.
- Ghazani S.M., Marangoni A.G., 2016. Healthy Fats and Oils. *Encyclopedia of Food Grains*. Elsevier, 257–267.
- Gonthier C., Mustafa A.F., Berthiaume R., Petit H.V., Martineau R., Ouellet D.R., 2004. Effects of feeding micronized and extruded flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1854–1863.
- Gonzalez F., Muiño R., Pereira V., Martinez D., Castillo C., Hernández J., Benedito J.L., 2015. Milk yield and reproductive performance of dairy heifers and cows supplemented with polyunsaturated fatty acids. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 50, 306–312.
- Greco L.F., Neves Neto J.T., Pedrico A., Lima F.S., Bisinotto R.S., Martinez N., Ribeiro E.S., Thatcher W.W., Staples C.R., Santos J.E.P., 2018. Effects of altering the ratio of dietary n-6 to n-3 fatty acids on spontaneous luteolysis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101, 10536–10556.
- Hess B.W., Moss G.E., Rule D.C., 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 86(14), 188–204.
- Jenkins T.C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76, 3851–3863.

- Klebaniuk R., Kiczorowska B., Rocki G., Bąkowski M., 2011. Fizjologiczne zasady i podstawy żywienia krów mlecznych. W: Aktualne problemy bujatyry XXI wieku. Łomża, Łomżyńskie Towarzystwo Naukowe im. Wagów, 85–107.
- Klebaniuk R., Kochman G., Kowalczyk-Vasilev E., Grela E.R., Bąkowski M., Olcha M., Dunster F., 2016. Energy efficiency of diet for periparturient dairy cows supplemented with free fatty acids or glucogenic additives. *Med. Wet.* 72(12), 760–767.
- Kowalski Z.M., 2004. Wymagania pokarmowe bydła mlecznego. W: Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Podstawy szczegółowego żywienia zwierząt, Jamroz D., Potkański A. (red). Tom 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 27–91.
- Kowalski Z.M., 2010. Wpływ żywienia na płodność krów mlecznych. *Życie Wet.* 85, 10.
- Lessard M., Gagnon N., Petit H.V., 2003. Immune response of postpartum dairy cows fed flaxseed. *J. Dairy Sci.* 86, 2647–2657.
- Mann G.E., Lammung G.E., 2001. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproductive* 121, 175–180.
- Mapiye C., Aalhus J.L., Turner T.D., Rolland D.C., Basarab J.A., Baron V.S., McAllister H.C. Block T.A., Uttaro B., Lopez-Campos O., Proctor S.D., Dugan. M.E.R., 2013. Effects of feeding flaxseed or sunflower-seed in high-forage diets on beef production, quality and fatty acid composition. *Meat Sci.* 95, 98–109.
- Matras J., Kowalczyk-Vasilev E., Klebaniuk R., Grela. E.R., 2014. Influence of two flaxseed varieties, differing in fatty acid profile, in dairy cow diets on selected blood indices and reproduction. *Med. Wet.* 70(7), 422–427.
- Moallem U., 2018. Invited review: roles of dietary n-3 fatty acids in performance, milk fat composition, and reproductive and immune systems in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1, 8641–8661.
- Moore K., Thatcher W.W., 2006. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89, 1254–1266.
- Nudda A., Correddu F., Marzano A., Battacone G., Nicolussi P., Bonelli P., Pulina P., 2015. Effects of diets containing grape seed, linseed, or both on milk production traits, liver and kidney activities, and immunity of lactating dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 98, 1157–1166.
- Oprządek J., Oprządek A., 2003. Modyfikowanie składu kwasów tłuszczowych w tłuszczu mięsa przeżuwaczy. *Med. Wet.* 59(6), 492–495.
- Owens F.N., Secrist D.S., Hill W.J., Gill D.R., 1998. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, 76, 275–286.
- Petit, H.V., 2002. Digestion, milk production, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *J. Dairy Sci.* 85, 1482–1490.
- Petit H.V., 2010. Review: feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. *Can. J. Anim. Sci.* 90, 115–127.
- Petit H.V., Dewhurst R.J., Proulx J.G., Khalid M., Haresign W., Twagiramungu H., 2001. Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. *Can. J. Anim. Sci.* 81, 263–271.
- Petit H.V., Dewhurst R.J., Scollan N.D., Proulx J.G., Khalid M., Haresign W., Twagiramungu H., Mann G.E., 2002. Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats. *J. Dairy Sci.* 85, 889–899.
- Petit H.V., Gagnon N., Palin M.F., 2009. Influence of fatty acids on reproduction and immune function in ruminants. 30th Western Nutrition Conference. Optimizing Efficiency of Animal Production. September 23–24, Winnipeg, Manitoba.
- Petit H.V., Small J.A., Palin M.F., Giguère A., Santos G.T.D., 2007. Effects of flaxseed supplementation on endometrial expression of ISG17 and intrauterine prostaglandin concentrations in primiparous dairy cows submitted to GnRH-based synchronized ovulation. *Can. J. Anim. Sci.* 87, 343–352.
- Petit H.V., Twagiramungu H., 2002. Reproduction of dairy cows fed flaxseed, Megalac, or micronized soybeans. *J. Dairy Sci.* 85(1), 312.

- Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka, 2019. Ocena i Hodowla bydła mlecznego. Wydaw. PFHBiPM, Warszawa.
- Rabiee A.R., Breinhild K., Scott W., Golder H.M., Block E., I. J. Lean I.J., 2012. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 95, 3225–3247.
- Santos J.E.P., Thatcher W.W., Chebel R.C., Cerri R.L.A., Galvão K.N., 2004. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrous synchronization programs. *Anim. Reprod. Sci.*, 82–83, 513–535.
- Schogor A.L., Palin M.F., Santos G.T., Benchaar C., Lacasse P., Petit H.V., 2013. Mammary gene expression and activity of antioxidant enzymes and oxidative indicators in the blood, milk, mammary tissue and ruminal fluid of dairy cows fed flax meal. *Br. J. Nutr.* 110, 1743–1750.
- Szarkowski K., Sablik P., Lachowski W., 2009. Żywnienie krów wysokomlecznych a poziom mocznika w mleku. *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 8, 39–46.
- Thatcher W.W., Guzeloglu A., Mattos R., Binelli M., Hansen T.R., Pru J.K., 2001. Uterine-conceptus interactions and reproductive failure in cattle. *Theriogenology* 56, 1435–1450.
- Weld K.A., Armentano L.E., 2017. The effects of adding fat to diets of lactating dairy cows on total-tract neutral detergent fiber digestibility: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 100(3), 1766–1779.
- Włodarczyk R., Budvytis M., 2011. Właściwe żywienie krów wysoko wydajnych – jak w pełni wykorzystać ich potencjał produkcyjny. *Życie Wet.* 86, 10, 771–776.
- Zymon M., Strzetelski J., 2007. Możliwości modyfikacji tłuszczu śródmięśniowego u bydła mięsnego. *Med. Wet.* 63(12), 1526–1529.

Wykorzystanie naturalnych dodatków w żywieniu krów mlecznych w kierunku poprawy jakości mleka

Jolanta Król¹, Anna Teter¹, Aneta Brodziak¹, Paulius Matusevičius²

¹ Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Polska

² Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Husbandry Technology, Lithuanian University of Health Sciences, Kaunas, Lithuania

autor korespondencyjny: jolanta.krol@up.lublin.pl

Wstęp

Jakość mleka, w tym zawartość składników bioaktywnych, można modyfikować za pomocą żywienia zwierząt m.in. poprzez wprowadzanie różnych dodatków naturalnych do dawki pokarmowej. Dodatki paszowe stosowane w żywieniu zwierząt spełniają funkcje osłonowe i regulują metabolizm. W konsekwencji przyczyniają się do wzrostu odporności zwierząt narażonych na stres (w momencie odsadzenia, zmiany dawki pokarmowej czy transportu), zwiększają absorpcję niezbędnych składników odżywczych oraz stopień ochrony antyoksydacyjnej [Sakowski i in. 2015]. Aspekt ten jest szczególnie istotny w odniesieniu do wysokowydajnych zwierząt, u których obserwuje się osłabienie odporności, a w konsekwencji zwiększoną podatność na choroby [Maksymiec 2012, Sakowski i in. 2015]. Już wprowadzenie żywienia pastwiskowego istotnie zwiększa udział składników bioaktywnych w mleku, zwiększając tym samym jego potencjał prozdrowotny [Brodziak i in. 2018, Torres-Santos i in. 2020, Stobiecka i in. 2022]. Radkowska i in. [2018] podkreślają, że żywienie pastwiskowe wpływa korzystnie nie tylko na jakość produkowanego surowca, ale również na dobrostan krów. Substancje czynne obecne w roślinności pastwiskowej korzystnie wpływają na prawidłowy przebieg procesów fizjologicznych, prowadząc do zwiększenia odporności zwierząt i zmniejszenia częstotliwości występowania kulawizn i chorób racic. Poprawa jest trudniejsza do osiągnięcia w gospodarstwach wyspecjalizowanych w produkcji mleka, w których w żywieniu krów stosowane są pasze konserwowane, a zwłaszcza kiszonki [Alves i in. 2011]. W gospodarstwach tych coraz częściej w żywieniu zwierząt stosuje się różne dodatki, będące bogatym źródłem substancji biologicznie czynnych. Najczęściej wykorzystanie znajdują mieszanki ziołowe czy poprodukcyjne produkty uboczne z przemysłu rolnospożywczego.

Zioła

Innowacją w produkcji mleka jest stosowanie ziół. Najczęściej w żywieniu krów mlecznych wykorzystywane są: oregano (*Origanum vulgare*), cynamon (*Cinnamomum cassia*), rozmaryn (*Salvia rosmarinus*), tymianek (*Thymus vulgaris*), majeranek (*Origanum majorana*), kurkuma (*Curcuma longa*), kminek (*Carum carvi*), imbir (*Zingiber officinale*), pokrzywa (*Urtica dioica*) czy jeżówka purpurowa (*Echinacea purpurea*) [Alves i in. 2011, El-Sayed i Youssef 2019, Stobiecka i in. 2023]. Wybrane zioła wykorzystywane w żywieniu krów mlecznych przedstawiono w tabeli 1. Zioła te są bogatym źródłem substancji biologicznie czynnych, tj. karotenoidy (ksantofile i karoteny), polifenole (flawonoidy, antocyjany, kwasy fenolowe, stylbeny i lignany), alkaloidy, terpeny, saponiny czy olejki eteryczne. Z uwagi na wysoką zawartość składników bioaktywnych wywierają pozytywny wpływ na funkcjonowanie organizmu zwierząt [Bichra i in. 2020, Bąkowski i Kiczorowska 2021]. Ważne jest również, iż dodatki ziołowe wpływają na smakowitość pasz, właściwie dobrane pobudzają apetyt i wzmagają wydzielanie soków trawiennych [Radkowska i in. 2018]. Lepsze efekty produkcyjne uzyskuje się przy stosowaniu mieszanin ziołowych niż pojedynczych ziół, głównie z powodu synergistycznego działania poszczególnych związków aktywnych [Hassan i in. 2021]. Co istotne, bioaktywne związki roślin wykazują wyraźną odporność na degradację mikrobiologiczną w żwaczu, nie tracąc swojej funkcjonalności [Oh i in. 2017].

Liczne badania wskazują, że zastosowanie ziół w diecie przeżuwaczy korzystnie wpływa na poprawę efektywności wykorzystania pasz, modyfikację mikroflory żwacza, a w konsekwencji na zdrowotność i produkcyjność zwierząt [Kraszewski i in. 2008, Prayitno i in. 2016, Paskudska i in. 2018, Panchasara i in. 2019]. W badaniach Vizzotto i in. [2021] dodatek 10 g dziennie ekstraktu z oregano w żywieniu krów wpłynął istotnie ($p < 0,05$) na obniżenie liczby komórek somatycznych. Zdaniem autorów było to związane z właściwościami przeciwbakteryjnymi oregano, ponieważ jego główne składniki, karwakrol i tymol, mogą wpływać na właściwości błony cytoplazmatycznej i hamować adhezję bakterii do komórek nabłonka. Autorzy nie zanotowali natomiast wpływu zastosowanych ekstraktów oregano na produkcję mleka i jego podstawowy skład chemiczny. Z kolei Nurdin i in. [2011] wykazali, że suplementacja ziołami (czarny kminek, kurkuma) spowodowała spadek liczby komórek somatycznych, zwiększając istotnie ($p < 0,01$) wydajność mleka oraz zawartość białka i laktozy. Podobnie Kraszewski i in. [2008] wykazali pozytywne działanie mieszanki ziół (rumianek, krwawnik pospolity, rzepik pospolity, pokrzywa, babka lancetowata, dziurawiec, przywrotnik włochaty), odnotowując wyraźny spadek (o 232 tys./cm³) liczby komórek somatycznych oraz poprawę parametrów technologicznych mleka. Kong i in. [2022] z kolei zaobserwowali znaczny wzrost wydajności mleka i zawartości laktozy po suplementacji ekstraktu z rozmarynu w połączeniu ze spadkiem liczby komórek somatycznych. Kolling i in. [2018], stosując ekstrakt z oregano (10 g/dzień) w żywieniu krów, również nie wykazali istotnego wpływu dodatku na wydajność mleczną krów oraz zawartość większości podstawowych składników w mleku.

Tabela 1. Wybrane zioła wykorzystywane w żywieniu krów mlecznych [Budny i in. 2012, Klebaniuk i in. 2014, El-Sayed i Youssef 2019, Michalak i in. 2021, Michalska i Mituniewicz 2023, opracowanie własne]

Nazwa rośliny	Związki aktywne	Działanie
Babka lancetowata <i>Plantago lanceolata</i> L.	pektyny, śluzy, garbniki, flawonoidy, aukubina	wzmagające apetyt, przeciwwrzodowe, przeciwzapalne, bakteriostatyczne, wspomagające gojenie ran
Cynamonowiec wonny <i>Cinnamomum cassia</i> L.	aldehyd cynamonowy	przeciwbakteryjne, przeciwutleniające
Czosnek <i>Allium</i> L.	allicyna, fitosterole, śluzy, pektyny, flawonoidy antyseptyczne	stymulujące trawienie, immunostymulujące
Jeżówka purpurowa <i>Echinacea purpurea</i> L.	flawonoidy, antocyjany, kwasy organiczne	immunomodulujące, wspomagające układ odpornościowy
Kminek zwyczajny <i>Carum carvi</i> L.	olejki eteryczne (karwon), flawonoidy (kwercetyna, kamferol), kwas kawowy	regulujące funkcje trawienne, przeciw kolkom i wzdęciom, mlekoopędne, przeciw pasożytnicze
Krwawnik pospolity <i>Achillea millefolium</i> L.	azulen, proazulen, chamazulen, achilleina, garbniki, cholina	stymulujące układ pokarmowy, likwidujące wzdęcia i zaparcia, usuwające toksyny, zapobiegające drobnym krwawieniom
Ostryż <i>Curcuma longa</i> L.	kurkumina, olejki eteryczne	silne działanie przeciwzapalne, pobudzające procesy trawienne
Majeranek <i>Origanum majorana</i> L.	olejki eteryczne, karwakrol i eugenol	pobudzające procesy trawienne, osłaniające błony śluzowe
Mięta <i>Mentha</i> L.	olejek eteryczny (mentol), flawonoidy	wzmagające apetyt, antyseptyczne, stymulujące trawienie
Mniszek pospolity <i>Taraxacum officinale</i> Web.	garbniki, olejek eteryczny, flawonoidy	wpływające na przemianę materii, regenerujące wątrobę, żółciopędne, moczopędne, zwiększające odporność
Oregano, lebiodka pospolita <i>Origanum vulgare</i> L.	tymol, karwakrol, garbniki, kwas kawowy, kwas rozmarynowy i fitosterole	przeciwbiegunkowe, moczopędne, przeciwskurczowe, wiatropędne, odtruwające, przeciw pasożytnicze
Pięciornik gęsi <i>Potentilla anserine</i> L.	garbniki, flawonoidy, śluzy	żółciopędne, przeciwbiegunkowe, łagodzące stany zapalne, przeciwskurczowe
Pokrzywa zwyczajna <i>Urtica dioica</i> L.	kwasy organiczne (mrówkowy, octowy, jabłkowy), flawonoidy, garbniki, fitosterole	mlekoopędne, pobudzające wytwarzanie antygenów wirusowych, ułatwiające przemianę materii
Przywrotnik pospolity <i>Alchemilla vulgaris</i> L.	garbniki, gorycze, fenolkwasy	przeciwbakteryjne, żółciopędne, stymulujące układ trawienny, rozkurczowe, przeciwzapalne
Rozmaryn <i>Salvia rosmarinus</i> L.	olejek rozmarynowy	silny przeciwutleniacz, poprawia trawienie
Rumianek pospolity <i>Matricaria chamomilla</i> L.	olejki eteryczne (α -bisabolol, chamazulen, mircen)	pobudzające procesy trawienne, osłaniające błony śluzowe, odkażające, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne
Tymianek <i>Thymus vulgaris</i> L.	tymol, karwakrol	stymulujące trawienie, wspierające układ oddechowy, antyoksydacyjne

Do podobnych wniosków doszli inni autorzy jak Olijhoek i in. [2019], którzy stosowali w żywieniu krów suszone oregano, czy Stobiecka i in. [2023], którzy używali mieszanki czterech ziół (oregano 25%, tymianek 25%, cynamon 15%, jeżówka 35%). W innych badaniach Kollinga i in. [2022] ekstrakty z oregano i zielonej herbaty podawane oddzielnie lub w połączeniu wyraźnie wpływały na pobranie paszy, wydajność mleka oraz wskaźniki antyoksydacyjne krów mlecznych w okresie laktacji. W badaniach Kuczyńskiej i in. [2018], przeprowadzonych w 4 certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych, stwierdzono wpływ zadawanej mieszanki ziół (oregano, kminek i rozmaryn) na stan zdrowotny krów oraz jakość mleka. Zaobserwowano zmniejszenie liczby komórek somatycznych z 645 do 433 tys./ml.

Warto również podkreślić, iż zioła, a zwłaszcza rozmaryn i tymianek, już na etapie przechowywania zabezpieczają pasze przed psuciem, hamując proces oksydacji [Michalska i Mituniewicz 2023].

Stosowanie ziół bogatych w fitobiotyki wpływa również na prozdrowotną wartość mleka. Jest to wynik działania głównie związków fenolowych, które wykazują liczne właściwości prozdrowotne, w tym antyoksydacyjne i przeciwbakteryjne [Bąkowski i Kiczorowska 2021, Michalak i in. 2021, Stobiecka i in. 2023]. W badaniach Stobieckiej i in. [2023], po zastosowaniu w żywieniu krów mieszanki czterech ziół (oregano 25%, tymianek 25%, cynamon 15%, jeżówka 35%), stwierdzono wyższą zawartość białek serwatkowych i witamin lipofilnych w pozyskiwanym mleku. Użyte tendencje znajdują potwierdzenie w badaniach Kuczyńskiej i in. [2018]. Już po pierwszym tygodniu stosowania mieszanki ziołowej (oregano, rozmaryn i kminek) w żywieniu krów autorzy stwierdzili wyższe poziomy białek serwatkowych oraz witamin A i E w mleku. W przypadku witaminy E zanotowali wzrost koncentracji średnio o 50% po 21-dniowym okresie suplementacji. Klebaniuk i in. [2014], stosując mieszankę ziół (tymianku, oregano, cynamonu i jeżówki) w diecie krów w okresie zasuszenia, wykazali jej korzystny wpływ na jakość siary (zwiększona zawartość immunoglobulin). Z kolei Reklewska i in. [2004] uzyskali wyższą zawartość laktoferyny w mleku po zastosowaniu ekstraktu z jeżówki purpurowej (*Echinacea purpurea*). Jej zawartość istotnie ($P < 0,01$) zwiększała się w trakcie podawania dodatku, a nawet po zakończeniu jego stosowania (w ciągu 14 dni). Zdaniem autorów działanie immunostymulujące jeżówki wynika z obecności pochodnych kwasu kawowego, które stymulują aktywność komórek odpornościowych, działają przeciw-wirusowo i są silnym przeciwutleniaczem.

W badaniach Stobieckiej i in. [2023] modyfikacja dawki pokarmowej krów standaryzowaną mieszanką ziół (oregano 25%, tymianek 25%, cynamon 15%, jeżówka 35%) istotnie wpłynęła na wzrost potencjału antyoksydacyjnego mleka, co było związane z wprowadzeniem wraz z mieszanką ziół naturalnych przeciwutleniaczy, w tym głównie związków fenolowych. Ekstrakty roślinne mogą przyczyniać się do wzrostu endogennych przeciwutleniaczy i redukcji wolnych rodników [Oh i in. 2017]. Kuczyńska i in. [2018] po wprowadzeniu ziół (oregano, rozmaryn i kminek) zanotowała aż trzykrotny wzrost poziomu potencjału antyoksydacyjnego. Z kolei Zhang i Zhao [2022] wykazali, że włączenie wyciągu z ziół chińskich w ilości 400

i 600 mg/kg do dawki pokarmowej krów może być korzystne dla produkcji mleka, z uwagi na poprawę stanu zdrowotnego zwierząt oraz zwiększenie aktywności przeciwutleniającej.

Produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego

Produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego są cennym źródłem związków bioaktywnych, szczególnie karotenoidów i flawonoidów [Łozicki i in. 2015]. Ich wykorzystywanie w żywieniu zwierząt może zmniejszyć ślad środowiskowy łańcucha produkcji żywności, zmniejszyć koszty żywienia zwierząt oraz poprawić jakość i zrównoważyć produkcję żywności pochodzenia zwierzęcego. Oceniając możliwości wykorzystania tych produktów ubocznych jako potencjalnej paszy w żywieniu krów celem poprawy wydajności i jakości mleka, stosowano m.in. wytloki z winogron i jabłek, mieszanek wytlóków pomidorowo-jabłkowych, pulpy cytrusową, nasiona i ekstrakt z pestek granatu czy też kiszonkę z mięszu granatu. Jednakże statystycznie istotny wpływ dodatku na podstawowe składniki mleka uzyskano dla nasion granatu (20 g/kg) i wytlóków z jabłek (4 kg/dzień). W obu przypadkach zaobserwowano istotny wzrost wydajności mlecznej oraz zawartości białka i tłuszczu. Z kolei wytloki z winogron i pomidorów istotnie zmniejszyły udział tych makroskładników. Natomiast udział laktozy zwiększał się w mleku krów otrzymujących wytloki winogronowe i jabłkowe [Abbas i in. 2019, Correddu i in. 2023]. Zastosowanie zdemine-ralizowanych wytlóków z oliwek, wytlóków z winogron oraz produktów ubocznych z granatów i pomidorów prowadziło do zmniejszenia udziału nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), zaś zwiększenia ilości jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) [Correddu i in. 2023].

Badania Halik i in. [2018] wykazały, że dodatek kiszonki z dyni dla krów mlecznych poprawił istotnie wartość odżywczą siary, w tym zawartość karotenoidów. Zwiększył się również istotnie poziom statusu antyoksydacyjnego siary. Santos i in. [2014], po zastosowaniu dodatku kiszonki z resztek winogron, stwierdzili wyższą aktywność przeciwutleniającą mleka. Z kolei Delgado-Pertíñez i in. [2021] jako alternatywny składnik dawki pokarmowej dla przeżuwaczy wykorzystali w żywieniu suszony miąższ pomarańczy – produkt uboczny powstający przy produkcji soku pomarańczowego. Wykazano, że włączenie miąższu do dawki pokarmowej poprawiło istotnie wartość prozdrowotną mleka, zwiększyło zawartość witaminy E, związków fenolowych oraz właściwości przeciwutleniające mleka. W żywieniu zwierząt wykorzystywano również wysłodki z winogron – główny produkt ubocznym w produkcji wina. Dodatek wysłódków do paszy naturalnie wzbogacał je w polifenole i błonnik pokarmowy. W mleku stwierdzono przede wszystkim wzrost zawartości związków bioaktywnych. Z kolei w badaniach innych autorów [Chedea i in. 2017, Ianni i in. 2019] nie stwierdzono wpływu diety uzupełnionej w wysłodki z winogron na stan zdrowia krów oraz skład chemiczny mleka. Badania wskazują również na zastosowanie w żywieniu zwierząt łupin pozostających z przetwarzania kasztanów

[Ferreira i in. 2023] oraz łusek z orzeszków pinii i orzeszków piniowych [Ivanov i in. 2021], które są bogatym źródłem składników bioaktywnych. Wykazano, że krowy otrzymujące te dodatki, produkowały więcej mleka.

Szukając sposobu na poprawę jakości mleka, jak również zagospodarowania produktów ubocznych z przemysłu, Lima i in. [2021] ocenili wpływ włączenia trzech produktów ubocznych z przemysłu biodieselowego (mąka bawełniana, mączka słonecznikowa i makuchy rącznikowe) na wydajność i skład mleka. Zastosowanie w dawce makuchu bawełnianego i śruty słonecznikowej zwiększyło wydajność mleka, zaś makuch z rącznika zadziałał niekorzystnie. Włączenie tych produktów ubocznych nie spowodowało zmiany zawartości tłuszczu, laktozy, suchej masy i suchej masy beztłuszczowej w mleku. Autorzy uznali, że makuch bawełniany i mączka słonecznikowa mogą stanowić do 20% całkowitej dawki w przeliczeniu na suchą masę.

Nasiona roślin oleistych i oleje

Przeciętna zawartość tłuszczu w dawce pokarmowej krów mlecznych nie przekracza 6% suchej masy dawki, przy czym ok. 3% pochodzi z pasz, a pozostała ilość może być wprowadzana jako tłuszcz uzupełniający z takich źródeł jak nasiona roślin oleistych, oleje roślinne i rybne lub komercyjne preparaty tłuszczowe [Bionaz i in. 2020]. Wzbogacanie diety krów w tłuszcz daje możliwość m.in. poprawy rozrodu, ograniczenia występowania chorób metabolicznych (poprzez zwiększenie podaży energii w dawce pokarmowej w celu ograniczenia ujemnego bilansu energetycznego, szczególnie w okresie poporodowym) [Mirowski 2019], modyfikacji ilości i jakości produkowanego mleka [Stergiadis i in. 2014].

Wyniki licznych badań wskazują, że wprowadzenie roślinnych źródeł tłuszczu do dawki pokarmowej krów pozwala na kształtowanie profilu kwasów tłuszczowych mleka [Dai i in. 2011, Stergiadis i in. 2014, Welter i in. 2016, Muñoz i in. 2019, Salles i in. 2019]. Stergiadis i in. [2014] wykazali, że suplementacja diety krów nasionami lnu i rzepaku nie wpłynęła na ilość produkowanego mleka, zawartość tłuszczu i białka, a także liczbę komórek somatycznych. Stwierdzono natomiast istotne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych mleka (tab. 2). Dodatek nasion lnu w żywieniu krów powodował wzrost zawartości MUFA, PUFA, n-3 (kwasu linolowego, eikozapentaenowego i dokozapentaenowego), jak również zmniejszał zawartość SFA, w tym C12:0, C14:0 i C16:0. Korzystne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych zaobserwowano również po wprowadzeniu do dawki pokarmowej krów nasion rzepaku. Stwierdzono wyższe stężenia kwasów MUFA, w tym oleinowego i wakcennowego, oraz niższe SFA. Z punktu widzenia zaleceń żywieniowych, korzystniejszym profilem charakteryzował się tłuszcz mleka krów żywionych z dodatkiem nasion lnu.

Tabela 2. Wpływ suplementacji diety krów nasionami roślin oleistych na ich wydajność dobową, skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych mleka (średnia $\pm$ odchylenie standardowe) [Stergiadis i in. 2014]

Parametr	Grupa kontrolna	Dodatek nasion lnu	Dodatek nasion rzepaku	<i>p</i>
Wydajność dobową (kg mleka/dzień)	33,4 $\pm$ 1,5	31,4 $\pm$ 1,6	30,1 $\pm$ 1,3	>0,10
Tłuszcz (g/kg mleka)	40,2 $\pm$ 1,0	40,9 $\pm$ 1,1	40,9 $\pm$ 1,1	>0,10
Białko (g/kg mleka)	34,1 $\pm$ 0,6	33,2 $\pm$ 0,7	33,1 $\pm$ 0,5	>0,10
LKS ($\times 10^3$)	304 $\pm$ 68	238 $\pm$ 83	266 $\pm$ 87	>0,10
SFA (g/kg FA)	742 ^a $\pm$ 5,0	695 ^b $\pm$ 4,0	692 ^b $\pm$ 6,0	<0,001
MUFA (g/kg FA)	230 ^b $\pm$ 4,0	272 ^a $\pm$ 3,0	282 ^a $\pm$ 6,0	<0,001
PUFA (g/kg FA)	28,1 ^b $\pm$ 0,8	33,3 ^a $\pm$ 0,7	26,3 ^b $\pm$ 0,4	<0,001
n-3 (g/kg FA)	7,7 ^b $\pm$ 0,5	10,8 ^a $\pm$ 0,5	6,7 ^b $\pm$ 0,3	<0,001
n-6 (g/kg FA)	16,0 ^a $\pm$ 0,4	16,1 ^a $\pm$ 0,4	14,1 ^b $\pm$ 0,3	<0,05

a, b – różnice pomiędzy wartościami średnimi istotne statystycznie, LKS – liczba komórek somatycznych, SFA – kwasy tłuszczowe nasycone, MUFA – kwasy tłuszczowe jednonienasycone, PUFA – kwasy tłuszczowe wielonienasycone

Castro i in. [2019] oceniali efekty suplementacji diety krów olejami bogatymi w wielonienasycone kwasy tłuszczowe. Wykazali, że dodatek olejów sojowego i lnianego do dawki pokarmowej krów w ilości 2,3% suchej masy nie wpłynął na ich wydajność dobową, natomiast istotnie zmniejszał procentową zawartość tłuszczu i białka w mleku. Dodatek oleju sojowego w diecie krów powodował obniżenie zawartości tłuszczu w mleku aż o 22%, a białka o 7%. Przy zastosowaniu oleju lnianego zawartość tłuszczu mlecznego była mniejsza o 12%, a białka o 5% w porównaniu z zawartością tłuszczu w mleku krów z grupy kontrolnej. Brak zmian w wydajności krów sugeruje, że dodatek olejów nie wpłynął negatywnie na pobranie paszy. Jednak spożycie dużych ilości olejów roślinnych negatywnie wpływa na trawienie w żwaczku, zwłaszcza węglowodanów strukturalnych. Wprowadzenie olejów do dawki pokarmowej krów korzystnie wpłynęło na profil kwasów tłuszczowych mleka, tzn. istotnie ($p < 0,001$) zmniejszył się udział SFA – na korzyść MUFA i PUFA oraz istotnie ($p < 0,001$) zmniejszył się wskaźniki aterogeny (AI) tłuszczu mlecznego (o blisko 27%). Wskaźnik AI określa zależność między kwasami tłuszczowymi nasyconymi o działaniu proaterogennym (C12, C14, C16), sprzyjającymi rozwojowi chorób układu krążenia, a kwasami tłuszczowymi nienasyconymi, o właściwościach nieaterogennych. Wraz ze wzrostem jego wartości wzrasta potencjał aterogeny, zatem należy wybierać produkty charakteryzujące się jak najniższą wartością AI [Chen i Liu 2020].

W celu poprawy jakości produktów pochodzenia zwierzęcego – mleka i wytworzonego na jego bazie sera provola – Calabrese i in. [2023] wykorzystali produkty uboczne oliwek w żywieniu zwierząt. Oceniając wpływ suplementacji paszy makuhami oliwnymi na wartość odżywczą mleka, stwierdzili brak istotnego jej wpływu na zawartość białka ogólnego, w tym kazeiny, tłuszczu i laktozy. Jednakże korzystny wpływ suplementacji wskazali w przypadku serów doświadczalnych, uzyskując wyższą zawartość UFA, PUFA i sprzężonych kwasów linolowych oraz polifenoli i białek.

W żywieniu krów mlecznych zastosowanie znajduje również *Camelina sativa* – lnicznik siewny. Dodatek lnicznika w formie nasion lub mąki do dawki pokarmowej krów mlecznych zmniejsza ilość bakterii celulolitycznych w żwaczu i biouwodornienie. Przekłada się to na wzrost zawartości pożądanых kwasów tłuszczowych (MUFA, PUFA, CLA, n-3, n-6) i zmniejszenie zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w mleku uzyskanym od krów karmionych dawką z udziałem nasion lnicznika lub jej produktami ubocznymi. Podobnie jak i w przypadku innych dodatków do dawki pokarmowej krów, należy optymalnie i bezpiecznie dobierać ich udział. Ograniczenie spożycia paszy i mniejsza produkcja octanów może zmniejszyć zawartość tłuszczu w mleku i spowodować zwiększenie poziomu niepożądanych izomerów trans kwasów tłuszczowych [Riaz i in. 2022].

Poprzez wprowadzenie do diety krów roślinnych źródeł tłuszczu bogatych w nienasycone kwasy tłuszczowe można zwiększyć wartość energetyczną dawki, a przede wszystkim modyfikować profil kwasów tłuszczu mlekowego zgodnie z aktualnymi zaleceniami żywieniowymi. Jednak korzystne efekty stosowania dodatku tłuszczu w żywieniu krów mogą być ograniczane przez jego negatywny wpływ na fermentację w żwaczu.

Związki humusowe

Związki humusowe powstają w wyniku rozkładu pozostałości roślinnych i zwierzęcych w glebie. Są źródłem kwasów fulwowych, huminowych i humin oraz składników mineralnych [Yüca i Gül 2021]. Substancje humusowe uznawane są za naturalne i bezpieczne dodatki paszowe, wpływające pozytywnie na dobrostan zwierząt oraz poprawiające jakość pozyskiwanych surowców. Wykazują działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne i przeciwwirusowe, wspomagają funkcjonowanie układu pokarmowego zwierząt, jednocześnie poprawiając odporność oraz rozrodczość [Huculak-Mączka i in. 2018, Kholif i in. 2021]. Ich stosowanie w żywieniu bydła mlecznego daje jednak niejednoznaczne rezultaty odnośnie modyfikacji ilości i jakości produkowanego mleka.

Hassan i in. [2020], stosując w żywieniu krów dodatek związków humusowych pochodzących z gliny w ilości 5 i 10 g/kg dawki, wykazali istotny wzrost produkcji mleka. Nie stwierdzili natomiast różnic w jego składzie chemicznym. Z kolei

Potůčková i Kouřimská [2017], stosując w żywieniu krów preparat zawierający 65,34% kwasów huminowych przez 84 dni, zaobserwowały istotny ($p < 0,05$) wzrost zawartości białka ogółnego i kazeiny w mleku od 56. dnia doświadczenia. W 84. dniu doświadczenia mleko krów z grupy doświadczalnej zawierało o 0,67 p.p. więcej białka ogółnego i o 0,49 p.p. kazeiny niż w terminie początkowym. Nie było natomiast istotnych zmian w zawartości suchej masy, tłuszczu i laktozy w mleku. Yüca i Gül [2021], podając krowom komercyjny preparat zawierający kwasy huminowe (aktywowany leonardyt, brak informacji o zawartości kwasów huminowych) w ilości 75g i 150 g krowę/dobę, wykazali jedynie istotny wzrost zawartości tłuszczu w mleku (o 0,4 p.p.), a w przypadku pozostałych składników mleka nie zaobserwowali zmian w ich zawartości. Teter i in. [2021, 2023] przeprowadzili kompleksową ocenę wpływu stosowania dodatku preparatu huminowo-mineralnego z oksyhumolitu (utlenionego węgla brunatnego) w żywieniu krów holsztyńsko-fryzyjskich na wartość odżywczą i przydatność technologiczną mleka do produkcji serowarskiej. Wykazano, że zastosowanie dodatku paszowego zawierającego 65% kwasów huminowych w suchej masie w ilości 100 g na krowę/dobę przez 60 dni pozytywnie wpłynęło na skład chemiczny i właściwości koagulujące mleka. Zaobserwowano wzrost zawartości białka (w tym kazeiny) i tłuszczu w mleku oraz zmniejszenie zawartości komórek somatycznych. W profilu mineralnym mleka po 60 dniach zaobserwowano większą zawartość wapnia i żelaza, jednak w początkowej fazie doświadczenia (po 30 dniach) stwierdzono istotny spadek zawartości potasu w mleku. Wydajność dobową krów nie uległa zmianie i wynosiła 38 kg. Istotnie poprawiły się natomiast właściwości koagulujące mleka. Nastąpiło skrócenie czasu krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki (RCT) i osiągnięcia przez powstający skrzep określonej zwiększonej (K_{20}) oraz wzrosła zwiększona (A_{30}) – tabela 3.

Dodatek preparatu huminowo-mineralnego z oksyhumolitu w żywieniu krów wpłynął również istotnie na profil kwasów tłuszczowych mleka [Teter i in. 2023]. Stwierdzono istotny ($p < 0,05$) wzrost udziału SFA, wielonienasyconych (PUFA) i tych o działaniu hipercholesterolemicznym (HSFA), a zmniejszenie udziału kwasów jednonienasyconych (UFA) i pożądanych kwasów tłuszczowych (DFA), a także wyższe wartości wskaźnika aterogennego (AI) – tabela 4. W grupie nasyconych kwasów tłuszczowych stwierdzono większy udział kwasów krótko- i średniołańcuchowych (SCSFA) oraz długołańcuchowych (LCSFA). Istotnie większy był również udział kwasów rozgałęzionych (BCFA). Jednak po obliczeniu zawartości kwasów tłuszczowych z poszczególnych grup w 100 ml mleka istotne okazały się tylko różnice w koncentracji SCSFA i BCFA. W świetle aktualnych zaleceń żywieniowych zaobserwowano pogorszenie jakości tłuszczu mlekowego, co było związane z większym udziałem kwasów o charakterze hipercholesterolemicznym (HSFA), wyższymi wartościami wskaźnika AI oraz mniejszym udziałem DFA i MUFA. Zwiększyła się jednak zawartość kwasów PUFA, BCFA oraz SFA, w tym SCSFA, które pomimo zaliczenia do nasyconych kwasów tłuszczowych są postrzegane jako korzystne pod

względem żywieniowym. Z kolei Hassan i in. [2020], suplementując dietę krów substancjami humusowymi pochodzącymi z gliny, nie stwierdzili w udziale SCSFA i MUFA. Stwierdzili natomiast wzrost udziału PUFA oraz obniżenie wartości indeksu AI. Niejednoznaczność uzyskanych wyników może wynikać z zastosowania w badaniach preparatów humusowych o różnym pochodzeniu, a co za tym idzie składzie chemicznym, jak również dawce.

Tabela 3. Wpływ suplementacji diety krów preparatem huminowo-mineralnym na ich wydajność dobową i parametry mleka (średnia $\pm$ odchylenie standardowe) [Teter i in. 2021]

Parametr	Po 30 dniach			Po 60 dniach		
	KON	EXP	<i>p</i>	KON	EXP	<i>p</i>
Wydajność dobową (kg/dzień)	38,51 $\pm$ 6,79	38,47 $\pm$ 6,40	0,978	38,65 $\pm$ 6,20	39,46 $\pm$ 6,70	0,647
Tłuszcz (%)	3,67 $\pm$ 0,50	3,84 $\pm$ 0,51	0,173	3,66 $\pm$ 0,48	3,93 $\pm$ 0,46	0,041
Białko (%)	3,27 $\pm$ 0,23	3,35 $\pm$ 0,20	0,173	3,30 $\pm$ 0,18	3,44 $\pm$ 0,21	0,012
Kazeina (%)	2,60 $\pm$ 0,20	2,67 $\pm$ 0,19	0,204	2,61 $\pm$ 0,17	2,73 $\pm$ 0,18	0,029
Laktoza (%)	4,87 $\pm$ 0,16	4,83 $\pm$ 0,15	0,332	4,82 $\pm$ 0,14	4,76 $\pm$ 0,16	0,066
Sucha masa (%)	12,51 $\pm$ 0,96	12,76 $\pm$ 0,59	0,058	12,47 $\pm$ 0,63	12,85 $\pm$ 1,04	0,031
Ca (mg/kg)	1113,13 $\pm$ 82,39	1174,40 $\pm$ 70,33	0,867	1104,84 $\pm$ 61,69	1253,23 $\pm$ 99,81	0,000
K (mg/kg)	1589,48 $\pm$ 105,08	1477,78 $\pm$ 118,23	0,001	1539,98 $\pm$ 114,62	1524,24 $\pm$ 80,34	0,700
Fe (mg/kg)	0,33 $\pm$ 0,12	0,41 $\pm$ 0,08	0,106	0,32 $\pm$ 0,09	0,43 $\pm$ 0,08	0,004
LKS ($\times 10^3$)	258,88 $\pm$ 50,35	225,83 $\pm$ 75,62	0,271	261,08 $\pm$ 49,78	208,45 $\pm$ 40,17	0,023
RCT (min)	20,86 $\pm$ 4,84	17,78 $\pm$ 4,81	0,025	20,99 $\pm$ 4,58	18,01 $\pm$ 3,34	0,049
A ₃₀ (mm)	19,01 $\pm$ 5,33	25,86 $\pm$ 6,48	0,013	18,70 $\pm$ 8,04	23,94 $\pm$ 6,79	0,039
K ₂₀ (min)	7,76 $\pm$ 1,98	5,49 $\pm$ 2,55	0,007	7,71 $\pm$ 1,86	5,84 $\pm$ 1,35	0,009

KON – grupa kontrolna, EXP – grupa doświadczalna, LKS – liczba komórek somatycznych, RCT – czas krzepnięcia pod wpływem podpuszczki, A₃₀ – zwiżłość skrzepu po 30 min, K₂₀ – czas osiągnięcia przez skrzep określonej zwiżłości

Tabela 4. Wpływ suplementacji diety krów preparatem huminowo-mineralnym na profil (% sumy) i zawartość kwasów tłuszczowych (mg/100 ml) w mleku [Teter i in. 2023]

Kwasy tłuszczowe	% sumy kwasów tłuszczowych			mg/100 ml		
	0	30	60	0	30	60
SCSFA	12,84 ^b ±1,49	12,52 ^b ±0,50	14,10 ^a ±1,49	395,87 ^b ±58,76	429,64 ^{ab} ±79,63	467,53 ^a ±37,83
LCSFA	52,50 ^b ±1,14	54,02 ^a ±1,42	55,15 ^a ±1,35	1792,76 ±306,84	1954,65 ±435,17	1919,66 ±167,03
SFA	65,33 ^b ±1,89	66,54 ^b ±1,79	69,26 ^a ±2,19	2188,63 ±348,04	2384,29 ±514,88	2387,18 ±175,03
BCFA	2,27 ^b ±0,18	2,57 ^a ±0,11	2,58 ^a ±0,22	76,74 ^b ±6,21	91,87 ^a ±14,29	89,70 ^a ±8,93
MUFA	28,12 ^a ±1,41	26,50 ^{ab} ±1,49	24,89 ^b ±1,97	1015,21 ±216,94	995,34 ±266,03	871,80 ±149,61
PUFA	3,05 ^b ±0,28	3,38 ^a ±0,36	3,32 ^a ±0,39	110,81 ±20,32	131,18 ±31,29	114,77 ±20,35
n3	0,35 ±0,09	0,37 ±0,05	0,38 ±0,08	13,86 ±5,23	14,57 ±4,20	13,15 ±3,32
n6	1,42 ±0,18	1,45 ±0,15	1,55 ±0,13	49,25 ±6,07	55,38 ±11,37	52,82 ±7,16
DFA	40,89 ^a ±1,80	39,17 ^{ab} ±2,98	37,43 ^b ±2,39	1475,73 ±306,38	1493,97 ±408,02	1304,54 ±208,78
HSFA	44,91 ^b ±1,525	46,67 ^{ab} ±2,84	47,40 ^a ±1,90	1465,70 ^b ±260,39	1616,94 ^{ab} ±326,54	1657,23 ^a ±122,35
AI	2,42 ^b ±0,51	2,66 ^{ab} ±0,22	3,15 ^a ±0,34	2,41 ^b ±0,51	2,65 ^{ab} ±0,22	3,14 ^a ±0,33

0, 30, 60 – dni od wprowadzenia dodatku preparatu w żywieniu krów, ^{a, b} – różnice między wartościami średnimi istotne przy $p < 0,05$, SCSFA – krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, LCSFA – długołańcuchowe kwasy tłuszczowe, SFA – nasycone kwasy tłuszczowe, BCFA – rozgałęzione kwasy tłuszczowe, MUFA – jednonienasycone kwasy tłuszczowe, PUFA – wielonienasycone kwasy tłuszczowe, DFA – pożądane kwasy tłuszczowe, HSFA – kwasy o charakterze hipercholesterolemicznym, AI – wskaźnik aterogenny

Mikroalgi

W niektórych regionach świata w żywieniu krów mlecznych stosowane są również mikroalgi jako alternatywne źródło składników odżywczych, które pozytywnie wpływają na zdrowie krów oraz wydajność produkcji i właściwości mleka. Wprowadzenie mikroalg, będących bogatym źródłem białka o wysokiej wartości biologicznej, do dawki pokarmowej krów wspomaga pokrycie zapotrzebowania na wysokiej jakości białko, co przekłada się na poprawę produkcji mleka. Jest to porównywalne ze śrutą sojową źródło białka dla krów mlecznych [Lamminen i in. 2019]. Mikroalgi są również naturalnym źródłem kwasów tłuszczowych omega-3, takich jak kwas dokozaheksaenowy (DHA) i kwas eikozapentaenowy (EPA), oraz witamin

(A, C i E) i składników mineralnych, w tym żelaza, magnezu, fosforu i potasu. Stanowią także źródło naturalnych antyoksydantów, takich jak karotenoidy, chroniących komórki przed stresem oksydacyjnym i wspierających odporność. Z kolei błonnik zawarty w niektórych gatunkach mikroalg może wpływać korzystnie na trawienie, poprawiając efektywność przyswajania składników odżywczych. Wprowadzenie mikroalg do żywienia krów mlecznych może przyczynić się do bardziej zrównoważonej produkcji mleka, zwłaszcza jeśli są hodowane ekologicznie. Zmiana warunków uprawy mikroalg może przyczynić się do wzbogacenia paszy w cenne metabolity, takie jak kwasy tłuszczowe omega-3, karotenoidy i niezbędne aminokwasy [Saadaoui i in. 2021], a w efekcie poprawy jakości mleka i przetworów mlecznych [Glover i in. 2012, Lamminen i in. 2019, Hassanzadeh i in. 2023].

Szczególne zainteresowanie wzbudza akumulacja korzystnych kwasów tłuszczowych. Wpływ metabolitów mikroalg na laktację i przenikanie składników odżywczych do mleka w znacznym stopniu zależy jednak od układu pokarmowego, kondycji zwierzęcia i zdolności biosyntetycznych organizmu. U przeżuwaczy enzymy mikroorganizmów w żwaczu i enzymy występujące w jelicie cienkim powodują modyfikację charakteru cząsteczek, rozkładając nienasycone kwasy tłuszczowe na nasycone kwasy krótkołańcuchowe. Z tego powodu należy zapobiegać biouwodornieniu kwasów tłuszczowych w żwaczu, a w tym celu zalecane jest przykładowo stosowanie powlekanej biomasy mikroalg. Umożliwia to wchłonięcie większej ilości kwasów n-3 w jelicie cienkim, które następnie przenoszone są do gruczołów mlekowych [Saadaoui i in. 2021]. Jednak wpływ mikroalg na profil biochemiczny zwierząt jest zróżnicowany w zależności od rodzaju, dlatego do poprawy jakości mleka pod względem zawartości kwasów omega-3 najczęściej stosowane są szczepy mikroalg *Schizochytrium* i *Nannochloropsis* [Wullepitt i in. 2011]. *Nannochloropsis* sp. charakteryzują się wysoką zawartością kwasu eikozapentaenowego (EPA), porównywalną z olejem rybnym [Lamminen i in. 2019]. W badaniach Glover i in. [2012] podawanie krowom mikroalg bogatych w DHA, chronionych w żwaczu, istotnie zwiększyło zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), w tym DHA, LA (linolowego) i CLA (sprzężonego kwasu linolowego), w mleku i wytworzonym maśle. Zawartość DHA w mleku wzrosła aż czterokrotnie. Zmniejszyła się natomiast zawartość suchej masy, w tym tłuszczu, i mocznika w mleku. Z kolei Liu i in. [2020] nie zaobserwowali istotnego wpływu stosowania mikroalg (*Schizochytrium* spp.) w dawce pokarmowej krów na wydajność mleczną. Potwierdzili jednak, że dodatek mikroalg istotnie zwiększył zawartość DHA i stosunek n-3/n-6 w mleku.

Moran i in. [2019] wykazali, że suplementacja dawki pokarmowej krów glonami morskimi *Aurantiochytrium limacinum* zwiększyła zawartość kwasu DHA w produkowanym mleku i zmniejszyła proporcję kwasów n-6 : n-3. Zastosowana suplementacja nie wpłynęła jednak na ilość produkowanego mleka oraz zawartość podstawowych składników w surowcu. Nie wykazano również zmian w przydatności technologicznej mleka. Korzystne zmiany w składzie frakcji tłuszczowej mleka uzyskano po podaniu krowom *Spiruliny platensis*. Mleko charakteryzowało się wyższą zawartością β -karotenu (0,207 vs. 0,135 $\mu\text{g/ml}$), kwasu γ -linolenowego (0,057% vs.

0,038% estrów metylowych kwasów tłuszczowych) i izomerów trans-C18:1 (głównie trans-11 C18:1) oraz bardziej żółtą barwą w porównaniu z surowcem od krów karmionych śrutą sojową [Liu i in. 2012].

Podsumowanie

Wprowadzenie do dawki pokarmowej krów dodatków bogatych w substancje aktywne wydaje się naturalnym sposobem na poprawę zdrowotności i produktywności krów oraz poprawę jakości mleka, w tym jego walorów prozdrowotnych, tak ważnych dla współczesnych konsumentów. Jednak wiedza na temat reakcji organizmu zwierząt na związki pochodzące ze stosowanych dodatków jest niewystarczająca, a wyniki uzyskane przez różnych autorów często są wręcz sprzeczne. W związku z powyższym niezbędne są dalsze badania w tym zakresie.

Piśmiennictwo

- Abbas H., Abd-EL Kader Y., 2019. Effect of dietary pomegranate peel (*Punica granatum*) supplementation on milk production and quality of Labneh of Friesian dairy cows. J. Anim. Poult. Prod. 10, 395–398. <https://dx.doi.org/10.21608/jappmu.2019.76679>
- Alves S.P., Cabrita A.R.J., Jerónimo E., Bessa R.J.B., Fonseca A.J.M., 2011. Effect of ensiling and silage additives on fatty acid composition of ryegrass and corn experimental silages. J. Anim. Sci. 89, 2537–2545. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3128>
- Bąkowski M., Kiczorowska B., 2021. Probiotic microorganisms and herbs in ruminant nutrition as natural modulators of health and production efficiency – a review. Ann. Anim. Sci. 21, 3–28.
- Bichra M., El-Modafar C., El-Abbassi A., Bouamama H., Benkhalti F., 2013. Antioxidant activities and phenolic profile of six Moroccan selected herbs. J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci. 2, 2320–2338.
- Bionaz M., Vargas-Bello-Pérez E., Busato S., 2020. Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. J. Anim. Sci. Biotechnol. 11, 110. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00512-8>
- Brodziak A., Król J., Litwińczuk Z., Barłowska J., 2018. Differences in bioactive protein and vitamin status of milk from certified organic and conventional farms. J. Dairy Technol. 71, 321–332.
- Budny A., Kupczyński R., Sobolewska S., Korczyński M., Zawadzki W., 2012. Samolecznictwo i ziołolecznictwo w profilaktyce i leczeniu zwierząt gospodarskich. Acta Sci. Pol., Medicina Veterinaria 11, 1, 5–24.
- Calabrese F.M., Russo N., Celano G., Pino A., Lopreiato V., Litrenta F., Di Bella G., Liotta L., De Angelis M., Caggia C., Randazzo C.L., 2023. Effect of olive by-products feed supplementation on physicochemical and microbiological profile of Provolone cheese. Front. Microbiol. 14, 1112328.
- Castro T., Martinez D., Isabel B., Cabezas A., Jimeno V., 2019. Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids supplementation of dairy cows' diets: effects on productive and reproductive performance. Animals 9, 205. <https://doi.org/10.3390/ani9050205>
- Chedea V.S., Pelmus R.S., Lazar C., Pistol G.C., Calin G., Toma S.S., Dragomir C., Taranu I., 2017. Effects of a diet containing dried grape pomace on blood metabolites and milk composition of dairy cows. J. Sci. Food Agric. 97, 2516–2523.
- Chen J., Liu H., 2020. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. Int. J. Mol. Sci. 21, 5695, <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>

- Correddu F., Caratzu M.F., Lunesu M.F., Carta S., Pulina G., Nudda A., 2023. Grape, pomegranate, olive, and tomato by-products fed to dairy ruminants improve milk fatty acid profile without depressing milk production. *Foods* 12, 865. <https://doi.org/10.3390/foods12040865>
- Dai X.J., Wang C., Zhu Q., 2011. Milk performance of dairy cows supplemented with rapeseed oil, peanut oil and sunflower seed oil. *Czech J. Anim. Sci.* 56(4), 181–191.
- Delgado-Pertíñez M., Martín-García I., Mena Y., Zarazaga L.Á., Guzmán J.L., 2021. Supplementing the diet of dairy goats with dried orange pulp throughout lactation: II Effect on milk fatty acids profile, phenolic compounds, fat-soluble vitamins and antioxidant capacity. *Animals* 11, 2421. <https://doi.org/10.3390/ani11082421>
- El-Sayed S.M., Youssef A.M., 2019. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon* 5, e01989.
- Ferreira S.M., Luís Carlos Matos L.C., Santos L., 2023. Harnessing the potential of chestnut shell extract to enhance fresh cheese: a sustainable approach for nutritional enrichment and shelf-life extension. *J. Food Meas. Charact.* 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02260-5>
- Glover K.E., Budge S., Rose M., Rupasinghe H.P.V., MacLaren L., Green-Johnson J., Fredeen A.H., 2012. Effect of feeding fresh forage and marine algae on the fatty acid composition and oxidation of milk and butter. *J. Dairy Sci.* 95(6), 2797–2809.
- 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. *J. Agric. Sci. Technol.* 20, 1383–1394.
- Hassan A.A., Salem A.Z.M., Elghandour M.M.Y., Abu Hafsa S.H., Reddy P.R.K., Atia S.E.S., Vidu L., 2020. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: a novel approach in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 268. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114601>
- Hassan F., Tang Z., Ebeid H.M., Li M., Peng K., Liang X., Yang C., 2021. Consequences of herbal mixture supplementation on milk performance, ruminal fermentation, and bacterial diversity in water buffaloes. *Peer J.* 9, e11241.
- Hassanzadeh H., Lotfi P., Ghanbarzadeh B., 2023. An overview of the applications of *Spirulina platensis* algae in improving the nutritional and functional properties of dairy products and its use in the recycling of dairy industry waste. *J. Food Sci. Technol. (Iran)* 20(141), 175–199.
- Huculak-Mączka M., Braun-Giwerska M., Nieweś D., Mulica M., Hoffmann J., Hoffmann K., 2018. Torf i węgiel brunatny jako surowce do otrzymywania kwasów humusowych. *Proc. ECoPol* 12, 2, 499–505.
- Ianni A., Di Maio G., Pittia P., Grotta L., Perpetuini G., Tofalo R., Cichelli A., Martino G., 2019. Chemical–nutritional quality and oxidative stability of milk and dairy products obtained from Friesian cows fed with a dietary supplementation of dried grape pomace. *J. Sci. Food Agric.* 99, 3635–3643. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9584>
- Ivanov E., Ivanova O., Tereshchenko V., Efimova L., 2021. Natural additives in diet of cows. *Fundamental and applied scientific research in the development of agriculture in the Far East (AFE-2021)* 354, 633–644.
- Kholif A.E., Matloup O.H., EL-Bltagy E.A., Olafadehan O.A., Sallam S.M.A., El-Zaiat H.M., 2021. Humic substances in the diet of lactating cows enhanced feed utilization, altered ruminal fermentation, and improved milk yield and fatty acid profile. *Livest. Sci.* 253, 104699. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104699>
- Klebanik R., Grela E.R., Kowalczyk-Vasilev E., Olcha M., Gózdź J., 2014. Efektywność stosowania mieszanek zielonowych w ekologicznym chowie bydła. *Wiad. Zoot.* 52(3), 56–63.
- Klebanik R., Kochman G., Kowalczyk-Vasilev E., Grela E.R., Kowalczyk-Pecka D., Bąkowski M., 2017. Dietary supplementation with glucogenic precursors and fatty acids improves performance and health of periparturient dairy cows. *Anim. Prod. Sci.* 59, 109–121.
- Kolling G.J., Stivanin S.C.B., Gabbi A.M., Machado F.S., Ferreira A.L., Campos M.M., Tomich T.R., Cunha C.S., Klein C.P., August P.M., 2022. Milk production and hematological and antioxidant

- profiles of dairy cows supplemented with oregano and green tea extracts as feed additives. *Rev. Bras. Zootec.* 51, e20210150.
- Kolling G.J., Stivanin S.C.B., Gabbi A.M., Machado F.S., Ferreira A.L., Campos M.M., Tomich T.R., Cunha C.S., Dill S.W., Pereira L.G.R., 2018. Performance and methane emissions in dairy cows fed oregano and green tea extracts as feed additives. *J. Dairy Sci.* 101, 4221–4234. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13841>
- Kong F., Wang S., Dai D., Cao Z., Wang Y., Li S., Wang W., 2022. Preliminary investigation of the effects of rosemary extract supplementation on milk production and rumen fermentation in high-producing dairy cows. *Antioxidants* 11, 1715. <https://doi.org/10.3390/antiox11091715>
- Kraszewski J., Wawrzyński M., Radecki P., 2008. Effect of herb supplementation of cow feeds on udder health and cytological and microbiological picture of milk. *Wiad. Zoot.* 3, 3–7.
- Kuczyńska B., Puppel K., Madras-Majewska B., Łukasiewicz M., Bochenek A., 2018. Zastosowanie fitobiotyków w profilaktyce i leczeniu krów z subklinicznym stanem mastitis w warunkach produkcji ekologicznej. *Przeg. Hod.* 6, 14–18.
- Lamminen M., Halmemies-Beauchet-Filleau A., Kokkonen T., Jaakkola S., Vanhatalo A., 2019. Different microalgae species as a substitutive protein feed for soya bean meal in grass silage based dairy cow diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 247, 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.005>
- Lima M.V.G., Pires A.J.V., da Silva F.F., Teixeira F.A., de Carvalho Silva Castro Nogueira B.R., Rocha L.C., da Silva G.P., Andradede W.R., Carvalho G.G.P., 2021. Intake, digestibility, milk yield and composition, and ingestive behavior of cows supplemented with byproducts from biodiesel industry. *Trop. Anim. Health Prod.* 53, 1–11.
- Liu G., Yu X., Li S., Shao W., Zhang N., 2020. Effects of dietary microalgae (*Schizochytrium* spp.) supplement on milk performance, blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *Czech J. Anim. Sci.* 65(5), 162–161.
- Liu W.L., Ye A., Liu C.M., Liu W., Singh H., 2012. Structure and integrity of liposomes prepared from milk or soybean derived phospholipids during *in vitro* digestion. *Food Res. Internat.* 48(2), 499–506. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.foodres.2012.04.017>
- Łozicki A., Koziorzewska A., Halik G., Dymnicka M., Arkuszewska E., Niemiec T., Bogdan J., 2015. Effect of ensiling pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) with dried sugar beet pulp on the content of bioactive compounds in silage and its antioxidant potential. *Anim. Feed Sci. Technol.* 206, 108–113.
- Maksymiec N., 2012. Pozytywne aspekty stosowania ziół w żywieniu bydła. *Przeg. Hod.* 1, 9–11.
- Michalak M., Wojnarowski K., Cholewińska P., Szeligowska N., Bawej M., Pacoń J., 2021. Selected alternative feed additives used to manipulate the rumen microbiome. *Animals* 11, 1542. <https://doi.org/10.3390/ani11061542>
- Michalska M., Mituniewicz T., 2023. Pozytywne aspekty stosowania ziół w żywieniu zwierząt gospodarskich – analiza zjawiska oraz aktualnej znajomości tematu wśród hodowców – Część I. *Przeg. Hod.* 1, 22–25.
- Mirowski A., 2019. Suplementacja tłuszczu w żywieniu krów. *Życie Wet.* 94, 3, 206–208.
- Muñoz C., Sánchez R., Peralta A.M., Espíndola S.P., Yan T., Morales R., Ungerfeld E.M., 2019. Effects of feeding unprocessed oilseeds on methane emission, nitrogen utilization efficiency and milk fatty acid profile of lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 249, 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.015>
- Nurdin E., Amelia T., Makin M.P., 2011. The effects of herbs on milk yield and milk quality of mastitis dairy cows. *J. Indones. Trop. Anim. Agric.* 36, 104–108.
- Oh J., Wall E.H., Bravo D.M., Hristov A.N., 2017. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants: a review. *J. Dairy Sci.* 100, 5974–5983. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12341>
- Olijhoek D.W., Hellwing A.L.F., Grevsen K., Haveman L.S., 2019. Effect of dried oregano (*Origanum vulgare* L.) plant material in feed on methane production, rumen fermentation, nutrient digestibil-

- ity, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102, 9902–9918. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16329>
- Panchasara H.H., Chaudhari A.B., Patel D.A., Gami Y.M., Patel M.P., 2019. Effect of herbal galactagogue (*Sanjivani biokseera*) on milk yield and milk constituents in lactating Kankrej cattle at organised farm. *Ind. J. Vet. Sci. Biotech.* 15, 39–41.
- Paskudska A., Kołodziejczyk D., Socha S., 2018. The use of herbs in animal nutrition. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 17, 3–14.
- Potůčková M., Kouřimská L., 2017. Effect of humates in diet of dairy cows on the raw milk main components. *Potr. S. J. F. Sci.* 11, 558–563. <https://doi.org/10.5219/748>
- Prayitno C.H., Suwarno A.S., Jayanegara A., 2016. Effect of garlic extract and organic mineral supplementation on feed intake, digestibility and milk yield of lactating dairy cows. *Asian J. Anim. Sci.* 10, 213–218. <https://doi.org/10.3923/ajas.2016.213.218>
- Radkowska I., Szewczyk A., Karpowicz A., 2018. Pastwiska w hodowli bydła mlecznego i produkcji mleka o podwyższonych walorach prozdrowotnych. *Wiad. Zoot.* 3, 58–65.
- Reklewska B., Bernatowicz E., Ryniewicz Z., Pinto R.R., Zdziarski K., 2004. Preliminary observations on the *Echinacea*-induced lactoferrin production in goat milk. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 22, 17–25.
- Riaz R., Ahmed I., Sizmaz O., Ahsan U., 2022. Use of *Camelina sativa* and by-products in diets for dairy cows: a review. *Animals* 12(9), 1082, <https://doi.org/10.3390/ani12091082>
- Saadaoui I., Rasheed R., Aguilar A., Cherif M., Al Jabri H., Sayadi S., Manning S.R., 2021. Microalgal-based feed: promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 12, 76. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00593-z>
- Sakowski T., Metera, E., Puppel K., Kuczyńska B., 2015. Feed additives improving the chemical composition of milk and the metabolic status of cows in organic and low-input farms. *Mat. 23 Szkoły Zimowej Hodowców Bydła, Zakopane*, 45–51.
- Salles M.S.V., D'Abreu L.F., Júnior L.C.R., César M.C., Guimarães J.G.L., Segura J.G., Rodrigues C., Zanetti M.A., Pfrimer K., Netto A.S., 2019. Inclusion of sunflower oil in the bovine diet improves milk nutritional profile. *Nutrients* 11, 481. <https://doi.org/10.3390/nu11020481>
- Stergiadis S., Leifert C., Seal C.J., Eyre M.D., Steinshamn H., Butler G., 2014. Improving the fatty acid profile of winter milk from housed cows with contrasting feeding regimes by oilseed supplementation. *Food Chem.* 164, 293–300. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.021>
- Stobiecka M., Król J., Brodziak A., 2022. Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals* 12, 245. <https://doi.org/10.3390/ani12030245>
- Stobiecka M., Król J., Brodziak A., Klebaniuk R., Kowalczyk-Vasilev E., 2023. Effects of supplementation with an herbal mixture on the antioxidant capacity of milk. *Animals* 13, 12, 2023, <https://doi.org/10.3390/ani13122013>
- Teter A., Domaradzki P., Kędzierska-Matysek M., Sawicka-Zugaj W., Florek M., 2023. Comprehensive investigation of humic-mineral substances from oxyhumolite: effects on fatty acid composition and health lipid indices in milk and cheese from Holstein-Friesian cows. *Appl. Sci.* 13, 9624. <https://doi.org/10.3390/app13179624>
- Teter A., Kędzierska-Matysek M., Barłowska J., Król J., Brodziak A., Florek M., 2021. The effect of humic mineral substances from oxyhumolite on the coagulation properties and mineral content of the milk of Holstein-Friesian cows. *Animals* 11, 1970. <https://doi.org/10.3390/ani11071970>
- Torre-Santos S., Royo L.J., Martínez-Fernández A., Chocarro C., Vicente F., 2020. The mode of grass supply to dairy cows impacts on fatty acid and antioxidant profile of milk. *Foods* 9, 1256. <https://doi.org/10.3390/foods9091256>
- Vizzotto E.F., Stivanin S.C.B., de Paris M., Passos L.T., Werncke D., Klein C.P., Stone V., Matté C., Zanela M.B., Fischer V., 2021. Supplementation with green tea and oregano extracts on productive characteristics, blood metabolites, and antioxidant status of Jersey cows during the transition period. *Animal* 15, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100032>
- Welter K.C., Martins C.M.D.M.R., de Palma A.S.V., Martins M.M., dos Reis B.R., Schmidt B.L.U., 2016. Canola oil in lactating dairy cow diets reduces milk saturated fatty acids and improves its

- omega-3 and oleic fatty acid content. PLoS ONE 11(3), e0151876, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151876>
- Wullepit N., Hostens M., Ginneberge C., Fievez V., Opsomer G., Fremaut D., De Smet S., 2012. Influence of a marine algae supplementation on the oxidative status of plasma in dairy cows during the periparturient period. *Prev. Vet. Med.* 103(4), 298–303. <https://doi.org/10.1016/j.prevet-med.2011.09.007>
- Yüca S., Gül M., 2021. Effect of adding humate to the ration of dairy cows on yield performance. *Vet. Fak. Derg.* 68, 7–14. <https://doi.org/10.33988/auvfd.626066>
- Zhang C., Zhao G., 2022. Effects of varying dietary Chinese herb extracts on blood immune status and antioxidant function in dairy cattle. *J. Anim. Plant Sci.* 32, 886–890. <http://doi.org/10.36899/JAPS.2022.3.0490>

Źródło finansowania: Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019–2023 nr projektu 029/RID/2018/19 kwota finansowania 11 927 330,00 zł.

Wybrane czynniki antyodżywcze ograniczające wartość odżywczą nasion roślin bobowatych

Małgorzata Kwiecień, Anna Winiarska-Mieczan, Magdalena Moczulska,
Julia Fabjanowska, Szymon Milewski

Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: małgorzata.kwiecien@up.lublin.pl

Wstęp

Zarówno pasze, jak i żywność pochodzenia roślinnego zawierają, oprócz substancji odżywczych, również wiele związków o charakterze antyodżywczym (antyżywnieniowych, nieodżywczych, ang. antinutritional substances), które ograniczają bądź uniemożliwiają wykorzystanie składników pokarmowych, lub mogą wywierać szkodliwy wpływ na organizm. Substancje o działaniu antyżywnieniowym to grupa związków o zróżnicowanej budowie chemicznej, które współdziałają z procesem trawienia, wchłaniania czy innymi etapami metabolizmu składników odżywczych i mogą pogarszać wykorzystanie tych składników jako składników budulcowych i energetycznych [Ali i in. 2022, Dey i in. 2022, Nath i in. 2022]. Do grupy związków nieodżywczych, występujących w nasionach roślin strączkowych, należą m.in.: tanniny, fityniany, inhibitory tripsyny i chymotrypsyny, saponiny, hemaglutyniny (lektyny), lityrogeny, alkaloidy, glikozydy cyjanogenne, glukozynolany, fitoestrogeny, związki fenolowe, ligniny, aminokwasy niebiałkowe czy pektyny [Goluch-Koniuszy i Salmanowicz 2017]. Czynniki te zmniejszają pobieranie pokarmu, strawność i wchłanianie składników pokarmowych oraz wykorzystanie w tkankach już wchłoniętych składników, w normalnych warunkach nie doprowadzają jednak do śmierci organizmu [Ali i in. 2022].

Produkty stanowiące źródło substancji antyżywnieniowych dzięki odpowiedniej obróbce technologicznej (m.in. moczenie, gotowanie, kiełkowanie, fermentacja, mikronizacja itp.) mogą zostać wyeliminowane i/lub ich działanie może zostać ograniczone [Samtiya i in. 2020, Kaale i in. 2022].

Dokładne poznanie składników antyżywnieniowych w roślinnych i zwierzęcych pokarmach pozwala na opracowanie takich technologii przetwarzania, aby ich zawartość lub aktywność była w znacznym stopniu zredukowana. Przykładem może być soja, która pomimo zawartości licznych czynników antyodżywczych, stanowi w skali światowej główne źródło białka roślinnego, zarówno w żywieniu zwierząt, jak i ludzi.

Czynniki antyżywniowe mogą być klasyfikowane według ich budowy chemicznej, sposobu działania, stosuje się też tradycyjne podziały mieszane. Często ze względów praktycznych dzieli się je na podstawie wrażliwości na wysoką temperaturę: termolabilne i termostabilne. Działanie wysokimi temperaturami jest jednym z podstawowych sposobów unieczynnienia składników antyodżywczych.

Substancje antyodżywcze, określane także jako antymetabolity, prócz działania negatywnego, wykazują też pozytywny wpływ [Pihlanto i in. 2017]. Przypisuje się im m.in. działanie ochronne, np. zapobieganie hydrolizie własnych białek wskutek tworzenia nieaktywnych kompleksów z enzymami proteolitycznymi. Uczestniczą w wielu procesach metabolicznych, zwiększają system odpornościowy organizmu. Współdziałają ze wszystkimi innymi układami fizjologicznymi: pokarmowym, nerwowym, moczowo-płciowym, mięśniowo-szkieletowym, wspomagają również leczenie niektórych chorób i nowotworów [Singh i in. 2017, Silva i in. 2016, Jaafaru i in. 2018].

Wielkość oddziaływania tych czynników, oraz ich koncentracja w produktach roślinnych zależy od wielu czynników, m.in.:

- rodzaju rośliny i sposobu jej przeróbki,
- gatunku i wieku zwierzęcia, człowieka,
- fazy wegetacji rośliny
- warunków pogodowych podczas wzrostu i zbioru rośliny,
- sposobu przechowywania [Roland i in. 2017].

Celem pracy było zgromadzenie informacji na temat czynników antyodżywczych ograniczających wartość pokarmową nasion roślin strączkowych.

Taniny

Taniny są związkami z grupy polifenoli, których masa cząsteczkowa wynosi od 500 do 3000 DA (daltonów) [Akanke i in. 2010]. Można je podzielić na hydrolizujące i niehydrolizujące. Pierwsze z nich, obejmujące estry kwasu galusowego i jego pochodne, są szeroko rozpowszechnione w świecie roślin i występują najczęściej w formie estrów i poliestrów, często w powiązaniu z glukozą i poliolami lub katechinami [Porter 2012]. Taniny hydrolizujące pod wpływem kwasów lub zasad oraz czasem enzymów hydrolitycznych (tannaz) przechodzą w postać cukrów. Taniny niehydrolizujące nie reagują w ten sposób, jednak obie formy mogą tworzyć wielowodorowe wiązania z substratami dzięki obecności grup fenolowych [Adeparusi 2001].

Z roślin strączkowych taniny zawierają bobik, peluszka i soja [Goluch-Koniuszy i Salmanowicz 2017]. Związki te gromadzą się głównie w okrywie nasiennej, dlatego dobre efekty daje obłuszczenie nasion, ogrzewanie i przepłukiwanie wodą [Barłóg 2000]. Taniny pogarszają smak i wartość pokarmową produktów roślinnych oraz mogą bezpośrednio wywierać toksyczny wpływ na zwierzęta i ludzi [Al-Mamary i in. 2001].

Taniny ograniczają przyswajalność białek poprzez tworzenie z nimi kompleksów. Mechanizm interakcji między taninami a białkami jest złożonym procesem: następuje hydrofobowa reakcja między aromatycznymi pierścieniami tanin i hydrofobowymi fragmentami występującymi w cząsteczkach białek oraz powstają wiązania wodorowe między grupami hydroksylowymi tanin, a grupami karboksylowymi wiązań peptydowych białek [Sikorska i in. 2022]. Białka, z którymi łączą się taniny, charakteryzują się dużą masą cząsteczkową i otwartą, luźną strukturą oraz znaczną zawartością hydrofobowych aminokwasów i proliny. Natomiast białka o małym powinowactwie z reguły mają mniejszą masę cząsteczkową i strukturę o dwusiarczkowych wiązaniach. Twierdzi się, że ze względu na powinowactwo tanin do białek egzogennych oraz składników mineralnych, częściej dochodzi do powstawania kompleksów z białkiem pokarmowym niż do zmniejszenia aktywności enzymów trawiennych [Barszcz i Skomial 2011].

Naturalną ochroną przed niekorzystnym działaniem tanin, jest białko zawarte w ślinie, bogate w prolinę. Ma ono silne powinowactwo do tanin i poprzez łączenie się w kompleks z białkiem, powoduje, że taniny przechodzą przez przewód pokarmowy, nie reagując z innymi białkami endogennymi [Kulasek i in. 1995]. Innym sposobem jest dodawanie do pasz polietylenglikolu, który ma duże powinowactwo do tanin, przez co zapobiega ich reakcjom z innymi białkami [Kumar i in. 2022].

Taniny mają zdolność reagowania z alkaloidami i metalami ciężkimi, przyczyniając się w ten sposób do odtruwania organizmu. W roślinach stanowią barierę ochronną przed patogenami i szkodnikami [Grundhöfer i in. 2001].

Fosforany inozytolu

Fosforany inozytolu są to związki występujące w znacznych ilościach w nasionach roślin strączkowych. Są to sole kwasu fitynowego (sześćfosforanu izotolu), zawierającego 6 reszt fosforanowych. Wykazują one szczególną skłonność do chelatowania grup elektro-dodatnich. Fityniany najczęściej wchodzi w kompleksy z dwu- i trójwartościowymi metalami (Mg, Zn, Fe, Ca), ingerują także w gospodarkę innymi metalami (Zn, Mn, Pb, Cd) [Samtiya i in. 2020, Carbas i in. 2021]. Fityniany mogą też chelatować białka, w związku z czym może dochodzić do inaktywacji enzymów trawiennych jak: pepsyna, trypsyna, amylaza [Lipiec i Pisaski 1994]. Siła wiązania pierwiastków zależy od pH środowiska oraz izoelektrycznego białka. Fityniany wchodzi również w kompleksy ze skrobią; tworzenie kompleksu fitynian-węglowodan wpływa na tempo metabolizmu skrobi [Dost i Tokul 2006].

Najważniejszym związkiem z grupy fosforanów inozytolu jest heksafosforan inozytolu IP-6, znany pod nazwą kwasu fitynowego. Stanowi on przeszło 99% wszystkich fosforanów inozytolu. Z żywieniowego punktu widzenia najistotniejsze jest tworzenie soli z fosforem (P), tzw. fosforu fitynowego. Jest to forma P zapasowego w nasionach, w niewielkim tylko stopniu przyswajalnego dla zwierząt monogastycznych. Badania wskazują, że ok. 70% tego pierwiastka jest związane z kwasem

fitynowym. Fityniany odgrywają istotną rolę w gospodarce Zn. W przypadku dużej zawartości Ca w diecie powstają kompleksy Ca i Zn, co prowadzi do niedoboru Zn – głównie u zwierząt monogastrycznych, ponieważ u przeżuwaczy mikroorganizmy przedżołądków w znacznym stopniu rozkładają fityniany [Maenz i Classen 1998].

Z obecności fitynianów mogą też wynikać fizjologiczne korzyści. Składniki kwasu fitynowego traktowane mogą być jako czynnik wzrostowy, przeciwnowotworowy, przeciwcukrzycowy i przeciwsklerotyczny [Shamsuddin 2002]. Ponadto przypisuje się im zmniejszanie absorpcji glukozy oraz stężenia cholesterolu w surowicy krwi i tkankach [Vucenik i in. 2005, Deliliers i in. 2002, Shamsuddin 2002]. Inoizotyl z fosforanu izotyłu zmniejsza koncentrację tłuszczów w wątrobie oraz pobudza ruch perystaltyczny jelit. Fityniany wiążą Pb i Cd, ograniczając ich trujące działanie. Zmniejszają też podatność nasion roślin strączkowych na rozgotowywanie się [Barłóg 2000].

Inhibitory enzymów

Inhibitory proteaz

Do najbardziej poznanych czynników antyodżywczych z grupy inhibitorów proteaz należą inhibitory tripsyny i chymotrypsyny. Są to niskocząsteczkowe białka lub peptydy o różnej aktywności. Łatwo rozpuszczają się w wodzie. Inhibitory pochodzące z różnych roślin, różnią się masą cząsteczkową, składem aminokwasowym i lokalizacją miejsc hamowania enzymów oraz stabilnością termiczną [Lawrence i Koundal 2002].

W nasionach soi i fasoli inhibitory zlokalizowane są głównie w zewnętrznych warstwach liścieni, nie stwierdzono ich obecności w liściach, łodygach i strąkach. Spośród roślin strączkowych jedynie w fasoli złocistej, bobie oraz bobiku, obecność inhibitorów wykazano zarówno w nasionach, jak i częściach wegetatywnych [Zadernowski i Borowska 1997].

Najwyższą aktywność inhibitorów proteaz stwierdza się w nasionach soi (25–80 $\mu\text{m/g}$ białka), nieco mniejszą w fasoli (3,4–2,0 $\mu\text{m/g}$ białka), natomiast w nasionach grochu i bobiku aktywność inhibitorów jest stosunkowo mała (odpowiednio 0,7–3,5 i 1,5 $\mu\text{m/g}$ białka). W soi występuje bardzo liczna grupa sojowych inhibitorów, a do najlepiej zbadanych inhibitorów proteaz należą inhibitory:

- a) Kunitza
- b) Bosmana-Birka
- c) Kazala [Aoki-Shioi i in. 2023].

Inhibitory ograniczają działanie enzymów poprzez ich inaktywację. Przyłączają się do miejsca wiązania substratu, uniemożliwiając w ten sposób prawidłowe działanie enzymów. W przypadku inhibitorów enzymów występują dwa podstawowe rodzaje inhibicji:

- inhibicja kompetycyjna
- inhibicja niekompetycyjna [Lawrence i Koundal 2002].

Podstawowym niekorzystnym działaniem inhibitorów enzymów proteolitycznych jest tworzenie kompleksów z proteazami, co prowadzi do zmniejszenia ich aktywności [Jamroz 2000]. Inhibitory proteaz tworzą stałe kompleksy inhibitor–enzym, które są nierozpuszczalne w wodzie. Wydalane są one wraz z kałem poza organizm. Prowadzi to do powstawania deficytu aminokwasów siarkowych w organizmie, ponieważ wydalone enzymy są bogate w cysteinę, a jej niedobór pokrywany jest w procesie przemiany metioniny pochodzącej z białka innych tkanek [Lawrence i Koundal 2002].

Wrażliwość zwierząt na straty enzymów trzustkowych, zależy m.in. od wieku i szczególnie wrażliwe są osobniki młode, których wydzielnicza funkcja trzustki nie jest rozwinięta w takim stopniu, jak u dorosłych zwierząt. Organizmy młode, będące w fazie wzrostu, są bardziej wrażliwe na działanie inhibitorów, ponieważ potrzebują sprawnego mechanizmu rozkładu białek, dostarczającego składników niezbędnych do prawidłowego rozwoju. Pogorszenie strawności białek powoduje więc u tej grupy zmniejszenie przyrostów, szczególnie wrażliwe są gęsięta i kurczęta, mniej trzoda chlewna i bydło [Jamroz 2001].

Pobieranie z pokarmem znacznych ilości inhibitorów enzymów prowadzi do zwiększonego wydzielania soku trzustkowego bogatego w enzymy proteolityczne, aby pokryć ich deficyt. Długotrwały proces, podczas którego trzustka produkuje zwiększone ilości soku, może prowadzić do jej przerostu (hipertrofii) lub zmian zwyrodnieniowych mogących wywołać stan rakowy [Kumar i in. 2022, Kwon i in. 2022].

Występowanie inhibitorów proteaz w roślinach ma nie tylko negatywy, ale i pozytywny wpływ na ich funkcjonowanie. Stanowią element układu obronnego przeciw szkodnikom i chorobom, ze względu na wysoką aktywność w stosunku do proteinaz mikroorganizmów i owadów [Huang i in. 2007]. Pobieranie pokarmów zawierających inhibitory enzymów proteolitycznych może mieć prozdrowotne działanie. Obecnie stosuje się oczyszczone lub syntetyczne inhibitory w takich schorzeniach jak: cukrzyca, otyłość, choroby nowotworowe, a nawet AIDS [Cid-Gallegos i in. 2022].

Antynowotworowy mechanizm działania inhibitorów proteaz związany jest prawdopodobnie z redukcją trawienia białek, a tym samym zmniejszeniem dostępności aminokwasów wykorzystywanych do budowy komórek rakowych. Może też następować hamowanie już rozpoczętego procesu nowotworowego przez odwrócenie zmian spowodowanych ekspresją onkogenów [Venkatachalam i Nadumane 2019, Song i in. 2021].

Saponiny

Saponiny to związki glikozydowe występujące w różnych częściach roślin. Wyróżnia się dwie grupy saponin ze względu na budowę aglikonu: steridowe i terpenowe. W skład saponin wchodzić cukry takie jak: glukoza, galaktoza, ramnoza, ksyloza, arabinoza, fruktoza, czasami kwas galakturonowy lub glukoronowy.

W roślinach strączkowych najczęściej występują saponiny trójterpenowe, np. w soi [Shi i in. 2004]. Zawartość saponin w nasionach soi wynosi 5,6%, bobu 3,7%, grochu 2,5%, ciecierzycy 3,6%, łubinu 1,1 – 1,7% [Goluch-Koniuszy i Salmanowicz 2017].

Szkodliwe działanie saponin związane jest z ich destruktywnym wpływem na krwinki czerwone. Mogą one przedostawać się z przewodu pokarmowego do krwioobiegu, gdzie hemolizują krwinki czerwone, dzięki silnym właściwościom obniżania napięcia powierzchniowego. Inhibują też niektóre enzymy, np.: chymotrypsynę, tworzą kompleksy z cholesterolem i białkami [Sim 2011]. Przez wiele lat traktowano saponiny jedynie jako substancje antyodżywcze ze względu na ich negatywne skutki: cierpki i gorzki smak, co w konsekwencji prowadziło do zmniejszenia spożycia paszy i było kluczowym czynnikiem ograniczającym ich stosowanie [Shi i in. 2004]. Badania współczesne wykazują, że saponiny mogą obniżać stężenie cholesterolu. Łączenie z cholesterolem uważane jest za pozytywną cechę, gdyż zmniejsza się w ten sposób stężenie tego składnika we krwi, zmniejszając w ten sposób ryzyko wystąpienia chorób serca [Kao i in. 2008].

Hemaglutyniny (lektyny)

Hemaglutyniny są to glikoproteidy o specjalnym powinowactwie do niektórych cukrów, reagują one z błonami komórkowymi, zbudowanymi z charakterystycznych kompleksów. Ich masa wynosi 10–124 tys. Zawartość lektyn w nasionach roślin strączkowych może dochodzić do 10% białka ogólnego (fasola). W soi znaleziono kilka hemaglutynin, surowa mąka sojowa zawiera ok. 3% hemaglutynin uzyskiwanych we frakcji 7S [Kiranmayi 2014].

Lektyny powodują aglutynację czerwonych ciałek krwi i hamują wzrost masy ciała [Lam i Ng 2011]. W jelicie cienkim następuje wiązanie lektyn przez mikrosmki enterocytów, co prowadzi do uszkodzenia i atrofii oraz ograniczenia właściwości enterocytów do wchłaniania i transportu składników pokarmowych. Ponadto lektyny mogą powodować zmiany zwyrodnieniowe w wątrobie i nerkach, zmniejszając stężenie insuliny, hamują aktywność disacharydaz i proteaz w jelicie [Sikorska i in. 2022]. W interakcji lektyn sojowych z powierzchnią błony śluzowej jelita cienkiego następuje zwiększenie koncentracji poliamin, głównie spermidyny i zwiększenie masy jelita [Bora 2014]. Lektyny mogą mieć również pozytywny wpływ na organizm. Wykazano, że lektyna z fasoli nerkowatej może zapobiegać rozwojowi nowotworów u myszy NMR i BaLB/c [Pryme i in. 2004]. Również stwierdzono, że lektyny mogą być stosowane jako środki terapeutyczne, ponieważ preferencyjnie wiążą się z błonami komórek nowotworowych lub ich receptorami, przez co powodują cytotoksyczność, apoptozę i zapobieganie wzrostowi guza. Wykazano również właściwości przeciwnowotworowe *in vitro*, *in vivo* i w studiach przypadków u ludzi [Pryme in. 2004, Serrano i in. 2009].

Oligosacharydy

Oligosacharydy to grupa związków charakterystyczna dla roślin strączkowych, węglowodany zbudowane z kilku cukrów prostych jak rafinoza, stachioza i werbaksoza. Wchodzące w skład włókna pokarmowego polisacharydy nieskrobiowe są zaliczane do substancji niekorzystnych.

Cukry te rozkładane są w jelicie cienkim, gdyż większość zwierząt nie wytwarza enzymów katalizujących hydrolizę wiązań typu α -glukozydowego. Związki te charakteryzują się bardzo niską wchłanianiałością. Zdolność rozkładu oligosacharydów posiadają mikroorganizmy bytujące w jelicie grubym u zwierząt monogastrycznych oraz w przedżołądkach u przeżuwaczy. Procesowi temu towarzyszy powstawanie dużych ilości gazów: wodoru, dwutlenku węgla i metanu, co jest głównym powodem szkodliwości tych związków [Singh 2017].

Oligosacharydy mogą mieć też pozytywne znaczenie. Stwierdzono, że spożywanie oligosacharydów w odpowiednich ilościach przeciwdziała zaparciom, biegunkom, działa odtruwająco na wątrobę i przeciwskurczowo, zwiększa się też produkcja witamin z grupy B, dzięki bakteriom występującym przy rozkładzie oligosacharydów. Przy nieobecności α -galaktozydaz w pożywieniu polisacharydy nieskrobiowe przechodzą przez jelito cienkie w niezmienionym stanie i w jelicie grubym stają się pożywką dla pożądanej flory bakteryjnej (*Bifidobacterium* i *Lactobacillus*). Zakwaszenie środowiska w wyniku wytwarzanego przez te bakterie kwasu mlekowego wpływa korzystnie na stan błon śluzowych jelita, jest też czynnikiem antagonistycznym w stosunku do bakterii gnilnych, wytwarzających liczne metabolity: amoniak, aminy, będące truciznami dla wątroby, rakotwórcze nitrozoaminy i inne groźne substancje [Lampart-Szczapa 1997]. Poza tym oligosacharydy stymulują przyswajanie wapnia oraz hamują jelitową absorpcję miceli cholesterolowych.

W zawartości i składzie oligosacharydów stwierdzone są bardzo duże różnice, tak pomiędzy gatunkami, jak i w obrębie odmian danego gatunku. Zawartość homologów rafinozy w nasionach grochu wynosi 5,1–16,7%, bobiku 2,9–4,9%, soi ok. 5%, fasoli 3,8–4,7%, soczewicy 3,0–4,2%. Zwykle dominującym α -glukozydem jest stachioza, która jest odpowiedzialna za działanie gazotwórcze, powodująca wzdęcia, nudności i biegunki [Lampart-Szczapa 1997].

Podsumowanie

Spożywanie produktów zawierających związki nieodżywcze pochodzenia roślinnego powoduje zakłócenia w wielu procesach fizjologicznych. Zmniejsza się wykorzystanie składników odżywczych w związku z nieprawidłowym funkcjonowaniem układu pokarmowego. Może dojść do upośledzenia funkcji układu nerwowego, krwionośnego i oddechowego. Długotrwałe wprowadzanie niektórych substancji antyżywnościowych z dietą w znacznych ilościach może doprowadzić do powstawania zmian zwyrodnieniowych, procesów nowotworowych, a nawet śmierci organizmu.

Dieta zbilansowana pod względem zawartości czynników przeciwwyżwieniowych może mieć prozdrowotny wpływ na organizm. Zmniejszają one ryzyko wystąpienia chorób nowotworowych, zapobiegają chorobie niedokrwiennej serca, opóźniają procesy starzenia. Działają przeciwzapalnie, przeciwbakteryjnie, przeciwwirusowo oraz wzmacniają odporność organizmu.

Pomimo występowania czynników antyodżywczych, rośliny strączkowe są powszechnie wykorzystywane w produkcji artykułów spożywczych i pasz dla zwierząt, stanowiąc cenne źródło wysokowartościowego białka oraz innych substancji odżywczych, makro- i mikroelementów.

Właściwa obróbka technologiczna w znacznym stopniu zwiększa możliwość zastosowania tych roślin, ograniczając lub całkowicie eliminując aktywność szkodliwych związków. Szczególne znaczenie ma zastosowanie termicznych metod, z uwagi na znaczący udział termolabilnych substancji przeciwwyżwieniowych w produktach roślinnych.

Piśmiennictwo

- Adeparusi E., 2001. Effect of processing on the nutrients and anti-nutrients of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) flour. Food Nahrung. 45, 94–96.
- Akande K., Doma U., Agu H., Adamu H., 2010. Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. Pak. J. Nutr. 9, 827–32.
- Ali, A., Devarajan, S., Manickavasagan, A., Ata, A., 2022. Antinutritional factors and biological constraints in the utilization of plant protein foods. W: Plant protein foods, Manickavasagan, A., Lim, LT., Ali, A. (red.). Springer, Cham, 407–438. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91206-2_14
- Al-Mamary M., Al-Habori M., Al-Aghbari A., Al-Obeidi A. 2001. *In vivo* effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. Nutr. Res. 21, 1393–1401.
- Aoki-Shioi N., Nagai Y., Deshimaru M., Terada S., 2023. Precursor genes of Bowman-Birktype serine proteinase inhibitors comprise multiple inhibitory domains to promote diversity. Biochim. Biophys. Acta Gen. Subj. 1867, 130248.
- Barłóg P., 2000. Substancje antyżywniowe w nasionach roślin strączkowych. Por. Gosp. 7–8, 37–38.
- Barszcz M., Skomiał J. 2011. Możliwości wykorzystania tanin w ochronie zdrowia zwierząt i ludzi. Post. Nauk Rol. 2, 95–110.
- Bora P., 2014. Anti-nutritional factors in foods and their effects. J. Acad. Industr. Res. 3, 285–290.
- Carbas, B., Machado, N., Pathania, S., Brites, C., Rosa, E. A., Barros, A. I. (2021). Potential of legumes: nutritional value, bioactive properties, innovative food products, and application of eco-friendly tools for their assessment. Food Rev. Int. 39(1), 160–188. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1901292>
- Cid-Gallegos M., Corzo-Ríos L., Jiménez-Martínez C., Sánchez-Chino X., 2022. Protease inhibitors from plants as therapeutic agents – a review. Plant Foods Hum. Nutr. 77, 20–29.
- Deliliers G.L., Servida F., Fracchiolla N.S., Ricci C., Borsotti C., Colombo G., Soligo D., 2002. Effect of inositol hexaphosphate (IP6) on human normal and leukaemic haematopoietic cells. Br. J. Haematol. 117, 577–587.
- Dey S, Saxena A, Kumar Y, Maity T, Tarafdar A. 2022. Understanding the antinutritional factors and bioactive compounds of kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*) and little millet (*Panicum sumatrense*). J. Food Qual. 2022, 1–19.
- Dost K., Tokul O., 2006. Determination of phytic acid in wheat and wheat products by reverse phase high performance liquid chromatography. Anal. Chim. Acta, 558, 22–27.

- Goluch-Koniuszy Z., Salmanowicz M., 2017. Wybrane substancje antyżywniowe występujące w żywności. Biul. Okręg. Izby Lek. w Szczecinie 1(226), 9–13.
- Grundhöfer P., Niemetz R., Schilling G., Gross G.G., 2001. Biosynthesis and subcellular distribution of hydrolyzable tannins. *Phytochem.* 57, 915–927.
- Huang G.J., Sheu M.J., Chen H.J., Chang Y.S., Lin Y.H., 2007. Growth inhibition and induction of apoptosis in NB4 promyelocytic leukemia cells by trypsin inhibitor from sweet potato storage roots. *J. Agric. Food Chem.* 55, 2548–2553.
- Jaafaru M.S., Abd Karim N.A., Enas M.E., Rollin P., Mazzon E., Abdull Razis A.F., 2018. Protective effect of glucosinolates hydrolytic products in neurodegenerative diseases (NDDs). *Nutrients* 10, 580.
- Jamroz D., 2000. Rola antyżywniowych czynników w produkcji drobiarskiej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 376, 78–88.
- Kaale L.D., Siddiq M., Hooper S., 2022. Lentil (*Lens culinaris Medik*) as nutrient-rich and versatile food legume: a review. *Legume Sci.* 5(2), e169.
- Kao T., Huang S., Inbaraj B.S., Chen B., 2008. Determination of flavonoids and saponins in *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino by liquid chromatography–mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta* 626(2), 200–211.
- Kiranmayi P., 2014. Is bio active compounds in plants acts as anti nutritional factors. *Int. J. Curr. Pharm. Res.* 6, 36–38.
- Kulasek G., Leontowicz H., Krzemiński R., 1995. Bioaktywne substancje w pokarmach dla ludzi i zwierząt (cz. I). Czynniki antyżywniowe. *Mag. Wet.*, 115, 39–44.
- Kumar Y., Basu S., Goswami D., Devi M., Shivhare U.S., Vishwakarma R.K., 2022. Antinutritional compounds in pulses: implications and alleviation methods. *Legume Sci.* 4, e111.
- Kwon D., Son S.W., Kim S.H., Bae J.E., Lee Y.H., Jung Y.S. 2022. Effects of dietary restriction on hepatic sulfur-containing amino acid metabolism and its significance in acetaminophen-induced liver injury. *J. Nutr. Biochem.* 108, 109082.
- Lampart-Szczapa E., 1997. Nasiona roślin strączkowych w żywieniu człowieka. Wartość biologiczna i technologiczna. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446, 61–81.
- Lawrence P.K., Koundal K.R., 2002. Plant protease inhibitors in control of phytophagous insects. *Electron. J. Biotechnol.* 5, 5–6.
- Lipiec A., Pisarski R., 1994. Substancje antyżywniowe w paszach. *Med. Wet.* 50(4), 152–155.
- Maenz D.D., Classen H.L., 1998. Phytase activity in the small intestinal brush border membrane of the chicken. *Poult. Sci.* 77, 557–563.
- Nath H., Samtiya M., Dhewa T., 2022. Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: a review. *Human. Nutr. Metab.* 200147.
- Pihlanto A., Mattila P., Mäkinen S., Pajari A.M., 2017. Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food Funct.* 8, 3443–3458.
- Porter, L.J., 1989. Tannins: Harborne, J.B. (red.) *Methods in plant biochemistry*. T.1. Plant phenolics. Academic Press, London, pp. 389–419.
- Pryme I.F., Bardocz S., Pusztai A., Ewen S.W., Pfüller U., 2004. A mistletoe lectin (ML-1)-containing diet reduces the viability of a murine non-Hodgkin lymphoma tumor. *Cancer Detect. Prev.* 28, 52–56.
- Roland W.S.U., Pouvreau L., Curran J., van de Velde F., de Kok P.M.T., 2017. Flavor aspects of pulse ingredients. *Cereal Chem.* 94, 58–65.
- Samtiya M., Aluko R.E., Dhewa T., 2020. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: An overview. *Food Prod. Process. Nutr.*, 2, 6.
- Serrano J., Puupponen-Pimiä R., Dauer A., Aura A.M., Saura-Calixto F., 2009. Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Mol. Nutr. Food Res.* 53, S310–29.
- Shamsuddin A.M., 2002. Anti-cancer function of phytic acid. *Int. J. Food Sci. Technol.* 37, 769–782.

- Shi J., Arunasalam K., Yeung D., Kakuda Y., Mittal G., Jiang Y., 2004. Saponins from edible legumes: chemistry, processing, and health benefits. *J. Med. Food*. 7, 67–78.
- Sikorska A., Gugala M., Zarzecka K., Domański Ł., 2022. Anti-nutritional substances in selected agricultural plants. *Herbalism* 1(8), 119–129.
- Sim, E.W., 2011. Isolation and determination of anti-nutritional compounds from root and shells of peanut (*Arachis hypogaea*). A project report submitted to the Department of Chemical Science Faculty of Science University Tunku Abdul Rahman in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of Science (Hons) Biochemistry.
- Silva F.S., Oliveira P.J., Duarte M.F., 2016. Oleanolic, ursolic, and betulinic acids as food supplements or pharmaceutical agents for type 2 diabetes: promise or illusion? *J. Agric. Food Chem.* 64, 2991–3008.
- Singh B., Singh J.P., Singh N., Kaur A., 2017. Saponins in pulses and their health promoting activities: a review. *Food Chem.* 233, 540–549.
- Singh N., 2017. Pulses: an overview. *J. Food Sci. Technol.* 54, 853–857.
- Song R., Qiao W., He J., Huang J., Luo Y., Yang T., 2007. Proteases and their modulators in sweet potato storage roots. *J. Agric. Food Chem.* 55, 2548–53.
- Venkatachalam P., Nadumane V.K., 2019. Purification and characterization of a protease inhibitor with anticancer potential from *Bacillus endophyticus* JUPR15. *Cur. Can. Ther Rev.* 15, 74–82.
- Vucenik I., Ramakrishna G., Tantivejkul K., Anderson L.M., Ramljak D., 2005. Inositol hexaphosphate (IP6) blocks proliferation of human breast cancer cells through a PKC δ dependent increase in p27^{Kip1} and decrease in retinoblastoma protein (pRb) phosphorylation. *Breast. Cancer Res. Treat.* 91, 35–45.
- Zadernowski R., Borowska J., 1997. Charakterystyka wybranych substancji antyżywniowych występujących w nasionach strączkowych. *Przem. Owoc. Warz.*, 1, 20–22.

Wpływ spożycia paszy z dodatkiem biomasy drożdży *Yarrowia lipolytica* o zwiększonej zawartości kwasu kynureninowego na jego dystrybucję w wybranych narządach myszy

Magdalena Matusiewicz¹, Magdalena Wróbel-Kwiatkowska², Wiesław Świderek³, Tomasz Niemiec⁴, Waldemar Rymowicz², Waldemar A. Turski⁵

¹ Katedra Nanobiotechnologii, Instytut Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

² Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

³ Katedra Genetyki i Ochrony Zwierząt, Instytut Nauk o Zwierzętach, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

⁴ Samodzielna Pracownia Żywienia Zwierząt, Instytut Nauk o Zwierzętach, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

⁵ Katedra i Zakład Farmakologii Doświadczalnej i Klinicznej, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

autor korespondencyjny: magdalena_matusiewicz@sggw.edu.pl

Wstęp

Yarrowia lipolytica należą do niekonwencjonalnych drożdży. Ich biomasa jest cennym źródłem białka, aminokwasów egzogennych, składników mineralnych, nienasyconych kwasów tłuszczowych, włókna, witamin, zwłaszcza z grupy B, antyoksydantów, fenoli i glutationu, a także wielu innych związków [Czech i in. 2016, Jach i Malm 2022, Matusiewicz i in. 2023]. Drożdże te posiadają status GRAS (ang. generally recognized as safe, powszechnie uznawane za bezpieczne), nadawany przez FDA (ang. the Food and Drug Administration, Agencja Żywności i Leków) oraz zostały zatwierdzone przez EFSA (ang. the European Food Safety Authority, Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności), jako bezpieczna nowa żywność [Matusiewicz i in. 2023]. Stwierdzono, że ich biomasa może być stosowana jako suplement diety oraz w żywieniu zwierząt, jako źródło białka [Jach i Malm 2022].

Kwas kynureninowy (KYNA) jest endogennym metabolitem tryptofanu (TRP), o wielu wartościowych dla człowieka i zwierząt właściwościach [Matusiewicz i in. 2023]. KYNA jest agonistą receptorów GPR35 (ang. G protein-coupled receptors 35, receptory sprzężone z białkiem G35), które obecne są w dużym zagęszczeniu w błonie śluzowej przewodu pokarmowego [Turska i in. 2022]. Jest on łatwo przyswajany z pokarmu, nie jest metabolizowany i jest wydalany głównie z moczem. Znany jest korzystny wpływ KYNA na przewod pokarmowy i inne narządy wewnętrzne [Marciniak i in. 2018, Pyun i in. 2021, Turska i in. 2022]. Ze względu na niską zawartość

KYNA w produktach żywnościowych, dostarczenie znacznych ilości tego związku w diecie może stanowić wyzwanie [Turska i in. 2022].

Biorąc pod uwagę powyższe, podawanie w diecie drożdży *Y. lipolytica* o zwiększonej zawartości KYNA może wpływać korzystnie na metabolizm, co sprawdzono w doświadczeniu żywieniowym na myszach. Celem badań opisanych w niniejszej pracy było porównanie koncentracji aminokwasów egzogennych w białku ogólnym biomasy *Y. lipolytica* S12 o wysokiej i niskiej koncentracji KYNA [Matusiewicz i in. 2023], wyrażonej w odniesieniu do białek wzorcowych. Następnie określono wpływ 5% zawartości drożdży o wysokiej koncentracji KYNA w diecie na względną masę wybranych narządów wewnętrznych myszy oraz zawartość KYNA i jego prekursorów, TRP i bezpośredniego prekursora, kynureniny (KYN) w wybranych narządach.

Materialy i metody

Material drożdżowy

Wykorzystany w niniejszych badaniach szczep drożdży *Y. lipolytica* S12 należy do Kolekcji Kultur Drożdży Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Sposób otrzymania suchej biomasy *Y. lipolytica* o wysokiej i niskiej koncentracji KYNA został opisany w naszej wcześniejszej publikacji [Matusiewicz i in. 2023]. Pożywka produkcyjna dla wzrostu drożdży o wysokiej koncentracji KYNA w warunkach 90-litrowego bioreaktora zawierała TRP (200 mg/l). Drożdże o wysokiej zawartości KYNA charakteryzowały się większą koncentracją KYNA, mniejszym poziomem białka ogólnego i popiołu surowego oraz mniejszą energią metaboliczną, w porównaniu z drożdżami o niskiej koncentracji KYNA (tab. 1). Zawierały więcej tłuszczu surowego i ponad dwukrotnie więcej włókna surowego.

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny suchej biomasy drożdży i zawartość w niej kwasu kynureninowego (KYNA) [Matusiewicz i in. 2023]

Składnik (%)	NK dr	WK dr
Białko ogólne	44,6	30,3
Tłuszcz surowy	1,4	2,0
Włókno surowe	7,2	16,1
Popiół surowy	5,4	2,5
KYNA	0,029	0,080
Energia metaboliczna (kJ/g)	14,9	14,0

NK dr – drożdże o niskiej zawartości KYNA, WK dr – drożdże o wysokiej zawartości KYNA

Analiza aminokwasów egzogennych w biomase drożdży

Wskaźnik aminokwasu ograniczającego AAS (ang. amino acid score) i CS (ang. chemical score) oraz wskaźnik niezbędnych aminokwasów (ang. essential amino acid index, EAAI) w białku ogólnym suchej biomasy drożdży obliczono jak w pracy Matusiewicz i in. [2022]. Potrzebna do obliczeń, koncentracja aminokwasów egzogennych w drożdżach pochodziła z artykułu Matusiewicz i in. [2023]. Jako wzorce przyjęto zawartość aminokwasów w białku referencyjnym FAO/WHO (ang. the Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa/ the World Health Organization, – Światowa Organizacja Zdrowia) dla dzieci w wieku 2–5 lat oraz zawartość aminokwasów w białku całego jaja kurzego [Matusiewicz i in. 2022].

Doświadczenie żywieniowe i przygotowanie materiału zwierzęcego

Przeprowadzono siedmiodniowy eksperyment żywieniowy na samcach myszy ze stada outbredowego linii selekcyjnej C, wywodzącej się ze szczepów inbredowych A/St, BALB/c, BN/a i C57BL/6J Zwierzętni Katedry Genetyki i Ochrony Zwierząt (Instytut Nauk o Zwierzętach, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, Polska) [Matusiewicz i in. 2023]. Procedury doświadczalne zostały zatwierdzone przez II Lokalną Komisję Etyczną ds. Doświadczeń na Zwierzętach z siedzibą w Szkole Główniej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, Polska (Zgoda nr WAW 2/105/2022). Czterdzieści osiem trzymiesięcznych myszy, o zakończonym wzroście somatycznym, o średniej początkowej masie ciała 40,5 g, przydzielono do czterech grup ($n = 12$). Każdą grupę myszy umieszczono w czterech klatkach wzrostowych ($n = 4$, w jednej klatce znajdowały się trzy myszy), w kontrolowanych warunkach środowiska (21°C, 12/12 h, wilgotność 40%). Zwierzętom podawano *ad libitum* jedną z czterech półsyntetycznych diet, izobiałkowych i izoenergetycznych: (1) dietę kontrolną; (2) dietę uzupełnioną komercyjnym KYNA (0,04 g/kg; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA); (3) dietę z 5% dodatkiem suchych drożdży o niskiej zawartości KYNA lub (4) dietę z 5% dodatkiem suchych drożdży o wysokiej zawartości KYNA. Diety pokrywały zapotrzebowanie żywieniowe myszy. Skład i wartość odżywcza (zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego, włókna surowego, popiołu surowego, suchej masy) w dietach eksperymentalnych i ich obliczoną energię metaboliczną przedstawiono w tabeli 2. Zwierzęta miały swobodny dostęp do wody. W 49. dniu doświadczenia, po całonocnym głodzeniu, zwierzęta zważono i uśmiercono, w celu pobrania materiału biologicznego do analiz. Natychmiast po pobraniu krwi, wypreparowano wątrobę, śledzionę, żołądek z treścią, jelito ślepe z treścią i nerki oraz je zważono. Obliczono względną masę tych narządów (g/100 g masy ciała). Wątrobę (lewy płąt), śledzionę, jelito ślepe z treścią i nerki przepłukano zimnym buforem PBS (ang. phosphate-buffered saline, sól fizjologiczna buforowana fosforanem), o pH 7.4, zamrożono w ciekłym azocie i przechowywano (–80°C) do analiz.

Tabela 2. Skład i wartość pokarmowa diet [Matusiewicz 2023]

Składnik	Dieta eksperymentalna			
	Kontrola	KYNA	NK dr	WK dr
Drożdże (%)	–	–	5	5
KYNA (‰)	–	0,04	–	–
Inne	skrobia kukurydziana, kazeina (>85% białka), maltodekstryna, sacharoza, olej sojowy (bez dodatków), włókno (α -celuloza), mieszanka mineralna, mieszanka witaminowa, L-cystyna, dwuwinitian choliny, <i>tert</i> -butylohydrochinon			
Wartość pokarmowa (%)				
Białko ogólne	12,3	12,5	12,9	13,0
Tłuszcz surowy	3,3	3,3	3,2	3,1
Włókno surowe	1,6	1,4	1,0	1,1
Popiół surowy	2,6	2,7	3,0	2,7
Sucha masa	91,3	91,7	91,9	91,5
Energia metaboliczna (kJ/g)	16,7	16,8	16,8	16,8

KYNA – kwas kynureninowy, NK dr – drożdże o niskiej zawartości KYNA, WK dr – drożdże o wysokiej zawartości KYNA

Analiza aminokwasów egzogennych w dietach eksperymentalnych

Wskaźniki AAS, CS i EAAI obliczono tak jak opisano w rozdziale 2.2. „Analiza aminokwasów egzogennych w biomase drożdży”. Potrzebna do obliczeń, koncentracja aminokwasów egzogennych w dietach pochodziła z artykułu Matusiewicz i in. [2023].

Oznaczenie zawartości KYNA, KYN i TRP oraz obliczenie KTR w narządach myszy

Próbki tkanek ($n = 6$) wątroby, śledziony, jelita ślepego i nerki poddano sonikacji (1 : 5 w/o) w wodzie destylowanej. Powstałe homogenaty odbiałczono 2 M kwasem nadchlorowym. Probki zworteksowano, umieszczono w temp. 4°C, na 10 min i zwirowano (14 000 $\times$ g, 30 min, 4°C). Stężenie KYNA, KYN i TRP zmierzono według Zhao i in. [2010]. Badane substancje analizowano za pomocą systemu HPLC (ang. high-performance liquid chromatography, wysokosprawna chromatografia cieczowa; system analityczny UltiMate 3000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Przygotowane próbki rozdzielono na kolumnie analitycznej (HC-C18(2), średnica wewnętrzna 250 $\times$ 4,6 mm, wielkość cząstek 5 μ m; Agilent Technologies, Inc, Santa Clara, CA, USA). Faza ruchoma składała się z 20 mmol/l NaAc, 3 mmol/l ZnAc₂ i 7% acetonitrylu. Szybkość przepływu wynosiła 1,0 ml/min, a objętość na wstrzyknięcie 100 μ l. KYNA oznaczono ilościowo fluorymetrycznie (wzbudzenie przy 344 nm i detekcja emisji przy 398 nm), długość fali detektora UV ustawiono na 365 nm (dla KYN) i 250 nm (dla TRP). Do sterowania systemami HPLC i rejestrowania danych chromatograficznych wykorzystano oprogramowanie Chromeleon 7.2 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Jako standardy posłużyły KYNA, KYN i TRP zakupione od Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Proporcję KYN do TRP (wskaźnik KTR) obliczono według następującego wzoru $KTR = (KYN \times 100)/TRP$.

Analiza statystyczna

Wyniki badań na myszach poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ang. one-way analysis of variance, ANOVA), a średnie porównano za pomocą testu post-hoc Tukeya. Różnice pomiędzy średnimi były istotne statystycznie, gdy $p < 0.05$. W przypadku wykresów pudełkowych dla względnej masy wybranych narządów: pudełka oznaczają rozstęp międzykwartyłowy, wąsy – wartości od minimalnej do maksymalnej, linie poziome – medianę, „+” – średnią. Wyniki zawartości KYNA, KYN i TRP w wybranych narządach przedstawiono jako średnią $\pm$ błąd standardowy średniej. Zastosowano oprogramowanie Prism 5 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA) i Statgraphics Centurion (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA).

Wyniki

Analiza aminokwasów egzogennych w biomase drożdży

AAS dla aminokwasów w drożdżach o wysokiej zawartości KYNA wynosił <1 , z wyjątkiem AAS dla treoniny, waliny i izoleucyny (tab. 3). Pierwszym aminokwasem ograniczającym dla tych drożdży okazała się leucyna. AAS dla aminokwasów w drożdżach o niskiej koncentracji KYNA wynosił >1 , z wyjątkiem AAS dla leucyny, która była również pierwszym aminokwasem ograniczającym. Poziom treoniny, waliny i izoleucyny w białku drożdży o wysokiej zawartości KYNA był największy w porównaniu z białkiem standardowym FAO/WHO, w przypadku drożdży o niskiej koncentracji KYNA były to treonina, fenyloalanina + tyrozyna, walina i izoleucyna. CS dla aminokwasów obu typów drożdży wynosił <1 , z wyjątkiem CS dla treoniny dla drożdży o wysokiej zawartości KYNA i fenyloalaniny + tyrozyny, lizyny, treoniny i histydyny dla drożdży o niskiej koncentracji KYNA. Zgodnie z CS, pierwszym aminokwasem ograniczającym dla drożdży była metionina + cysteina. EAAI (białko referencyjne FAO/WHO) dla drożdży o wysokiej zawartości KYNA wynosił <100 , a dla drożdży o niskiej koncentracji KYNA >100 , podczas gdy EAAI (białko referencyjne całego jaja kurzego) wynosił <100 dla obu typów drożdży. Wskaźniki te miały mniejszą wartość w przypadku drożdży o wysokiej zawartości KYNA.

Analiza aminokwasów egzogennych w dietach eksperymentalnych

W przypadku diet wzbogaconych obydwoma rodzajami drożdży, wskaźniki CS i AAS dla poszczególnych aminokwasów uległy zmianie w porównaniu ze wskaźnikami biomasy drożdży (tab. 4). Stwierdzono, że EAAI był większy w przypadku diety uzupełnionej drożdżami o wysokiej zawartości KYNA.

Tabela 3. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego AAS (ang. amino acid score), wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS (ang. chemical score) i wskaźnik niezbędnych aminokwasów (ang. essential amino acid index, EAAI) biomasy drożdży

Aminokwas	AAS		CS	
	NK dr	WK dr	NK dr	WK dr
Fenylalanina + tyrozyna	1,50	0,76	1,02	0,51
Lizyna	1,27	0,87	1,05	0,72
Leucyna	0,96	0,51	0,74	0,39
Treonina	1,59	1,88	1,15	1,36
Walina	1,50	1,14	0,80	0,60
Izoleucyna	1,50	1,03	0,78	0,54
Metionina + cysteina	1,26	0,84	0,55	0,37
Tryptofan	1,02	0,86	0,66	0,56
Histydyna	1,35	0,96	1,17	0,83
EAAI	131,10	92,93	85,35	60,49

Szare pola – pierwsze aminokwasy ograniczające. NK dr – drożdże o niskiej zawartości kwasu kynureninowego (KYNA), WK dr – drożdże o wysokiej zawartości KYNA

Tabela 4. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego AAS (ang. amino acid score), wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS (ang. chemical score) i wskaźnik niezbędnych aminokwasów (ang. essential amino acid index, EAAI) diet

Aminokwas	AAS				CS			
	Dieta eksperymentalna				Dieta eksperymentalna			
	kontrola	KYNA	NK dr	HK dr	kontrola	KYNA	NK dr	HK dr
Leucyna	1,29	1,26	1,16	1,27	0,99	0,97	0,89	0,97
Lizyna	1,42	1,36	1,24	1,34	1,18	1,12	1,03	1,11
Fenylalanina + tyrozyna	1,11	1,14	0,97	1,08	0,75	0,77	0,66	0,73
Walina	1,66	1,63	1,51	1,59	0,88	0,86	0,80	0,84
Treonina	1,14	1,14	1,15	1,21	0,82	0,82	0,83	0,88
Izoleucyna	1,33	1,31	1,26	1,27	0,69	0,68	0,65	0,66
Metionina + cysteina	1,33	1,32	1,28	1,96	0,58	0,58	0,56	0,86
Tryptofan	1,46	1,39	1,40	1,37	0,95	0,90	0,91	0,89
Histydyna	1,61	1,58	1,39	1,50	1,39	1,36	1,20	1,29
EAAI	135,85	133,83	125,45	137,93	88,44	87,12	81,67	89,79

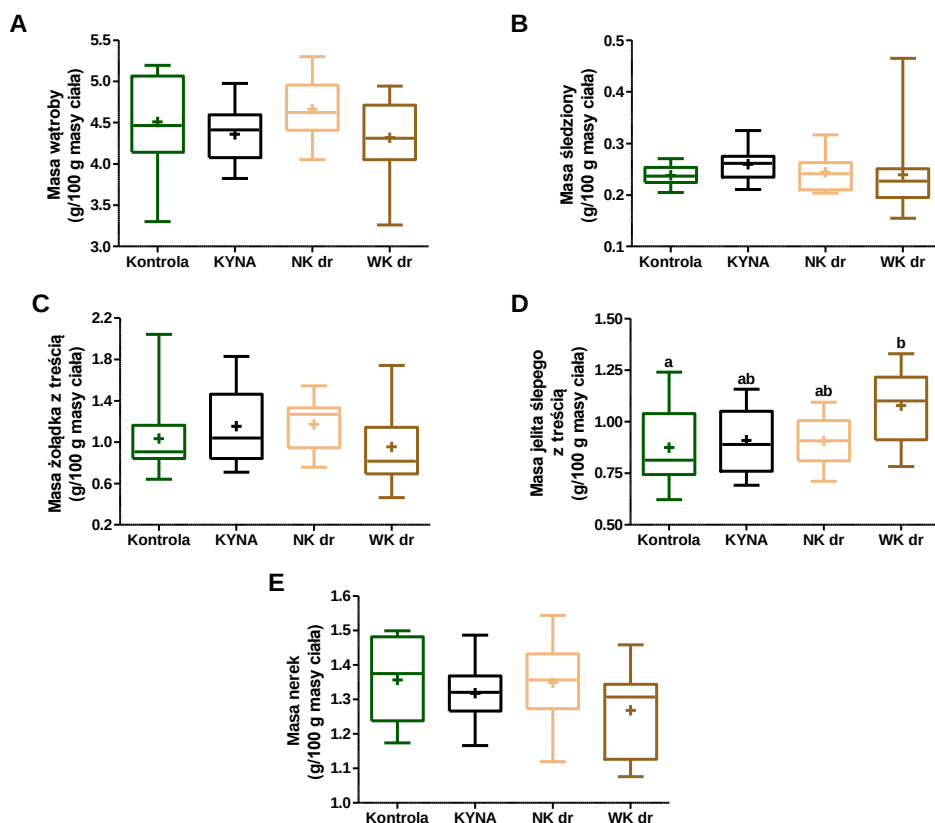
Szare pola – pierwsze aminokwasy ograniczające, KYNA – kwas kynureninowy, NK dr – drożdże o niskiej zawartości KYNA, WK dr – drożdże o wysokiej zawartości KYNA.

Masa wybranych narządów wewnętrznych

Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu stosowania diet doświadczalnych na względną masę większości wybranych narządów (wątroby, śledziony, żołądka z treścią, nerek) (rys. 1A–C, E). Względna masa jelita ślepego z treścią myszy spożywających dietę z drożdżami o wysokiej koncentracji KYNA była większa niż u myszy na diecie kontrolnej (rys. 1D).

Zawartość KYNA, KYN i TRP oraz KTR w wybranych narządach wewnętrznych

Koncentracja KYNA w nerkach myszy na diecie zawierającej KYNA była około dwukrotnie większa niż w nerkach myszy otrzymujących pozostałe diety, a różnice te były istotne statystycznie (tab. 5). Zawartość KYN w jelicie ślepym myszy na



Rys. 1. Wykresy pudełkowe dla względnej masy wybranych narządów myszy. Pudełka oznaczają rozstęp międzykwartylowy, wąsy – wartości od minimalnej do maksymalnej, linie poziome – medianę, „+” – średnią. Efekt istotny statystycznie: wartości danego parametru bez wspólnej litery (a, b) różnią się istotnie statystycznie na poziomie istotności $p < 0,05$. $n = 12$. Kontrola – dieta kontrolna, KYNA – dieta zawierająca komercyjny kwas kynureninowy, NK dr – dieta z drożdżami o niskiej zawartości KYNA, WK dr – dieta z drożdżami o wysokiej zawartości KYNA

diecie zawierającej drożdże o wysokiej koncentracji KYNA była ponad dwukrotnie większa niż u myszy karmionych innymi dietami (różnic nie potwierdzono w teście post-hoc). Poziom KYNA w wątrobie, śledzionie i jelicie ślepym; zawartość KYN w wątrobie i śledzionie oraz koncentracja TRP w wątrobie, śledzionie, jelicie ślepym i nerkach nie różniły się istotnie statystycznie pomiędzy grupami doświadczalnymi. Wartość KTR w wątrobie zwierząt na diecie zawierającej drożdże o niskiej zawartości KYNA była istotnie większa w porównaniu z wartością w wątrobie w pozostałych grupach, a wartość KTR w śledzionie nie różniła się pomiędzy grupami.

Dyskusja

W niniejszych badaniach, zawartość większości aminokwasów egzogennych w białku drożdży o wysokiej zawartości KYNA, z wyjątkiem treoniny, waliny i izoleucyny, była mniejsza niż w białku referencyjnym FAO/WHO. Z kolei, skład aminokwasowy białka drożdży o niskiej zawartości KYNA, jedynie z wyjątkiem stężenia leucyny, był korzystniejszy od powyższego białka referencyjnego. Ponadto skład aminokwasowy białka obu typów drożdży, z wyjątkiem zawartości treoniny w

Tabela 5. Zawartość kwasu kynureninowego (KYNA), kynureniny (KYN) i tryptofanu (TRP) w wybranych narządach wewnętrznych myszy ($\mu\text{g/g}$)

Związek	Narząd	Dieta eksperymentalna				p
		Kontrola	KYNA	NK dr	WK dr	
KYNA	Wątroba	0,076 $\pm$ 0,017	0,142 $\pm$ 0,033	0,143 $\pm$ 0,033	0,083 $\pm$ 0,013	0,146
	Śledziona	0,543 $\pm$ 0,058	0,343 $\pm$ 0,075	0,594 $\pm$ 0,083	0,517 $\pm$ 0,117	0,186
	Jelito ślepe	0,214 $\pm$ 0,074	0,164 $\pm$ 0,076	0,226 $\pm$ 0,114	0,239 $\pm$ 0,076	0,942
	Nerka	0,017 $\pm$ 0,002 ^A	0,032 $\pm$ 0,005 ^B	0,017 $\pm$ 0,001 ^A	0,015 $\pm$ 0,003 ^A	0,007
KYN	Wątroba	1,400 $\pm$ 0,122	1,420 $\pm$ 0,053	1,624 $\pm$ 0,092	1,583 $\pm$ 0,113	0,293
	Śledziona	2,425 $\pm$ 0,167	1,808 $\pm$ 0,395	2,221 $\pm$ 0,173	1,832 $\pm$ 0,349	0,377
	Jelito ślepe	2,125 $\pm$ 0,399	2,245 $\pm$ 0,350	2,179 $\pm$ 0,768	4,925 $\pm$ 1,062	0,032
TRP	Wątroba	25,102 $\pm$ 1,907	24,889 $\pm$ 1,652	22,163 $\pm$ 0,945	28,116 $\pm$ 1,484	0,089
	Śledziona	26,291 $\pm$ 2,461	20,605 $\pm$ 4,479	23,981 $\pm$ 2,373	23,341 $\pm$ 2,398	0,633
	Jelito ślepe	21,371 $\pm$ 3,584	19,128 $\pm$ 6,754	23,404 $\pm$ 6,824	21,494 $\pm$ 4,024	0,959
	Nerka	51,871 $\pm$ 1,216	48,643 $\pm$ 3,000	49,356 $\pm$ 1,825	55,190 $\pm$ 1,972	0,149
KTR	Wątroba	5,592 $\pm$ 0,355 ^A	5,772 $\pm$ 0,243 ^A	7,373 $\pm$ 0,439 ^B	5,659 $\pm$ 0,354 ^A	0,005
	Śledziona	9,426 $\pm$ 0,679	8,757 $\pm$ 0,036	9,422 $\pm$ 0,598	7,814 $\pm$ 1,134	0,371

Dane wyrażono jako średnią $\pm$ błąd standardowy średniej. Efekt istotny statystycznie: wartości danego parametru bez wspólnego indeksu górnego (A, B) różnią się istotnie statystycznie na poziomie istotności $p < 0,01$. $n = 6$. KTR = (KYN $\times$ 100)/TRP; NK dr – drożdże o niskiej zawartości KYNA, WK dr – drożdże o wysokiej zawartości KYNA.

drożdżach o wysokiej koncentracji KYNA oraz fenyloalaniny + tyrozyny, lizyny, treoniny i histydyny w drożdżach o niskiej zawartości KYNA, był mniej korzystny niż białka referencyjnego całego jaja kurzego. Wskaźniki EAAI, wyrażone względem obu białek wzorcowych, uwzględniające wszystkie aminokwasy egzogenne, miały mniejszą wartość w przypadku drożdży o wysokiej zawartości KYNA. Wyniki te, razem z wynikami koncentracji białka ogólnego i wszystkich aminokwasów, przedstawionymi w naszej wcześniejszej publikacji [Matusiewicz i in. 2023], mniejszymi w przypadku drożdży o wysokiej zawartości KYNA, świadczą o niekorzystnym z żywieniowego punktu widzenia wpływie zapewnionych warunków wzmocnionej produkcji KYNA, takich jak skład pożywki, parametry procesu technologicznego, na skład aminokwasów w drożdżach.

Względna masa jelita ślepego z treścią myszy żywionych dietą zawierającą drożdże o wysokiej koncentracji KYNA okazała się większa niż masa jelita ślepego z treścią myszy otrzymujących dietę kontrolną. Można to uzasadnić pozytywnym wpływem tych drożdży, zwłaszcza ilością i jakością zawartego w nich włókna, na mikroflorę jelitową, a KYNA również może wykazywać takie działanie [Czech i in. 2018, 2020, Turska i in. 2018, Dolecka i in. 2011, Li i in. 2021].

W nerce myszy pobierających dietę z dodatkiem KYNA stwierdzono około dwukrotnie większą koncentrację KYNA niż u zwierząt z innych grup doświadczalnych. Dodatkowo, w jelicie ślepym myszy, którym podawano dietę z drożdżami o wysokiej zawartości KYNA, zaobserwowano większe stężenie prekursora KYNA – KYN, w porównaniu ze zwierzętami z pozostałych grup (różnic nie potwierdzono testem post-hoc). Może to świadczyć o wpływie matrycy drożdży na kinetykę dystrybucji KYNA i jego prekursorów w tkankach, a także na czas ich eliminacji z organizmu. KYNA jest magazynowany w tkankach przez określony czas [Turska i in. 2022]. Ponadto wzór dystrybucji dostarczonego KYNA sugeruje, że wpływa on na funkcjonowanie przewodu pokarmowego i skład mikrobiomu jelitowego, lub stanowi część puli KYNA organizmu [Turska i in. 2018]. KTR, który jest miarą transformacji TRP przez 2,3-dioksygenazę tryptofanu (ang. tryptophan 2,3-dioxygenase, TDO) w warunkach fizjologicznych lub przez 2,3-dioksygenazę indoloaminy (ang. indoleamine 2,3-dioxygenase, IDO) w przebiegu procesów zapalnych [Zhou i in. 2021], był większy w wątrobie myszy na diecie z drożdżami o niskiej zawartości KYNA, porównując do innych grup, co można wiązać z intensyfikacją ogólnego metabolizmu pod wpływem spożycia tej diety. Jest to zgodne z tendencją w kierunku większego PER (ang. protein efficiency ratio, wskaźnik wydajności wzrostowej białka) oraz z większym skumulowanym przyrostem masy ciała na klatkę w przypadku myszy otrzymujących tę dietę, w porównaniu ze zwierzętami otrzymującymi dietę kontrolną [Matusiewicz i in. 2023]. Wartość KTR w śledzienie, wskazująca na aktywność 2,3-dioksygenazy indoloaminy (ang. indoleamine 2,3-dioxygenase, IDO), aktywowanej przez cytokiny, nie różniła się pomiędzy grupami eksperymentalnymi, co świadczy o braku obecności stanu zapalnego [Zhou i in. 2021].

Podsumowanie

Zastosowane u *Y. lipolytica* warunki produkcji KYNA wpłynęły na zawartość aminokwasów w tych organizmach. Matryca drożdży może oddziaływać na kinetykę dystrybucji KYNA i jego prekursorów w tkankach, a także na czas ich eliminacji z organizmu. Wartość KTR w wątrobie sugeruje, że drożdże o niskiej zawartości KYNA wpływają na intensyfikację metabolizmu TRP u myszy. Wartość KTR w śledzionie wskazuje, że spożycie drożdży o wysokiej koncentracji KYNA nie wywołuje stanu zapalnego. W przyszłości warto zbadać wpływ zoptymalizowanych drożdży z KYNA, o niezmienionym znacząco profilu aminokwasów, na organizmy zwierząt, zwłaszcza z chorobami metabolicznymi. Mogą one zainteresować konsumentów jako nowa żywność, suplement diety lub dodatek paszowy.

Piśmiennictwo

- Czech A., Sembratowicz I., Zięba G., 2020. Effect of the use of *Yarrowia lipolytica* and *Saccharomyces cerevisiae* yeast with a probiotic in the diet of turkeys on their gut microbiota and immunity. Vet. ed.. (Prah) 65, 174–182. <https://doi.org/10.17221/145/2019-VETMED>
- Czech A., Smolczyk A., Ognik K., Kiesz M., 2016. Nutritional value of *Yarrowia lipolytica* yeast and its effect on growth performance indicators in piglets. Ann. Anim. Sci. 16, 1091–1100. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0034>
- Czech A., Smolczyk A., Ognik K., Wlazło Ł., Nowakowicz-Dębek B., Kiesz M., 2018. Effect of dietary supplementation with *Yarrowia lipolytica* or *Saccharomyces cerevisiae* yeast and probiotic additives on haematological parameters and the gut microbiota in piglets. Res. Vet. Sci. 119(Suppl. 1), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.06.007>
- Dolecka J., Urbanik-Sypniewska T., Skrzydło-Radomańska B., Parada-Turska J., 2011. Effect of kynurenic acid on the viability of probiotics *in vitro*. Pharmacol Rep 63, 548–551. [https://doi.org/10.1016/S1734-1140\(11\)70522-9](https://doi.org/10.1016/S1734-1140(11)70522-9)
- Jach M.E., Malm A., 2022. *Yarrowia lipolytica* as an alternative and valuable source of nutritional and bioactive compounds for humans. Molecules 27, 2300. <https://doi.org/10.3390/molecules27072300>
- Li J., Zhang Y., Yang S., Lu Z., Li G., Wu S., Wu D.-R., Liu J., Zhou B., Wang H.-M.D., Huang S.-Y., 2021. The beneficial effects of edible kynurenic acid from marine horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*) on obesity, hyperlipidemia, and gut microbiota in high-fat diet-fed mice. Oxid. Med. Cell. Longev. 2021, 8874503. <https://doi.org/10.1155/2021/8874503>
- Marciniak S., Wnorowski A., Smolińska K., Walczyna B., Turski W., Kocki T., Paluszkiwicz P., Parada-Turska J., 2018. Kynurenic acid protects against thioacetamide-induced liver injury in rats. Anal. Cell. Pathol. 1, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/1270483>
- Matusiewicz M., Marczak K., Kwiecińska B., Kupis J., Zglińska K., Niemiec T., Kosieradzka I., 2022. Effect of extracts from eggs of *Helix aspersa maxima* and *Helix aspersa aspersa* snails on Caco-2 colon cancer cells. PeerJ 10, e13217. <https://doi.org/10.7717/peerj.13217>
- Matusiewicz M., Wróbel-Kwiatkowska M., Niemiec T., Świderek W., Kosieradzka I., Rosińska A., Niwińska A., Rakicka-Pustułka M., Kocki T., Rymowicz W., Turski W.A., 2023. Effect of *Yarrowia lipolytica* yeast biomass with increased kynurenic acid content on selected metabolic indicators in mice. PeerJ 11, e15833. <https://doi.org/10.7717/peerj.15833>
- Pyun D.H., Kim T.J., Kim M.J., Hong S.A., Abd El-Aty A.M., Jeong J.H., Jung T.W., 2021. Endogenous metabolite, kynurenic acid, attenuates nonalcoholic fatty liver disease via AMPK/autophagy- and AMPK/ORP150-mediated signaling. J. Cell. Physiol. 236, 4902–4912. <https://doi.org/10.1002/jcp.30199>

- Turska M., Paluszkiwicz P., Turski W.A., Parada-Turska J., 2022. A review of the health benefits of food enriched with kynurenic acid. *Nutrients* 14, 4182. <https://doi.org/10.3390/nu14194182>
- Turska M., Pelak J., Turski M.P., Kocki T., Dukowski P., Plech T., Turski W., 2018. Fate and distribution of kynurenic acid administered as beverage. *Pharmacol. Rep.* 70, 1089–1096. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2018.05.011>
- Zhao J., Gao P., Zhu D., 2010. Optimization of Zn^{2+} -containing mobile phase for simultaneous determination of kynurenine, kynurenic acid and tryptophan in human plasma by high performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. B* 878, 603–608. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2010.01.006>
- Zhou Q., Shi Y., Chen C., Wu F., Chen Z., 2021. A narrative review of the roles of indoleamine 2, 3-dioxygenase and tryptophan-2,3-dioxygenase in liver diseases. *Ann. Transl. Med.* 9(2), 174. <http://dx.doi.org/10.21037/atm-20-3594>

Rozdział ten jest częścią rozprawy habilitacyjnej Magdaleny Matusiewicz.

Bioaktywny potencjał wybranych krajowych ziół oraz ich wpływ na efektywność produkcji zwierzęcej

Szymon Milewski, Julia Fabjanowska, Bożena Kiczorowska,
Wioletta Samolińska, Renata Klebaniuk, Edyta Kowalczyk-Vasilev

Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
autor korespondencyjny: julia.fabjanowska@up.lublin.pl

Wstęp

Wciąż rozwijający się współczesny sektor hodowlany dużą uwagę przywiązuje do poprawy efektywności produkcji [Kleyn i in. 2021]. W przeszłości jednym ze stymulatorów utrzymywania stałego wzrostu produkcji zwierzęcej było wykorzystywanie antybiotyków jako środków stymulujących. Jednakże, obawy związane z ryzykiem powstawania antybiotykoopornych szczepów bakterii oraz potencjalne, negatywne skutki związane z ich pozostałościami w organizmach zwierząt, związane z zagrożeniem zdrowia ludzi doprowadziły do wprowadzenia w 2006 roku zakazu stosowania tych farmaceutyków jako dodatków paszowych w Unii Europejskiej [Anadón i in. 2018]. Alternatywą dla antybiotyków okazały się m.in. probiotyki, prebiotyki, enzymy, oligosacharydy czy związki wiążące toksyny [Okey 2023]. Jednocześnie wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem roślinnych substancji bioaktywnych w żywieniu zwierząt. Szczególną uwagę zwraca się obecnie na fitobiotyki (fitogeniki), związki bioaktywne ziół i roślin leczniczych, które wykazują szerokie spektrum korzystnych aktywności biologicznych, zwiększających potencjał zdrowotno-odżywczy mieszanek paszowych [Guaadaoui i in. 2014]. Skład chemiczny oraz zawartość biologicznie aktywnych składników w roślinach są zróżnicowane i zależą od rodzaju części roślinnych (kwiaty, nasiona, liście, korzeń), ich pochodzenia geograficznego oraz czasu i sposobu zbiorów, a nawet rodzaju transportu, czy magazynowania [Alamgir i Alamgir 2017]. Różnorodność wtórnych metabolitów roślinnych jest efektem ewolucji, która umożliwiła roślinom rozwinięcie skutecznych mechanizmów obrony przed patogenami, owadami i innymi zwierzętami [Zaynab i in. 2018]. Charakterystyczne dla fitochemikaliów są właściwości biologiczne, które obejmują m.in.: działanie przeciwdrobnoustrojowe, przeciwutleniające, antystresowe oraz nutrigenomiczne. Mają kluczowe znaczenie w kontekście stosowania fitobiotyków jako stymulatorów wzrostu w hodowli zwierząt. Szczególnie efektywne w tym zakresie są ich mieszaniny. W surowcach roślinnych występuje wiele substancji wykazujących właściwości prozdrowotne, jednak stosowane jednocześnie mogą

wykazać efekt zarówno synergii, jak i antagonizmu, co może prowadzić nawet do negatywnego wpływu na organizm zwierzęcy [Zhou i in. 2016, Caesar i Cech, 2019].

Charakterystyka substancji biologicznie czynnych zawartych w surowcach roślinnych

Organiczne związki chemiczne, naturalnie obecne w roślinach, określane mianem fitobiotyków czy fitogeników (substancji wtórnych, czy swoistych) są charakterystyczne dla poszczególnych gatunków roślin. Terminem tym określa się substancje chemiczne, które mogą wywierać wpływ na fizjologię organizmu, ale nie zaliczają się do niezbędnych składników odżywczych, tzw. substancji pierwotnych [Mohammadi Gheisar i Kim 2018]. Aktywność biologiczna lub terapeutyczna jest ściśle skorelowana z obecnością wtórnych metabolitów roślinnych, które reprezentują zróżnicowaną grupę cząsteczek odgrywających istotną rolę w adaptacji roślin do warunków zewnętrznych [Hussein i El-Anssary 2019]. Do substancji swoistych zalicza się m.in.:

Alkaloidy – stanowią grupę związków organicznych, które charakteryzują się obecnością heterocyklicznego układu pierścieni oraz specyficznym prekursorem biosyntezy. Wśród tej grupy wyróżnia się takie związki jak: tropany, pirolidyny, izochinoliny, puryny, imidazole, chinolizydyny, indole, piperydyny oraz pirolizydyny. Specyficzne działanie antycholinergiczne tych substancji wynika z konkurencyjnej inhibicji receptorów muskarynowych acetylocholino, co wpływa na aktywność różnych części mózgu, w tym kory przedczołowej, wzgórza oraz systemu wzrokowego. Pełniąc rolę stymulatorów układu współczulnego, alkaloidy bezpośrednio oddziałują na receptory adrenergiczne typu alfa i beta, indukując tym samym efekty przeciwpachotyczne oraz hipotensyjne, głównie poprzez presynaptyczne blokowanie receptorów alfa 2-adrenergicznych. Wykazują działanie przeciwdiuretyczne o umiarkowanym nasileniu oraz przeciwnowotworowe. Alkaloidy roślinne znajdują zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym do opracowywania m.in. leków przeciwmalarijnych (chinina i chlorochina), leków przeciwnowotworowych (taksol, winblastyna i winkrystyna) oraz środków poprawiających krążenie krwi w mózgu (winkamina) [Hussain i in. 2015, Debnath i in. 2018, Alasvand i in. 2019].

Garbniki, znane również jako naturalne struktury fenolowe, dzielą się na dwie kategorie: garbniki skondensowane (niehydrolizowane) oraz hydrolizowane. Są one obecne w liściach, nasionach, korze, korzeniach, owocach, warzywach, roślinach strączkowych, zbożach, krzewach oraz ziołach. Rola garbników w roślinach obejmuje działanie ochronne przeciwko promieniowaniu ultrafioletowemu i wolnym rodnikom. Garbniki stanowią także mechanizm obronny przed różnorodnymi zagrożeniami biologicznymi, w tym atakami ze strony zwierząt, owadów, grzybów i bakterii. Ponadto, substancje te wykazują szereg właściwości terapeutycznych i farmakologicznych, w tym działanie antynowotworowe, przeciwalergiczne, przeciwpalne, przeciwpasożytnicze i przeciwdrobnoustrojowe. W nadmiernych ilościach

mogą wykazywać działanie toksyczne i szkodliwe, prowadząc do problemów zdrowotnych, jak: niestrawność, działanie hepatotoksyczne, mutagenne, rakotwórcze, a także indukując różne choroby. W przypadku zwierząt monogastrycznych wysoka obecność garbników w paszy powoduje obniżenie zdolności wykorzystania składników pokarmowych oraz wydajności. W żywieniu zwierząt, istotne jest uwzględnienie interakcji między garbnikami a białkami, co przyczynia się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, redukcji wydalania amoniaku i mocznika, a także hamowania wzdęć. W żywieniu przeżuwaczy, garbniki skondensowane obecne w paszy obniżają stopień degradacji białka pokarmowego w żwaczu, co wpływa na zwiększenie wchłaniania aminokwasów w jelicie cienkim [Ghosh 2015, Zeller i in. 2015, Tong i in. 2022].

Glikozydy są obszerną grupą wtórnych produktów metabolizmu roślin. Regulują ich wzrost, wpływają na allelopatię, czyli hamowanie rozwoju konkurencyjnych roślin, a także pełnią rolę ochronną przed uszkodzeniami wywołanymi przez zwierzęta roślinożerne oraz patogeny. Charakterystyczną cechą glikozydów jest zdolność do hydrolizy, w wyniku której uwalnia się część cukrowa (glikon) oraz niecukrowa, (aglikon lub genina). Łącznik glikozydowy łączy te dwie części, a ich struktura determinuje działanie farmakologiczne i farmakokinetyczne glikozydów. Ponadto rodzaj wiązania glikozydowego ma kluczowe znaczenie dla wchłaniania tych związków w przewodzie pokarmowym, co jest istotne w kontekście ich potencjalnego terapeutycznego wykorzystania. Ze względu na budowę chemiczną, wyróżnia się wiele rodzajów glikozydów, występujących w różnych częściach roślin. Do nich m.in. należą: glikozydy nasercowe, alkoholowe, flawonoidowe, antocyjany, kumaryna, czy saponina. Związki te wykorzystywane są w medycynie we wspomaganiu leczenia różnorodnych schorzeń. Ich działanie farmakologiczne jest zróżnicowane i obejmuje efekty przeciwbólowe, przeciwzapalne, kardiotoniczne, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe oraz przeciwnowotworowe [Dhara i Nayak 2022, Soto-Blanco 2022, Zeng i in. 2023].

Flawonoidy zalicza się do niskocząsteczkowych związków fenolowych i stanowią jedną z najbardziej charakterystycznych i szeroko rozpowszechnionych grup metabolitów wtórnych. Składają się głównie z pierścienia benzopironowego, który przyłącza w różnych pozycjach grupy fenolowe lub polifenolowe. Są one obecne w owocach, ziołach, zbożach, orzechach, warzywach oraz w częściach roślin, jak: kwiaty, liście, łodygi czy nasiona. Flawonoidy chronią rośliny przed stresem biotycznym i abiotycznym, działają jako filtry UV, cząsteczki sygnałowe, związki alopatyczne, fitoaleksyny, a także mają właściwości detoksykujące i przeciwdrobnoustrojowe. Obecnie zidentyfikowano ponad 10 000 różnych związków flawonoidowych, które różnią się między sobą budową chemiczną, stopniem nienasycenia i utlenienia pierścienia węglowego. Wśród głównych grup flawonoidów wyróżnia się antoksantryny (flawanon i flawanol), flawanony, flawanonole, flawany, chalcony, antocyjanidyny i izoflawonoidy. Te podgrupy flawonoidów charakteryzują się odmiennym biologicznym działaniem. Substancje te charakteryzują się zdolnością do modulowa-

nia funkcji enzymów komórkowych, co przekłada się na ich właściwości terapeutyczne, w tym działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwmutagenne i przeciwnowotworowe. W przemyśle farmaceutycznym flawonoidy wykorzystywane są jako środki przeciwdrobnoustrojowe, przeciwwirusowe, antyangiogenne, przeciwmalaryczne, neuroprotektoryjne i antyproliferacyjne [Feliciano i in. 2015, Panche i in. 2016, Shan i in. 2017, Cavalcante i in. 2018].

Terpeny i terpenoidy są metabolitami wtórnymi tworzącymi obszerną i zróżnicowaną grupę związków występujących w roślinach. Charakteryzują się prostymi strukturami węglowodorowymi, które ulegają dodatkowym przemianom biochemicznym. Modyfikacje te obejmują m.in.: wprowadzenie grup funkcyjnych zawierających tlen oraz usunięcie lub przeniesienie grup metylowych. Terpenoidy, będące odmianą terpenów, wyróżniają się obecnością cząsteczek tlenu. Ich struktura może przyjmować formę różnych struktur chemicznych, takich jak: alkohole, aldehydy, estry, etery, epoksydy, ketony i fenole. Do terpenoidów zalicza się takie, związki jak: karwakrol, cytronellal, geraniol, linalool, octan linalilu, piperiton, mentol i tymol. Terpeny i terpenoidy odgrywają istotną rolę w kształtowaniu odporności roślin na choroby, szczególnie roślin aromatycznych i leczniczych. Wykazują szerokie spektrum działań biologicznych. Są znane z przeciwdrobnoustrojowych właściwości, efektywnie zwalczając bakterie wrażliwe, jak i odporne na antybiotyki. Ich działanie polega na niszczeniu komórek drobnoustrojów. Ponadto, niektóre terpeny, w tym karwakrol, karwon, eugenol, geraniol i tymol, wykazują specyficzne działanie przeciwbakteryjne, poprzez zakłócanie rozmnażania i rozwój drobnoustrojów oraz ich funkcji fizjologicznych i metabolicznych. Jako najliczniejsza i najbardziej zróżnicowana klasa roślinnych metabolitów wtórnych, terpenoidy charakteryzuje szereg właściwości biologicznych, w tym działanie przeciwnowotworowe, przeciwalergiczne, przeciwbakteryjne i przeciwutleniające. Te bioaktywne związki mają znaczący potencjał w zastosowaniu terapeutycznym i farmaceutycznym, co czyni je nie tylko cennymi z punktu widzenia ochrony roślin, ale również ważnymi w kontekście medycznym i farmakologicznym [Pandey i in. 2017, Potočnjak i in. 2018, Guimarães i in. 2019, Masyita i in. 2022].

Śluzy będące polisacharydami, występują w roślinach w stosunkowo niewielkich ilościach, często współistniejąc z innymi substancjami, takimi jak: garbniki, flawonoidy, sterole i alkaloidy. Charakteryzują się dużymi cząsteczkami, zawierającymi głównie węglowodany i kwasy uronowe, a także glikoproteiny i inne związki bioaktywne. Występują w różnych organach wyższych gatunków roślin, w tym w nasionach, owocach, kwiatach, liściach, łodygach, korze i korzeniach. Pełnią w nich kluczowe funkcje fizjologiczne, przede wszystkim jako rezerwy energetyczne, a także są odpowiedzialne za utrzymywanie wody i tlenu w tkankach. Aktywność biologiczna tych polisacharydów zależy od ich budowy chemicznej oraz rodzaju wiązań glikozydowych. Dzięki obecności związków fenolowych i olejków eterycznych, śluzy wykazują silne właściwości przeciwutleniające przeciwnowotworowe i przeciwzapalne. Zwiększony udział śluzów w diecie reguluje uczucie sytości, przeciw-

działa hiperlipidemii i hiperglikemii oraz przyczynia się do modulacji mikroflory jelitowej. Dodatkowo śluzы funkcjonują jako adiuwanty farmaceutyczne oraz środki cytoprotekcyjne, oferując wsparcie w terapii wrzodów żołądka. Tworząc warstwę ochronną oraz stymulując wydzielanie śluzu przez powierzchniowe komórki nabłonkowe, zapobiegają przenikaniu środków martwiczych do błony śluzowej żołądka [Dybka-Stępień i in. 2021, Chandravanshi i in. 2022, Waghmare i in. 2022].

Olejki eteryczne są substancjami lotnymi i aromatycznymi o naturalnym pochodzeniu. Uzyskiwane są metodą ekstrakcji z różnych części roślin, najczęściej z liści i kwiatów. W olejkach eterycznych występuje około 200 zróżnicowanych związków chemicznych, które dzieli się na dwie główne frakcje. Pierwsza frakcja, lotna, składa się głównie z monoterpenów, seskwiterpenów, węglowodorów oraz ich utlenionych pochodnych, a także aldehydów, alkoholi i estrów alifatycznych. Druga frakcja, stanowiąca od 5 do 10% łącznej zawartości oleju, zawiera składniki nietłone, takie jak: węglowodory, sterole, kwasy tłuszczowe, karotenoidy, kumaryny, woski, psoralen oraz flawonoidy. Dzięki swoim właściwościom utleniająco-redukcyjnym (redox), olejki eteryczne są cenione dla działania antyoksydacyjnego, co wiąże się z ich skutecznością w adsorpcji i neutralizacji wolnych rodników, rozkładzie nadtlenu, gaszeniu singletowego i trypletowego tlenu oraz chelatowaniu jonów metali. Posiadają również silne właściwości przeciwdrobnoustrojowe, wynikające m.in. z ich zdolności do degradacji ścian komórkowych patogenów, uszkodzenia błon cytoplazmatycznych, koagulacji cytoplazmy oraz niszczenia białek błonowych. Olejki eteryczne, ze względu na swoje działanie wspomagające trawienie oraz hipolipidemiczne, mogą być wykorzystywane jako stymulatory wzrostu w produkcji zwierzęcej. Ich zastosowanie w żywieniu zwierząt może przyczyniać się do poprawy efektywności wykorzystania składników pokarmowych oraz zwiększenia ogólnej wydajności produkcji zwierzęcej [Krishan i Narang 2014, Kasrati i in. 2015, Macwan i in. 2016, Nieto, 2017, Chua i in. 2019].

Kwasy organiczne, zarówno alifatyczne, jak i aromatyczne, w tym fenole (np. kwas jabłkowy, cytrynowy, winowy, szczawiowy, octowy, mrówkowy, izowalerianowy i askorbinowy), stanowią złożoną grupę substancji biologicznie aktywnych, które odgrywają kluczową rolę w metabolizmie i fizjologii roślin. Są one obecne w różnych częściach roślin, jak: liście, kłosa, łodygi, korzenie i kwiaty, gdzie pełnią niezbędną funkcję pośredniczącą w procesach utleniania węglowodanów, tłuszczów, aminokwasów i białek. Kwasy organiczne charakteryzują się także właściwościami żółciopędnymi, co przyczynia się do stabilizacji funkcjonowania układu trawiennego i poprawy apetytu. Ich bakteriobójcze działanie ogranicza procesy gnilne w organizmie. Ponadto substancje te pełnią istotną rolę w funkcjonowaniu układu powłokowego oraz regeneracji tkanek przy urazach, stymulując procesy asymilacji i dysymilacji. Zmniejszają melanogenezę w naskórku, wywierają korzystny wpływ na ściany naczyń włosowatych, stymulując syntezę prokolagenu i jego przekształcanie w kolagen. Dodatkowo wspomagają wykorzystanie glukozy, zmniejszają przepuszczalność tkanek i hamują reakcje hydrolityczne, co ma znaczenie w procesie regeneracji oparzeń. Suplementacja kwasów fenolowych, zaliczanych do tej grupy, może działać

ochronnie na zdrowie przeciwko szerokiemu zakresowi czynników chorobotwórczych, w tym nowotworom, infekcjom bakteryjnym, chorobom sercowo-naczyniowym, zapalnym i neurodegeneracyjnym. Właściwości te potwierdzają duże możliwości ich zastosowania w wielu sektorach gospodarki, w tym produkcji zwierzęcej [Adamczak i in. 2019, Chua i in. 2019, Sergunova i in. 2019, Kiokias i in. 2020].

Ścieżka metabolizmu substancji wtórnych jest procesem złożonym, w którym udział bierze wiele różnorodnych szlaków biochemicznych [Rinschen i in. 2019]. Szacuje się, że tylko około 5–10% polifenoli jest efektywnie wchłanianych z pożywienia. Główna absorpcja odbywa się w jelicie grubym, gdzie aglikony – niecukrowe, hydrofobowe składniki glikozydów – są asymilowane przez proces biernej dyfuzji. W jelicie cienkim dochodzi do glukuronidacji i siarczanowania polifenoli w enterocytach [Petit i in. 2017]. Proces ten jest wspomagany przez transferazę glukuronylową lub sulfotransferazę, które transportują metabolity z jelita do błony surowiczej. Z kolei w wątrobie zachodzą dalsze przemiany, takie jak: metylacja, siarczanowanie i/lub glukuronidacja tych związków [Correia da Silva i in. 2014]. Niektóre metabolity flawonoidów mogą być wydzielane z żółcią i ponownie absorbowane z jelita w ramach krążenia jelitowo-wątrobowego. Inne formy polifenoli, m.in. hydrofilowe glikozydy, estry i polimery o większej masie cząsteczkowej, podlegają rozkładowi przez enzymy bakteryjne w jelitach. Jest to proces, w którym kluczową rolę odgrywają enzymy jak: β -glukozydazy, które przekształcają te związki w aglikony i cukry [Zeng i in. 2016, Singhania i in. 2017, Makarewicz i in. 2021]. Następnie związki te ulegają absorpcji. Wchłonięte aglikony są dalej rozkładane do kwasów aromatycznych, jak: kwas hydroksyfenylooctowy, fenylopropionowy, fenylomasłowy i inne, które następnie przenikają do krwiobiegu. Niektóre metabolity flawonoidów wydalane są z żółcią i ponownie wchłaniane z jelita poprzez krążenie jelitowo-wątrobowe [Velderrain-Rodríguez i in. 2014, Lipiński i in. 2017].

Związki te, o tak szerokim spektrum prozdrowotnego działania na organizm zwierzęcy, znalazły zastosowanie w produkcji zwierzęcej jako dodatki paszowe, mając na celu nie tylko optymalizację wskaźników produkcyjnych, lecz również ulepszenie jakości pasz, efektywniejsze ich wykorzystanie oraz poprawę jakości produktów pochodzenia zwierzęcego [Kuralkar i Kuralkar 2021]. Mechanizmy działania fitobiotycznych dodatków paszowych jako stymulatorów wzrostu zwierząt warunkowane są w dużym stopniu ich strukturą, dawką oraz farmakokinetyką [Valenzuela-Grijalva i in. 2017]. Wyróżnia się cztery główne mechanizmy przemian metabolicznych metabolitów wtórnych roślin, przyczyniające się do zmian w organizmie zwierząt oraz stymulujące ich wzrost, a także poprawiające cechy tuszy i jakość mięsa. Obejmują one zwiększenie pobrania paszy, modyfikację procesów fermentacyjnych w żwacu, poprawę trawienia i wykorzystania składników odżywczych oraz działanie anaboliczne na tkanki docelowe [Kikusato 2021]. Fitobiotyki działają stymulująco na produkcję enzymów endogennych, które zwiększają strawność i efektywność pobierania składników odżywczych z paszy. Jako naturalne środki aromatyzujące, wspomagają pobranie paszy, co korzystnie oddziałuje na produktywność zwierząt hodowlanych [Bagno i in. 2018]. Dodatkowo, jak sugerują Aroche i in. [2018], polifenole,

garbniki, wiążą się z białkami w ślinie zwierzęcia, co przyczynia się do spowolnienia przemieszczania się treści pokarmowej przez przewód pokarmowy. Prowadzi to do zmniejszenia pobrania paszy, przy jednoczesnym zwiększeniu wykorzystania składników pokarmowych wraz z zwiększeniem uczucia sytości w danym okresie.

Wpływ wybranych surowców roślinnych w żywieniu zwierząt gospodarskich na efektywność odchowu

Sposób prowadzenia chowu zwierząt gospodarskich jest m.in. kształtowany przez rosnącą świadomość konsumentów w zakresie dobrostanu zwierząt oraz oczekiwania dostępu do wysokiej jakości produktów pochodzenia zwierzęcego. Współczesny sektor hodowlany, reagując na te zmiany społeczne i rynkowe, coraz częściej wykorzystuje innowacyjne strategie żywieniowe. Jednym z kluczowych obecnie trendów jest zastosowanie roślin zielnych jako naturalnych dodatków paszowych. Ich obecność w dawkach pokarmowych zwierząt gospodarskich ma charakter nie tylko profilaktyczny w zapobieganiu chorobom, ale również odgrywa istotną rolę w utrzymaniu wysokiej wydajności. Jest to szczególnie ważne w kontekście zastępowania syntetycznych stymulatorów wzrostu, które dość powszechnie wykorzystywane są w intensywnej produkcji zwierzęcej sektora hodowlanego. Pomimo licznych korzyści płynących ze stosowania w żywieniu dodatków fitobiotycznych, problem ich wciąż niskiej biodostępności, ograniczonego wchłaniania w przewodzie pokarmowym oraz niewielka akumulacja metabolitów, spowodowały intensyfikację badań naukowych, których celem jest szczegółowe poznanie i wykorzystanie korzystnego wpływu ziół oraz roślin leczniczych na organizm zwierzęcy.

W Polsce i na świecie w produkcji zwierzęcej, niezależnie od jej kierunku, stosuje się wiele różnych gatunków i odmian roślin zielnych czy leczniczych [Paskudska i in. 2018]. W krajowej produkcji do najbardziej popularnych należą krajowe zioła, szeroko stosowane zarówno w medycynie ludowej, tradycyjnej i nowoczesnej kuchni, jak produkcji zwierzęcej, np.: czosnek pospolity (*Allium sativum*), rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*), szalwia lekarska (*Salvia officinalis* L.) i tymianek pospolity (*Thymus vulgaris*).

Czosnek pospolity (*Allium sativum*)

Czosnek zawiera związki chemiczne, które składają się przede wszystkim z aminokwasów, zawierające siarkę o charakterze nielotnym. Do tej grupy należą: tiosulfiny, a wśród nich alliina lub S-allilocysteina, ajoen oraz polisulfid diallilu. Inne ważne składniki czosnku to winylodityny, enzym allinaza oraz saponiny [Leontiev i in. 2018]. Analiza zawartości składników odżywczych w czosnku wykazuje obecność manganu, selenu, witaminy B₆, witaminy C, a także niewielkie ilości włókna pokarmowego, żelaza, potasu, fosforu, wapnia oraz witaminy B₁ [Gambelli i in. 2021]. Głównymi składnikami bioaktywnymi w czosnku są związki organiczne

siarki, wśród których do najbardziej znaczących należą: allicyna, allina i ajoen. Allicyna jest oleistym, żółtym płynem i odpowiada za charakterystyczny aromat czosnku [Borlinghaus i in. 2021]. Jej biologiczne znaczenie wynika z wysokiej reaktywności wobec białek zawierających grupy tiolowe o różnej masie cząsteczkowej, właściwości przeciwutleniających oraz dobrej przenikalności przez błony komórkowe. Proces powstawania allicyny zachodzi w wyniku reakcji enzymatycznych, podczas których enzym allinaza katalizuje przekształcenie alliny, która następuje podczas miażdżenia czosnku [Ajanaku i in. 2022]. Właściwości prozdrowotne czosnku są również wykorzystywane w produkcji zwierzęcej. Włączenie go w skład mieszanek paszowych, czy dawek pokarmowych pozwala poprawić wyniki produkcyjne w hodowli drobiu i przeżuwaczy (tab. 1).

Tabela 1. Efektywność wykorzystania czosnku w żywieniu zwierząt gospodarskich

Zwierzęta doświadczalne	Układ doświadczenia	Efekty	Źródło
1	2	3	4
Drob			
Hybrydowe kurczęta brojlerzy	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 2,5 kg czosnku/tonę paszy • 5 kg czosnku/tonę paszy • 7,5 kg czosnku/tonę paszy. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ masa ciała ↑ pobranie paszy ↑ pobranie wody ↑ współczynnik konwersji paszy ↑ wydajność tuszy ↓ wskaźnik śmiertelności	Al-Mas-sad i in. [2018]
Kurczęta brojlerzy Ross 308	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 1 ml ekstraktu/kg paszy • 1,5 ml ekstraktu/kg paszy • 2,25 ml ekstraktu/kg paszy. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ masa ciała ↑ wskaźnik śmiertelności ↑ masa mięśni piersiowych ↑ masa wątroby	Brzóska i in. [2015]
Kurczęta brojlerzy pozyskane z komercyjnej wylęgarni	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 0,5 kg czosnku/tonę paszy • 1 kg czosnku/tonę paszy • 2 kg czosnku/tonę paszy. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ masa ciała ↑ współczynnik konwersji paszy ↑ zawartość białek mięśniowych	Samanthi i in. [2015]
Kurczęta broilery Cobb 500	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 0,1% sproszkowanego czosnku • 0,2% sproszkowanego czosnku • 0,3% sproszkowanego czosnku. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ liczba białych krwinek we krwi ↑ liczba eozynofili we krwi ↑ liczba monocytów we krwi ↑ liczba limfocytów we krwi	Kairalla i in. [2022]

1	2	3	4
Przeżuwacze			
Cielęta rasy holsztyńskiej	Zwierzęta podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 0,0003% s.m. moenzyny sodowej • 0,05% s.m. sproszkowanego czosnku • 1% s.m. sproszkowanego czosnku. Czas trwania eksperymentu: 70 dni	Grupy doświadczalne otrzymujące czosnek: ↑ współczynnik wykorzystania paszy ↔ strawność składników pokarmowych	Gholipour i in. [2016]
Cielęta mieszańce	Zwierzęta podzielono na 3 grupy – kontrolną oraz 2 doświadczalne, otrzymujące: • 250 mg/kg m.c. sproszkowanego czosnku w wodzie • 250 mg/kg m.c. sproszkowanego proszku w paszy treściwej. Czas trwania eksperymentu: 150 dni	↑ masa ciała ↑ średnie dzienne przyrosty ↔ pobranie paszy	Balamugan i in. [2015]
Cielęta mieszańce	Zwierzęta podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 15 g/dzień sproszkowanego czosnku • 15 g/dzień sproszkowanej kurkumy • 15 g/dzień mieszanki czosnku i kurkumy. Czas trwania eksperymentu: 120 dni	↑ masa ciała ↑ przyrosty masy ciała ↑ strawność składników pokarmowych	Mishra i in. [2020]
Krowy rasy czarno-białej Krowy rasy holsztyńsko-fryzyskiej	Zwierzęta ze stwierdzonym zapaleniem gruczołu młecznego podzielono na 2 grupy – kontrolną oraz doświadczalną, otrzymującą 5 g sproszkowanego czosnku/dzień. Czas trwania eksperymentu: 21 dni	↓ liczba komórek somatycznych w mleku ↓ liczba jednostek bakterii tworzących kolonie	Bochenek i Kuczyńska [2019]

↑ – wzrost, ↓ – zmniejszenie, ↔ – brak zaobserwowanych zmian

Wprowadzenie czosnku do mieszanek paszowych dla drobiu ma znaczący i raczej jednostronnie korzystny wpływ na parametry produkcyjne oraz stan zdrowia ptaków. U przeżuwaczy efektywność jego działania po wprowadzeniu do dawki pokarmowej jest bardziej zróżnicowana, co może być związane z różnorodnymi formami oraz dawkami, ale także wynikać ze złożonej fizjologii trawienia u tych zwierząt.

Rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*)

Wśród polifenoli obecnych w rozmarynie lekarskim występują dwie główne grupy składników o różnej polarności: kwasy i diterpeny fenolowe [Sedighi i in.

2015]. W pierwszej grupie jako najliczniejszy wymienia się kwas rozmarynowy, w drugiej zaś kwasy: karnozowy i karnozol, które charakteryzują się najsilniejszymi właściwościami przeciwzapalnymi oraz przeciwutleniającymi [Rahbardar i Hosseinzadeh 2020]. Rozmaryn w swoim składzie chemicznym zawiera także: rozmanol, epiizorosmanol, epirosmanol, rozmadial, karnozolchinon, karnozan metylu, a także niektóre flawonoidy. W olejku eterycznym występuje także 1-8-cyneol, kamfora, α -pinen lub borneol, co również związane jest z jego aktywnością biologiczną, głównie przeciwutleniającą i przeciwbakteryjną [del Pilar Sánchez-Camargo i Herrero 2017]. Wprowadzenie rozmarynu do żywienia zwierząt gospodarskich także przyczyniło się do poprawy parametrów odchovu, statusu zdrowotnego, poprawy trawienia oraz jakości dietetycznej produktów pochodzenia zwierzęcego (tab. 2).

Tabela 2. Efektywność wykorzystania rozmarynu w żywieniu zwierząt gospodarskich

Zwierzęta doświadczalne	Układ doświadczenia	Efekty	Źródło
1	2	3	4
Drób			
Kurczęta brojlerzy Ross 308	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: ● 0,2% rozmarynu w dawce ● 0,4% rozmarynu w dawce ● 0,6% rozmarynu w dawce. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ dobowe przyrosty masy ciała ↑ wykorzystanie paszy ↓ udział tłuszczu brzuszego w tuszy	Petricovic i in. [2018]
Kurczęta brojlerzy Ross 308	Ptaki podzielono na 2 grupy – kontrolną oraz 2 doświadczalne, otrzymujące: ● 100 mg ekstraktu etanolowego z rozmarynu/kg paszy ● 200 ekstraktu etanolowego z rozmarynu/kg paszy. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↓ dobowe przyrosty masy ciała ↓ pobranie paszy	Betul i in. [2018]
Kaczki mięsne Cherry Valley	Ptaki podzielono na 5 grup – kontrolną oraz 4 doświadczalne, otrzymujące: ● 250 g ekstraktu z rozmarynu/t paszy ● 500 g ekstraktu z rozmarynu/t paszy ● 750 g ekstraktu z rozmarynu/t paszy ● 1000 g ekstraktu z rozmarynu/t paszy. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ wydajność wzrostu ↑ zatrzymanie wody w mięśniach nóg	Yao i in. [2023]
Kurczęta brojlerzy Cobb 500	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: ● 0,5% liści rozmarynu w dawce ● 1,0% liści rozmarynu w dawce ● 1,5% liści rozmarynu w dawce. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ zawartość IgG w surowicy krwi ↑ Zawartość IgM w surowicy krwi, ↑ zawartość INF-γ w surowicy krwi ↑ zawartość IL-10 w surowicy krwi	Ghozlan i in. [2017]

1	2	3	4
Przeżuwacze			
Krowy rasy holsztyńskiej	Zwierzęta podzielono na 2 grupy – kontrolną i doświadczalną, otrzymującą 28 g/d ekstraktu z rozmarynu. Czas trwania doświadczenia: 74 dni	↑ wydajność mleczna ↑ zawartość laktozy w mleku ↓ liczba komórek somatycznych w mleku	Kong i in. [2022]
Cielęta rasy holsztyńskiej	Zwierzęta podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 500 mg/dzień olejku eterycznego z rozmarynu • 1000 mg/dzień olejku eterycznego z rozmarynu • 2000 mg/dzień olejku eterycznego z rozmarynu Czas trwania eksperymentu: 56 dni	↑ pobranie paszy (startera) ↑ średnie dzienne przyrosty masy ciała	Biyik i in. [2023]
Kozy rasy damasceńskiej	Zwierzęta podzielono na 3 grupy – kontrolną oraz 2 doświadczalne, otrzymujące: • 10 g rozmarynu dziennie/szt. • 10 g trawy cytrynowej dziennie/szt. Czas eksperymentu: 12 tygodni	↑ wydajność mleczna ↑ zawartość tłuszczu oraz laktozy w mleku ↑ strawność składników pokarmowych	Kholif in. [2017]
Krowy rasy holsztyńsko-fryzyskiej	Zwierzęta podzielono na 2 grupy – kontrolną oraz doświadczalną, otrzymującą 28 g ekstraktu z rozmarynu dziennie/szt. Czas eksperymentu: 74 dni	↓ liczba komórek somatycznych w mleku ↓ liczba bakterii w mleku	Kong i in. [2022]

↑ – wzrost, ↓ – zmniejszenie, ↔ – brak zaobserwowanych zmian

Literatura z tego zakresu potwierdza, że stosowanie rozmarynu jako dodatku paszowego w produkcji drobiarskiej korzystnie wpływa na wzmocnienie układu odpornościowego ptaków. Natomiast w sektorze produkcji mleka wykorzystanie rozmarynu w żywieniu krów istotnie poprawiało parametry zootechniczne i stan zdrowia zwierząt oraz jakość produkowanego mleka.

Szałwia lekarska (*Salvia officinalis* L.)

Szałwia jest rośliną pochodzącą z rejonu śródziemnomorskiego. W swoim składzie chemicznym zawiera: alkaloidy, węglowodany, kwasy tłuszczowe, pochodne glikozydowe (np. glikozydy nasercowe, glikozydy flawonoidowe, saponiny), związki fenolowe (np. kumaryny, flawonoidy, garbniki), poliacetyleny, steroidy, terpeny/terpenoidy (np. monoterenoidy, diterpenoidy, triterpenoidy, seskwiterpenoidy) i woski [Ghorbani i Esmacilzadeh 2017, Jakovljević i in. 2019]. Związki bioaktywne występują w największych ilościach w jej nadziemnych częściach. W olejku eterycznym zidentyfikowano przeszło 120 różnych składników. Do najważniejszych

należą α - i β -tujon, kamfora, borneol, α - i β -kariofilen, 1,8-cyneol i inne, które oprócz aktywności biologicznej nadają mu intensywny, pikantny i ziołowy zapach [Russo i in. 2013]. Badania prowadzone na zwierzętach potwierdzają, że wykorzystanie szalwii zarówno w żywieniu drobiu, jak i zwierząt przeżuwających poprawia efektywność ich odchowu oraz jakość uzyskiwanych produktów zwierzęcych (tab. 3).

Tabela 3. Efektywność wykorzystania szalwii w żywieniu zwierząt gospodarskich

Zwierzęta doświadczalne	Układ doświadczenia	Efekty	Źródło
1	2	3	4
Drób			
Kurczęta brojlerzy Ross 308	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 0,2% sproszkowanej szalwii • 0,5% sproszkowanej szalwii • 1,2% sproszkowanej szalwii. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ masa ciała ↓ współczynnik konwersji paszy	Farhadi i in. [2020]
Kurczęta brojlerzy Ross 308	Ptaki podzielono na 6 grup – kontrolną oraz 5 doświadczalnych, otrzymujących: • 0,7%, 0,9% sproszkowanej szalwii • 0,7%, 0,9% sproszkowanej lawendy • 0,7% mieszanki ziołowej. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ masa ciała ↑ pobranie paszy ↑ masa tuszy po uboju ↑ wskaźnik konwersji paszy	Mustafa i in. [2022]
Kurczęta brojlerzy Cobb 500	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 0,05% olejku eterycznego z bazylii • 0,05% olejku eterycznego z tymianku • 0,05% olejku eterycznego z szalwii. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ masa tuszy po uboju ↑ zawartość polifenoli w mięsie udowym ↑ zawartość PUFA w mięsie udowym ↑ suma n-6 i n-3 w mięsie udowym	Puvača i in. [2022]
Kurczęta brojlerzy Ross 308	Ptaki podzielono na 5 grup – kontrolną oraz 4 doświadczalne, otrzymujące: • 100 ppm ekstraktu z szalwii w wodzie pitnej • 200 ppm ekstraktu z szalwii w wodzie pitnej • 300 ppm ekstraktu z szalwii w wodzie pitnej • 400 ppm ekstraktu z szalwii w wodzie pitnej. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↓ zawartość cholesterolu w osoczu krwi, ↓ zawartość trójglicerydów w osoczu krwi ↓ zawartość lipoprotein o niskiej gęstości w osoczu krwi ↓ liczebność bakterii <i>E. coli</i> w jelicie krętym	Rasouli i in. [2020]

1	2	3	4
Przeżuwacze			
Cielęta rasy holsztyńskiej	Zwierzęta podzielono na 3 grupy – kontrolną i 2 doświadczalne, otrzymujące: • 100 µl olejku eterycznego z szałwii do mleka • 200 µl olejku eterycznego z szałwii do mleka. Czas trwania eksperymentu: 70 dni	↑ masa ciała ↑ dzienne przyrosty masy ciała ↑ pobranie paszy ↑ stężenie IgG, TNF-α, IL-1β i IL-6 w surowicy krwi	Kara i Pirci [2024]
Jagnięta rasy rasy segureña	Zwierzęta podzielono na 3 grupy – kontrolną i 2 doświadczalne, otrzymującą produkt uboczny destylacji szałwii w ilości 100 g/kg paszy. Czas trwania eksperymentu: 98 dni	↑ zawartość kwasów n-3 w mięsie ↑ poziom CLA w mięsie	Leticia i in. [2017]
Jagnięta rasy awassi	Zwierzęta podzielono na 3 grupy – kontrolną i 2 doświadczalne, otrzymujące: • 1% mączki z szałwii • 3% mączki z szałwii. Czas trwania eksperymentu: 56 dni	↑ masa ciała ↑ współczynnik konwersji paszy	Al Hanna [2022]

↑ – wzrost; ↓ – obniżenie; ↔ – brak zaobserwowanych zmian

Wprowadzenie szałwii do mieszanek paszowych drobiu nie tylko poprawiło parametry ich odchowu, ale także korzystnie modulowało parametry krwi oraz skład mikrobioty jelitowej. Natomiast w odchowcie cieląt obserwowano pozytywny, immunostymulujący wpływ szałwii na ich organizm.

Tymianek pospolity (*Thymus vulgaris*)

Tymianek jest bogaty w różnorodne związki chemiczne i olejki eteryczne, których skład zależy od warunków klimatycznych i geograficznych danego obszaru. Składa się w 56,53% z monoterpenów, 28,69% z monoterpenowych węglowodorów, 5,04% z seskwiterpenowych węglowodorów oraz 1,84% z utlenionych seskwiterpenów [Almanea i in. 2019]. Ponadto zawiera znaczącą ilość flawonoidów i fenolowych przeciwutleniaczy, w tym: zeaksantynę, luteinę, pigeninę, naringeninę, luteolinę oraz tymoninę [Dauqan i Abdulla 2017]. Charakteryzuje się także wysoką zawartością przeciwutleniaczy, szczególnie w świeżych liściach oraz jest źródłem niezbędnych witamin i elementów mineralnych, jak: potas, żelazo, wapń, mangan, magnez i selen [Hamada i in. 2020]. Głównym składnikiem olejku eterycznego pozyskiwanego z tymianku jest tymol, który odgrywa istotną rolę w działaniu przeciwutleniającym rośliny. Łodyga tymianku zawiera dodatkowe składniki aktywne, w tym pochodne flawonoidów, jak: apigenol i luteolol, a także kwasy fenolowe – kwas kawowy i rozmarynowy oraz garbniki [Hammoudi Halat i in. 2022]. Jego bogaty skład chemiczny, szczególnie obfitujący w substancje bioaktywne, warunkuje wysoką produktywność zwierząt oraz poprawę dietetycznych walorów produktów pochodzenia zwierzęcego (tab. 4).

Tabela 4. Efektywność wykorzystania tymianku w żywieniu zwierząt gospodarskich

Zwierzęta doświadczalne	Układ doświadczenia	Efekty	Źródło
1	2	3	4
Drób			
Kurczęta brojlery Ross 308	Ptaki podzielono na 5 grup – kontrolną oraz 4 doświadczalne, otrzymujące: • wodny ekstrakt tymianku (50 ppm) + tymianek w proszku (150 mg/kg) • wodny ekstrakt tymianku (50 ppm) + tymianek w proszku (250 mg/kg) • wodny ekstrakt tymianku (100 ppm) + tymianek w proszku (150 mg/kg) • wodny ekstrakt tymianku (100 ppm) + tymianek w proszku (250 mg/kg). Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ pobranie paszy ↑ przyrost masy ciała ↑ współczynnik konwersji paszy ↓ nasycone kwasy tłuszczowe w mięsie	Belali i in. [2021]
Kurczęta brojlery Ross 308	Ptaki podzielono na 7 grup – kontrolną oraz 6 doświadczalnych, otrzymujących: • dodatek 0,25% ekstraktu eterowego rozmarynu • dodatek 0,5% ekstraktu eterowego rozmarynu • dodatek 0,75% ekstraktu eterowego z rozmarynu • dodatek 0,25% ekstraktu eterowego tymianku • dodatek 0,5% ekstraktu eterowego tymianku • dodatek 0,75% ekstraktu eterowego tymianku. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	dodatek 0,5% i 0,75% ekstraktu eterowego tymianku: ↑ przyrosty masy ciała ↑ końcowa masa ciała ↑ współczynnik konwersji paszy	Naderiboroojerdi in. [2022]
Kurczęta brojlery Cobb 500	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 1% proszku z tymianku • 1% proszku z bazylii • 1% proszku z szałwii. Czas trwania eksperymentu: 42 dni	↑ udział PUFA w mięśniach udowych ↑ n-6/n-3 w mięśniach udowych ↑ PUFA/SFA w mięśniach udowych	Vlaicu i in. [2022]
Kurczęta brojlery Arbor Acres	Ptaki podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz 3 doświadczalne, otrzymujące: • 1 g olejku tymiankowego/kg paszy • 1,5 g olejku tymiankowego/kg paszy • 2 g olejku tymiankowego/kg paszy. Czas trwania eksperymentu: 28 dni	↑ stężenie białka całkowitego w osoczu ↑ stężenie globuliny w osoczu ↑ liczba białych krwinek we krwi	Attia i in. [2017]

1	2	3	4
Przeżuwacze			
Cielęta rasy holsztyńskiej	Zwierzęta podzielono na 3 grupy – kontrolną oraz 2 doświadczalne, otrzymujące: ● 0,2% olejku eterycznego miętowego w diecie starterowej ● 0,2% olejku eterycznego z tymianku w diecie starterowej. Doświadczenie zakończono po dwóch tygodniach od odsadzenia cieląt	↑ przyrosty masy ciała ↑ wskaźnik wykorzystania paszy	Ebrahimi i in. [2017]
Krowy mleczne rasy jersey	Zwierzęta podzielono na 2 grupy – kontrolną oraz doświadczalną, otrzymującą 8 ml/dzień olejku eterycznego z tymianku. Czas trwania eksperymentu: 21 dni	↔ skład chemiczny mleka ↓ średnia wartość standardowej liczby bakterii w mleku po 168 godzinach	Castelani i in. [2023]
Krowy rasy holsztyńskiej	Zwierzęta podzielono na 4 grupy – kontrolną oraz doświadczalne, otrzymujące: ● moenzynę – 24 mg/kg suchej masy ● olejek tymiankowy – 50 mg/kg suchej masy ● tymol – 50 mg/kg suchej masy. Czas trwania eksperymentu: 18 dni	↔ pobranie paszy ↔ strawność składników odżywczych	Benchaar i in. [2021]
Owce egipskie	Zwierzęta podzielono na 2 grupy – kontrolną oraz doświadczalną otrzymującą proszek tymiankowy w dawce 500 mg/kg rozpuszczony w 500 ml wody. Czas trwania eksperymentu: 5 dni	↑ średnie stężenie hemoglobiny we krwi ↑ liczba białych krwinek we krwi ↑ liczba limfocytów we krwi	Zaki i in. [2021]

↑ – wzrost, ↓ – zmniejszenie, ↔ – brak zaobserwowanych zmian

Wykorzystanie tymianku jako dodatku paszowego ma pozytywny wpływ na efektywność odchowu drobiu. W badaniach prowadzonych z wykorzystaniem tymianku w żywieniu drobiu notowano poprawę parametrów wzrostu, wartości dietetycznej mięsa drobiowego m.in. przez zwiększenie w ich profilu tłuszczowym zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, a także podwyższenie liczby komórek odpornościowych we krwi [Belali i in. 2021, Naderiboroojerdi i in. 2022]. Natomiast w żywieniu bydła tymianek sprzyja zwiększeniu przyrostów masy ciała i poprawie wskaźnika wykorzystania paszy. Podobnie jak w przypadku drobiu, odnotowywano również wzrost wskaźników immunologicznych.

Podsumowanie

Wykorzystanie ziół jako dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich zdobywa coraz szersze uznanie ze względu na ich wyjątkową zasobność w różnorodne substancje biologicznie aktywne. Zioła stanowią istotny element w regulacji metabolizmu zwierząt. Obecność ich w żywieniu może korzystnie wpływać na aktywność układu pokarmowego zwierząt, co przyczynia się do zwiększenia efektywności produkcji zwierzęcej oraz poprawy ich ogólnego stanu zdrowia. Rośliny zielne, jak: tymianek (*Thymus vulgaris*), czosnek (*Allium sativum*), szalwia (*Salvia officinalis* L.) i rozmaryn (*Rosmarinus officinalis*), są bogate w składniki biologicznie aktywne i przyczyniają się do poprawy efektów produkcyjnych. Umożliwiają poprawę wydajności wzrostu, pobierania paszy, produktywności oraz mogą korzystnie modyfikować wskaźnik konwersji paszy, a także wpływają pozytywnie na jakość produktów odzwierzęcych. Badacze rekomendują wprowadzenie na stałe tych dodatków do żywienia zwierząt monogastrycznych oraz przeżuwaczy nie tylko w celu zwiększania efektywności produkcji, ale również by stabilizować kondycję zdrowotną zwierząt.

Piśmiennictwo

- Adameczak A., Ożarowski M., Karpiński T.M., 2019. Antibacterial activity of some flavonoids and organic acids widely distributed in plants. *J. Clin. Med.* 9(1), 109. <https://doi.org/10.3390/jcm9010109>
- Ajanaku C.O., Ademosun O.T., Atohengbe P.O., Ajayi S.O., Obafemi Y.D., Owolabi O.A., Ajanaku K.O., 2022. Functional bioactive compounds in ginger, turmeric, and garlic. *Front. Nutr.* 9, 1012023. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1012023>
- Al Hanna G., 2022. Effect of feeding sage meal to weaned Awassi male lambs on body performance and meat quality. *Online J. Anim. Feed Res.* 12(5), 314–323. <https://doi.org/10.51227/ojafr.2022.42>
- Alamgir A.N.M., Alamgir A.N.M., 2017. Herbal drugs: their collection, preservation, and preparation; evaluation, quality control, and standardization of herbal drugs. W: Alamgir A.N.M (red.), Therapeutic use of medicinal plants and their extracts. Vol. 1. Pharmacognosy. Springer Cham, 453–495. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63862-1_10
- Alasvand M., Assadollahi V., Ambra R., Hedayati E., Kooti W., Peluso I., 2019. Antiangiogenic effect of alkaloids. *Oxid. Med. Cell. Longev.* <https://doi.org/10.1155/2019/9475908>
- Almanea A., Abd El-Aziz G.S., Ahmed M.M.M., 2019. Potential gastrointestinal health benefits thymus vulgaris essential oil: a review. *Biomed. Pharmacol. J.* 12(04), 1793–1799. <https://doi.org/10.13005/bpj/1810>
- Al-Massad M., Al-Ramamneh D., Al-Sharafat A., Abdelqader A., Hussain N., 2018. Effect of using garlic on the economical and physiological characteristics of broiler chickens. *Russ. Agric. Sci.* 44, 276–281. <https://doi.org/10.3103/S1068367418030096>
- Anadón A., Martínez-Larrañaga M.R., Ares I., Martínez M.A., 2018. Regulatory aspects for the drugs and chemicals used in food-producing animals in the European Union. W: Gupta R.C. (red.), Veterinary Toxicology. Academic Press, 103–131. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811410-0.00007-6>

- Aroche R., Martínez Y., Ruan Z., Guan G., Waititu S., Nyachoti C.M., 2018. Dietary inclusion of a mixed powder of medicinal plant leaves enhances the feed efficiency and immune function in broiler chickens. *J. Chem.* 394, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2018/4073068>
- Attia Y.A., Bakhashwain A.A., Bertu N.K., 2017. Thyme oil (*Thyme vulgaris* L.) as a natural growth promoter for broiler chickens reared under hot climate. *Ital. J. Anim. Sci.* 16(2), 275–282. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1245594>
- Bagno O.A., Prokhorov O.N., Shevchenko S.A., Shevchenko A.I., Dyadichkina T.V., 2018. Use of phytobiotics in farm animal feeding. *Agric. Biol.* 53(4), 687–97. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.687en>
- Balamurugan N., Sundaram S.M., Sivakumar T., Rajkumar J.S.I., 2015. Effect of garlic (*Allium sativum*) supplementation on the growth performance of crossbred calves. *Anim. Prod.* 16(2), 78–87.
- Belali M., Seidavi A., Bouyeh M., 2021. Effects of short-term and combined use of thyme powder and aqueous extract on growth performance, carcass and organ characteristics, blood constituents, enzymes, immunity, intestinal morphology and fatty acid profile of breast meat in broilers. *Large Anim. Rev.*, 27(4), 223–232.
- Benchaar C., 2021. Diet supplementation with thyme oil and its main component thymol failed to favorably alter rumen fermentation, improve nutrient utilization, or enhance milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104(1), 324–336. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18401>
- Betul A.Y., Muhammed A.T., Mehmet G., Fatih Y., Ahmet Y. 2018. The effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract supplemented into broiler diets, on performance and blood parameters. *GSC Biol. Pharm. Sci.* 2(3), 001–009. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2018.2.3.0057>
- Biyik F., Biricik H., Urkmez E., Kara C., Cetin I., Udum D.U.Y.G.U., 2023. Effects of rosemary essential oil as a feed additive on performance, rumen fermentation, and blood parameters in preweaning Holstein calves. *J. Hell. Vet. Medical Soc.* 74(3), 6191–6199. <https://doi.org/10.12681/jhvms.31076>
- Bochenek A., Kuczyńska B., 2019. Garlic (*Allium sativum* L.) as an antibiotic alternative determining the hygienic quality of cow's milk from organic farms. *SGGW, Anim. Sci.* 58(2), 105–113. <https://doi.org/10.22630/AAS.2019.58.2.11>
- Borlinghaus J., Foerster J., Kappler U., Antelmann H., Noll U., Gruhlke M.C., Slusarenko A.J., 2021. Allicin, the odor of freshly crushed garlic: a review of recent progress in understanding allicin's effects on cells. *Molecules* 26(6), 1505. <https://doi.org/10.3390/molecules26061505>
- Brzóska F., Sliwinski B., Michalik-Rutkowska O., Sliwa J., 2015. The effect of garlic (*Allium sativum* L.) on growth performance, mortality rate, meat and blood parameters in broilers. *Ann. Anim. Sci.* 15(4), 961. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0052>
- Caesar L.K., Cech N.B., 2019. Synergy and antagonism in natural product extracts: when 1 + 1 does not equal 2. *Nat. Prod. Rep.* 36(6), 869–888. <https://doi.org/10.1039/C9NP00011A>
- Castelani L., Pfrimer K., Giglioti R., van Cleef E.H.C.B., Salles M.S.V., Júnior L.C.R., 2023. Effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil supplementation on the microbiological quality of raw milk of lactating dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 161, 118–121. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.06.013>
- Cavalcante G.M., da Silva Cabral A.E., Silva C.C. 2018. Leishmanicidal Activity of Flavonoids Natural and Synthetic: A Minireview. *Mintage J. Pharm. Med. Sci.* 7(1), 25–34.
- Chandravanshi K., Sahu M., Sahu R., Sahu N., Lanjhiyana S., Chandy A., 2022. Isolation of mucilage from herbal plants and its evaluation as a pharmaceutical excipients. *Res. J. Pharmacogn. Phytochem.* 14(3), 171–178. <https://doi.org/10.52711/0975-4385.2022.00031>
- Chua L.Y., Chong C.H., Chua B.L., Figiel A., 2019. Influence of drying methods on the antibacterial, antioxidant and essential oil volatile composition of herbs: a review. *Food Bioproc. Technol.* 12, 450–476. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2227-x>
- Correia da Silva M., Sousa E., Pinto M.M., 2014. Emerging sulfated flavonoids and other polyphenols as drugs: nature as an inspiration. *Med. Res. Rev.* 34(2), 223–279. <https://doi.org/10.1002/med.21282>

- Dauqan E.M., Abdullah A., 2017. Medicinal and functional values of thyme (*Thymus vulgaris* L.) herb. J. Appl. Biol. Biotechnol. 5(2), 017–022. <https://doi.org/10.7324/JABB.2017.502034>
- Debnath B., Singh W.S., Das M., Goswami S., Singh M.K., Maiti D., Manna K., 2018. Role of plant alkaloids on human health: a review of biological activities. Mater. Today Chem. 9, 56–72. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2018.05.001>
- del Pilar Sánchez-Camargo A., Herrero M., 2017. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) as a functional ingredient: recent scientific evidence. Curr. Opin. Food Sci. 14, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.12.003>
- Dhara A.K., Nayak, A.K., 2022. Introduction to herbal biomolecules. W: Mandal S.C., Nayak A.K., Dhara A.K. (red.), Herbal biomolecules in healthcare applications. Academic Press, 1–19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85852-6.00005-6>
- Dybka-Stępień K., Otlewska A., Gózdź P., Piotrowska M., 2021. The renaissance of plant mucilage in health promotion and industrial applications: a review. Nutrients 13(10), 3354, <https://doi.org/10.3390/nu13103354>
- Ebrahimi M., Dehghan-Banadaki M., Ganjkanlou M., Khalilvandi-Behroozyar H., 2017. Effects of adding thyme and peppermint essential oils in calf starter diet on performance of Holstein calves. Anim. Prod. Res. 6(3), 53–62. <https://doi.org/10.22124/AR.2017.2610>
- Farhadi M., Hedayati M., Manafi M., Khalaji S., 2020. Influence of using sage powder (*Salvia officinalis*) on performance, blood cells, immunity titers, biochemical parameters and small intestine morphology in broiler chickens. Iran. J. Appl. Anim. Sci. 10(3), 509–516.
- Feliciano R.P., Pritzel S., Heiss C., Rodriguez-Mateos A., 2015. Flavonoid intake and cardiovascular disease risk. Curr. Opin. Food Sci. 2, 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.02.006>
- Gambelli L., Marconi S., Durazzo A., Camilli E., Aguzzi A., Gabrielli P., Lisciani S., 2021. Vitamins and minerals in four traditional garlic ecotypes (*Allium sativum* L.) from Italy: an example of territorial biodiversity. Sustainability 13(13), 7405. <https://doi.org/10.3390/su13137405>
- Gholipour A., Foroozandeh Shahraki A.D., Tabeidian S.A., Nasrollahi S.M., Yang W.Z., 2016. The effects of increasing garlic powder and monensin supplementation on feed intake, nutrient digestibility, growth performance and blood parameters of growing calves. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 100(4), 623–628. <https://doi.org/10.1111/jpn.12402>
- Ghorbani A., Esmaeilizadeh M., 2017. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. J. Tradit. Complement. Med. 7(4), 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014>
- Ghosh D., 2015. Tannins from foods to combat diseases. Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. 4(5), 40–44.
- Ghozlan S.A., El-Far A.H., Sadek K.M., Abourawash A.A., Abdel-Latif M.A., 2017. Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) dietary supplementation in broiler chickens concerning immunity, antioxidant status, and performance. Alex. J. Vet. Sci. 55(1), 152–161. <https://doi.org/10.5455/ajvs.275350>
- Guaadaoui A., Benaicha S., Elmajdo-ub N., Bellaoui M., Hamal A., 2014. What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. Int. J. Nutr. Food Sci. 3(3), 174–179. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140303.16>
- Guimarães A.C., Meireles L.M., Lemos M.F., Guimarães M.C.C., Endringer D.C., Fronza M., Scherer R., 2019. Antibacterial activity of terpenes and terpenoids present in essential oils. Molecules 24(13), 2471. <https://doi.org/10.3390/molecules24132471>
- Hamada A.M., 2020. Vitamins, omega-3, magnesium, manganese, and thyme can boost our immunity and protect against COVID-19. Eur. J. Biol. Res. 10(4), 271–295. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3990659>
- Hammoudi Halat D., Krayem M., Khaled S., Younes S., 2022. A focused insight into thyme: biological, chemical, and therapeutic properties of an indigenous Mediterranean herb. Nutrients 14(10), 2104. <https://doi.org/10.3390/nu14102104>
- Hussain S.A., Panjagari N.R., Singh R.R.B., Patil G.R., 2015. Potential herbs and herbal nutraceuticals: food applications and their interactions with food components. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 55(1), 94–122. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.649148>

- Hussein R.A., El-Anssary A.A., 2019. Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. W: Builders P. (red.), Herbal medicine. IntechOpen, 1(3), 11–26. <http://doi.org/10.5772/intechopen.76139>
- Jakovljević M., Jokić S., Molnar M., Jašić M., Babić J., Jukić H., Banjari I., 2019. Bioactive profile of various *Salvia officinalis* L. preparations. Plants 8(3), 55. <https://doi.org/10.3390/plants8030055>
- Kairalla M.A., Alshelmani M.I., Aburas A.A., 2022. Effect of diet supplemented with graded levels of garlic (*Allium sativum* L.) powder on growth performance, carcass characteristics, blood hematology, and biochemistry of broilers. Open Vet. J., 12(5), 595–601. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2022.v12.i5.1>
- Kara K., Pirci G., 2024. Immunity, rumen metagenomics, ruminal variables, and growth performance of calves fed milk with sage (*Salvia officinalis*) essential oil. Trop. Anim. Health Prod. 56(1), 27. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03831-w>
- Kasrati A., Alaoui Jamali C., Bekkouche K., Wohlmuth H., Leach D., Abbad A., 2015. Comparative evaluation of antioxidant and insecticidal properties of essential oils from five Moroccan aromatic herbs. J. Food Sci. Technol. 52, 2312–2319, <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1284-z>
- Kholif A. E., Matloup O. H., Morsy T. A., Abdo M. M., Elella A. A., Anele U. Y., Swanson K. C., 2017. Rosemary and lemongrass herbs as phytochemical feed additives to improve efficient feed utilization, manipulate rumen fermentation and elevate milk production of Damascus goats. Livest. Sci. 204, 39–46, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.08.001>
- Kikusato M., 2021. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. Anim. Biosci. 34(3), 345. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0842>
- Kiokias S., Proestos C., Oreopoulou V., 2020. Phenolic acids of plant origin – a review on their antioxidant activity *in vitro* (o/w emulsion systems) along with their *in vivo* health biochemical properties. Foods 9(4), 534. <https://doi.org/10.3390/foods9040534>
- Kleyn F. J., Ciacciariello M., 2021. Future demands of the poultry industry: will we meet our commitments sustainably in developed and developing economies?. World's Poult. Sci. J. 77(2), 267–278, <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1904314>
- Kong F., Wang S., Dai D., Cao Z., Wang Y., Li S., Wang W., 2022. Preliminary investigation of the effects of rosemary extract supplementation on milk production and rumen fermentation in high-producing dairy cows. Antioxidants 11(9), 1715. <https://doi.org/10.3390/antiox11091715>
- Krishnan G., Narang A., 2014. Use of essential oils in poultry nutrition: a new approach. J. Adv. Vet. Anim. Res. 1(4), 156–162, <https://doi.org/10.5455/javar.2014.a36>
- Kuralkar P., Kuralkar S. V., 2021. Role of herbal products in animal production – an updated review. J. Ethnopharmacol. 278, 114246. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114246>
- Leontiev R., Hohaus N., Jacob C., Gruhlke M.C.H., Slusarenko A.J., 2018. A comparison of the antibacterial and antifungal activities of thiosulfinate analogues of allicin. Sci. Rep. 8, 6763. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25154-9>
- Leticia M., Paola D., Jordi O., Julio O., Sancho B., 2017. Effects of sage distillation by-product (*Salvia lavandulifolia* Vahl.) dietary supplementation in light lambs fed on concentrates on meat shelf life and fatty acid composition. Meat Sci. 134, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.007>
- Lipiński K., Mazur M., Antoszkiewicz Z., Purwin C., 2017. Polyphenols in monogastric nutrition – a review. Ann. Anim. Sci. 17(1), 41–58. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0042>
- Macwan S.R., Dabhi B.K., Aparnathi K.D., Prajapati J.B., 2016. Essential oils of herbs and spices: their antimicrobial activity and application in preservation of food. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 5(5), 885–901. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.505.092>
- Makarewicz M., Drożdż I., Tarko T., Duda-Chodak A., 2021. The interactions between polyphenols and microorganisms, especially gut microbiota. Antioxidants 10(2), 188. <https://doi.org/10.3390/antiox10020188>
- Masyita A., Sari R.M., Astuti A.D., Yasir B., Rumata N.R., Emran T.B., Simal-Gandara J., 2022. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health

- and potential application as natural food preservatives. *Food Chem.* 10(13), 100217. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Mishra R., Singh S.K., Palod J., Mondal B.C., Singh B., Singh V.S., 2020. Effect of dietary supplementation of garlic (*Allium sativum*) and turmeric (*Curcuma longa*) powder on growth and nutrient utilization of female crossbred calves during winter season. *J. Entomol. Zool. Stud.* 8(4), 2288–2292. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2020.v8.i4ai.7462>
- Mohammadi Gheisar M., Kim I.H., 2018. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Ital. J. Anim. Sci.* 17(1), 92–99. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>
- Zhou, X., Seto, S.W., Chang, D., Kiat, H., Razmovski-Naumovski, V., Chan K., Bensoussan, A. (2016). Synergistic effects of Chinese herbal medicine: a comprehensive review of methodology and current research. *Front. Med.* 7, 201. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00201>
- Mustafa A.A., Tayeb I.T., 2022. The influence of dietary salvia and lavender powders on productive performance, some physiological parameters, and immunity of broiler under stocking density stress. *Iraqi J. Agric. Sci.* 53(6), 1280–1288. <https://doi.org/10.36103/ijas.v53i6.1642>
- Naderiboroojerdi N., Zeinali A., Hoseini A., 2022. Comparison of different levels of thyme and rosemary ether extracts on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *J. Food Sci. Nutr. Res.* 5, 682–689.
- Nieto G., 2017. Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. *Medicines* 4(3), 63. <https://doi.org/10.3390/medicines4030063>
- Okey S.N., 2023. Alternative feed additives to antibiotics in improving health and performance in poultry and for the prevention of antimicrobials: a review. *Nigerian J. Anim. Sci. Technol. (NJAST)* 6(1), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101696>
- Panche A.N., Diwan A.D., Chandra S.R., 2016. Flavonoids: an overview. *J. Nutr. Sci.* 5, 47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Pandey A.K., Kumar P., Singh P., Tripathi N.N., Bajpai V.K., 2016. Essential oils: sources of antimicrobials and food preservatives. *Front. Microbiol.* 7, 2161. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>
- Paskudska A., Kolodziejczyk D., Socha S., 2018. The use of herbs in animal nutrition. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 17(2), 3–14. <https://doi.org/10.21005/asp.2018.17.2.01>
- Petit C., Ceccarelli M., Cretton S., Houriet J., Skalicka-Woźniak K., Christen P., Wolfender J.L., 2017. Passive intestinal absorption of representative plant secondary metabolites: a physicochemical study. *Planta Med.* 83(08), 718–726. <https://doi.org/10.1055/s-0043-101915>
- Petricevic V., Lukic M., Skrbic Z., Rakonjac S., Doskovic V., Petricevic M., Stanojkovic A., 2018. The effect of using rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in broiler nutrition on production parameters, slaughter characteristics, and gut microbiological population. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 42(6), 658–664. <https://doi.org/10.3906/vet-1803-53>
- Potočnjak I., Gobin I., Domitrović R., 2018. Carvacrol induces cytotoxicity in human cervical cancer cells but causes cisplatin resistance: involvement of MEK-ERK activation. *Phytother. Res.* 32, 1090–1097. <https://doi.org/10.1002/ptr.6048>
- Puvača N., Tufarelli V., Giannenas I., 2022. Essential oils in broiler chicken production, immunity and meat quality: review of *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare*, and *Rosmarinus officinalis*. *Agriculture* 12(6), 874. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060874>
- Rahbardar M.G., Hosseinzadeh H., 2020. Therapeutic effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its active constituents on nervous system disorders. *Iranian J. Basic Med. Sci.* 23(9), 1100. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.45269.10541>
- Rasouli B., Movahhedkhah S., Seidavi A., Haq Q.M.I., Kadim I., Laudadio V., Tufarelli V., 2020. Effect of sage (*Salvia officinalis* L.) aqueous leaf extract on performance, blood constituents, immunity response and ileal microflora of broiler chickens. *Agrofor. Syst.* 94, 1179–1187. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00401-8>

- Rinschen M.M., Ivanisevic J., Giera M., Siuzdak G., 2019. Identification of bioactive metabolites using activity metabolomics. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 20(6), 353–367. <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0108-4>
- Russo A., Formisano C., Rigano D., Senatore F., Delfino S., Cardile V., Bruno M., 2013. Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food Chem. Toxicol.* 55, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.036>
- Samanthi K.A.M., Nayananjali W.A.D., Adikari A.M.J.B., Liyanage R., 2015. Dietary garlic (*Allium sativum* L.) supplementation on performance, meat quality and lipid profile in broilers. *Rajarata Univ. J.* 3, 17–24.
- Sedighi R., Zhao Y., Yerge A., Sang S., 2015. Preventive and protective properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in obesity and diabetes mellitus of metabolic disorders: a brief review. *Curr. Opin. Food Sci.* 2, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.02.002>
- Sergunova E.V., Sorokina A.A., Bokov D.O., Marakhova A.I., 2019. Qualitative and quantitative determination of organic acids in crude herbal drugs and medicinal herbal preparations for quality control in Russian Federation by modern physicochemical methods. *Pharmacogn. J.* 11(5), 1132–1137. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.176>
- Shan X., Cheng J., Chen K., Liu Y. M., Juan L., 2017. Comparison of lipoxygenase, cyclooxygenase, xanthine oxidase inhibitory effects and cytotoxic activities of selected flavonoids. *DEStech Trans. Environ. Energy Earth Sci.* 12. <https://doi.org/10.12783/dteees/gmee2017/16624>
- Singhania R.R., Patel A.K., Saini R., Pandey A., 2017. Industrial enzymes: β -glucosidases. W: Pandey A., Negi S., Soccol R.C. (red.), *Current developments in biotechnology and bioengineering*. Elsevier, 103–125. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63662-1.00005-1>
- Soto-Blanco B., 2022. Herbal glycosides in healthcare. W: Mandal S.C., Nayak A.K., *Herbal biomolecules in healthcare applications*. Academic Press, 239–282. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85852-6.00021-4>
- Tong Z., He W., Fan X., Guo A., 2022. Biological function of plant tannin and its application in animal health. *Front. Vet. Sci.* 8, 803657. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.803657>
- Valenzuela-Grijalva N.V., Pinelli-Saavedra A., Muhlia-Almazan A., Domínguez-Díaz D., González-Ríos H., 2017. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *J. Anim. Sci. Technol.* 59(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0133-9>
- Velderrain-Rodríguez G.R., Palafox-Carlos H., Wall-Medrano A., Ayala-Zavala J.F., Chen C.O., Robles-Sánchez M., González-Aguilar G.A., 2014. Phenolic compounds: their journey after intake. *Food Funct.* 5(2), 189–197. <https://doi.org/10.1039/c3fo60361j>
- Vlaicu P.A., Untea A.E., Turcu R.P., Saracila M., Panaite T.D., Cornescu G.M., 2022. Nutritional composition and bioactive compounds of basil, thyme and sage plant additives and their functionality on broiler thigh meat quality. *Foods* 11(8), 1105. <https://doi.org/10.3390/foods11081105>
- Waghmare R., Moses J.A., Anandharamakrishnan C., 2022. Mucilages: sources, extraction methods, and characteristics for their use as encapsulation agents. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 62(15), 4186–4207. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1873730>
- Yao Y., Liu Y., Li C., Huang X., Zhang X., Deng P., Dai Q., 2023. Effects of rosemary extract supplementation in feed on growth performance, meat quality, serum biochemistry, antioxidant capacity, and immune function of meat ducks. *Poult. Sci.* 102(2), 102357. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102357>
- Zaki M.G., Baraka T.A., Tayeb F.A.E.F., 2021. Effect of thyme (*Thymus vulgaris*) powder on acid-base balance, rumen, and blood constituents in healthy Egyptian sheep. *Comp. Clin. Pathol.* 30(4), 665–669. <https://doi.org/10.1007/s00580-021-03258-5>
- Zaynab M., Fatima M., Abbas S., Sharif Y., Umair M., Zafar M.H., Bahadar K., 2018. Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. *Microb. Pathog.* 124, 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.08.034>

- Zeller W.E., Sullivan M.L., Mueller-Harvey I., Grabber J.H., Ramsay A., Drake C., Brown R.H., 2015. Protein precipitation behavior of condensed tannins from *Lotus pedunculatus* and *Trifolium repens* with different mean degrees of polymerization. J. Agric. Food Chem. 63, 1160–1168. <https://doi.org/10.1021/jf504715p>
- Zeng K.W., Liu X., Lu Y.Y., Zhang, C., 2023. Biological phenethyl glycosides from plants. W: Yu B., Li N., Fu C. (red.) Privileged scaffolds in drug discovery. Academic Press, 587–611. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18611-0.00032-2>

Wpływ procesu kiełkowania na skład chemiczny wybranych nasion bobowatych

Szymon Milewski, Julia Fabjanowska, Magdalena Moczulska,
Małgorzata Kwiecień, Robert Krusiński, Anna Winiarska-Mieczan

Instytut Żywnienia Zwierząt i Bromatologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

autor korespondencyjny: julia.fabjanowska@up.lublin.pl

Wstęp

Rośliny strączkowe, będące drugą po trawach najbardziej istotną grupą gatunków uprawnych na świecie, odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu zrównoważonej przyszłości [Vasconcelos i in. 2020]. Ich znaczenie wynika nie tylko z korzyści odżywczych i zdrowotnych, ale także z czynników ekonomicznych i środowiskowych. Są one nie tylko bezpieczne w spożyciu, ale także dostępne w przystępnej cenie oraz szeroko wykorzystywane w diecie ludzi na całym świecie [Ntatsi i in. 2018]. Zwiększająca się uprawa tych roślin w Europie wiąże się z ograniczeniem emisji energii i gazów cieplarnianych, a także z redukcją globalnych przepływów azotu poprzez efektywniejsze jego wiązanie symbiotyczne i bardziej zintegrowane podejście do produkcji roślinno-zwierzęcej. Ponadto wzrost cen pasz białkowych i nawozów azotowych, a także problemy z bezpieczeństwem dostaw białka paszowego, przyczyniają się do rosnącego znaczenia roślin strączkowych w diecie zwierząt gospodarskich jako składnika pasz [Annicchiarico 2017]. Rośliny strączkowe, wyróżniające się wysoką zawartością białka, odznaczają się również obecnością innych istotnych składników odżywczych, w tym węglowodanów, błonnika pokarmowego, witamin oraz składników mineralnych. Ponadto są one źródłem szerokiej gamy związków nieodżywczych, które są uznawane za bioaktywne ze względu na ich właściwości przeciwutleniające, hipoglikemiczne, hipolipidemiczne oraz przeciwnowotworowe [Bouchenak i Lamri-Senhadj 2013]. Kiełkowanie nasion roślin strączkowych, uznawane za metodę ekonomicznie wydajną, przyczynia się do znaczącej poprawy ich jakości, biorąc pod uwagę skład chemiczny. Proces ten charakteryzuje się istotnymi modyfikacjami w zakresie właściwości biochemicznych, odżywczych oraz sensorycznych nasion [Aguilera i in. 2013]. W trakcie tego procesu obserwuje się intensywną degradację substancji magazynujących nasion oraz równoczesną syntezę białek strukturalnych i innych składników komórkowych. Ponadto w kontekście procesu kiełkowania, czynniki takie jak cykl świetlny, temperatura oraz czas trwania tego procesu mają istotny wpływ na przemiany dotyczące przede wszystkim kwasu

fitynowego i błonnika pokarmowego, które ulegają modyfikacjom biochemicznym, przyczyniając się do zwiększenia efektywności absorpcji mikroelementów w przewodzie pokarmowym [Ali i Elozeiri 2017]. Obserwuje się także zjawisko zmniejszenia stężenia związków antyodżywczych, takich jak α -galaktozydy, inhibitory trypsyny i chymotrypsyny, charakteryzujących się negatywnym wpływem na proces trawienia białek, co podkreśla korzystny charakter tego procesu na nasiona [Muñoz-Llandes i in. 2019].

Celem pracy było określenie wpływu procesu kiełkowania na zawartość podstawowego składu chemicznego (suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, związków bezazotowych wyciągowych, włókna surowego oraz jego frakcji) w nasionach wybranych gatunków roślin strączkowych.

Materiały i metody

Badania zostały przeprowadzone w Instytucie Żywienia Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Materiał badawczy stanowiły pochodzące z komercyjnego źródła nasiona wybranych roślin motylkowych pobrane z trzech partii, po trzy próbki każdego gatunku: soi (*Glycine hospida max*), łubinu żółtego (*Lupinus luteus*), koniczyzny perskiej (*Trifolium resupinatum*) oraz grochu siewnego (*Pisum sativum*). Próbkę do badań uśrednioną przygotowano zgodnie z normą PN-EN ISO 707:2009. Wszystkie analizy przeprowadzono w trzech powtórzeniach, przyjmując dopuszczalną wartość odchylenia pomiędzy powtórzeniami $\pm 5\%$.

Wszystkie nasiona zostały rozłożone na płytkach Petriego i moczone przez okres 24 godzin w wodzie destylowanej w temperaturze pokojowej. Po upływie doby woda została odlana. W celu skiełkowania nasion materiał badawczy był systematycznie zwilżany wodą destylowaną o temperaturze pokojowej przez okres 7 dni aż do uzyskania pożądanej długości kiełków. Następnie nasiona poddano procesowi suszenia w suszarce, w temperaturze ok. 60°C.

Określenie podstawowego składu chemicznego nasion zostało przeprowadzone zgodnie ze standardowymi procedurami analitycznymi [AOAC 2011]. Włókno surowe oraz jego frakcje: włókno neutralno-detergentowe (NDF) oraz kwaśno-detergentowe (ADF), zostało oznaczone z wykorzystaniem opatentowanej przez ANKOM techniki worków filtrujących w analizatorze włókna Ankom 220 (Ankom Technology, Fairport, NY, US). Tłuszcz surowy został wyekstrahowany za pomocą rozpuszczalnika w postaci eteru dietylowego, metodą ekstrakcji Soxhleta. Bezazotowe związki wyciągowe (BAW) obliczono, odejmując od 100 sumaryczną zawartość białka surowego, tłuszczu surowego, włókna i popiołu surowego.

Wyniki badań poddane zostały analizie statystycznej przy pomocy programu Statistica (StatSoft Poland Sp. z o.o., Kraków, Polska, www.statsoft.pl). Wyliczono średni błąd standardowy (SEM) oraz odchylenie standardowe (SD). Istotność różnic między średnimi dla grup obliczono za pomocą testu Duncana, na poziomie istotności $P \leq 0,01$.

Wyniki

Badania własne wykazały, że zawartość białka surowego w nasionach skielkowanych zwiększyła się we wszystkich badanych gatunkach nasion, w porównaniu z jego zawartością w nasionach surowych. Największą różnicę odnotowano w zawartości s.m.; największą zawartość s.m. wykazano w nasionach grochu siewnego (13,4%) a najmniejszą w koniczynie perskiej (8,2%). Zanotowano także wyższą zawartość tłuszczu surowego w nasionach poddanych procesowi kiełkowania w porównaniu z nasionami surowymi. Najwięcej tego składnika zanotowano w kiełkowanych nasionach soi oraz grochu siewnego. We wszystkich badanych gatunkach nasion zawartość popiołu surowego była wyższa w nasionach skielkowanych w porównaniu z surowymi, w przypadku nasion łubinu żółtego, grochu i koniczyny perskiej różnica ta była statystycznie istotna ($P \leq 0,01$) (tab. 1).

Tabela 1. Analiza statystyczna wpływu procesu kiełkowania nasion wybranych roślin strączkowych na zawartość w nich białka ogólnego, tłuszczu surowego i popiołu surowego

Nasiona	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Popiół surowy
Koniczyna perska	*	NS	*
Łubin żółty	*	NS	NS
Groch siewny	*	*	*
Soja	*	*	*

NS – nieistotny, * $P \leq 0,01$

W tabeli 2 przedstawiono zawartość suchej masy, włókna surowego, jego frakcji oraz związków bezazotowych wyciągowych (BAW) w badanych nasionach. Zano-
towano wpływ procesu kiełkowania na zawartość włókna surowego w badanych nasionach. Zawartość tego składnika była większa w kiełkowanych nasionach koniczyny perskiej w porównaniu z nasionami surowymi. W przypadku grochu siewnego oraz soi stwierdzono natomiast odwrotny wpływ procesu kiełkowania – w kiełkowanych nasionach tych roślin zanotowano istotnie ($P \leq 0,01$) mniej włókna niż w nasionach surowych. Zawartość frakcji włókna neutralno-detergentowego (NDF) we wszystkich badanych skielkowanych nasionach była mniejsza w porównaniu z nasionami surowymi. Istotną statystycznie różnicę stwierdzono jedynie w nasionach łubinu żółtego i grochu siewnego. Widoczny był istotny ($P \leq 0,01$) wpływ procesu kiełkowania na zawartość frakcji włókna kwaśno-detergentowego (ADF) w badanych nasionach. Ilość tego składnika w skielkowanych nasionach koniczyny perskiej, grochu siewnego i soi była istotnie większa w porównaniu z nasionami surowymi, natomiast w przypadku nasion łubinu nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu procesu kiełkowania na zawartość ADF (tab. 3). W skielkowanych nasionach soi, grochu siewnego i łubinu żółtego widoczny był istotny statystycznie ($P \leq 0,01$) wzrost

zawartości ligniny kwaśno-detergentowej (ADL) w porównaniu z nasionami surowymi. W przypadku koniczyny perskiej nie stwierdzono wpływu procesu kiełkowania na zawartość tego składnika. Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie (BAW) w skiełkowanych nasionach koniczyny perskiej była istotnie ($P \leq 0,01$) niższa w porównaniu z nasionami surowymi. W przypadku poddanych kiełkowaniu nasion grochu siewnego oraz soi stwierdzono w nich istotnie większą zawartość BAW niż w nasionach surowych. Proces kiełkowania nie wpłynął natomiast istotnie na zawartość tego składnika w nasionach łubinu.

Tabela 2. Zawartość suchej masy, włókna surowego i jego frakcji oraz związków bezazotowych wyciągowych w surowych i kiełkowanych nasionach wybranych roślin strączkowych (wartość średnia $\pm$ SD)

Nasiona	Sucha masa (%)	Włókno surowe	NDF	ADF	ADL	BAW
		zawartość w suchej masie (%)				
koniczyna perska						
Nasiona surowe	91,64 ±7,1	19,9a ±0,3	30,98 ±1,8	13,97a ±0,6	3,02 ±0,1	34,64b ±2,1
Nasiona kiełkowane	92,30±6,2	12,6b ±0,09	29,07 ±2,1	19,32b ±1,5	3,09 ±0,08	21,64a ±1,6
SEM	0,15	0,29	1,47	0,09	0,42	0,11
łubin żółty						
Nasiona surowe	88,06b ±4,9	10,8 ±0,0	26,01b ±1,3	16,01 ±1,4	0,10a ±0,008	29,83 ±2,4
Nasiona kiełkowane	49,55a ±7,3	10,78 ±0,1	23,80a ±0,9	14,6±0,4	1,09b ±0,009	26,01 ±2,6
SEM	0,03	0,73	1,23	0,23	0,36	0,71
groch siewny						
Nasiona surowe	86,73b ±4,2	11,22b ±0,5	26,57b ±1,6	9,65a ±0,3	0,34a ±0,006	49,60a ±3,9
Nasiona kiełkowane	53,28a ±4,2	5,69a ±0,1	21,93a ±0,9	16,61b ±0,7	0,42b ±0,007	60,77b ±4,8
SEM	0,03	0,42	0,43	0,01	0,19	0,26
soja						
Nasiona surowe	89,66b ±7,7	9,36a ±0,6	19,75 ±1,1	12,62a ±0,9	3,46a ±0,1	25,04a ±1,7
Nasiona kiełkowane	31,90a ±9,0	5,03b ±0,3	19,39 ±1,1	15,27b ±1,4	9,23b ±0,4	44,03b ±1,9
SEM	0,55	0,32	0,11	0,87	0,04	1,01

NDF – włókno naturalno-detergentowe, ADF – włókno kwaśno-detergentowe, ADL – lignina detergentowa kwaśna, BAW – związki bezazotowe wyciągowe; a, b – $P \leq 0,01$

Tabela 3. Analiza statystyczna wpływu procesu kiełkowania nasion wybranych roślin strączkowych na zawartość w nich suchej masy, włókna surowego i jego frakcji oraz BAW

Nasiona	Sucha masa	Włókno surowe	NDF	ADF	ADL	BAW
Koniczyna perska	*	*	*	*	NS	*
Łubin żółty	*	NS	*	NS	*	NS
Groch siewny	*	*	*	*	*	*
Soja	*	*	NS	*	*	*

NS – nieistotny; * $P \leq 0,01$

Dyskusja

Rośliny strączkowe coraz częściej postrzegane są jako wyjątkowo cenny składnik diety człowieka [Maphosa i Jideani, 2017]. W Polsce około 20% produkowanych nasion strączkowych przeznacza się jako pożywienie dla ludzi. W latach 80. ich spożycie wynosiło ponad 5 kg na osobę, a w ostatnim czasie zmniejszyło się do około 1 kg [Sowiński i Adamczewska-Sowińska 2022]. Mimo to rośliny te wciąż są drugim po zbożach źródłem białka roślinnego w dietach [Ahmed i in. 2023]. Z ich udziałem produkuje się żywność dla wegetarian, diabetyków czy też osób, których organizm nie toleruje glutenu [Erbersdobler i in. 2017]. W produkcji żywności coraz szersze zastosowanie znajdują roślinne preparaty białkowe. Technologia produkcji pozwala uzyskać produkty pozbawione specyficznego smaku i zapachu oraz niepożądanych składników antyodżywczych. Preparaty białkowe traktowane są najczęściej jako składowa część produktu lub dodatek, a największe zastosowanie mają w piekarstwie i przetwórstwie mięsnym [Spychaj i in. 2018].

Uważa się, że oprócz walorów smakowych nasiona strączkowych stanowią żywność „fizjologicznie czynną”, mającą bardzo korzystny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt. Wyniki badań uzyskane w ostatnich latach wskazują na obecność w nasionach strączkowych wielu dotychczas nieznanymi składników, mających prozdrowotny wpływ na funkcjonowanie organizmu [Mecha i in. 2018, Serventi i in. 2020]. Jak podają Pabich i Materska [2019] stosowanie diety uwzględniającej rośliny strączkowe może ograniczyć występowanie chorób cywilizacyjnych, takich jak cukrzyca czy nadciśnienie. Natomiast według Bruggink [2021] mleko sojowe znajduje swoje zastosowanie m.in. w leczeniu przewlekłych biegunek o nieznanym podłożu, napadów duszności na tle nadwrażliwości pokarmowej, bólów brzucha, niekiedy nawet nadpobudliwości psychoruchowej i drażliwości dzieci. Jak pokazują badania,

diety sojowe wpływają na poprawę stanu w chorobach układu krążenia, w nadciśnieniu, kamicy żółciowej, chorobach nerek i osteoporozie, mogą również łagodzić objawy menopauzy [Kim i in. 2021].

W Polsce około 70% produkowanych nasion roślin strączkowych przeznaczają się na paszę [Niwińska i in. 2020]. Stosowane są one jako pasza białkowa, głównie dla świń i drobiu, ale także dla bydła. Wykorzystanie białka przez te zwierzęta zależy od jego składu aminokwasowego oraz strawności aminokwasów w jelicie cienkim, natomiast w żywieniu przeżuwaczy – od podatności na rozkład przez bakterie w żwaczku i ilości białka przechodzącego do dwunastnicy [Owens 2014, Bergen 2015, Sonta i Rekiel 2020]. Solomon [2022] podaje, że przy mieszankach tradycyjnych lub przepłatanych trawami i roślinami strączkowymi obserwuje się spadek lub utratę składnika roślin strączkowych w mieszanej runi. Dlatego ze względu na przeszkody stosowane są one głównie w hodowlach intensywnych. Jednakże wykorzystanie roślin strączkowych w żywieniu zwierząt jest w praktyce ograniczone ze względu na częściowo wysokie stężenia wtórnych metabolitów roślinnych, zwanych także czynnikami antyżywniowymi (ANF), do których należą m.in. skondensowane garbniki, inhibitory proteaz, lektyny, glikozydy pirymidynowe. Możliwe negatywne efekty oddziaływania tych substancji obejmują np. zmniejszenie pobrania paszy (garbniki, alkaloidy), pogorszenie strawności składników odżywczych (garbniki, inhibitory proteaz, lektyny) lub nawet zatrucia (kwas β -N-oksalo-L- α , β -diaminopropionowy lub β -ODAP). Ponadto wysoki udział α -galaktozydów w niektórych roślinach strączkowych może powodować szkodliwe skutki u zwierząt, takie jak nadmierna fermentacja, wzdęcia czy biegunka [Martín-Pedrosa i in. 2016].

Rośliny strączkowe jako bogate źródło składników odżywczych, w tym białek, tłuszczów, węglowodanów i włókien, odgrywają kluczową rolę w diecie zarówno ludzi, jak i zwierząt [Toklu i in. 2021]. Wysoka zawartość białka, często przekraczająca 20%, czyni je ważnym alternatywnym źródłem tego makroskładnika w diecie [Maphosa i Jideani 2017]. Charakteryzują się również zrównoważonym profilem aminokwasowym, jednakże dla pełnej wartości odżywczej zaleca się uzupełnienie diety innymi źródłami białka, na przykład zbożami, aby zapewnić komplet niezbędnych aminokwasów [Brennan i in. 2016, Matemu i in. 2021]. W przeprowadzonych badaniach własnych zaobserwowano zwiększenie zawartości białka w nasionach strączkowych po zastosowaniu kiełkowania. Tymczasem badania Xu i in. [2019] wykazały spadek zawartości białka w nasionach strączkowych po wykorzystaniu tego samego procesu. Tłuszcze, mimo że występują w tym surowcu w mniejszych ilościach w porównaniu z innymi źródłami roślinnymi, odgrywają istotną rolę ze względu na wysoki udział nienasyconych kwasów tłuszczowych [Rebello i in. 2014, Farooq i in. 2018]. Jak podaje Calder [2015] są one kluczowe w diecie, przyczyniając się do poprawy stanu zdrowia oraz funkcjonowania organizmu. Niniejsze badania wykazały wzrost zawartości tłuszczu w nasionach roślin strączkowych, co może korzystnie wpływać na ich właściwości prozdrowotne.

Włókno surowe, obecne w roślinach strączkowych, odgrywa istotną rolę w diecie człowieka i zwierząt. W przypadku ludzi przyczynia się do poprawy funkcjonowania

układu trawiennego i zapobiega wielu chorobom cywilizacyjnym [Ahmad i Khan 2020]. Natomiast dla zwierząt, szczególnie przeżuwaczy, włókno jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania żwacza i zapewnia istotne źródło energii [Owens i Basalan 2016]. Badania własne wykazały zróżnicowane zmiany w zawartości włókna surowego w analizowanych nasionach. Jak podają Rizvi i in. [2020] Zmienność ta może być przypisywana heterogeniczności procesu kiełkowania, który indukuje specyficzne zmiany w aktywności enzymów oraz w metabolicznych ścieżkach roślin, co skutkuje modulacją kompozycji włókien.

Pomimo bogatego składu chemicznego rośliny strączkowe posiadają również ograniczenia. Zawarte w nich substancje antyodżywcze, takie jak taniny, saponiny czy inhibitory proteaz, mogą niekorzystnie wpływać na funkcjonowanie organizmu [Gemede i Ratta 2014]. Mechanizm działania tych substancji może być różny – większość z nich wpływa ujemnie na trawienie i wykorzystanie składników pokarmowych takich jak białka, węglowodany i związki mineralne; niektóre z nich mają natomiast działanie ogólnoustrojowe i toksyczne. Zawartość substancji antyżywniowych w nasionach strączkowych uprawianych na cele paszowe jest bardzo zróżnicowana nie tylko między gatunkami, ale także w obrębie poszczególnych gatunków [Bora 2014]. Jak podają Thaku i Kumar [2017] metody przetwarzania, jak obróbka termiczna czy fermentacja, mogą zmniejszyć obecność tych substancji, jednak nadal istnieje potrzeba dalszych badań nad optymalizacją tych procesów.

Podsumowanie

Rośliny strączkowe, mimo pewnych wyzwań, nadal stanowią kluczowy element w diecie człowieka i zwierząt. Ich bogaty skład chemiczny, obejmujący nie tylko białka, ale także tłuszcze, węglowodany i włókna, sprawia, że są one wartościowym źródłem odżywczym. Analizowany proces kiełkowania istotnie wpłynął na ich skład chemiczny. Zastosowany proces fizyczny spowodował istotne zwiększenie ilości białka we wszystkich badanych gatunkach nasion. Ponadto w kiełkowanych nasionach grochu oraz koniczyny perskiej stwierdzono istotnie większą ilość tłuszczu surowego w porównaniu z nasionami niepodlegającymi procesowi kiełkowania ($P \leq 0,01$). Zauważono także, że kiełkowanie miało wpływ na zawartość popiołu surowego – w większości badanych nasion koncentracja tego składnika wzrosła w stosunku do nasion surowych, chociaż w przypadku soi różnica ta nie została potwierdzona statystycznie. Dodatkowo proces kiełkowania wpłynął na zmianę zawartości BAW – w nasionach grochu siewnego oraz soi odnotowano zwiększenie ilości tego składnika, podczas gdy w nasionach koniczyny perskiej jego koncentracja zmniejszyła się.

Konieczne są dalsze badania nad wykorzystaniem procesu kiełkowania w celu optymalizacji składu chemicznego nasion roślin strączkowych. Szczególny nacisk

należy położyć na analizę wpływu kiełkowania na zawartość substancji antyodżywczych, które stanowią istotną barierę w pełnym wykorzystaniu tych roślin w diecie ludzi i zwierząt.

Piśmiennictwo

- Aguilera Y., Díaz M.F., Jiménez T., Benítez V., Herrera T., Cuadrado C., Martín-Cabrejas M.A., 2013. Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *J. Agric. Food Chem.* 61(34), 8120–8125. <https://doi.org/10.1021/jf503613w>
- Ahmad S., Khan I., 2020. Role of dietary fibers and their preventive measures of human diet. W: *Functional food products and sustainable health*, Ahmad S., Al-Shabib N.A. (red.). Springer Nature Singapore Pte, 109–130. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4716-4>
- Ahmed H.G.M.D., Naeem M., Faisal A., Fatima N., Tariq S., Owais M., 2023. Enriching the content of proteins and essential amino acids in legumes. W: *Legumes biofortification*, Nadeem M.A., Baloch F.S., Fiaz S., Aasim M., Habyarimana E., Sönmez O., Zencirci N. (red.). Springer International Publishing, 417–477. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-33957-8>
- Ali A.S., Elozeiri, A.A., 2017. Metabolic processes during seed germination. W: *Advances in seed biology*, Jose C., Jiminez-Lopez (red.). Intech, London, 141–166.
- Annicchiarico P., 2017. Feed legumes for truly sustainable crop-animal systems. *Ital. J. Agron.* 12(2), 151–160. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.880>
- AOAC, 2011. *Official Methods of Analysis*. 18th Edition. Association of Official Analytical Chemistry, Gaithersburg, MA.
- Bergen W.G., 2015. Small-intestinal or colonic microbiota as a potential amino acid source in animals. *Amino Acids* 47, 251–258. <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1875-z>
- Bora P., 2014. Anti-nutritional factors in foods and their effects. *J. Acad. Ind. Res.* 3(6), 285–290.
- Bouchenak M., Lamri-Senhadj M., 2013. Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: a review. *J. Med. Food* 16(3), 185–198. <http://doi.org/10.1089/jmf.2011.0238>
- Brennan C.S., Brennan M., Mason S., Patil S., 2016. The potential of combining cereals and legumes in the manufacture of extruded products for a healthy lifestyle. *EC Nutrition* 5(2), 1120–1127. <https://ecronicon.net/assets/ecnu/pdf/ECNU-05-0000153.pdf> [dostęp: 21.01.2024]
- Bruggink T., 2021. Food allergy and food intolerance. W: *De Vries J. (red.) Food safety and toxicity*. CRC Press, 183–193. <https://doi.org/10.1201/9780367803049>
- Calder P.C., 2015. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *J. Parenter. Enter. Nutr.* 39, 18–32. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>
- Erbersdobler H.F., Barth C.A., Jahreis G., 2017. Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. *Ernährungs Umschau* 64(9), 134–139. <https://doi.org/10.4455/eu.2017.034>
- Farooq M., Hussain M., Usman M., Farooq S., Alghamdi S. S., Siddique K. H., 2018. Impact of abiotic stresses on grain composition and quality in food legumes. *J. Agric. Food Chem.* 66(34), 8887–8897. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02924>
- Gemedé H.F., Ratta N., 2014. Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 3(4), 284–289. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140304.18>

- Kim I.S., Kim C.H., Yang W.S., 2021. Physiologically active molecules and functional properties of soybeans in human health – a current perspective. *Int. J. Mol. Sci.* 22(8), 4054. <https://doi.org/10.3390/ijms22084054>
- Maphosa Y., Jideani V.A., 2017. The role of legumes in human nutrition. W: Chavarri Hueda M. (red.) *Functional food-improve health through adequate food*. Croatia 1(13). <https://doi.org/10.5772/intechopen.69127>
- Martín-Pedrosa M., Varela A., Guillaumon E., Cabellos B., Burbano C., Gomez-Fernandez J., Muzquiz M., 2016. Biochemical characterization of legume seeds as ingredients in animal feed. *Span. J. Agric. Res.* 14(1), e0901–e0901. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-7450>
- Matemu A., Nakamura S., Katayama S., 2021. Health benefits of antioxidative peptides derived from legume proteins with a high amino acid score. *Antioxidants* 10(2), 316. <https://doi.org/10.3390/antiox10020316>
- Mecha E., Figueira M.E., Patto M.C.V., Rosário Bronze M., 2018. Two sides of the same coin: the impact of grain legumes on human health: common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a case study. W: Jimenez-Lopez J.C., Clemente A. (red.), *Legume seed nutraceutical research*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75158>
- Muñoz-Llandes C., Guzmán-Ortiz F., Román Guitiérrez A., 2019. Effect of germination on antinutritional compounds of grains and seeds. W: Mora-Escobedo R., Martínez-Villaluenga C., Reynoso-Camacho R. (red.), *Germination. Types Process Effects*, New York, 83–99.
- Niwińska B., Witaszek K., Niedbała G., Pilarski K., 2020. Seeds of n-GM soybean varieties cultivated in Poland and their processing products as high-protein feeds in cattle nutrition. *Agriculture* 10(5) 174. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050174>
- Ntatsi G., Gutiérrez-Cortines M.E., Karapanos I., Barros A., Weiss J., Balliu A., Savvas, D., 2018. The quality of leguminous vegetables as influenced by preharvest factors. *Sci. Hortic.* 232, 191–205. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.058>
- Owens F.N., Basalan M., 2016. Ruminant fermentation. W: Millen D.D., De Beni Arrigoni M., Dias Lauritano Pacheco R. (red.), *Rumenology*. Switzerland, 63–102. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2>
- Owens F.N., Qi S., Sapienza, D.A., 2014. Invited review: applied protein nutrition of ruminants – current status and future directions. *Prof. Anim. Sci.* 30(2), 150–179. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30102-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30102-9)
- Pabich M., Materska M., 2019. Biological effect of soy isoflavones in the prevention of civilization diseases. *Nutrients* 11(7), 1660. <https://doi.org/10.3390/nu11071660>
- Rebello C.J., Greenway F.L., Finley J.W., 2014. A review of the nutritional value of legumes and their effects on obesity and its related co-morbidities. *Obes Rev.* 15(5), 392–407. <https://doi.org/10.1111/obr.12144>
- Rizvi A., Zaidi A., Ameen F., Ahmed B., AlKahtani M.D., Khan M.S., 2020. Heavy metal induced stress on wheat: phytotoxicity and microbiological management. *RSC Adv.* 10(63), 38379–38403. <https://doi.org/10.1039/D0RA05610C>
- Serventi L., Serventi L., Dsouza L.V., 2020. Bioactives in legumes. W: Serventi R. (red.), *Upcycling legume water: from wastewater to food ingredients*. Switzerland, 139–153. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42468-8_10
- Solomon J.K., 2022. Legumes for animal nutrition and dietary energy. W: Swaroop Meena R., Kumar S. (red.), *Advances in legumes for sustainable intensification*. Academic Press, 227–244. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85797-0.00026-4>
- Sonta M., Rekiel A., 2020. Legumes-use for nutritional and feeding purposes. *J. Elem.* 25(3), 835–849. <https://doi.org/10.5601/jelem.2020.25.1.1953>

- Sowiński J., Adamczewska-Sowińska K., 2022. Forage legumes for human, animals, and environment. W: Swaroop Meena R., Kumar S. (red.), *Advances in legumes for sustainable intensification*. Academic Press, 205–226. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85797-0.00021-5>
- Spychaj A., Pospiech E., Iwańska E., Montowska M., 2018. Detection of allergenic additives in processed meat products. *J. Sci. Food Agric.* 98(13), 4807–4815. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9083>
- Thakur N.S., Kumar P., 2017. Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. *AgricInternational* 4(1), 56–60. <https://doi.org/10.5958/2454-8634.2017.00013.4>
- Toklu F., Sen Gupta D., Karaköy T., Özkan H., 2021. Bioactives and nutraceuticals in food legumes: nutritional perspective. W: Gupta D.S., Gupta S., Kumar J. (red.), *Breeding for enhanced nutrition and bio-active compounds in food legumes*. Springer, Cham, 229–245. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59215-8_10
- Vasconcelos M.W., Grusak M.A., Pinto E., Gomes A., Ferreira H., Balázs B., Iannetta P., 2020. The biology of legumes and their agronomic, economic, and social impact. W: Hasanuzzaman M., Araújo S., Gill S.S. (red.) *The plant family Fabaceae: biology and physiological responses to environmental stresses*. Springer, Singapore, 3–25. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2_1
- Xu M., Jin Z., Simsek S., Hall C., Rao J., Chen B., 2019. Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea. *Food Chem.* 295, 579–587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.167>

Żywnienie żółwi utrzymywanych w warunkach amatorskich

Magdalena Moczulska, Anna Winiarska-Mieczan, Małgorzata Kwiecień,
Szymon Milewski, Julia Fabjanowska

Instytut Żywnienia Zwierząt i Bromatologii,
Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: magdalena.moczulska@up.lublin.pl

Wstęp

Żywnienie zwierząt egzotycznych powinno być przede wszystkim dostosowane do ich specyficznych potrzeb żywieniowych. Obserwuje się, że właściciele gadów nie posiadają wystarczającej wiedzy na temat zasad ich żywienia, co prowadzi do występowania szeregu chorób metabolicznych, często kończących się śmiercią zwierzęcia. Należy zdawać sobie sprawę z tego, że wymagania pokarmowe zwierząt są warunkowane przez ich środowisko życia, na przykład zwierzęta w naturze zamieszkujące tereny suche mają inne potrzeby niż zamieszkujące tereny wilgotne [Konkol i Cholewińska 2018]. W trakcie wzrostu i rozwoju zwierząt mogą zmieniać się ich preferencje pokarmowe, co również należy uwzględnić, ponieważ mogą one wynikać z fizjologicznych zmian w potrzebach pokarmowych [Konkol i Cholewińska 2018]. Szczególnie istotne jest zapewnienie różnorodnego pożywienia, co zmniejsza ryzyko wystąpienia niedoborów i nadmiarów składników pokarmowych. Jest to problematyczne przede wszystkim u gadów roślinożernych, ponieważ produkty roślinne kupione w sklepie są często niskiej jakości [Konkol 2018].

Celem pracy było zbadanie wiedzy właścicieli zajmujących się amatorskim chowem żółwi na temat żywienia, opieki, a także chorób dietozależnych występujących u żółwi lądowych, wodnych i wodno-lądowych.

Material i metody

Badania ankietowe przeprowadzono w grupie 90 osób, które zajmowały się amatorskim chowem żółwi. Wśród respondentów 34 osoby utrzymywały żółwie

lądowe, 56 żółwie wodne i wodno-lądowe. Ankieta została podzielona na 3 części. Część pierwsza zawierała pytania ogólne, mające na celu stwierdzenie, czy ankietowane osoby posiadają podstawową wiedzę na temat zaspokajania potrzeb bytowych żółwi (warunki utrzymywania, zasady żywienia). Część druga były to pytania dotyczące szczegółowych zasad żywienia żółwi lądowych, a część trzecia pytania dotyczące żywienia żółwi wodnych i wodno-lądowych. Część druga i trzecia miały na celu stwierdzenie, czy opiekunowie zwierząt zaspokajają ich potrzeby pokarmowe, a także określenie preferencji pokarmowych żółwi.

Wyniki i dyskusja

Pytania ogólne

Wiedza o potrzebach żywieniowych żółwi

Wśród badanych osób jedynie 48% zadeklarowało, że posiada dostateczną wiedzę odnośnie do zasad żywienia żółwi, a ponad 9% respondentów przyznało, że nie posiada wiedzy w tym temacie. Żółwie są zwierzętami niełatwymi w chowie i niezapewnienie im odpowiednich warunków, włączając żywienie, prowadzi do chorób dietozależnych przyczyniających się do cierpienia zwierząt i często ich śmierci [Maslanka i in. 2023]. Decydując się na zakup żółwia, należy poznać dokładnie potrzeby tego zwierzęcia, tym bardziej że objawy chorób są wyraźnie widoczne dopiero w zaawansowanym stadium. U prawie 7% żółwi stwierdzono objawy chorób dietozależnych, z czego wszystkie osobniki zostały z powodzeniem wyleczone. Jednocześnie wykazano, że aż ponad 16% lekarzy weterynarii miało problem z określeniem choroby żółwia.

Spożywanie nowalijek przez żółwie

Właścicieli pytano także o spożywanie nowalijek przez żółwie. Badanie wykazało, że 43% ankietowanych nie podawało żółwiom nowalijek. Pozostałe osoby stosowały tego typu pokarm, z czego niemal 2/3 podawało nowalijki regularnie. Wskazane produkty niewątpliwie stanowią urozmaicenie jadłospisu żółwi, ale niestety może być różnie z ich wartością odżywczą i walorami smakowymi. Nowalijki to pierwsze wiosenne warzywa, które uprawiane są zimą i wczesną wiosną w szklarniach. Rosną w glebie o innej kompozycji, przy mniejszym dostępie światła i większej wilgotności powietrza. Są intensywnie nawożone oraz chronione przed szkodnikami, takimi jak gryzonie, grzyby itp. To rośliny bardzo delikatne i mało odporne na zanieczyszczenia, więc z łatwością wchłaniają groźne metale ciężkie [Olejniczak 2018]. Najbardziej niebezpieczne dla organizmu żółwia są azotany, azotyny, ołów, kadm, rtęć, miedź oraz stosowane masowo środki ochrony roślin. Jony azotanowe są niezbędne do rozwoju rośliny, ale zbędne dla organizmów zwierzęcych. Azotany nie są bezpośrednio szkodliwe dla organizmu zwierząt, powodują jednak destrukcję witaminy B oraz karotenów, a toksyny w ilości

przekraczającej dopuszczalne normy mogą być przyczyną wielu groźnych schorzeń, w tym nawet nowotworów. Najwięcej tych substancji kumuluje się w częściach wegetatywnych roślin (nerwy, głąb), zaś najmniej w warzywach korzeniowych i ziemniakach w skórce. Do warzyw, które są podawane żółwiom i kumulują najwięcej szkodliwych substancji, należą: sałata, szpinak i szczypiorek [Colla i in. 2018]. Badania wykazały, że systematyczne wchłanianie niewielkich ilości azotanów i azotynów wywołuje niestrawność, osłabia działanie wielu enzymów, zmniejsza przyswajanie i wykorzystanie z pożywienia białek, tłuszczów, witaminy A i witamin z grupy B. Azotany i azotyny, łącząc się z innymi substancjami obecnymi w pokarmie, mogą tworzyć związki rakotwórcze [Parvizishad i in. 2016]. Bezpieczniejsze, bo niemal pozbawione azotanów, są warzywa z upraw ekologicznych. Badania wykazały, że ekologiczne metody upraw warzyw w porównaniu z uprawianymi konwencjonalnie znacznie zwiększają jakość płodów rolnych. Ekologiczne ziemiopłody zawierają więcej witamin, szczególnie witaminy C, węglowodanów, niezbędnych aminokwasów oraz soli mineralnych [Szczepaniuk i in. 2017].

Wiedza o różnicach w żywieniu żółwi lądowych i wodnych

Wydaje się, że zagadnienie związane z różnicami w żywieniu żółwi lądowych jest proste i zrozumiałe. Jak wynika z przeprowadzonych badań, niespełna 53% ankietowanych zadeklarowało znajomość różnic w żywieniu żółwi lądowych i wodnych, natomiast 37% badanych nie miało tej wiedzy, a prawie 10% respondentów nie było pewnych wiedzy na temat tych różnic. Z badań tych wynika, że ludzie bardzo często chcą mieć żółwia, lecz niezbyt chętnie chcą poznać wymagania, jakie są związane z chowem tego zwierzęcia. Wiadomo, że potrzeby żywieniowe żółwi lądowych są inne niż żółwi wodnych. Różnica ta ma kolosalne znaczenie dla zdrowia i prawidłowego rozwoju zwierzęcia. W przypadku nieznajomości zasad związanych z prawidłowym żywieniem żółwi właściciel może doprowadzić do nieprawidłowego wzrostu i rozwoju, a nawet do nieodwracalnych chorób zwierzęcia. W ankiecie poproszono również o wskazanie pokarmów, których nie wolno podawać żółwiom. Zdaniem ankietowanych nie powinno się podawać: ciasta (67,8%), kapusty (55,6%), surowej fasoli (52,2%), surowego kalafiora (31,1%) oraz natki pietruszki (15,6%), ponieważ pokarmy te mogą doprowadzić do zaburzeń przewodu pokarmowego. Zadziwiający jest fakt, że ankietowani zaznaczyli jako pokarmy nienadające się do spożycia: truskawki (27,8%), białko jaja (16,7%) oraz płatki zbożowe moczone w mleku (6,7%). Bazując na literaturze z zakresu żywienia żółwi wynika, że pokarmy te nie są szkodliwe, a wręcz zalecane [Pasterny 2017].

Dodatki mineralne

Prawie 76% badanych zadeklarowało, że podaje żółwiom dodatki mineralne. Wśród tej grupy prawie 90% stosowało tego typu suplementy nieregularnie, pozostali natomiast codziennie. Wiedza dotycząca dawkowania, którą posiadają ankiet-

towani, pochodzi głównie z opakowań produktów, na których opisany jest sposób podawania oraz dawkovanie. Ponad 24% respondentów przyznało, że nie podaje żółwiom żadnych dodatków mineralnych oraz stwierdziło, że tego typu dodatki są niepotrzebne, ponieważ ich zdaniem karmią żółwie kompletnym pokarmem. Pokarm wszystkich żółwi powinien być urozmaicony, a ponadto uzupełniany o dodatki mineralne. Niedobory mineralne powodują u żółwi, podobnie jak u innych organizmów, dolegliwości zdrowotne [Konkol i Cholewińska 2018]. Gady utrzymywane w warunkach domowych muszą otrzymywać pokarm dostarczający odpowiedniej ilości wapnia (Ca), o odpowiedniej proporcji pomiędzy Ca a fosforem (P), która powinna wynosić 2 : 1 [Konkol i Cholewińska 2018, Rawski i in. 2018]. Zachwianie równowagi na niekorzyść Ca powoduje odzyskiwanie Ca z krwi i kości w celu ustabilizowania jego poziomu w organizmie, a także jest przyczyną deformacji kości, u żółwi są to również demineralizacja i deformacja skorupy [Schmidt-Ukaj i in. 2017]. Z kolei tworzące się nierozpuszczalne sole wapniowo-fosforowe utrudniają wchłanianie Ca w jelitach [Konkol i Cholewińska 2018]. Spadek poziomu Ca we krwi prowokuje syntezę parathormonu z przytarczyc, który stymuluje resorpcję Ca z kości oraz jego zwrotne wchłanianie w nerkach, powoduje także zwiększone wydalanie P z moczem i jest przyczyną wtórnej żywieniowej nadczynności przytarczyc oraz metabolicznej choroby kości [Konkol 2019].

Rodzaje dodatków mineralnych stosowanych w diecie żółwi

Wśród ankietowanych najczęściej stosowanym dodatkiem mineralnym było wapno dla żółwi (27,5%), 15,4% respondentów podawało preparaty mineralno-witaminowe, 16,5% ankietowanych podawało dodatki, ale nie sprecyzowało ich nazw. Jak wynika z przeprowadzonych badań, do mniej znanych, ale stosowanych, należy preparat „Żółwik” (9,9%) oraz kreda (6,5%). Najlepsze wydają się preparaty mineralno-witaminowe, ponieważ występują zwykle w formie płynnej, więc są łatwe w podawaniu wraz z pokarmem, a także lepiej przyswajalne przez organizm niż dodatki podawane w formie sproszkowanej lub granulatu. Co więcej, wzbogacają dietę w niezbędne witaminy, które w podawanym pokarmie często nie występują, zapobiegają też zmiękczeniu pancerza i kości. Kreda i wapno to dodatki, których zadaniem jest uzupełnienie diety w Ca, czyli budulec kości i pancerza [Konkol i Cholewińska 2018].

Preparaty witaminowe

W badanej grupie preparaty witaminowe stosowało jedynie 43% osób. Można zatem stwierdzić, że nie są one dobrze znane i stosowane powszechnie. Jeżeli do diety dodawane są jedynie preparaty mineralne, to dodatek preparatów witaminowych jest niezbędny, ponieważ wapno lub kreda nie dostarczają witamin. Wśród osób, które zadeklarowały podawanie żółwiom suplementów witaminowych, jedynie 23% robiło to codziennie. Aby zapobiegać awitaminozie, należy stosować preparaty witaminowe, które mają za zadanie wzmocnienie odporności organizmu,

zapobiegają brakowi apetytu, przyczyniają się do utrzymania dobrej kondycji i zdrowia żółwi, zapobiegają zmiękczeniu pancerza i kości, niwelują szkodliwe działanie wolnych rodników, nadają połysk pancerzowi [Konkol i Cholewińska 2018]. Skutkiem niedoboru witaminy A jest na przykład obrzęk powiek spowodowany zapaleniem gruczołów, mogący prowadzić nawet do martwicy tkanek oraz obrzęk pachwinowy i pachowy [Sharun i in. 2019]. Witamina A może być syntetyzowana przez żółwie z β -karotenu, a także luteiny i kantaksantyny [Rawski i in. 2018], dlatego dieta bogata w karotenoidy jest szczególnie ważna u gadów roślinożernych.

Kąpiele słoneczne

Ponad 54% respondentów zadeklarowało, że ich żółwie korzystają z kąpeli słonecznych. Pozostali ankietowani nie stosują tego zabiegu u swoich podopiecznych. Biorąc pod uwagę powyższe wyniki, można stwierdzić, że wielu hodowców-amatorów nie wie, że zawarta w skórze i wydzielinach skóry prowitamina D dopiero pod wpływem promieniowania ultrafioletowego przekształca się w witaminę D, która reguluje wchłanianie i gospodarkę Ca oraz P w organizmie, przez co zapewnia prawidłowy poziom Ca i P we krwi, ułatwia mineralizację kości, jak ich mobilizację tych minerałów w kościach [Scott i in. 2019]. Jeżeli zwierzęta korzystają przez dłuższy czas z wybiegów w świetle słonecznym, przez co są wystawione na działanie promieni ultrafioletowych, to najczęściej wystarcza to do pokrycia zapotrzebowania na witaminę D₃. W warunkach klimatycznych Polski żółwie muszą być doświetlane. W tym celu stosuje się lampy emitujące promieniowanie UVB [Hoskins i in. 2022].

Poziom wiedzy o objawach chorób

Biorąc pod uwagę to, że aż 69% ankietowanych nie umiało określić poziomu swojej wiedzy na temat objawów chorób, a prawie 28% zadeklarowało, że ich nie zna, można stwierdzić, że wiedza właścicieli żółwi w tym temacie jest bardzo uboga. Jedynie 13% respondentów było w stanie wymienić objawy chorób. Żółwie, szczególnie te hodowane w warunkach niewoli, wymagają bardzo profesjonalnej i troskliwej opieki hodowlanej. Nieodpowiednie warunki sprzyjają rozwojowi czynników zakaźnych. Zarówno gady hodowane w warunkach domowych, jak i te w parkach i ogrodach zoologicznych, przy zaniedbaniach zoohigieniczno-hodowlanych, narażone są na cierpienia z powodu chorób z nieprzystosowania (choroby pochodzenia stresowego), zakaźnych (bakteryjnych, grzybiczych, wirusowych), pasożytniczych oraz żywieniowych (niedoborowych). Jeżeli hodowca-amator nie potrafi rozpoznać oznak objawów chorobowych, może doprowadzić zwierzę do ciężkich chorób mogących kończyć się śmiercią [Rawski i in. 2018]. Decydując się na chów żółwia, należy wziąć pod uwagę to, że jest to zwierzę trudne, jeśli chodzi o oznaki różnego rodzaju objawów chorobowych. Czasami diagnostyka chorób jest trudna do przeprowadzenia nawet wśród popularnych domowych gatunków żółwi

i stwarza niemało trudności również lekarzom weterynarii, wśród których niewielu specjalizuje się w tej dziedzinie. Lekarze ci mają także trudności z wyborem leku i jego stosowaniem w różnych chorobach gadów [Gibbons 2014].

Przyzwyczajenia żółwi do pobierania określonego pokarmu

Wśród ankietowanych ponad 84% zadeklarowało, że zauważyło przyzwyczajenia swojego żółwia do pobierania określonego pokarmu, natomiast mniej niż 16% badanych stwierdziło, że nie zauważyło takich przyzwyczajień. Przyzwyczajenie do określonego pokarmu, które często obserwuje się u żółwi, jest wynikiem zaniedbań ze strony hodowców-amatorów. Konsekwencją takiego zaniedbania mogą być choroby dietozależne spowodowane żywieniem monokulturowym, co może mieć odbicie w żywotności oraz odporności tych zwierząt. Badania własne wykazały, że właściciele żółwi są świadomi, że mogą przeciwdziałać tym niepożądanym przyzwyczajeniom występującym u gadów poprzez mieszanie ulubionego pokarmu z innym, mniej znanym lub całkowicie nowym pokarmem (81,1%) bądź pozwolić żółwiowi głodować przez kilka dni, a następnie podawać mu wyłącznie nowy lub mniej lubiany pokarm z wykluczeniem ulubionego (12,2%). Dieta żółwi musi być przede wszystkim urozmaicona, bogata w Ca, witaminy i mikroelementy, o czym niektórzy opiekunowie zapominają (6,7%), stosując monodietę.

Żółwie lądowe

Z obserwacji wynika, że żółwiom lądowym najbardziej smakują: sałata (26,4%), ogórki (20,6%) oraz pomidory (17,3%) [Colla i in. 2018]. Nie oznacza to, że inne warzywa czy owoce są dla nich mniej smakowite. Zależy to wyłącznie od gustu i upodobań zwierzęcia. Jednakże należy zwrócić uwagę na to, że rośliny te są mało wartościowe energetycznie. Sałata zawiera dużo witamin z grupy B, witaminę C i PP. Jest również bogatym źródłem krzemu (Si), który wzmacnia kości i tkankę łączną, lecz jest warzywem najbardziej podatnym na kumulowanie w liściach metali ciężkich oraz resztek środków ochrony roślin [Colla i in. 2018]. Ogórki mają duże walory smakowe dla żółwi. Są bogatym źródłem sodu (Na), magnezu (Mg), Ca i potasu (K) [Uthpala i in. 2020]. Pomidor jest źródłem wielu substancji, które potrzebne są żółwiom nie tylko do prawidłowego rozwoju, ale także działają antyoksydacyjnie i antynowotworowo, ponieważ zawierają likopen. Na aktywność antyoksydacyjną pomidora wpływają przede wszystkim związki, takie jak askorbinian, glutation, tokoferole i karotenoidy. Pomidory zawierają także wiele składników mineralnych, witaminy z grupy B, witaminy K, C, PP oraz kwas pantotenowy, foliowy, szczawowy i biotynę [Zdrojewicz i in. 2016]. Chociaż warzywa te są chętnie konsumowane przez żółwie, nie powinny być zbyt często im podawane, a w szczególności samodzielnie, ponieważ mają niekorzystny stosunek Ca do P [Konkol i Cholewińska 2018]. Rzadziej wybieranym pokarmem jest mniszek lekarski (13,8%) oraz marchew (12,6%). Mniszek lekarski stanowi dobrą, wartościową

i tanią karmę. Sok mleczny tej rośliny zielarskiej znajduje się we wszystkich jej częściach i zawiera witaminy A, C, D, z grupy B oraz sole potasowe i żelazo (Fe). Mniszek wspomaga także procesy trawienia, działa moczopędnie oraz podnosi odporność organizmu [Lis i Grabek-Lejko 2016]. Korzeń marchwi zawiera dużo odżywczych cukrów (sacharoza, glukoza), białko, liczne karoteny, prowitaminę A, witaminy z grupy B, C, E, H, K, PP oraz Ca, Fe, miedź (Cu) i P, a także pektyny [Roszkowska i in. 2016]. Wśród owoców wybieranych przez żółwie najbardziej energetyczne są banany. Owoce z reguły zawierają śladowe ilości białka, jednakże w bananach jest go stosunkowo dużo. W ich skład wchodzi również: błonnik, węglowodany, witaminy z grupy B, C, niacyna, beta-karoten. Ponadto banany zawierają dużo składników mineralnych (Ca, P, K, Na, Fe, Mg, Se, Cu, Zn, Mn) [Sidhu i Zafar 2018]. Owoce cytrusowe są chętniej konsumowane przez żółwie, choć nie są tak energetyczne jak banany. Zawierają wiele witamin, a najwięcej witaminy C oraz składników mineralnych potrzebnych do prawidłowego rozwoju [Lu i in. 2023].

Najczęściej pobierany pokarm zwierzęcy jako pokarm uzupełniający dietę roślinną żółwi lądowych

Jako pokarm uzupełniający dietę roślinną żółwie lądowe najchętniej wybierały suszoną dafnię (30,3%) oraz twaróg i kefir (22,2%). Najrzadziej zjadane było mięso ryb słodkowodnych (7,4%) oraz owady (5,0%). Żółwie lądowe to typowi roślinożercy; około 80% ich pokarmu stanowią rośliny, które nie zaspokajają ich zapotrzebowania na białko. Niektóre rośliny zawierają dużą ilość białka, które wartością biologiczną nie ustępuje produktom zwierzęcym [Boczar 2018]. Roślin tych jednak nie powinno się podawać żółwiom, ponieważ mogą one powodować wzdęcia. Żółwiom lądowym białko potrzebne jest do prawidłowego rozwoju, budowy komórek i innych procesów biologicznych. Pokarm pochodzenia zwierzęcego jest tylko dodatkiem do diety podstawowej u żółwi lądowych. Odradza się jednak regularne i zbyt częste podawanie pokarmu zwierzęcego bogatego w proteiny, ponieważ układ pokarmowy żółwi lądowych nie jest przystosowany do zbyt częstego trawienia pokarmu zwierzęcego o wiele bogatszego w białko niż pokarm pochodzenia roślinnego. Może to prowadzić do wzmożonej produkcji kwasu moczowego we krwi, a tym samym do skazy moczanowej [Matula 2017]. Badania własne wykazały, że ponad 90% badanych wzbogaca dietę żółwi lądowych o pokarm pochodzenia zwierzęcego, z czego prawie 59% podawało tego rodzaju pokarm nieregularnie, blisko 21% robiło to rzadziej niż raz w tygodniu, a prawie 12% zadeklarowało, że podaje pokarm zwierzęcy minimum raz w tygodniu.

Żółwie wodne i wodno-lądowe

Najczęściej pobierany pokarm zwierzęcy

Żółwie wodne i wodno-lądowe najchętniej konsumowały surowe chude mięso (24,6%). Różnica procentowa pomiędzy innymi pokarmami nie była znacząca, ponieważ równie chętnie zjadały mieloną wołowinę (18,8%), ślimaki (17,5%), ryby słodkowodne (16%) lub owady pływające po wodzie (14,5%), najrzadziej zaś konsumowane były dżdżownice (6,8%). Nie zmienia to faktu, że żółw żyjący w niewoli praktycznie nie ma możliwości wyboru pokarmu i musi zadowolić się jedzeniem, które dostał od swojego opiekuna, a ono jest często monokulturowe. Głównym składnikiem w diecie żółwi wodnych i wodno-lądowych jest pokarm zwierzęcy, który jest bogaty w białko [Pasterny 2017]. Jednak kiedy zwierzęta osiągną dojrzałość płciową i ich tempo wzrostu spada, podaż białka zwierzęcego należy ograniczyć i zapewnić większą ilość produktów roślinnych [Rawski in. 2018].

Częstotliwość wzbogacania diety żółwi wodnych i wodno-lądowych o pokarm roślinny

Z przeprowadzonych badań wynika, że ankietowani zbyt rzadko wzbogacali dietę swoich żółwi w pokarm pochodzenia roślinnego. Codziennie pokarm pochodzenia zwierzęcego uzupełniany był pokarmem roślinnym tylko u 8,6% żółwi. Większość ankietowanych zadeklarowała, że uzupełnia dietę o pokarm roślinny rzadziej niż raz w tygodniu (30,9%) lub nieregularnie (40,7%). Natomiast 12,3% respondentów nie uzupełnia diety swoich podopiecznych tego rodzaju pokarmem. Pokarm roślinny jest bardzo ważny w żywieniu żółwi mięsożernych, ponieważ poza niezbędnymi witaminami i składnikami mineralnymi zawiera również błonnik, który ma pozytywne znaczenie dla organizmu – usuwa zaparcia, stabilizuje poziom glukozy we krwi, ogranicza przyrost masy ciała, zapobiega powstawaniu nowotworów, wiąże wodę i zwiększa ilość usuwanych odpadów. Pomaga w wyplukiwaniu toksyn i ubocznych produktów przemiany materii w przewodzie pokarmowym. Ponadto reguluje działalność flory jelitowej i ogranicza wchłanianie metali ciężkich, takich jak rtęć (Hg) czy ołów (Pb), z pożywieniem. Zbyt duże spożycie błonnika może jednak powodować dolegliwości w układzie pokarmowym (wzdęcia, biegunki) lub doprowadzić do niedożywienia i niedoboru Ca oraz Fe czy Zn [Bienkiewicz i in. 2015]. Badania własne wykazały, że spośród pokarmów uzupełniających dietę żółwi wodnych i wodno-lądowych najchętniej wybieranym przez gady pokarmem są rośliny akwariowe (21,9%), rzadziej kiełkująca pszenica (10,3%), koniczyna (9,04%) oraz zielony groszek (8,6%). Najrzadziej wybieranym pokarmem była sałata (3,4%). Jednak często zdarza się, że upodobania żółwi różnią się wraz z wyborem pokarmu przez hodowcę. Z badań własnych wynika, że wśród ankietowanych najczęściej wybieranym pokarmem była marchew gotowana (22,3%) i sałata (22,3%), a następnie owoce (14,3%) oraz rośliny akwariowe (12,5%).

Podsumowanie

Przeprowadzona ankieta wykazała braki wiedzy właścicieli żółwi na temat odpowiedniej opieki i właściwych praktyk żywieniowych dotyczących tych zwierząt. Tylko 48% ankietowanych posiadało dostateczną wiedzę na temat żywienia żółwi. Potencjalnie może to zwiększać ryzyko wystąpienia chorób dietozależnych. Żółwie w niewoli wymagają szczególnej troski, a brak odpowiednich warunków prowadzi do ich cierpienia i śmierci. Tylko 53% respondentów zna różnice w żywieniu żółwi lądowych i wodnych, co jest kluczowe dla ich zdrowia. Większość właścicieli stosuje dodatki mineralne nieregularnie, a świadomość konieczności suplementacji witaminowej jest niska, co zwiększa ryzyko wystąpienia awitaminozy u tych zwierząt. Znajomość objawów chorób u żółwi jest niska, 69% ankietowanych nie umiało ocenić swojej wiedzy na ten temat.

Opiekunowie najczęściej podawali żółwiom lądowym sałatę, ogórki i pomidory, które nie są wystarczająco wartościowe energetycznie. Wynika z tego, że istnieje potrzeba szerszej edukacji właścicieli utrzymujących żółwie w warunkach amatorskich, co jest kluczowe dla zapewnienia dobrostanu tych zwierząt.

Piśmiennictwo

- Bienkiewicz M., Bator E., Bronkowska M., 2015. Błonnik pokarmowy i jego znaczenie w profilaktyce zdrowotnej. *Probl. Hig. Epidemiol.* 96(1), 57–63.
- Boczar P., 2018. Białko roślinne – źródła, koszty produkcji i jakość. *Zesz. Nauk. Szk. Gł. Gospod. Wiej.* Warszawa, *Probl. Rol. Świat.*, 18(4), 122–132, <https://doi.org/10.22630/PRS.2018.18.4.103>
- Colla G., Kim H.J., Kyriacou M.C., Roupheal Y., 2018. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci Hortic*, 237, 221–238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.016>
- Gibbons P.M., 2014. Advances in reptile clinical therapeutics. *J. Exot. Pet. Med.* 23(1), 21–38, <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2013.11.007>.
- Hoskins A., Thompson D., Mitchell M. A., 2022. Effects of artificial ultraviolet B radiation on plasma 25-hydroxyvitamin D3 concentrations in juvenile Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*). *J. Herpetol. Med. Surg.* 32(3), 225–229. <https://doi.org/10.5818/JHMS-D-21-00039>
- Konkol D., 2018. Perspektywa wykorzystania ziół w żywieniu gadów. *Życie Wet.* 93(4), 258–260.
- Konkol D., 2019. Choroby gadów wynikające z nieprawidłowych warunków utrzymania. *Życie Wet.* 94(7), 503–506.
- Konkol D., Cholewińska P., 2018. Błędy żywieniowe i wynikające z nich choroby metaboliczne gadów. *Życie Wet.* 93(8), 570–574.
- Lis B., Grabek-Lejko D., 2016. Mniszek lekarski (*Taraxacum officinale*) – potencjalne właściwości prozdrowotne. *Nauka Przyr. Technol.* 10(3), 37. <https://doi.org/10.17306/J.NPT.2016.3.37>
- Lu X., Zhao C., Shi H., Liao Y., Xu F., Du H., Xiao H., Zheng J., 2023. Nutrients and bioactives in citrus fruits: Different citrus varieties, fruit parts, and growth stages. *Crit. Rev. Food Sci.* 63(14), 2018–2041. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1969891>
- Maslanka M.T., Frye F.L., Henry B.A., Augustine L., 2023. Nutritional considerations. In: Warwick C., Arena P.C., Burghardt G.M. (red.), *Health and welfare of captive reptiles*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86012-7_14
- Matula A., 2017. Zespół żółwia podłogowego. *Mag. Wet.* 26(10), 75–79.
- Olejniczak M., 2018. Nowalijki – czy warto je jeść? *Por. Gospod.* 4, 28–29.
- Pasterny J., 2017. Preferencje żywieniowe żółwi lądowych najczęściej utrzymywanych w warunkach domowych. *Życie Wet.* 92(9), 678–680.

- Parvizishad M., Dalvand A., Mahvi A.H., Goodarzi F., 2017. A review of adverse effects and benefits of nitrate and nitrite in drinking water and food on human health. *Health Scope* 6(3), e14164. <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.14164>
- Rawski M., Mans C., Kierończyk B., Świątkiewicz S., Barc A., Józefiak D., 2018. Freshwater turtle nutrition – a review of scientific and practical knowledge. *Ann. Anim. Sci.* 18(1), 17–37. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0025>
- Roszkowska B., Piłat B., Tańska M., 2015. Porównanie składu chemicznego korzeni marchwi o barwie pomarańczowej, purpurowej i białej. *Nauka Przyroda Technologie*, 9(4), 59. <https://doi.org/10.17306/J.NPT.2015.4.59>
- Schmidt-Ukaj S., Hochleithner M., Richter B., Hochleithner C., Brandstetter D., Knotek Z., 2017. A survey of diseases in captive bearded dragons: a retrospective study of 529 patients. *Vet. Med.* 62, 508–515 <https://doi.org/10.17221/162/2016-VETMED>
- Sidhu J.S., Zafar T.A., 2018. Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. *Food Qual. Saf.* 2(4), 183–188. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy019>
- Scott G.N., Nollens H.H., Schmitt T.L., 2019. Evaluation of plasma 25-hydroxyvitamin D, ionized calcium, and parathyroid hormone in green sea turtles (*Chelonia mydas*) exposed to different intensities of ultraviolet B radiation. *J. Zoo Wildlife Med.* 50(2), 421–426. <https://doi.org/10.1638/2017-0115>
- Sharun K., Panikkassery S., Sidhique S.A., 2019. Medical management of conjunctivitis and shell rot in a red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*). *Comp. Clin. Path.* 28, 575–577. <https://doi.org/10.1007/s00580-019-02911-4>
- Szczepaniuk, E., Tarczyńska R., Brodziak A., Stanek P., Król J., 2018. Bezpieczeństwo żywności ekologicznej. W: Nowakowicz-Dębek B., Chabuz W. (red.), *Biogospodarka i środowisko*. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Lublin, 5–11.
- Uthpala T.G., Marapana R.A.U., Lakmini K.P., Wettimuny D.C., 2020. Nutritional bioactive compounds and health benefits of fresh and processed cucumber (*Cucumis sativus* L.), *Sum. J. Biotechnol.* 3(9), 75–82. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17510.04161>
- Zdrojewicz Z., Pachura E., Pachura P., 2016. Medicinal activity of tomatoes fruits. *Post. Fitoter.* 1, 44–48.

Klitoria ternateńska (*Clitoria ternatea* L.) – wykorzystanie w profilaktyce u ludzi i zwierząt

Magdalena Moczulska¹, Marek Babicz², Edyta Kowalczyk-Vasilev¹

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

² Zakład Hodowli i Biotechnologii Świń, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

autor korespondencyjny: magdalena.moczulska@up.lublin.pl

Wstęp

Wprowadzenie zakazu stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu Unii Europejskiej w 2006 r. spowodowało wzrost zainteresowania producentów i hodowców substancjami biologicznie czynnymi zawartymi w roślinach – ziołach, które mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie i wyniki produkcyjne zwierząt [Li 2017]. Zioła wytwarzają m.in. alkaloidy, terpenoidy, flawonoidy, pigmenty i garbniki, które pełnią rolę w profilaktyce zdrowotnej ludzi i zwierząt.

Klitoria ternateńska (*Clitoria ternatea* L.) to wieloletnia roślina zielna z rodziny bobowatych. Występuje powszechnie w Indochinach, na Filipinach i Madagaskarze. Obecnie naturalizowane populacje tego gatunku rozmieszczone są w warunkach pantropikalnych [Vasisht i in. 2016]. Wynika to ze specyficznych cech klitorii ternateńskiej, takich jak: tolerancja na suszę, samozapylenie i zdolność do wiązania azotu. Najkorzystniejsze warunki agrotechniczne dla wzrostu i rozwoju tej rośliny to duża wilgotność powietrza, opady deszczu na poziomie 650–1250 mm oraz temperatura 27°C [Jamil i in. 2018, Oguis i in. 2019].

Klitoria ternateńska wytwarza pięciokrotne, zygomorficzne niebieskie kwiaty w kształcie grochu z rurkowatym kielichem składającym się z pięciu działek, które są zrosnięte na około dwóch trzecich ich długości. Efektowna korona zbudowana jest z pięciu wolnych płatków, jednego dużego i zaokrąglonego żagielka, dwóch pomarszczonych skrzydełek, które często są o połowę krótsze od żagielka i dwóch białych stępków, które pomagają chronić organy kwiatowe [Biyoshi i Geetha, 2012]. Charakterystyczny niebieski kolor kwiatów *Clitoria ternatea* nadawany jest im przez antocyjany. Strąki są wąskie, ze spiczasto zakończonymi końcami i zawierają około 10 nasion. Klitoria ternateńska wytwarza pierzaste, złożone liście, które są jajowate i całe z emarginowanymi końcami. Naskórek na obu powierzchniach liści składa się z pojedynczej warstwy komórek chronionych grubą kutikulą i wy-

rostkami włosków [Oguis i in. 2019]. Nasiona zawierają kwasy: palmitynowy (7,7%), stearynowy (4,1%), oleinowy (7,5%), linolowy (32,8%) i linolenowy (38,9%) [Knothe i in. 2016]. Klitoria ternateńska wytwarza rozległy system głębokich korzeni z brodawkami korzeniowymi zdolnymi do wiązania azotu. Tak rozległy system korzeni umożliwia roślinie przetrwanie suszy do 7–8 miesięcy [Oguis i in. 2019].

Związki biologicznie czynne

Klitoria ternateńska zawiera wiele związków bioaktywnych, między innymi alkaloidy, garbniki, glikozydy, żywice, steroidy, saponiny, flawonoidy i fenole. Głównymi zidentyfikowanymi fitoskładnikami są pentacykliczne triterpenoidy – tarakserol i tarakseron. Z kolei badania fitochemiczne wykazały obecność glikozydów flawonoidowych, takich jak rutyna, delfidyna, kemferol, kwercetyna i malwidyna [Swathi i in. 2021]. Korzenie *Clitoria ternatea* zawierają liczne związki biologicznie czynne: triterpenoidy, tarakserol, tarakseron, glikozydy flawonoidowe, antocyjany (głównie ternatyny), klitorinolaktony A, B, C, które należą do grupy norneolignanów, steroidy oraz są źródłem kwasów tłuszczowych [Vasisht i in. 2016]. W *Clitoria ternatea* zidentyfikowano także cyklotydy. Są to cykliczne mini-proteiny pochodzenia roślinnego z trzema zazębiającymi się wiązaniami dwusiarczkowymi, które wykazują stabilność i potencjał jako peptydowe środki terapeutyczne. Związki te działają silnie przeciwbakteryjnie, szczególnie przeciwko bakteriom Gram-ujemnym, przy minimalnych stężeniach hamujących już od 0,5 μm . Co więcej, wykazują one również znaczącą aktywność immunostymulującą. W stężeniu 1 μm kationowe kliotydy są zdolne do zwiększania wydzielania cytokin i chemokin w ludzkich monocytach zarówno w stanie spoczynku, jak i po stymulacji lipopolisacharydami [Nguyen i in. 2016].

Zastosowanie

Klitoria ternateńska jest powszechnie uprawiana jako roślina ozdobna, a także gatunek regeneracyjny. W Azji Południowo-Wschodniej pigment z niebieskich kwiatów klitorii jest tradycyjnie stosowany jako barwnik żywności [Havananda i Luengwilai 2019]. Co więcej, jest to jedna z najważniejszych roślin pastewnych w południowo-wschodniej Azji, Chinach, Sudanie, Indiach oraz w Środkowej i Południowej Ameryce [Morsy i Awadalla 2017]. Korzenie, kwiaty, liście i nasiona klitorii ternateńskiej wykorzystywane są w tradycyjnej indyjskiej medycynie ludowej ze względu na ich właściwości lecznicze, np. są zalecane w leczeniu ukąszeń węży i użądleń skorpionów [Vasisht i in. 2016]. W tradycyjnej medycynie wschodniej używane są do leczenia ciężkiego zapalenia oskrzeli, astmy, niestrawności, zapaść, gorączki, zapalenia stawów, dolegliwości oczu, bólu gardła i chorób

skóry, a także jako środek wzmacniający pamięć, środek przeciwlękowy, przeciwdepresyjny i uspokajający. Odwar lub proszek z korzenia klitorii ternateńskiej stosowany jest przy reumatyzmie i chorobach ucha [Swathi i in. 2021].

Badanie toksyczności ostrej na szczurach albinosach Wistar, którym podawano doustnie wodny ekstrakt etanolowy (2000 mg/kg masy ciała) z kwiatów klitorii ternateńskiej, nie wykazało przypadków śmierci zwierząt doświadczalnych, nieprawidłowości ani znaczących różnic w wartościach hematologicznych (glukoza, białko całkowite, albumina, globuliny, bilirubina całkowita, aminotransferaza asparaginianowa, aminotransferaza alaninowa) pomiędzy grupą badawczą a grupą kontrolną [Srichaikul 2018]. Jak podaje Kumar i in. [2007], tarakserol zawarty między innymi w korzeniach rośliny ma działanie hamujące na acetylocholinoesterazę, a przez to wpływa na poziom acetylocholino, która oddziałuje na pamięć, a tym samym na wyniki uczenia się. W badaniu z udziałem myszy LACA z wykorzystaniem modelu labiryntu wodnego Morrisa wykazano pozytywny wpływ klitorinolaktonu A i B zawartego w klitorii ternateńskiej na uczenie się i pamięć. Dodatkowo stwierdzono, że substancje te, podobnie jak tarakserol, wykazują działanie hamujące acetylocholinoesterazę w mózgu myszy [Vasisht i in. 2016]. W innym doświadczeniu podawanie szczurom ekstraktu z korzenia *Clitoria ternatea* w dawkach 200 i 300 mg/kg spowodowało znaczną poprawę wydajności pamięci u szczurów z deficytami funkcji poznawczych i hipokampa wywołanymi przewlekłą hipoperfuzją mózgu. Stwierdzono to za pomocą obrazowania jonów wapnia przy użyciu pierwotnie hodowanych neuronów szczurów. Ekstrakt powodował zwiększenie poziomu wapnia napływającego do receptorów glutaminianu, a w konsekwencji poprawę funkcji synaptycznej, co może wyjaśniać mechanizm jego wpływu na zachowania poznawcze [Damodaran i in. 2018].

Ekstrakt z kwiatu klitorii ternateńskiej wykazuje działanie przeciwcukrzycowe [Borikar i in. 2018], przeciwutleniające [Chayaratanasin i in. 2015], przeciwdrobnoustrojowe [Leong i in. 2017], antyproliferacyjne i przeciwnowotworowe [Shen i in. 2016]. Kwiaty klitorii można stosować jako naturalne źródło przeciwutleniaczy i możliwy suplement w przemyśle spożywczym lub farmaceutycznym [Jeyaraj i in. 2021]. Wykazano, że ekstrakty z liści *Clitoria ternatea* mogą być stosowane jako leki przeciwcukrzycowe. Szczury Wistar, którym podawano doustnie 400 mg etanolowego ekstraktu z liści klitorii na kilogram masy ciała dziennie przez 28 dni, miały znacznie niższy poziom glukozy, insuliny, hemoglobiny glikozylowanej, mocznika i kreatyniny we krwi w porównaniu z grupą kontrolną z cukrzycą. Ponadto poziomy enzymów wątrobowych (transaminazy glutaminianowo-szczawianowej w surowicy, transaminazy glutaminianowo-pirogronianowej, dehydrogenazy mleczanowej i fosfatazy alkalicznej) u leczonych szczurów były niższe niż u szczurów z grupy kontrolnej z cukrzycą i porównywalne ze zdrowymi szczurami z grupy kontrolnej [Kavitha 2018]. Badania, które przeprowadzili Chusak i in. [2018], skupiały się na wpływie ekstraktu z kwiatów klitorii ternateńskiej na odpowiedź glikemiczną i zdolność antyoksydacyjną u ludzi. Badanie kliniczne na małą skalę

z udziałem 15 zdrowych mężczyzn wykazało, że spożycie 1 lub 2 g ekstraktu wraz z 50 g sacharozy obniżyło poziom glukozy i insuliny w osoczu. Co więcej, po spożyciu ekstraktu zwiększyły się także poposiłkowe zdolności przeciwutleniające w osoczu badanych. Klitoria ternateńska charakteryzuje się aktywnością nootropową. Badania Talpate i in. [2014] wykazało, że ekstrakt etanolowy z liści *Clitoria ternatea* w dawce 200 i 400 mg/kg podawany szczurom z wywołanym cukrzycą pogorszeniem funkcji poznawczych powodował znaczny spadek aktywności acetylcholinoesterazy, całkowitego poziomu tlenu azotu i poziomu nadtlenu lipidów, podczas gdy poziomy katalazy, dysmutazy ponadtlenkowej i glutationu znacząco wzrosły. W konsekwencji dochodziło do wzrostu przestrzennej pamięci roboczej w próbie retencji w porównaniu z grupą kontrolną. Inne badanie wykazało, że szczury karmione przez 60 dni „medhya rasayana” – mieszkanką klitorii ternateńskiej z nierafinowanym cukrem trzcinowym w proporcji 1:1 (3 g na kilogram masy ciała na dzień), wykazywały znaczne zmniejszenie autofagii w mózgu. Szczury z grupy badawczej w porównaniu z grupą kontrolną wykazywały także różną ekspresję genów związanych z regulacją autofagii, naprawą poprzez wycinanie nukleotydów, rekombinacją homologiczną itp. Autorzy sugerują, że klitoria ternateńska chroni mózg poprzez wpływ na szlak kierowany autofagią [Raghu i in. 2017]. Natomiast w badaniu Swathi i in. [2021] wykorzystano obrzęk łap u szczurów Wistar wywołany karagenem i histaminą do przetestowania przeciwzapalnej skuteczności EECT (etanolowego ekstraktu z kwiatów *Clitoria ternatea*) w dawce 200 i 400 mg/kg masy ciała. Wyniki wykazały, że zarówno w zapaleniu wywołanym karagenem, jak i histaminą stosowanie EECT znacząco zmniejszyło średnią objętość obrzęku łapy. Zmniejszenie stanu zapalnego wywołanego histaminą można przypisać kwercetynie, która hamuje reakcje alergiczne na histaminę. W tym samym badaniu działanie przeciwartretyczne EECT określono poprzez systematyczną ocenę objawów zapalenia stawów i pomiar obrzęku łap. Wyniki radiologiczne wykazały znaczne zmniejszenie szpary stawowej, co wskazywało na zwyrodnienie chrząstki, erozję kości, obrzęk tkanek miękkich i deformację stawów w grupie kontrolnej z zapaleniem stawów, podczas gdy w grupie standardowej i grupie, której podawano ekstrakt, nie wykazano widocznych objawów deformacji stawów. Działanie przeciwartretyczne potwierdzono także na podstawie zmienionych parametrów biochemicznych, hematologicznych (Hb, RBC i WBC) oraz przeciwutleniających (SOD, MDA, CAT i GSH). Tarakserol, tarakseron, rutyna, kwercetyna, delfinidyna, kaemferol i malwidyna to terpenoidy, flawonoidy i triterpenoidy zawarte w ekstrakcie z klitorii najprawdopodobniej były odpowiedzialne za wywołanie efektu przeciwartretycznego. Co więcej, w badaniu, w którym wykorzystano organizm modelowy (nicień *Caenorhabditis elegans*), stwierdzono, że ekstrakt z klitorii ternateńskiej skutecznie zabija larwy tych nicieni, przy czym ekstrakt z korzenia powoduje większą śmiertelność niż ekstrakty z liści [Gilding i in. 2015]. W tym samym badaniu wykazano, że ekstrakty z tej rośliny przenikają przez permeabilizowane lipidy błonowe owadów, przy czym największą siłę działania wykazują

ekstrakty z pędów (0,31 µg/ml LC 50). Dzięki temu działają jako naturalny insektycyd lub środek odstraszający owady [Gilding i in. 2015]. W jednym z doświadczeń wykazano, że zastosowanie opartej na oleju mieszaniny *Clitoria ternatea* (1–2% obj.) do transgenicznych i konwencjonalnych upraw bawełny spowodowało wzrost śmiertelności larw *Helicoverpa* spp. oraz zmniejszone składanie jaj i żerowanie larw. Nie zaobserwowano szkodliwego działania ekstraktu na pożyteczne owady, co sugeruje, że ekstrakty z klitorii ternateńskiej mogą stanowić podstawę dla przyjaznych dla środowiska naturalnych insektycydów [Mensah i in. 2015]. Badania, które przeprowadzili Anthika i in. [2015], wykazały, że wodny ekstrakt z liści i kwiatów klitorii ternateńskiej uzyskany z wykorzystaniem ekstrakcji wspomaganiej ultradźwiękami hamuje wzrost *Staphylococcus aureus*. Uzyskany wyciąg z kwiatów charakteryzował się najwyższą zawartością antocyjanów, a także wykazywał najwyższą aktywność przeciwbakteryjną przeciw *S. aureus*. W doświadczeniu, które przeprowadzili Saengnak i in. [2021], przeanalizowano wpływ wodnego ekstraktu z kwiatów klitorii ternateńskiej na ciśnienie krwi i zmiany w nerkach wywołane podawaniem chlorowodoru estru metylowego N ω-nitro-L-argininy (L-NAME). Samce szczurów Sprague Dawley otrzymywały L-NAME w wodzie pitnej, a następnie ekstrakt z kwiatów klitorii ternateńskiej lub lizynopryl. U szczurów z indukowanym nadciśnieniem obserwowano akumulację kłębuszkowej macierzy pozakomórkowej, zwłóknienie nerek i zwiększone poziomy kreatyniny w surowicy, wysokie poziomy angiotensyny II (Ang II) w osoczu i zwiększoną ekspresję białka oksydazy dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego 4 (Nox4). Ekstrakt z kwiatów klitorii ternateńskiej wywoływał działanie łagodzące te objawy. Ponadto zmniejszał peroksydację lipidów i podnosił poziom dialdehydu malonowego w osoczu i nerkach. Dowodzi to, że zastosowanie ekstraktu z klitorii ternateńskiej zapobiega uszkodzeniu nerek poprzez zmniejszenie Ang II w osoczu, ekspresji Nox4 w nerkach i stresu oksydacyjnego u szczurów.

Podsumowanie

Klitoria ternateńska, ze względu na zawartość składników biologicznie czynnych, jest szeroko wykorzystywana w profilaktyce zdrowotnej ludzi, szczególnie w tradycyjnej medycynie wschodniej. Badania prowadzone na szczurach dostarczają wielu nowych informacji o możliwości implementacji tych wyników w profilaktyce zwierząt gospodarskich. Wydaje się to istotne dla hodowli i produkcji trzody chlewnej, ponieważ świnia domowa (*Sus scrofa* f. *domestica*), podobnie jak szczury, wykorzystywana jest jako zwierzę modelowe w badaniach biomedycznych. Dzięki temu może zostać wykorzystana w doświadczeniach, których celem jest zbadanie oddziaływania tej rośliny na zdrowie i produktywność świń, a ich wyniki będą mogły być wykorzystane w medycynie ludzi.

Piśmiennictwo

- Anthika B., Kusumocahyo S.P., Sutanto H., 2015. Ultrasonic approach in *Clitoria ternatea* (butterfly pea) extraction in water and extract sterilization by ultrafiltration for eye drop active ingredient. *Proc. Chem.* 16, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.046>
- Biyoshi A.K., Geetha K.A., 2012. Polymorphism in flower colour and petal type in Aparajita (*Clitoria ternatea*). *Open Acc. J. Med. Aromat. Plants*, 3, 12–14.
- Borikar S.P., Kallewar N.G., Mahapatra D.K., Dumore N.G., 2018. Dried flower powder combination of *Clitoria ternatea* and *Punica granatum* demonstrated analogous anti-hyperglycemic potential as compared with standard drug metformin: *in vivo* study in Sprague Dawley rats. *J. Appl. Pharm. Sci.* 8, 75–79. <https://doi.org/10.7324/japs.2018.81111>
- Chayaratanasin P., Barbieri M.A., Suanpairintr N., Adisakwattana S., 2015. Inhibitory effect of *Clitoria ternatea* flower petal extract on fructose-induced protein glycation and oxidation-dependent damages to albumin *in vitro*. *BMC Complement. Altern. Med.* 15, 27. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0546-2>
- Chusak C., Thilavech T., Henry C.J., Adisakwattana S., 2018. Acute effect of *Clitoria ternatea* flower beverage on glycemic response and antioxidant capacity in healthy subjects: a randomized cross-over trial. *BMC Complement. Altern. Med.* 18, 6. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2075-7>
- Damodaran T., Tan B.W.L., Liao P., Ramanathan S., Lim G.K., Hassan Z., 2018. *Clitoria ternatea* L. root extract ameliorated the cognitive and hippocampal long-term potentiation deficits induced by chronic cerebral hypoperfusion in the rat. *J. Ethnopharmacol.* 224, 381–390. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.06.020>
- Gilding E.K., Jackson M.A., Poth A.G., Henriques S.T., Prentis P.J., Mahatmanto T., Craik D.J., 2015. Gene coevolution and regulation lock cyclic plant defence peptides to their targets. *New Phytol.* 210, 717–730. <https://doi.org/10.1111/nph.13789>
- Havananda T., Luengwilai K., 2019. Variation in floral antioxidant activities and phytochemical properties among butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) germplasm. *Genet. Resour. Crop. Environ.* 66, 645–658. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-00738-6>
- Jamil N., Zairi M.N.M., Nasim N., Pa'ee F., 2018. Influences of environmental conditions to phytoconstituents in *Clitoria ternatea* (butterfly pea flower): a review. *J. Sci. Technol.* 10, 208–228. <https://doi.org/10.30880/jst.2018.10.02.029>
- Jeyaraj E.J., Lim Y.Y., Choo W.S., 2021. Extraction methods of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower and biological activities of its phytochemicals. *J. Food Sci. Technol.*, 58(6), 2054–2067. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04745-3>
- Kavitha R., 2018. Biochemical studies on the effect of ethanolic extracts of *Trichosanthes dioica* and *Clitoria ternatea* in streptozotocin induced male Wistar rats. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 9(11), 4682–4689. [https://doi.org/10.13040/ijpsr.0975-8232.9\(11\).4682-89](https://doi.org/10.13040/ijpsr.0975-8232.9(11).4682-89)
- Knothe G., Razon L.F., Madulid D.A., Agoo E.M., De Castro M.E., 2016. Fatty acid profiles of some fabaceae seed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 93, 1007–1011. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2845-2>
- Kumar V., Mukherjee K., Pal B.C., Houghton P.J., Mukherjee P.K., 2007. Acetylcholinesterase inhibitor from *Clitoria ternatea*. *Planta Med.* 73, 479. <https://doi.org/10.1055/s-2007-987259>
- Leong C.R., Azizi M.A.K., Taher M.A., Wahidin S., Lee K.C., Tan W.N., Tong W.Y., 2017. Anthocyanins from *Clitoria ternatea* attenuate food-borne *Penicillium expansum* and its potential application as food biopreservative. *Nat. Prod. Sci.* 23(2), 125–131. <https://doi.org/10.20307/nps.2017.23.2.125>
- Li J., 2017. Current status and prospects for in-feed antibiotics in the different stages of pork production. A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sc.* 30(12), 1667–1673. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0418>
- Mensah R., Leach D., Young A., Watts N., Glennie P., 2015. Development of *Clitoria ternatea* as a biopesticide for cotton pest management: assessment of product effect on *Helicoverpa* spp. and their natural enemies. *Entomol. Exp. Appl.* 154(2), 131–145. <https://doi.org/doi:10.1111/eea.12263>

- Morsy A.S.M., Awadalla A., 2017. Growth, forage yield and quality of clitoria (*Clitoria ternatea*) as affected by dates and methods of sowing and phosphorus fertilizer under toshka region condition. Middle East J. Agric. Res. 6, 506–518.
- Nguyen K.N.T., Nguyen G.K.T., Nguyen P.Q.T., Ang K.H., Dedon P.C., Tam J.P., 2016. Immunostimulating and Gram-negative-specific antibacterial cyclotides from the butterfly pea (*Clitoria ternatea*). The FEBS J. 283(11), 2067–2090. <https://doi.org/10.1111/febs.13720>
- Oguis G.K., Gilding E.K., Jackson M.A., Craik D.J., 2019. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. Front. Plant Sci. 10, 645. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00645>
- Raghu K.S., Shamprasad B.R., Kabekkodu S.P., Paladhi P., Joshi M.B., Valiathan M.S., Guruprasad K.P., Satyamoorthy K., 2017. Age dependent neuroprotective effects of medhya rasayana prepared from *Clitoria ternatea* Linn. in stress induced rat brain. J. Ethnopharmacol. 197, 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.07.068>
- Saengnak B., Kanla P., Samrid R., Berkban T., Mothong W., Pakdeechote P., Prachaney P., 2021. *Clitoria ternatea* L. extract prevents kidney damage by suppressing the Ang II/Nox4/oxidative stress cascade in l-NAME-induced hypertension model of rats. Ann. Anat. 238, 151783. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2021.151783>
- Swathi K.P., Jayaram S., Sugumar D., Rymbai E., 2021. Evaluation of anti-inflammatory and antiarthritic property of ethanolic extract of *Clitoria ternatea*. Chin. Herb. Med. 13(2), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2020.11.004>
- Shen Y, Du L, Zeng H, Zhang X., Prinyawiwatkul W., Alonso-Marengo J.R., Xu Z., 2016. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*) seed and petal extracts decreased Hep-2 carcinoma cell viability. Int. J. Food Sci. Technol. 51, 1860–1868. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13158>
- Srichaikul B., 2018. Ultrasonication extraction, bioactivity, antioxidant activity, total flavonoid, total phenolic and antioxidant of *Clitoria ternatea* linn flower extract for anti-aging drinks. Pharmacogn. Mag. 14(56). https://doi.org/10.4103/pm.pm_206_17
- Talpate K.A., Bhosale U.A., Zambare M.R., Somani R.S., 2014. Neuroprotective and nootropic activity of *Clitoria ternatea* Linn. (*Fabaceae*) leaves on diabetes induced cognitive decline in experimental animals. J. Pharm. Bioallied Sci. 6(1), 48–55. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.124317>
- Vasisht K., Dhobi M., Khullar S., Mandal S.K., Karan M., 2016. Norneolignans from the roots of *Clitoria ternatea* L. Tetrahedron Lett. 57(16), 1758–1762. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2016.03.024>

Whey as a source of antioxidant protein hydrolysate for functional food

Piotr Rożek¹, Michał Czelej^{2,3}, Katarzyna Garbacz^{1,2,3}, Jacek Wawrzykowski^{2,4}

¹ Weltbox Sp. o.o.,

² Biolive Innovation Sp. z o.o.,

³ Department of Biotechnology, Microbiology and Human Nutrition, Faculty of Food Science and Biotechnology, University of Life Sciences in Lublin

⁴ Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, University of Life Sciences in Lublin
autor korespondencyjny: jacek.wawrzykowski@up.lublin.pl

Abstract

The functional food sector is rapidly evolving as consumers seek products with added health benefits. This trend has led to an increased interest in bioactive peptides, known for their potential to influence health outcomes by exhibiting bioactive properties. Whey protein, once considered merely a by-product of the cheese industry, is now valued for its rich array of biologically active components suitable for the generation of such peptides. This study aimed to explore the production of antioxidant-rich protein hydrolysates derived from whey protein via a controlled enzymatic hydrolysis process. Employing a strategic two-step hydrolysis with papain and pepsin, a significant degree of hydrolysis was achieved. The antioxidant efficacy of the resulting hydrolysate was robustly evidenced by its performance in ABTS•+ and DPPH• radical scavenging assays, suggesting its role as a potent fortifying agent for functional foods. This research highlights the strategic use of enzymatic hydrolysis in transforming whey into a nutrient-dense additive, which supports sustainable practices and meets consumer demands for nutritionally superior food products.

Introduction

The pursuit of strategies to improve public health has led scientists and food manufacturers to increasingly focus on the development of functional foods that provide health benefits beyond basic nutrition. In response to growing consumer interest in health and wellbeing, the functional food market has been dynamically expanding, enriching its offerings with innovative products containing ingredients that have a proven impact on various aspects of human physiology [Lafarga and Hayes 2016]. Among these products, those featuring bioactive peptides have gained significant popularity in the functional food sector due to their health-promoting properties such as antioxidant, antihypertensive, and antibacterial activities [Ozuna et al. 2015].

Whey, traditionally considered a problematic by-product of cheese production, has undergone a remarkable renaissance in recent years. No longer seen as mere waste, whey has been acknowledged for its rich nutritional profile and has become a highly prized ingredient in the realm of functional foods [Dullius et al. 2018]. This transformation can be attributed to whey's comprehensive amino acid composition and the high bioavailability of its proteins, which include β -lactoglobulin, α -lactalbumin, bovine serum albumin, immunoglobulins, lactoferrin, lactoperoxidase, and glycomacropeptide [de Castro et al. 2017]. These proteins provide all the essential amino acids required for human health, making whey a complete protein source that is particularly rich in branched-chain amino acids (BCAAs) such as leucine, isoleucine, and valine, known to facilitate muscle synthesis and recovery [Mann et al. 2015]. The utilization of whey has evolved beyond its application in bodybuilding and sports nutrition, where it has been valued for muscle development and recovery. Whey protein isolates and concentrates, formed by removing a significant portion of the non-protein content from whey, have become commonplace in products aimed at populations ranging from young children to the elderly due to their high protein quality and digestibility [Brandelli et al. 2015, Guo and Wang 2019]. Hydrolyzed whey proteins, in which the protein is broken down into smaller peptide chains, have seen increasing use due to their reduced allergenic potential and ease of digestion, especially notable in infant formula and medical nutrition products [Minj and Anand 2020]. For those with heightened sensitivity or milk allergies, hydrolyzed whey proteins present a lower risk of triggering allergic reactions. This is because the hydrolysis process reduces the protein's allergenic determinants, making it a safer option for individuals with compromised immune systems or specific dietary restrictions [de Carvalho et al. 2017].

The enzymatic hydrolysis process is a sophisticated means of converting whey proteins into bioactive peptides, distinguished by its precision and mild operating conditions. Utilizing specific enzymes, hydrolysis is carefully controlled to target particular peptide bonds, resulting in peptides of defined lengths and bioactive functions [Hartmann and Meisel 2007]. This approach contrasts with chemical hydrolysis, which can lead to unwanted chemical modifications and less selective peptide cleavage due to harsher processing conditions like extreme pH levels and high temperatures. In commercial production, this method's scalability and reproducibility are vital, with control over factors such as enzyme concentration, pH, and temperature allowing for consistent outputs [Wang and Wang 2009]. Additionally, advancements in enzyme engineering offer the potential for creating peptides with enhanced health benefits [Hartmann and Meisel 2007].

The applications of the resulting peptides in functional foods are diverse. They include modifying food texture, improving sensory qualities, and most importantly, harnessing their specific health properties [Mann et al. 2015]. For instance, peptides possessing angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory activity can contribute to lowering blood pressure, thereby preventing cardiovascular diseases. Antioxidant peptides can be used to extend food shelf life by inhibiting oxidation processes and

as an additive that helps to neutralize free radicals in the body, which is crucial in the prevention of diseases associated with oxidative stress [Sarmadi and Ismail 2010].

Given these benefits, the development of efficient methods for the production of whey-derived peptides and their identification and characterization has become an area of intense scientific interest. This article focuses on the potential of utilizing whey as a source of protein to produce bioactive peptides through enzymatic hydrolysis and their application in functional foods.

Materials and methods

Substrate materials

The whey protein blend subjected to a specific filtration process employing cation-exchange membranes, in accordance with the methodology developed by Welt-box Sp. o.o., as detailed in patent application number P.439985.

Enzyme

Enzymatic hydrolysis was carried out using commercially available pepsin from porcine gastric mucosa powder, ≥ 400 units/mg protein (P7125, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA), papain from papaya latex crude powder, 1.5–10 units/mg solid (P3375, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) and trypsin from porcine pancreas, 1,000–2,000 units/mg solid (T4799, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA).

Other reagents

The following compounds were used: ethanol (96%, POCH, Gliwice, Poland), deionised water (resistivity $18.2 \text{ M}\Omega \times \text{cm}$), sodium hydroxide (NaOH, POCH, Gliwice, Poland), trifluoroacetic acid ($\geq 99.0\%$, Merck, Darmstadt, Germany), trichloroacetic acid ($\geq 99.0\%$, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA), 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine ($\geq 99.0\%$, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (97%,), sodium acetate tri-hydrate ($\geq 99.0\%$, Merck, Germany), acetic acid (96%, Avantor, Gliwice, Poland), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (97.0%, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (98.0%, Roche, Basel, Switzerland), potassium persulfate ($\geq 99.0\%$, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA), phosphate buffered saline (PBS, tablets, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA), hydrochloric acid (95%, POCH, Gliwice, Poland).

Methods

Enzymatic reaction

Whey protein hydrolysate was prepared using a two-step enzymatic hydrolysis process. Two experiments were carried out using a different amount of enzymes in

relation to the substrate (protein) content (E:S – 1:10 and 1:20). Initially, 1 L of membrane-filtered whey, with its protein concentration determined, was subjected to controlled heating on a magnetic stirrer until the temperature reached 70°C. Subsequently, the pH of the solution was finely tuned to 6.0 by the addition of 0.1 M sodium hydroxide (NaOH). Papain was then added to the solution. The enzymatic digestion was permitted to proceed for 2 hours at a constant temperature of 70°C with continuous stirring. The reaction was then quenched by heat inactivation at 100°C for a duration of 15 minutes. After that, the resultant mixture was allowed to cool to 37°C, followed by an adjustment of the pH to 3.0 using 1 M hydrochloric acid (HCl). Pepsin was blended into the solution. This mixture was maintained at 37°C with stirring for a further period of 2 hours. The hydrolysis was terminated through a heat inactivation at 100°C for 15 minutes. Subsequently, the hydrolyzed solution was cooled to ambient temperature and subjected to centrifugation at $3000 \times g$ for 30 minutes. The clear supernatant was carefully separated, lyophilized and stored refrigerated at 4°C until required for further analysis.

Degree of hydrolysis (DH)

The extent of proteolysis was determined by determining the concentration of soluble peptides. To achieve this, samples (0.5 mL) were systematically collected at specified time points (0, 30, 60, 90, and 120 minutes post-enzyme introduction) and were immediately combined with an equal volume (0.5 mL) of 10% (w/v) trichloroacetic acid to precipitate proteins. This mixture was allowed to incubate for a quarter-hour at ambient temperature, followed by centrifugation at 5,500 g for a duration of 10 minutes to separate the precipitate from the soluble fraction. The concentration of soluble peptides in supernatant was determined using spectrophotometric method by measuring absorbance at 280 nm. The degree of hydrolysis (DH) was calculated as the proportion of the soluble peptide mass relative to the overall protein mass and expressed as a percentage.

Antioxidative potential estimation

For the preparation of peptide samples, precisely 10 mg of lyophilized peptide samples was extracted in 1 ml of deionized water. This solution was subjected to vigorous agitation for 5 minutes at a frequency of 15 Hz using a Mixer Mill MM400 (Retsch, Haan, Germany). Sample was centrifuged for 3 minutes at a temperature of 15°C and at a relative centrifugal force of $33,000 \times g$ using a centrifuge model 32R (Hettich, Tuttlingen, Germany). The resultant clear supernatant was collected and used for subsequent analytical procedures. Absorbance measurements were carried out using a spectrophotometer (Marcel s330, Zielonka, Poland).

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

The ferric reducing ability of the hydrolysate was assessed using the FRAP assay [Benzie and Strain 1996]. Initially, a complexing agent solution was prepared by

mixing a 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) solution, dissolved in 40 mM hydrochloric acid, with a 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution and a 300 mM acetate buffer at pH 3.6, in a 1:1:10 volumetric ratio. Subsequently, 50 μl of the peptide sample was added to 150 μl of the FRAP reagent. This mixture was then thoroughly vortexed and incubated at 25°C for 5 minutes. Absorbance was subsequently measured at 593 nm using a spectrophotometer, against blank sample.

Determination of DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical-scavenging activity

The free radical-scavenging activity measurements were done using stable radical DPPH [Blois 1958]. In the initial step, a methanolic solution containing DPPH• radicals was prepared. To conduct the assay, to 150 μl of this DPPH• solution 50 μl of the peptide solution was added. The mixture was then gently agitated and incubated for 60 minutes at room temperature (25°C) in an environment shielded from light to prevent photodegradation. Following the incubation phase, the absorbance was quantitatively measured using a spectrophotometer at 517 nm, against blank sample.

Determination of ABTS•+(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolourization assay

The antioxidant capacity of the peptides was quantified utilizing the ABTS•+(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) decolorization assay, in accordance with the procedure described by Floegel et al. [2011]. Preparation of the ABTS•+ stock solution occurred 16 hours prior to the assay, involving the combination of ABTS reagent at a final concentration of 7 mM with 2.4 mM potassium persulfate in an aqueous medium to produce the radical cation (ABTS•+). This solution was permitted to react in the dark at room temperature to ensure complete radical generation. Before the measurement process, the ABTS•+ stock was diluted with phosphate-buffered saline (PBS) until the absorbance of the solution stabilized at 0.7 ± 0.02 when measured at 734 nm. For the assay, a 1 ml aliquot of the peptide sample was introduced to 50 μl of the ABTS•+ working solution. The resulting mixture was thoroughly vortexed and incubated for 6 min at room temperature. The mixture was promptly homogenized, and the reaction allowed to proceed. Post-incubation, the absorbance of each sample was recorded spectrophotometrically at 734 nm, against blank sample.

Results and discussion

Degree of hydrolysis DH

Enzymatic hydrolysis is widely recognized as an effective method for the production of peptides. The properties of the resulting peptides are dependent on variables such as enzymatic factors (including specificity and selectivity), thermal conditions, pH levels, and the enzyme-to-substrate ratio (E:S). In this study, the proteolytic

enzymes pepsin and papain were selected based on prior preliminary studies that evaluated the DH achieved with various enzymes. The conditions maintained during the experiments – 70°C and pH 6.0 for papain, and 37°C and pH 3.0 for pepsin – were in line with the optimal activity ranges of these enzymes. As DH is a crucial metric in enzymatic hydrolysis that influences factors like peptide composition and functional properties, the investigation included an exploration of different enzyme concentrations. Upon analyzing the impact of time and enzyme concentration on hydrolysis efficiency, significant differences were observed in the DH achieved with enzyme-to-substrate ratios of 1:10 and 1:20.

Table 1. The effect of E:S value on the hydrolysis degree (mean $\pm$ standard deviation, %)

E:S ratio	Time of hydrolysis [h]								
	start	papain				pepsin			
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
DH [%]									
Without enzyme	0.89 $\pm$ 0.00	2.35 $\pm$ 0.00	1.89 $\pm$ 0.00	2.13 $\pm$ 0.00	2.09 $\pm$ 0.00	1.97 $\pm$ 0.01	2.59 $\pm$ 0.01	2.07 $\pm$ 0.01	2.07 $\pm$ 0.00
1:20	0.89 $\pm$ 0.00	17.01 $\pm$ 0.01	17.69 $\pm$ 0.02	21.00 $\pm$ 0.03	21.43 $\pm$ 0.01	25.50 $\pm$ 0.01	25.25 $\pm$ 0.02	26.27 $\pm$ 0.01	26.54 $\pm$ 0.01
1:10	0.89 $\pm$ 0.00	27.13 $\pm$ 0.01	29.75 $\pm$ 0.02	29.66 $\pm$ 0.02	30.76 $\pm$ 0.01	36.90 $\pm$ 0.01	37.25 $\pm$ 0.02	37.34 $\pm$ 0.00	37.76 $\pm$ 0.02

E:S – enzyme-to-substrate ratio

Comparing the degree of hydrolysis (DH) across different hydrolysis protocols highlights the variability in efficiencies and outcomes afforded by enzymatic treatment. In this study, the two-step hydrolysis using papain followed by pepsin achieved a remarkable DH of 37.76% $\pm$ 0.02. This level of hydrolysis is significantly higher when pitted against a range of DH values reported in other research studies. For example, hydrolysis of whey protein using Alcalase® has been reported to reach a DH of 23.1% [Eberhardt et al. 2021], which is substantially lower than the results attained in our protocol. In contrast, one experimental setup reported a DH of 31 $\pm$ 2% employing a combination of Alcalase® and Flavourzyme®, with the process spanning 4.5 hours. Further extending the incubation time to 20.5 hours with the same enzymatic preparation increased the DH marginally to 36 $\pm$ 2% [Sereda et al. 2022], which is comparable to the DH achieved by in this work but over a much shorter period. Additionally, research on whey protein using single enzyme hydrolysis has often reported lower DH values. For instance, the hydrolysis of WPC with Alcalase® results

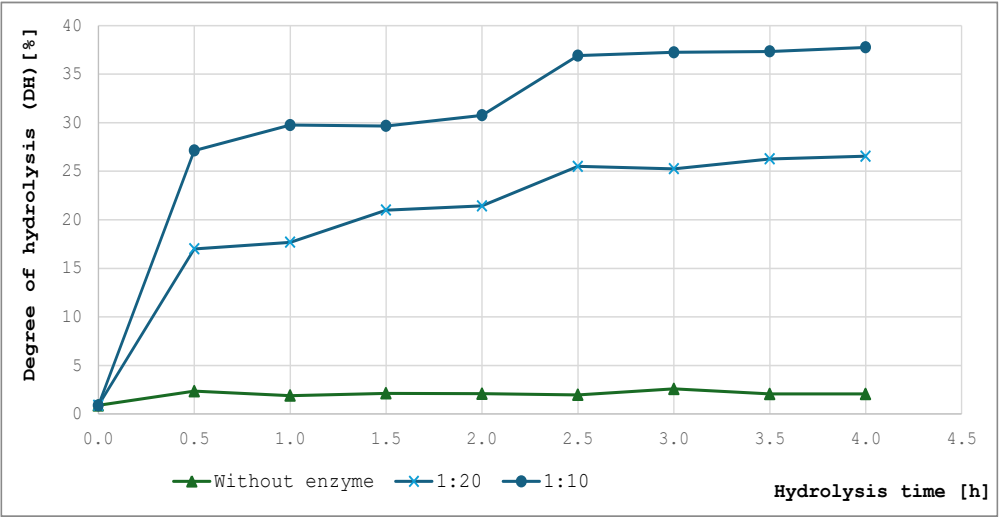


Fig. 1. The effect of E:S value on degree of hydrolysis (DH). Without enzyme, 1:10 and 1:20 – enzyme: protein ratio

in DH values fluctuating between 9.5–13.2% after 4 hours [Kleekayai et al. 2022], markedly less than the DH obtained through the sequential protocol reported in this study.

The comparative overview of these various DH results illustrates the unique efficacy of the two-step hydrolysis applied in this study. It provides an innovative approach that achieves a higher DH in a significantly reduced time of process.

Determination of antioxidant activity

The antioxidant capabilities of the hydrolysate were conducted through three distinct assays that examine the capacity to neutralize free radicals and reduce metallic ions. Lyophilized whey hydrolysate obtained by a two-step enzyme hydrolysis process with an enzyme-to-substrate ratio of 1:10 was subjected to analysis. The assays implemented included the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay, the ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) radical cation decolorization test, and the FRAP (ferric reducing antioxidant power) assay, each offering a measure of antioxidant potential by different mechanisms. The DPPH and ABTS assays determine the capacity of the peptides to donate electrons or hydrogen atoms to stabilize free radicals, while the FRAP assay assesses their ability to convert Fe^{3+} to Fe^{2+} , indicating potential reductive action. For accuracy and reliability, each assay was performed in triplicate and the resultant data were calculated as mean values.

Table 2. Antioxidant activity for whey hydrolysate (average $\pm$ standard deviation)

Sample	Ferric reducing ability (FRAP)	DPPH scavenging activity	ABTS radical cation decolorization
	[mmol Fe ²⁺ /kg]	[μ mol Trolox/mg]	[mmol Trolox/kg]
Whey hydrolysate	19.27 $\pm$ 0.40	5.12 $\pm$ 0.14	492.19 $\pm$ 12.26

The antioxidant properties of the whey hydrolysate obtained in this study are underscored by its ABTS $\bullet$ + decolorization assay activity, which presented an outstanding result of 492.19 $\pm$ 12.26 mmol Trolox/kg of protein. This value is higher than the antioxidant capacities reported in other studies, such as a range of 76.0–250.6 μ mol TE/g protein typically observed in various whey protein hydrolysates (WPH) [Kleekayai et al. 2022]. The obtained results of the ABTS $\bullet$ + assay significantly exceed the ABTS $\bullet$ + activities of spinach (8.49 mmol Trolox/kg), chili peppers (7.62 mmol Trolox/kg), and raspberries (16.79 mmol Trolox/kg), all measured in dry mass [Kleekayai et al. 2020]. Such findings suggest that the antioxidant capacity of the hydrolysate is considerably enhanced, underscoring the exceptional potential of our hydrolysate as an additive in functional foods.

Similarly, the DPPH $\bullet$ scavenging activity exhibited by our hydrolysate, measured at 5.12 $\pm$ 0.14 μ mol Trolox/mg of protein, greatly surpasses the activities noted in other research findings. For example, egg yolk peptides have been reported in other studies to exhibit activities ranging from 0.50 to 2.75 μ mol Trolox/mg [Pellegrini et al. 2003]. This indicates that our hydrolysate could be particularly effective for health-promoting applications aimed at combating oxidative stress.

A contrasting perspective is presented by the ferric reducing antioxidant power (FRAP) of our whey hydrolysate, measured at 19.27 $\pm$ 0.40 mmol Fe²⁺/kg of protein. This is notably lower relative to other potent natural antioxidants such as red cabbage and red currant, with reported values of 51.53 mmol Fe²⁺/kg and 44.86 mmol Fe²⁺/kg respectively [Pellegrini et al. 2003].

The results collated in this research posits the whey hydrolysate as a compelling candidate for antioxidant applications, with robust radical scavenging activities demonstrated through the ABTS $\bullet$ + and DPPH $\bullet$ assays. The less pronounced FRAP activity, while intriguing, signifies a complexity to the antioxidant mechanism which should be explored in concert with the hydrolysate's detailed amino acid profile.

Conclusions

The production of low-molecular-weight peptides through controlled enzymatic hydrolysis of whey protein concentrate is a promising approach to yield functional ingredients with potential for enhancement of health benefits in food applications

[John and Ghosh 2021]. This study has successfully demonstrated a two-step enzymatic hydrolysis process involving papain and pepsin enzymes, optimized to yield a significantly high degree of hydrolysis (DH). The resultant hydrolysate exhibited considerable antioxidant activity, with the ABTS•+ and DPPH• assays indicating a strong potential for combating oxidative stress. These antioxidant properties may translate to protective health effects upon incorporation into functional foods, extending the utility of whey – a byproduct often undervalued in the food industry – into a powerful component for dietary improvement and disease prevention. These insights showcase the promising implications whey-derived peptides could have in the health-focused food products market. The method of enzymatic hydrolysis presented provides a platform for turning whey proteins into bioactive peptides with notable antioxidant benefits, indicating their prospective application as natural anti-oxidative agents in food products.

This study forms the basis for future investigations, calling for continued exploration into the specific bioactivities and potential health benefits of whey hydrolysates. The enzymatic hydrolysis of whey is conceptualized as a method that not only enhances the worth of what was once considered waste but also fits into the progressive dynamics of creating functional foods designed to support healthier lifestyles and advance nutritional research.

References

- Benzie I. F. F., Strain, J. J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “anti-oxidant power”. The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239(1), 70–76.
- Blois M. S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181(4617), 1199–1200. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Brandelli A., Daroit D.J., Corrêa A.P.F., 2015. Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. *Food Res. Int.* 73, 149–161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.016>
- de Carvalho N.C., Pessato T.B., Fernandes L.G.R., de Lima Zollner R., Netto F.M., 2017. Physico-chemical characteristics and antigenicity of whey protein hydrolysates obtained with and without pH control. *Int. Dairy J.* 71, 24–34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.02.007>
- de Castro R.J.S., Domingues M.A.F., Ohara A., Okuro P.K., dos Santos J.G., Brexo R.P., Sato H.H., 2017. Whey protein as a key component in food systems: Physicochemical properties, production technologies and applications. *Food Struct.* 14, 17–29. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.foostr.2017.05.004>
- Dullius A., Goettert M.I., de Souza C.F.V., 2018. Whey protein hydrolysates as a source of bioactive peptides for functional foods. Biotechnological facilitation of industrial scale-up. *J. Funct. Foods* 42, 58–74. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.063>
- Eberhardt, A., López, E.C., Marino, F., Mammarella, E.J., Manzo, R.M., Sihufe, G.A., 2021. Whey protein hydrolysis with microbial proteases. Determination of kinetic parameters and bioactive properties for different reaction conditions. *Int. J. Dairy Technol.* 74, 489–504. <http://dx.doi.org/10.1111/1471-0307.12795>
- Floegel A., Kim D.-O., Chung S.-J., Koo S. I., Chun, O. K., 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J. Food Compos. Anal.* 24(7), 1043–1048. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008>

- Guo M., Wang G., 2019. Nutritional Applications of Whey Protein. In: Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications. Guo M. (ed.), John Wiley & Sons Ltd., Hoboken, NJ, USA, 41–156.
- Hartmann R., Meisel H., 2007. Food-derived peptides with biological activity: from research to food applications. *Curr. Opin. Biotech.* 18, 163–169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2007.01.013>
- John J.A., Ghosh B.C., 2021. Production of whey protein hydrolyzates and its incorporation into milk. *Food Prod. Proc. Nutr.* 3, 9. <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00055>
- Kleekayai T., Le Gouic A.V., Deracinois B., Cudennec B., FitzGerald R.J., 2020. In vitro characterisation of the antioxidative properties of whey protein hydrolysates generated under ph- and non ph-controlled conditions. *Foods* 9, 582. <https://doi.org/10.3390/foods9050582>
- Kleekayai T., O'Neill A., Clarke S., Holmes N., O'Sullivan B., FitzGerald R.J., 2022. Contribution of hydrolysis and drying conditions to whey protein hydrolysate characteristics and in vitro antioxidative properties. *Antioxidants* 11, 399. <https://doi.org/10.3390/antiox11020399>
- Lafarga T., Hayes M., 2016. Bioactive protein hydrolysates in the functional food ingredient industry: Overcoming current challenges. *Food Rev. Int.* 33(3), 217–246. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2016.1175013>
- Mann B., Kumari A., Kumar R., Sharma R., Prajapati K., Mahboob S., Athira S., 2015. Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system. *J. Food Sci. Technol.* 52(6), 3235–3241. <http://dx.doi.org/doi:10.1007/s13197-014-1361-3>
- Minj S., Anand S., 2020. Whey proteins, and its derivatives: bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy* 1, 233–258. <http://dx.doi.org/10.3390/dairy1030016>
- Ozuna C., Paniagua-Martínez I., Castano-Tostado E., Ozimek L., 2015. Amaya-Llano S.L. Innovative applications of high-intensity ultrasound in the development of functional food ingredients: Production of protein hydrolysates and bioactive peptides. *Food Res. Int.* 77, 685–696. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.10.015>
- Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F., 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J. Nutr.* 133(9), 2812–2819. <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2812>
- Sarmadi B.H., Ismail A., 2010. Antioxidative peptides from food proteins. A review. *Peptides* 31, 1949–1956. <http://dx.doi.org/10.1016/j.peptides.2010.06.020>
- Sereda A.S., Kostyleva E.V., Velikoretskaya I.A., Tsurikova N.V., 2022. Whey proteins hydrolysis using Alcalase and Flavourzyme. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1052, 012045 <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012045>
- Wang G., Wang T., 2009. Egg yolk protein modification by controlled enzymatic hydrolysis for improved functionalities. *Int. J. Food Sci. Tech.* 44, 763–769. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01894.x>

Sponsorzy

FOSS

immuno•life



P O R T I C A

ALAB



Ziołowe dodatki - naturalne efekty





**Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego
w Lublinie**

ISBN 978-83-7259-434-1