

# **AUTOREFERAT**

**OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH,  
DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ  
POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ**

**dr inż. Anna Magdalena Tuśnio**

Zakład Żywienia Zwierząt

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk

ul. Instytucka 3

05-110 Jabłonna

JABŁONNA 2022

## Spis treści

1. Dane personalne.....	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych .....	4
4. Osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 Ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).....	5
Tytuł osiągnięcia naukowego.....	5
Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego.....	5
4.1. Wstęp.....	7
4.2. Omówienie wyników prac wskazanych jako szczególne osiągnięcie naukowe.....	21
4.3. Podsumowanie.....	34
4.4. Spis literatury.....	36
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	44
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	49
7. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	53

## **1. DANE PERSONALNE**

Imię i nazwisko **Anna Magdalena Tuśnio**

Miejsce pracy **Zakład Żywienia Zwierząt**

**Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego**

**Polskiej Akademii Nauk**

**ul. Instytucka 3**

**05-110 Jabłonna**

## **2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE/ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.**

**2010 – doktor nauk rolniczych w zakresie zootechniki.** Rozprawa doktorska pt. „Stan funkcjonalny przewodu pokarmowego prosiąt i kurcząt żywionych mieszankami z udziałem białka i włókna ziemniaczanego”, Zakład Podstaw Żywienia Zwierząt Monogastrycznych (obecnie Zakład Żywienia Zwierząt), Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk.

**Promotor: prof. dr hab. Stefania Smulikowska**

**2003 – magister inżynier zootechnik.** Praca magisterska pt. „Biologiczna rola jodu, skutki niedoboru i sposoby suplementacji na podstawie piśmiennictwa krajowego z lat 1992-2002”.

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej.

**Promotor: dr Ewa Arkuszewska**

### **3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH.**

- 02.11.2003-29.02.2004** asystent techniczny w Zakładzie Podstaw Żywienia Zwierząt Monogastrycznych (obecnie Zakład Żywienia Zwierząt), Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk
- 01.03.2004-10.12.2010** specjalista w Zakładzie Podstaw Żywienia Zwierząt Monogastrycznych (obecnie Zakład Żywienia Zwierząt), Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk
- 11.12.2010-obecnie** adiunkt w Zakładzie Podstaw Żywienia Zwierząt Monogastrycznych (obecnie Zakład Żywienia Zwierząt), Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk
- Urlop macierzyński** 17.11.2014 – 17.11.2015

**4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2021 R. POZ. 478 Z PÓŹN. ZM.).**

Osiągnięciem naukowym będącym podstawą złożonego wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego jest cykl publikacji przedstawionych pod wspólnym tytułem:

**„Wpływ surowych i przetworzonych nasion roślin bobowatych na wybrane wskaźniki stanu zdrowotnego przewodu pokarmowego rosnących świń”**

**Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:**

1. Pieper R., Taciak M., Pieper L., Święch E., **Tuśnio A.**, Barszcz M., Vahjen W., Skomiał J., Zentek J. 2016. Comparison of the nutritional value of diets containing differentially processed blue sweet lupin seeds or soybean meal for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 221, 79–86  
**IF<sub>2016</sub> – 1,755, punkty MNiSW<sub>2016</sub> – 45**
2. **Tuśnio A.**, Taciak M., Barszcz M., Święch E., Bachanek I., Skomiał J. 2017. Effect of replacing soybean meal by raw or extruded pea seeds on growth performance and selected physiological parameters of the ileum and distal colon. **PLoS ONE**, 12, e0169467  
**IF<sub>2017</sub> – 2,766, punkty MNiSW<sub>2017</sub> – 40**

3. **Tuśnio A.**, Barszcz M., Święch E., Skomiał J., Taciak M. 2020. Large intestine morphology and microflora activity in piglets fed diets with two levels of raw or micronized blue sweet lupin seeds. **Livestock Science**, 240: 104137

**IF<sub>2020</sub> – 1,943, punkty MNiSW<sub>2020</sub> – 140**

4. **Tuśnio A.**, Barszcz M., Taciak M., Święch E., Wójtowicz A., Skomiał J. 2021. The effect of diet containing extruded faba bean seeds on the growth performance and selected microbial activity indices in the large intestine of piglets. **Animals**, 11, 1703

**IF<sub>2020</sub> – 2,752, punkty MEiN<sub>2021</sub> – 100**

**Wartości wskaźnika IF publikacji podano według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2021 roku, dla której IF nie został obliczony podano ostatni aktualny). Punktację MNiSW oraz MEiN podano zgodnie z wykazem czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych aktualnym dla roku opublikowania pracy.**

Kopie publikacji wchodzących w skład szczególnego osiągnięcia naukowego oraz oświadczenia współautorów wyżej wymienionych prac określające ich indywidualny wkład stanowią załącznik nr 5.

**Łącznie dla w/w cyklu publikacji:**

Sumaryczny współczynnik oddziaływania (IF) publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego zgodnie z rokiem opublikowania – **9,216**

Sumaryczna ilość punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism naukowych MNiSW/MEiN z dnia 25.01.2017 r. (publikacja 1 i 2) i 21.12.2021 r. (publikacja 3 i 4) – **325**

Sumaryczna ilość punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych MEiN z dnia 21.12.2021 r. (publikacja 1, 2, 3 i 4) – **540**

Liczba cytowań (bez autocytowań; Web of Science; na dzień 29.04.2022) – **204**

#### **4.1. WSTĘP**

Rośliny bobowate (motylkowate grubonasienne, strączkowe) są uprawiane na cele spożywcze i paszowe we wszystkich regionach świata, a ich wartość odżywcza i korzystny wpływ na plon innych roślin uprawnych był wysoko ceniony już w starożytności. Znaczenie tych roślin zmniejszyło się wraz ze zmniejszeniem zainteresowania ich uprawą w Europie, przy jednoczesnym zwiększeniu powierzchni upraw soi na innych kontynentach (Zander i wsp., 2016). Nasiona roślin bobowatych są cenione nie tylko ze względu na wysoką wartość odżywczą ale także ze względu na możliwość ich stosowania w rolnictwie ekologicznym, w którym nie są dopuszczone do skarmiania pasze przetworzone, np. poddane ekstrakcji rozpuszczalnikami. Od kilkunastu lat, w związku z zakazem stosowania mączek mięsnych i mięsno-kostnych oraz niechęcią społeczeństwa do stosowania śruty poekstrakcyjnej z soi genetycznie modyfikowanej, zwiększenie powierzchni uprawy roślin bobowatych nabrało szczególnego znaczenia. Produkcja nasion roślin bobowatych jest obecnie jednym z priorytetów mających wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa białkowego Polski i Unii Europejskiej.

Obecnie w Europie uprawia się głównie groch (*Pisum sativum*), bobik (*Vicia faba*) i łąbin (*Lupinus* spp.), natomiast w Ameryce i Azji dominuje soja (*Glycine max*). W Azji i niektórych regionach świata uprawiana jest również ciecierzycza (*Cicer arietinum*), a lokalnie groch trawiasty (*Lathyrus sativus*), soczewica (*Lens esculenta*) i różne gatunki fasoli wykorzystywane w żywieniu ludzi.

Nasiona roślin bobowatych różnią się nie tylko pod względem wielkości, kształtu i koloru ale również składu chemicznego. Zawartość białka w nasionach roślin bobowatych, w zależności od gatunku, wynosi od około 20% w grochu, 30–35% w bobiku, łąbinie wąskolistnym oraz białym, do około 35–40% w soi i łąbinie żółtym. Dominującą frakcją białka roślin bobowatych są białka zapasowe. Zgodnie z klasyfikacją opartą na rozpuszczalności, białka te składają się (w przeliczeniu na ogólną zawartość białka) z globulin (od 60% do 80–90%), albumin (około 10–20%), glutelin (12–15%) i prolamin (około 2%). Globuliny są główną frakcją białek soi (około 90%), składają się przede wszystkim z glicyny i  $\beta$ -konglicyny (Guéguen, 1983). Albuminy zawarte w białku roślin bobowatych wykazują właściwości strukturalne i funkcjonalne (enzymy, inhibitory proteaz i amylazy, lektyny) i w związku z tym odgrywają ważną rolę w obronie roślin przed szkodnikami (Wang i wsp., 2003). Albuminy cechuje znaczna niejednorodność, a ich skład aminokwasowy różni się od składu globulin. Zawierają one więcej lizyny, treoniny i aminokwasów siarkowych niż globuliny, dlatego proporcja tych dwóch frakcji wpływa na wartość odżywczą białka. Wspólną cechą składu aminokwasowego białka roślin bobowatych jest niska zawartość aminokwasów siarkowych i tryptofanu oraz wysoka ale różniąca się między gatunkami zawartość lizyny. Największa jej zawartość jest w nasionach grochu, średnia w bobiku, a najmniejsza w nasionach łąbinu. Natomiast białko nasion łąbinu zawiera więcej aminokwasów siarkowych. Wartość odżywcza białka wszystkich roślin bobowatych jest niższa niż białka poekstrakcyjnej śruty sojowej. Łączenie roślin bobowatych z aminokwasami krystalicznymi np. grochu z metioniną, bobiku z



metioniną i tryptofanem oraz łubinu z metioniną, tryptofanem i treoniną, poprawia ich wartość odżywczą i zbliża je do wartości odżywczej poekstrakcyjnej śruty sojowej uzupełnionej metioniną. Nasiona roślin bobowatych często są również łączone ze zbożami zarówno w diecie ludzi, jak i zwierząt. Ze względu na stosunkowo wysoką zawartość lizyny w białku roślin bobowatych (niedobór w zbożach) i aminokwasów siarkowych w białku zbóż (niedobór w roślinach bobowatych), te źródła białka dobrze się uzupełniają (Gatel, 1992). W związku z tym stosowanie połączeń białka roślin bobowatych z białkiem zbóż pozwala na uzyskanie białka o znacznie wyższej wartości odżywczej (Partanen i wsp., 2003).

Wartość odżywcza białka nasion roślin bobowatych w dużej mierze zależy także od rodzaju i zawartości substancji bioaktywnych (nazywanych także czynnikami antyodżywczymi), które mają negatywny wpływ na wiele procesów fizjologicznych. Ze względu na budowę chemiczną dzieli się je na białka zawierające inhibitory proteaz, lektyny (fitohemaglutyniny) i białka o właściwościach antygenowych oraz związki niebiałkowe, takie jak taniny, fityniany, alkaloidy, glikozydy pirymidynowe i saponiny (Liener, 1989; Huisman i Tolman, 2001). Związki antyodżywcze można podzielić na termolabilne tj.: inhibitory proteaz i lektyny, które są inaktywowane przez procesy termiczne, oraz termostabilne tj.: taniny, alkaloidy, fityniany i saponiny. Istnieją jednak przesłanki do tego aby uważać, że zawartość tych związków może obniżyć się pod wpływem temperatury (Khattab i Arntfield, 2009). Najważniejszymi substancjami antyodżywczymi zakłócającymi trawienie i metabolizm białek są inhibitory proteaz, występujące głównie w nasionach surowej soi, taniny obecne w nasionach bobiku i grochu oraz lektyny występujące w największych ilościach w nasionach fasoli. W nasionach łubinu związki te nie występują nawet w śladowych ilościach (van Barnefeld, 1999). Mechanizm działania inhibitorów proteaz w jelicie określa się jako mechanizm ujemnego sprzężenia zwrotnego. Inaktywacja trypsyny w wyniku tworzenia stabilnych kompleksów z inhibitorem stymuluje błonę śluzową jelit do uwalniania cholecystokininy – hormonu

stymulującego komórki groniaste trzustki do wytwarzania większej ilości trypsyny, a także innych enzymów trawiennych (Liener, 1989). W konsekwencji zwiększone wydzielanie trzustkowe prowadzi do hiperplazji trzustki u kureząt, szczurów i myszy ale nie u świń, cieląt, psów i ssaków naczelnych (Birk, 1989). Niekorzystny wpływ żywienia nasionami roślin bobowatych zawierającymi inhibitor proteaz polega na pogorszeniu strawności i wartości biologicznej białka, a w konsekwencji wskaźników produkcyjnych zwierząt. Działanie antyodżywcze inhibitorów proteaz jest niwelowane przez odpowiednie zabiegi termiczne.

Taniny określa się jako rozpuszczalne w wodzie substancje polifenolowe o masie cząsteczkowej od 500 do 3000 Da, wykazujące zdolność do wytrącania białek. Związki fenolowe, zarówno o mniejszej jak i większej masie cząsteczkowej niż wyżej wymieniona, nie są uznawane za taniny, ponieważ lżejsze nie tworzą stabilnych wiązań z innymi cząsteczkami, a cięższe, ze względu na masę, nie wykazują właściwości garbujących (są zbyt duże by wnikać do włókien kolagenowych w skórze) (Jansman, 1993). Taniny są klasyfikowane jako ulegające hydrolizie i skondensowane, określane również jako proantocyjanidyny (Jansman i Longstaff, 1993). Te obecne w nasionach roślin bobowatych należą do tanin skondensowanych (Marquardt, 1989), a ich działanie antyodżywcze polega na tworzeniu kompleksów z enzymami trawiennymi i białkiem paszowym, co prowadzi do zmniejszenia spożycia paszy, strawności białka i dostępności aminokwasów. Powstawanie kompleksów między taninami a białkami rozpoczyna się w jamie ustnej i powoduje stymulację wydzielania bogatych w prolinę białek ślinowych oraz przerost ślinianek przyusznych (Jansman i Longstaff, 1993; Mueller-Harvey, 2006). Proces ten jest uważany za mechanizm neutralizacji tanin i adaptacji zwierząt. Przynajmniej część tych kompleksów dysocjuje przy niskim pH w żołądku, a uwolnione taniny mogą zakłócać trawienie w jelicie cienkim. Taniny hamują aktywność amylazy trzustkowej i trypsyny oraz, w zależności od stężenia, hamują lub stymulują aktywność lipazy. Pomimo działania hamującego, taniny na ogół nie zwiększają wydzielania soku trzustkowego i masy

trzustki. Ponadto wykazują selektywność w wiązaniu niektórych białek, dlatego ich wpływ na strawność jelitową poszczególnych aminokwasów może być różny. W roślinach bobowatych taniny skondensowane występują głównie w nasionach bobiku i grochu odmian kolorowo kwitnących. Nasiona odmian o białych kwiatach zawierają niewielkie ilości tanin i mają większą wartość odżywczą dla zwierząt monogastrycznych (Grosjean i wsp., 1998; Smulikowska i wsp., 2001). Większość tanin obecnych w nasionach bobiku i grochu znajduje się w okrywie nasiennej, dlatego usunięcie łusek (obłuszczenie) z nasion bobiku znacznie zmniejsza zawartość tanin i poprawia strawność białka i aminokwasów (Pastuszewska i wsp., 1974; Mariscal-Landin i wsp., 2002). Jednak ten korzystny efekt łuszczenia nasion może być związany z obniżeniem zawartości włókna w mieszance.

Lektyny, określane również jako fitohemaglutyniny, są glikoproteinami, które wykazują działanie aglutynujące w stosunku do czerwonych krwinek (*in vitro*), a *in vivo* wiążą się z komórkami nabłonka błony śluzowej jelita. Lektyny wiążą się w jelitach z węglowodanami z różną specyficznością i intensywnością (Petroski i Minich, 2020). Chociaż lektyny są odporne na trawienie enzymatyczne w przewodzie pokarmowym, mogą być usuwane z surowców za pomocą procesów biologicznych (kiełkowanie, fermentacja) oraz technologicznych (moczenie, gotowanie, autoklawowanie). Na przykład gotowanie nasion roślin strączkowych przez godzinę w temperaturze 95°C zmniejsza aktywność lektyn o 93–100% (Shi i wsp., 2018). Według Adepurasi (2001) autoklawowanie nasion fasoli przez 20 minut deaktywowało wszystkie związki antyodżywcze z wyjątkiem tanin. Gotowanie nasion czerwonej i białej fasoli, również spowodowało całkowitą eliminację lektyn (Nciri i wsp., 2015). Uważa się natomiast, że zastosowanie mikrofal nie jest skuteczną metodą usuwania lektyn z nasion. Pomimo iż fale te niszczą lektyny w większości nasion roślin bobowatych to nie spowodowały ich dezaktywacji w nasionach fasoli (Hernández-Infante i wsp., 1998). Toksyczne działanie lektyn z surowych lub niedogotowanych nasion roślin strączkowych jest dobrze poznane i udokumentowane. W

badaniach na zwierzętach wykazano, że wysoka zawartość lektyn w nasionach roślin bobowatych zaburza integralność błony śluzowej jelita m.in. poprzez zmianę wysokości kosmków, większą przepuszczalność jelit oraz aktywację układu odpornościowego (Alatorre-Cruz i wsp., 2017; Ramadass i wsp., 2010). Zaburzenie integralności jelit powoduje utratę składników odżywczych m.in. białka, tłuszczu oraz witaminy B<sub>12</sub>, co przyczynia się do zmniejszenia tempa wzrostu zwierząt (Banwell i wsp., 1983; Linderoth i wsp., 2006; Zang i wsp., 2006). Podatność zwierząt na toksyczne działanie lektyn różni się w zależności od gatunku i zmienia się wraz z wiekiem.

Nasiona roślin bobowatych zawierają również białka antygenowe/alergiczne, które mogą wywoływać niepożądane reakcje układu immunologicznego (Guéguen i wsp. 1993; Lalles i wsp., 1993; Duranti i wsp., 2008). Reakcje te są odpowiedzialne za różne zmiany patofizjologiczne w jelitach m.in. zmiany w transporcie jelitowym, zwiększoną przepuszczalność ściany jelita powodującą biegunkę i upośledzenie wzrostu zwierząt. Dotychczas zidentyfikowano tylko niewielką liczbę antygenowych białek w nasionach roślin bobowatych, głównie zidentyfikowano je w soi. Glicynina i  $\beta$ -konglicynina wydają się być odpowiedzialne za reakcje alergiczne u cieląt karmionych preparatami mlekozastępczymi zawierającymi mąkę sojową, podczas gdy frakcja albumin jest uważana za powodującą reakcje antygenowe młodych świń na groch (Guéguen i wsp., 1993; Trugo i von Baer, 1998). Również białko łubinu może wywoływać reakcje alergiczne u ludzi i zwierząt (Duranti i wsp. 2008).

Oprócz opisanych czynników antyodżywczych ważną rolę odgrywają polisacharydy nieskrobiowe (NSP) obecne w nasionach roślin bobowatych. Polisacharydy nieskrobiowe są grupą węglowodanów złożonych głównie z połączonych monomerów heksoz i pentoz takich jak galaktoza, glukoza, arabinoza, ksyloza i mannoza (van Barneveld, 1999). Zawartość NSP w nasionach roślin bobowatych jest około dwa razy większa niż w ziarnie zbóż (van Barneveld, 1999). W przewodzie pokarmowym zwierząt monogastrycznych enzymy trawiące NSP, takie

jak  $\beta$ -glukanazy lub  $\beta$ -ksylanazy, występują rzadko lub w ogóle nie występują (Kuz'mina, 1996). W konsekwencji NSP z paszy pozostają niestrawione i nie są wykorzystywane jako źródło energii, mogą natomiast wpływać na zmniejszenie pozornej strawności białka i mieć negatywny wpływ na wzrost zwierząt. Przetwarzanie paszy i dodatek do niej enzymów egzogennych ( $\beta$ -glukanazy i  $\beta$ -ksylanaz) zmniejszają negatywne skutki NSP, poprawiając tym samym wartość odżywczą paszy. Polisacharydy nieskrobiowe (głównie  $\beta$ -glukany i manooligosacharydy) wpływają korzystnie na florę bakteryjną jelita, poprzez ingerencję w jej namnażanie i kolonizację nabłonka jelitowego. Wykazano również, że NSP mają działanie immunostymulujące (Kumar i wsp., 2005).

Nasiona roślin bobowatych są także cennymi składnikami diety człowieka, polecanymi ze względu na działanie prozdrowotne. Większość tych efektów przypisuje się węglowodanom i związkom fenolowym wykazującym aktywność przeciwutleniającą ale w ostatnich latach zaobserwowano wiele nutraceutycznych właściwości białek i peptydów zawartych w nasionach roślin bobowatych, takich jak: działanie hipolipidemiczne, hipoglikemiczne, hipotensyjne, przeciwnowotworowe i zapobiegające otyłości (Duranti, 2006; Dahl i wsp., 2012). Dobrze znane i oficjalnie potwierdzone zmniejszenie ryzyka chorób serca spowodowane spożywaniem białka sojowego przypisuje się obniżeniu poziomu cholesterolu i trójglicerydów przez białko zapasowe z rodziny globulin 7S (Adams i wsp., 2004). Kluczową rolę odgrywa podjednostka  $\alpha$  tego białka. Spożycie białka sojowego może również zmniejszać pulę frakcji cholesterolu LDL oraz bierze udział w ochronie przed stresem oksydacyjnym. Zaobserwowano również, że spożycie bobiku i łubinu wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu we krwi. Nasiona łubinu wykazują działanie przeciwcukrzycowe. Zostało ono rozpoznane już w tradycyjnej fitoterapii, a obecnie wykazane jako związane ze specyficzną konglutyną  $\gamma$ . Białko to jest uważane za potencjalny lek przeciwcukrzycowy w przedklinicznym stadium choroby (Duranti, 2006). Znana jest również przeciwcukrzycowa rola inhibitorów  $\alpha$ -amylazy obecnych w innych

nasionach roślin bobowatych. Ochronne działanie nasion roślin bobowatych było przedmiotem zainteresowania przez długi czas (Jayathilake i wsp., 2018). Dane epidemiologiczne wydawały się niejednoznaczne ale wskazywano, że antynowotworowe działanie określonych białek nasion roślin bobowatych, takich jak inhibitory proteaz i lektyny, jest związane z ich potencjalną zdolnością do blokowania czynników nowotworowych. Stwierdzono, że inhibitory proteazy sojowej z rodziny Bowmana-Birka blokują rozwój niektórych nowotworów. Potwierdzono również antyproliferacyjne działanie inhibitorów proteaz grochu na ludzkie komórki raka okrężnicy (Clemente i wsp., 2012). Inhibitor Bowmana-Birka wykazuje również działanie przeciwzapalne i może być skuteczny w wielu chorobach zwyrodnieniowych. Deaktywacja aktywności inhibitorów np. podczas gotowania, może zmniejszyć ich korzystne działanie ale inhibitor Bowmana-Birka ma trwalszą strukturę, co w tym przypadku jest cechą pozytywną. Aktywność lektyn jest generalnie szkodliwa ale związki te dostarczane w odpowiedniej ilości i czasie przyspieszają wzrost nabłonka jelitowego u prosiąt i mogą chronić przed zaburzeniami trawienia po odsadzeniu (Zabielski i wsp., 2008).

Ważną cechą białka nasion roślin bobowatych jest jego stosunkowo niska podatność na trawienie enzymatyczne, przypisywana obecności związków antyodżywczych, hamujących proteolizę (inhibitory trypsyny, fityniany, taniny). Strawność jelitowa aminokwasów zawartych w nasionach roślin bobowatych jest niższa niż w poekstrakcyjnej śrucie sojowej, a wśród roślin bobowatych jest najwyższa dla łubinu. W celu uszlachetnienia nasion roślin bobowatych i zwiększenia ich podatności na trawienie enzymatyczne stosuje się różne zabiegi termiczne. Zabiegi te wpływają na strukturę białka, jego rozpuszczalność, a przez to i na strawność. Zmiany zachodzące pod wpływem procesów termicznych różnią się między gatunkami roślin i zależą m.in. od proporcji aminokwasów: lizyny do argininy oraz kwasu asparaginowego do kwasu glutaminowego, a także od zawartości aminokwasów hydrofobowych i uwodnienia cząsteczki białka (Carbonaro i wsp., 1997). Procesem zwiększającym wartość odżywczą nasion

roślin bobowatych jest m.in. ekstruzja. Jest ona procesem szeroko stosowanym w produkcji zarówno spożywczej jak i w przemyśle paszowym już od wielu lat. Pod koniec lat siedemdziesiątych zastosowanie ekstruzji w przemyśle spożywczym spotkało się z dużym zainteresowaniem, zaczęto również wykorzystywać ten proces w produkcji karm dla zwierząt towarzyszących. Ekstruzja, zalicza się do procesów określanym skrótem HTST (high temperature short time). W procesie tym nasiona poddawane są działaniu tarcia, wysokiego ciśnienia i powstałej przy tym wysokiej temperatury. Dzięki zastosowaniu krótkiego czasu ogrzewania nasion ogranicza się niekorzystne skutki ich przegrzania m.in. denaturacji białka, rozpadu witamin, skrobi czy inaktywacji enzymów. Z uwagi na duże zużycie energii ma ona ograniczone zastosowanie w przemyśle paszowym. Dotychczas prowadzone były badania na różnych gatunkach zwierząt gospodarskich i modelowych dotyczące głównie wpływu procesu ekstruzji na wskaźniki przyżyciowe oraz strawność jelitową i ogólną białka, a także pozostałych składników pokarmowych (Abbey i wsp., 1979; Matre i wsp., 1990; Bengala-Freire i wsp., 1991; Hanczakowska i Świątkiewicz, 2013). Ekspandowanie („puffing”) jest procesem podobnym do ekstruzji ale przebiega w łagodniejszych warunkach (niższej temperaturze). Nasiona są poddawane działaniu gorącej pary wodnej pod wysokim ciśnieniem. W wyniku tego dochodzi do zwiększenia objętości nasion, rozerwania otaczającej je okrywy nasiennej oraz uzyskania pożądanej struktury. Mikronizacja również zalicza się do termicznych procesów uszlachetniania nasion i polega na naświetlaniu paszowych surowców roślinnych promieniami podczerwonymi (Andrejko i wsp., 2008; Kiczorowska, 2013). Mikronizacja powoduje zmiany w strukturze zarówno białka, tłuszczu jak i węglowodanów. Korzystny wpływ mikronizacji obserwowany był w przypadku strawności skrobi oraz właściwości włókna pokarmowego (Zarkadas i Wiseman, 2001, 2005). Opisano jej wpływ na zmniejszenie ilości frakcji nierozpuszczalnych i spowolnienie perystaltyki jelit, przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości energii metabolicznej (de Vries i wsp., 2012; Choct, 2015). Dotychczas prowadzone

badania dotyczyły głównie wpływu mikronizacji (wpływu temperatury i czasu naświetlania) na zawartość składników pokarmowych m.in. w ziarnie zbóż i nasionach roślin bobowatych. Zheng i wsp. (1998) wykazali, że temperatura mikronizacji wynosząca 140°C nie miała wpływu na zawartość białka ogólnego w nasionach grochu, fasoli, soczewicy i groszku zielonego, zmniejszyła się jedynie rozpuszczalność białka w NaCl i etanolu. W badaniach Kiczorowskiej i wsp. (2016) zaobserwowano, że proces ten istotnie wpłynął na zawartość włókna surowego w nasionach fasoli naświetlanej przez 130 i 180 sekund w temperaturze 180°C. W innych badaniach Kiczorowskiej i wsp. (2015) oraz Komolka i Góreckiej (2012) stwierdzono, że procesy przetwarzania nasion powodują degradację polisacharydów (celulozy i hemicelulozy). Wykazano również (Kiczorowska i wsp., 2016), że pod wpływem mikronizacji zmniejsza się zawartość skrobi w nasionach fasoli. Podobne zmiany były obserwowane w mikronizowanym ziarnie pszenicy i nasionach bobu (Aimone i Wagner, 1977; Piecyk i wsp., 2012). Wpływ mikronizacji ziaren zbóż oraz nasion roślin bobowatych (głównie soi) na strawność składników pokarmowych, energii, a także na wskaźniki produkcyjne był przedmiotem badań już w latach 70-dziesiątych oraz następnych dziesięcioleciach (Lawrence, 1973; Fernandes i wsp., 1975; Thacker, 1999; Owusu-Asiedu i wsp., 2002; Nyachoti i wsp., 2006; Berrocoso i wsp., 2013). Jednak brakuje dokładnych danych dotyczących wpływu tego procesu na funkcjonowanie przewodu pokarmowego, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu na morfologię jelita grubego, czy aktywność mikroflory jelitowej.

Przewód pokarmowy rosnących prosiąt jest złożonym środowiskiem, które podlega ciągłym zmianom pod wpływem diety, wieku, układu odpornościowego oraz aktywności mikroflory zasiedlającej jelito grube. Adaptacja przewodu pokarmowego do zmieniających się warunków jest bardzo ważna, ponieważ od niej zależy stan zdrowia prosiąt i wyniki odchowu. Odsadzenie stanowi najbardziej krytyczny okres w życiu prosiąt ze względu na zmiany warunków żywieniowych i środowiskowych. Wielu badaczy, m.in. Pluske i wsp. (1997) oraz



Burrin i Stoll (2003), prowadziło badania nad zdefiniowaniem różnych czynników wpływających na strukturę i funkcje przewodu pokarmowego. Burrin i Stoll (2003) opisali zmiany zachodzące w okresie około odsadzeniowym i podzielił go na fazy: ostrą i adaptacyjną. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na fazę ostrą jest zmniejszenie spożycia paszy, a co za tym idzie zmniejszenie podaży energii. W fazie tej organizm musi dostosować się głównie do zmiany formy paszy – z płynnej na stałą. Ci sami autorzy stwierdzili, że podczas ostrej fazy w błonie śluzowej jelita zachodzi podwójna zmiana: dochodzi do atrofii kosmków z powodu zwiększonej utraty komórek i przerostu krypt, co zwykle wskazuje na zwiększone tempo proliferacji komórek. Zmiany morfologiczne i funkcjonalne w jelicie cienkim często prowadzą do zmniejszonego wchłaniania składników odżywczych. Mogą one następnie być wykorzystywane przez niepożądane bakterie jelitowe, co może prowadzić do wytwarzania szkodliwych związków przemiany materii (głównie przemiany białka) lub zwiększonej produkcji patogenów. Związek pomiędzy żywicielem a mikroorganizmami, które kolonizują organizm, badano już od lat sześćdziesiątych, jednak głównie u ludzi. Wraz z rozwojem metod badawczych w dziedzinie mikrobiologii i biologii molekularnej poszerzała się wiedza na temat obecności mikroorganizmów w przewodzie pokarmowym. W jelicie grubym zwierząt monogastycznych znajduje się około  $10^{11}$  mikroorganizmów w 1g mokrej treści pokarmowej. Najpowszechniejszą grupą bakterii, zdolną do fermentacji polisacharydów roślinnych, są *Bacteroides*. Równie licznie występujące w kale bakterie należą do *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* i *Spirochaetes*. Mikrobiota jelitowa odgrywa bardzo ważną rolę u świń, oraz innych zwierząt gospodarskich, ze względu na jej wpływ na produkcję, trawienie, wchłanianie składników odżywczych, tempo wzrostu czy też reakcje immunologiczne (Park i wsp., 2014; Mach i wsp., 2015). Mikroorganizmy bytujące w przewodzie pokarmowym to tzw. bakterie rodzime (komensalne), które trwale zasiedlają organizm oraz takie, które występują tylko przejściowo (nierodzime) (Pluske i wsp., 2002). Różnorodność gatunków bakterii oraz ich

liczebność wzrasta wraz z wiekiem zwierząt (Slifierz i wsp., 2015). Po odsadzeniu prosiąt od lochy, skład mikrobioty przewodu pokarmowego stabilizuje się w wieku około 120 dni (Swords i wsp., 1993). W tym czasie, w jelitach są obecne głównie bakterie beztlenowe gram-dodatnie, a udział bakterii gram-ujemnych nie przekracza 10%. Skład ten jest zbliżony do składu mikrobioty u osobników dorosłych ale stosunek bakterii zmienia się w zależności od odcinka przewodu pokarmowego. Częstym zjawiskiem w okresie odsadzenia jest biegunka poodsadzeniowa spowodowana m.in. zmianą diety z formy płynnej na stałą, zawierającą składniki pochodzenia roślinnego, oraz stresem związanym ze zmianą środowiska. Biegunka powoduje zmniejszenie liczby bakterii komensalnych, w tym *Lactobacillus sobrius*, *L. acidophilus* i *L. reuteri* oraz zwiększenie liczby patogennych szczepów bakterii *E. coli*. Pod wpływem patogenów dochodzi do uszkodzenia kosmków jelitowych i przyspieszenia podziałów komórkowych w nabłonku jelita cienkiego. Enterocyty nie mogą tym samym osiągnąć pełnej dojrzałości i spełniać swoich funkcji (m.in. uczestniczyć w procesach trawiennych). Dieta i dodatki do mieszanek mogą być czynnikami pozwalającym w pewnym stopniu kontrolować skład mikroorganizmów w przewodzie pokarmowym. Zmiany w składzie mikrobioty mogą być spowodowane np. wzrostem zawartości włókna w paszy (Le Sciellour i wsp., 2018). W wyniku mikrobiologicznej fermentacji węglowodanów powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA), które są uważane za biomarkery stanu zdrowia ludzi i zwierząt. Głównymi produktami rozkładu węglowodanów przez bakterie są kwasy: octowy, propionowy i masłowy oraz różne gazy. Kwasy te występują w jelicie grubym w największej ilości, stanowiąc 90–95% wszystkich kwasów. Scheppach i wsp. (1992) stwierdzili, że błona śluzowa jelita grubego wykorzystuje 60–70% energii z SCFA, głównie z kwasu masłowego. Uważa się, że kwas masłowy wykazuje korzystne działanie na strukturę kosmków jelita biodrowego i krypt jelita grubego (Galfi i Bokori, 1990; Piva i wsp., 2002), a także na stan funkcjonalny jelita poprzez zwiększone różnicowanie komórek, regulację wzrostu

i proliferacji komórek błony śluzowej okrężnicy (Treem i wsp., 1994), a jednocześnie hamowanie wzrostu komórek nowotworowych i stanów zapalnych (Clausen i wsp., 1991; Csordas, 1996; Segain i wsp., 2000). Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe wpływają pozytywnie na wchłanianie sodu i wody ze światła okrężnicy (D'Argenio i Mazzacca, 1999). Według Cummings'a (1983) SCFA mają także działanie antybakteryjne, polegające na zahamowaniu wzrostu bakterii chorobotwórczych m.in. z rodzaju *Salmonella*. Źródłem krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych są głównie NSP, a ich poziom w diecie wpływa na stężenie SCFA w jelicie biodrowym oraz okrężnicy. Oprócz węglowodanów wykorzystywanych w jelicie jako źródło energii, niektóre bakterie mogą wykorzystywać także aminokwasy pochodzące z rozpadu białka, produkując kwasy tłuszczowe o rozgałęzionym łańcuchu (BCFA): kwas izomasłowy, izowalerianowy i 2-metylomasłowy, które stanowią zaledwie około 5% całkowitej ilości SCFA. W wyniku fermentacji proteolitycznej, oprócz BCFA, powstają także potencjalnie toksyczne substancje, takie jak amoniak, aminy, amidy, związki fenolowe i indolowe oraz siarkowodór (Cummings i Macfarlane, 1991; Macfarlane i wsp., 1992; Pieper i wsp., 2014). Proteazy, peptydazy bakteryjne i endopeptydazy pochodzenia trzustkowego hydrolizują białko obecne w treści pokarmowej. Natomiast w reakcji deaminacji, dekarboksylacji oraz alfa- i beta-eliminacji aminokwasów rozkładanych przez florę bakteryjną jelita grubego dochodzi do powstania m.in. amoniaku i szkieletu węglowego, przekształcanego w krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe o prostym i rozgałęzionym łańcuchu oraz amin (kadaweryna, histamina, tyramina, tryptamina) i związków fenolowych (Pieper i wsp., 2016). Z badań Bryant'a i Robinson'a (1962) wynika, że przy niewystarczającej podaży węglowodanów w treści pokarmowej, bakterie wykorzystują amoniak jako źródło azotu do własnego wzrostu. Natomiast dostarczenie węglowodanów w wystarczającej ilości, powoduje, że nadmiar pobranego azotu z amoniaku jest wydalany wraz z kałem (Mosenthin i wsp., 1994).

Amoniak może działać niekorzystnie na śluzówkę jelita i powodować skrócenie kosmków. Wyższe jego stężenie jest toksyczne i wpływa ujemnie na produktywność zwierząt.

Inne składniki pokarmowe, oprócz węglowodanów, mogą modyfikować skład i aktywność mikroflory jelita grubego, która oprócz tego, że wpływa na prawidłowe funkcjonowanie jelita grubego, może również odgrywać istotną rolę w karcynogenezie okrężnicy (O’Keefe, 2008). Określone szczepy bakterii są odpowiedzialne rozwój nowotworów jelita grubego, m.in. *Streptococcus bovis*, *Bacteroides*, *Clostridia* i *Helicobacter pylori* (Davis i Milner, 2009). Do tej listy dodano również niektóre szczepy bakterii *E. coli* wytwarzając tzw. kolibaktynę, która może uszkadzać DNA komórek jelita grubego (Wassenaar, 2018). Z biegiem czasu rola bakterii mających związek z występowaniem nowotworów jelita, została lepiej poznana i zaobserwowano np. że w aktywacji prokarcynogenu do karcynogenu najprawdopodobniej pośredniczą enzymy bakteryjne (np.  $\beta$ -glukozydaza). Inne enzymy bakteryjne –  $\beta$ -glukuronidaza i  $\beta$ -galaktozydaza – są również obecne w dużych ilościach w przewodzie pokarmowym ssaków, zarówno w błonie śluzowej jelita, jak i treści pokarmowej. Beta-glukuronidaza katalizuje hydrolizę endogennych  $\beta$ -glukuronidów wytwarzanych w wątrobie oraz egzogennych  $\beta$ -glukuronidów występujących w diecie, np. węglowodanów złożonych. Wykazano także, że wysokie pH treści pokarmowej indukuje aktywność  $\beta$ -glukuronidazy i  $\beta$ -glukozydazy w bakteriach jelitowych, co może również zwiększać ryzyko nowotworu okrężnicy (Kim i wsp., 1994; Thornton, 1981). Wysoka aktywność  $\beta$ -glukuronidazy została stwierdzono u bakterii: *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Ruminococcus*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus* i *Clostridium* (Beaud i wsp., 2005; Paturi i wsp., 2012). Natomiast mucynaza jest enzymem bakteryjnym, który bierze udział w rozkładzie mucyn, stanowiących główny składnik śluzu i może tym samym wpływać na przepuszczalność błony śluzowej jelita i osłabiać jego funkcję jako bariery ochronnej (Shiau i Ong, 1992). Uszkodzona warstwa śluzu sprawia, że nabłonek jelitowy jest bardziej narażony na

niekorzystne działanie bakterii patogennych (Sansone, 2004; Valeri i wsp., 2015). Te potencjalnie szkodliwe enzymy bakteryjne nie muszą wpływać na pogorszenie stanu zdrowia świń ale przez negatywny wpływ na nabłonek jelitowy mogą przyczynić się do spowolnienia wzrostu lub zmniejszenia wykorzystania paszy.

#### **4.2. OMÓWIENIE WYNIKÓW PRAC WSKAZANYCH JAKO SZCZEGÓLNE OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE**

**Hipoteza badawcza** zakładała, że zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej nasionami roślin bobowatych w mieszankach dla odsadzonych prosiąt jest możliwe szczególnie po ich termicznym przetworzeniu i nie wpływa negatywnie na wybrane wskaźniki stanu zdrowotnego przewodu pokarmowego ani na przyżyciowe wyniki odchowu.

Pieper R., Taciak M., Pieper L., Święch E., **Tuśnio A.**, Barszcz M., Vahjen W., Skomial J., Zentek J. 2016. Comparison of the nutritional value of diets containing differentially processed blue sweet lupin seeds or soybean meal for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 221, 79–86

Wprowadzenie nasion łubinu do diet dla świń staje się coraz bardziej opłacalną alternatywą dla poekstrakcyjnej śruty sojowej i innych śrut oleistych m.in. w krajach północno-wschodniej Europy czy Australii. We współczesnych odmianach łubinów zawartość związków antyodżywczych w nasionach, głównie alkaloidów, jest stosunkowo niska. Jednak stosowanie nasion łubinu wąskolistnego w mieszankach dla świń, w porównaniu z poekstrakcyjną śrutą sojową, może być ograniczone ze względu na gorszy profil aminokwasowy, niższą strawność

aminokwasów i prawdopodobnie negatywny wpływ stosunkowo wysokiej koncentracji NSP na trawienie innych składników odżywczych (Jezierny i wsp., 2010). Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że mechaniczne i biologiczne metody przetwarzania nasion mogą przyczynić się do poprawy wartości odżywczej nasion łubinu dla świń (Jezierny i wsp., 2010; De Vries i wsp., 2012). Pomimo tego niewiele wiadomo na temat rozkładu struktur NSP pod wpływem tych procesów, a tym samym wpływu na strawność składników pokarmowych, aminokwasów i NSP w przewodzie pokarmowym świni.

W związku z powyższym, celem badań było określenie wpływu rozdrabniania i ekspandowania nasion łubinu wąskolistnego na wartość odżywczą diet dla rosnących świń w porównaniu z dietą zawierającą poekstrakcyjną śrutę sojową.

Doświadczenie strawnościowe przeprowadzono na 12 wieprzkach (PIC x Danbred), w układzie przemiennym. Zwierzętom założono kaniulę prostą za ujściem biodrowo-ślepo-okrężniczym w celu pobierania treści pokarmowej z końca jelita cienkiego. Prosięta żywiono jedną z czterech mieszanek doświadczalnych opartych na pszenicy i jęczmieniu, w których główne źródło białka stanowiła poekstrakcyjna śruta sojowa lub nasiona łubinu wąskolistnego. Dieta 1 – kontrolna zawierała poekstrakcyjną śrutę sojową. W diecie 2, poekstrakcyjna śruta sojowa została zastąpiona grubo zmielonymi nasionami łubinu (3 mm), natomiast w diecie 3 poekstrakcyjna śruta sojowa została zastąpiona drobno zmielonymi nasionami łubinu (1 mm). W diecie 4 poekstrakcyjna śruta sojowa została zastąpiona ekspandowanymi nasionami łubinu. Jako wskaźnika strawności użyto dwutlenku tytanu. Po okresie rekonwalescencji następowały 7-dniowe okresy żywienia dietami doświadczalnymi w układzie przemiennym: 3 okresy x 4 diety. Przez ostatnie trzy dni żywienia pobierano próby treści pokarmowej (przez 12 godzin, pomiędzy posiłkami). Po każdym okresie kolekcji próby od jednego zwierzęcia łączono, a następnie liofilizowano. W tak przygotowanych próbach oznaczono zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu surowego i aminokwasów w celu obliczenia ich strawności

jelitowej. W paszach i w treści pokarmowej oznaczono także zawartość NSP rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych.

W omawianym doświadczeniu zaobserwowano niższy współczynnik pozornej strawności jelitowej masy organicznej, tłuszczu i skrobi diety zawierającej grubo zmielony łubin wąskolistny, natomiast w przypadku drobnego zmielenia nasion łubinu uzyskano podobne wartości jak te dla diety z poekstrakcyjną śrutą sojową. Według innych autorów (Kim i wsp., 2009) zmniejszenie wielkości cząstek może poprawić wartość odżywczą łubinu wąskolistnego, a tym samym diety, na co wskazuje wyższy współczynnik strawności rzeczywistej w całym przewodzie pokarmowym suchej masy i energii oraz wyższy współczynnik pozornej strawności jelitowej białka i aminokwasów. Niższa strawność jelitowa suchej masy i prawdopodobnie towarzyszące temu mniejsze wykorzystanie energii, może wynikać głównie z dużej zawartości NSP w łupinach i jądrach nasion łubinu oraz z możliwych interakcji z innymi składnikami pokarmowymi mieszanki. W badaniach Fernández'a i Batterham'a (1995) oraz Kim'a i wsp. (2012) wykazano, że obłuskiwanie nasion łubinu wpłynęło na zmniejszenie spożycia paszy i strawności składników pokarmowych oraz zmniejszyło tempo wzrostu odsadzonych prosiąt. W niniejszej pracy nie zaobserwowano różnic w pozornej strawności jelitowej białka pomiędzy dietami zawierającymi nasiona łubinu wąskolistnego a dietą z poekstrakcyjną śrutą sojową. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku standaryzowanej strawności jelitowej egzogennych aminokwasów (m.in. metionina, fenyloalanina, arginina). Natomiast współczynnik rzeczywistej strawności białka w całym przewodzie pokarmowym był niższy u prosiąt żywionych dietami zawierającymi przetworzone (zmielone) nasiona łubinu, z wyjątkiem diety zawierającej ekspandowane nasiona łubinu. Najprawdopodobniej wynika to z większej dostępności niestrawionego włókna, skrobi i endogennego białka, które są substratem dla bakterii zasiedlających jelito grube (Bindelle i wsp., 2009). W związku z tym niższa wartość współczynnika całkowitej strawności

rzeczywistej białka łubinu w porównaniu z poekstrakcyjną śrutą sojową wynikała z większego udziału azotu bakteryjnego w kale świń. Na podstawie badań innych autorów (de Vries i wsp., 2012) można stwierdzić, że zmielenie nasion może zwiększać dostępność m.in. polisacharydów nieskrobiowych dla bakterii już we wcześniejszym odcinku przewodu pokarmowego. Zastosowanie dodatkowych zabiegów termicznych wzmacnia ten efekt poprzez zmianę rozpuszczalności frakcji białka oraz zmianę struktury polisacharydów nieskrobiowych. W pracy zaobserwowano również większą lepkość treści pokarmowej prosiąt otrzymujących diety z ekspandowanymi nasionami łubinu. Zwiększona lepkość treści pokarmowej wpływa na zmniejszenie szybkości jej przepływu, a tym samym zwiększa dostęp bakterii do substratów zawartych w treści pokarmowej lub wpływa na gorsze trawienie enzymatyczne innych składników odżywczych, np. skrobi.

Wyniki uzyskane w tym doświadczeniu wskazują, że rozdrobnienie i hydrotermiczna obróbka nasion łubinu wąskolistnego przyczynia się do poprawy wartości odżywczej mieszanek paszowych dla świń. Ponadto wyniki te wskazują na możliwość zastąpienia poekstrakcyjnej śruty sojowej przetworzonymi nasionami łubinu wąskolistnego w mieszankach dla tuczników.

\* badania zostały przeprowadzone w ramach współpracy z Freie Universität Berlin.

**Tuśnio A.**, Taciak M., Barszcz M., Święch E., Bachanek I., Skomial J. 2017. Effect of replacing soybean meal by raw or extruded pea seeds on growth performance and selected physiological parameters of the ileum and distal colon of pigs. **PLoS ONE**, 12, e0169467

Zapotrzebowanie na białko paszowe w Europie pokrywane jest głównie przez genetycznie modyfikowaną poekstrakcyjną śrutę sojową. W związku z rosnącą niechęcią



konsumentów do organizmów genetycznie modyfikowanych, poszukuje się alternatywnych źródeł białka roślinnego, o zbliżonej zawartości składników pokarmowych. Z dostępnego piśmiennictwa wynika, że nasiona roślin bobowatych zawierają stosunkowo dużo białka (Alonso i wsp., 2000) ale mniej aminokwasów siarkowych i tryptofanu w porównaniu ze śrutą sojową (Gatel, 1994; Mekbugwan, 2007). Spośród roślin bobowatych nasiona grochu stanowią lepsze źródło białka niż nasiona łubinu lub bobiku, pod względem wykorzystania aminokwasów, ponadto są cennym źródłem węglowodanów, witamin i składników mineralnych (Gatel i Grosjean, 1990). Jednak pomimo zalet, nasiona roślin bobowatych mogą być stosowane w żywieniu zwierząt w ograniczonych ilościach ze względu na obecność w nich związków bioaktywnych, wpływających ujemnie na wskaźniki produkcyjne oraz fizjologiczne. Dla poprawy jakości i zwiększenia możliwości zastosowania nasion roślin bobowatych w paszach dla prosiąt, można zastosować procesy uszlachetniania nasion. Takim procesem jest m.in. ekstruzja – proces hydrobarotermiczny, prowadzący do inaktywacji termolabilnych związków antyodżywczych takich jak inhibitor trypsyny oraz lektyny.

W niniejszej pracy postawiono hipotezę badawczą, zakładającą, że częściowe zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej surowymi lub ekstrudowanymi nasionami grochu w mieszance dla prosiąt jest możliwe i nie ma negatywnego wpływu na wskaźniki przyżyciowe, parametry histologiczne oraz skład i aktywność mikrobioty jelita grubego.

W celu weryfikacji tej hipotezy przeprowadzono doświadczenie na 18 wieprzkach (PIC x Penarlan P76) o początkowej masie ciała 11 kg, podzielonych na 3 grupy po 6 sztuk w każdej. Prosięta żywiono mieszankami zbożowymi z poekstrakcyjną śrutą sojową bez dodatku nasion grochu lub z dodatkiem surowych lub ekstrudowanych nasion grochu, częściowo zastępujących poekstrakcyjną śrutę sojową. Przy 15 kg masy ciała prosiąt przeprowadzono doświadczenie bilansowe. Po zakończeniu doświadczenia, trwającego 26 dni, zwierzęta uśmiercono i pobrano próby tkanki jelita grubego do oznaczeń histologicznych oraz próby treści pokarmowej do

analizy pH, koncentracji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, amin biogennych, aktywności enzymów bakteryjnych i względnych ilości wybranych bakterii. Wprowadzenie do mieszanki ekstrudowanych nasion grochu wpłynęło na zwiększenie średniego dziennego przyrostu masy ciała oraz poprawę wykorzystania paszy w porównaniu z grupą kontrolną. Dodatek tych nasion prowadził również do zwiększenia pozornej strawności białka w całym przewodzie pokarmowym w porównaniu z grupą prosiąt otrzymujących mieszankę z surowymi nasionami grochu. Było to prawdopodobnie związane ze zmniejszeniem aktywności inhibitora tripsyny pod wpływem ekstruzji nasion. Taką samą zależność zaobserwowano w badaniach standaryzowanej strawności białka *in vitro*. Natomiast stosunek azotu zatrzymanego do azotu wchłoniętego zależał od białka mieszanki i był najwyższy w grupie, w której poekstrakcyjna śruta sojowa była częściowo zastąpiona ekstrudowanymi nasionami grochu w porównaniu z grupą kontrolną. Pomimo tego, że dodatek ekstrudowanych nasion grochu wpływał istotnie na strawność białka w całym przewodzie pokarmowym to nie zaobserwowano istotnych różnic w budowie histologicznej jelita grubego, SCFA (z wyjątkiem większej koncentracji kwasu masłowego w grupie prosiąt otrzymujących mieszankę z surowymi nasionami grochu), aktywności enzymów bakteryjnych oraz względnej ilości badanych populacji bakterii. Wbrew oczekiwaniom, wystąpiła tendencja do wzrostu populacji bakterii z rodzaju *Clostridium*. Zarówno wzrost populacji tych bakterii, jak i koncentracji kwasu izo-masłowego oraz tendencja do zwiększenia koncentracji 1,7-diaminoheptanu i spermidyny u prosiąt otrzymujących mieszanki z ekstrudowanym grochem w porównaniu z pozostałymi grupami, może wskazywać na to, że część białka grochu pozostała oporna na trawienie w jelicie cienkim i trafiła do jelita grubego zwiększając intensywność proteolizy.

Przedstawione powyżej wyniki wskazują, że częściowe zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej nasionami grochu, zarówno surowego jak i ekstrudowanego, jest możliwe.

Nasiona te stanowią dobre alternatywne źródło białka dla śruty sojowej w mieszankach dla rosnących świń.

**Tuśnio A.**, Barszcz M., Święch E., Skomial J., Taciak M. 2020. Large intestine morphology and microflora activity in piglets fed diets with two levels of raw or micronized blue sweet lupin seeds. **Livestock Science**, 240: 104137

Nasiona łubinu, oprócz dosyć wysokiej zawartości białka, zawierają znacznie więcej polisacharydów nieskrobiowych niż nasiona pozostałych roślin bobowatych. Polisacharydy nieskrobiowe nie są trawione w jelicie cienkim zwierząt monogastycznych, a rozkładowi ulegają w jelicie grubym świń (Jezierny i wsp., 2010) Alkaloidy są głównymi związkami antyżywniowymi występującymi w nasionach łubinów. Jednak, nasiona nowych odmian zawierają niewielką ich ilość (Erbaś i wsp., 2005). Nasiona łubinu zawierają znaczne ilości  $\alpha$ -galaktozydów, które oprócz niekorzystnego wpływu na organizm, mogą wpływać pozytywnie na stan zdrowotny jelita grubego, wykazując działanie prebiotyczne. Nie są one trawione w jelicie cienkim, w związku z czym trafiają do jelita grubego, w którym rozkładane są przez bakterie (Jezierny i wsp., 2010). Najważniejszymi produktami tego rozkładu są krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, będące źródłem energii m.in. dla kolonocytów.

Pasze z dodatkiem nasion łubinu, niestety nie są zbyt chętnie pobierane przez świnię. Może mieć to związek z alkaloidami występującymi w niewielkich ilościach nawet w tzw. odmianach słodkich łubinu. W związku z tym poszukuje się procesów technologicznych, które poprawiłyby możliwość wykorzystania nasion łubinu w żywieniu prosiąt.

W podjętych badaniach zwrócono uwagę na możliwość zastosowania procesu mikronizacji, który uważany jest za korzystny i poprawiający wartość odżywczą nasion

(Douglas i wsp., 1991). Mikronizacja jest procesem termicznym, w którym nasiona poddawane są ekspozycji na promieniowanie podczerwone o określonej długości fali (1,8-3,4  $\mu\text{m}$ ).

Wyniki wcześniejszych badań własnych stały się inspiracją do sformułowania kolejnej hipotezy badawczej, która zakładała, że wprowadzenie nasion łubinu wąskolistnego (surowego lub mikronizowanego), zastępujących całkowicie lub w połowie poekstrakcyjną śrutę sojową w mieszankach dla prosiąt jest możliwe i nie wpłynie negatywnie na parametry przyżyciowe prosiąt, a także budowę morfologiczną i aktywność flory bakteryjnej jelita grubego.

Doświadczenie przeprowadzono na 32 wieprzkach (Danbred x Duroc) w układzie dwuczynnikowym, podzielonych na 4 grupy. Od 35 dnia życia prosięta żywiono przez 21 dni mieszankami doświadczalnymi, w których 50% lub 100% poekstrakcyjnej śruty sojowej zastąpiono surowymi lub mikronizowanymi nasionami łubinu wąskolistnego. Po zakończeniu doświadczenia pobrano próby tkanek z jelita ślepego oraz początkowego, środkowego i końcowego odcinka okrężnicy do oznaczeń histologicznych. Próby treści pokarmowej pobrano z tych samych fragmentów przewodu pokarmowego co wymienione próby tkanek w celu analizy SCFA, pH, związków fenolowych oraz aktywności enzymów bakteryjnych. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że całkowite zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej nasionami łubinu, zarówno surowego jak i mikronizowanego powoduje zmniejszenie przyrostu masy ciała prosiąt, w porównaniu z prosiętami żywionymi mieszankami zawierającymi mniej nasion łubinu. Zarówno zawartość nasion łubinu w mieszance, jak i zastosowany proces mikronizacji miał nieznaczny wpływ na morfologię okrężnicy. Zaobserwowano zwiększenie grubości błony mięśniowej w końcowym odcinku okrężnicy w grupie otrzymującej mieszanki z wysokim poziomem surowych nasion łubinu. Mogło być to związane ze zmianą struktury włókna pod wpływem mikrozacji, która mogła zwiększyć jego elastyczność i wpłynąć na szybkość przechodzenia treści pokarmowej przez jelito. Inni autorzy wskazują, że taniny obecne w nasionach roślin bobowatych wpływają niekorzystnie na morfologię jelita grubego

(Ortiz i wsp., 1994; Salgado i wsp., 2001) ale w tym doświadczeniu nie wykazano ich negatywnego wpływu na budowę morfologiczną okrężnicy, prawdopodobnie ze względu na ich niską koncentrację w mieszance. Badane czynniki doświadczalne wpłynęły w niewielkim stopniu na koncentrację SCFA. Jedynie koncentracja kwasu masłowego była większa w grupie prosiąt otrzymujących mieszanki z wysokim poziomem zarówno surowych jak i ekstrudowanych nasion łubinu. Ponadto, w wyniku fermentacji białka niestrawionego w jelicie cienkim, zaobserwowano wzrost koncentracji kwasu walerianowego we wszystkich odcinkach okrężnicy w grupach prosiąt otrzymujących mieszanki z wysokim poziomem surowych i ekstrudowanych nasion łubinu. Podobne wyniki otrzymali również inni autorzy, wykazując wzrost koncentracji kwasu walerianowego w treści pokarmowej z okrężnicy świń żywionych mieszanką z nasionami łubinu białego, całkowicie zastępującego poekstrakcyjną śrutę sojową (Kasproicz-Potocka i wsp., 2017). Na podstawie uzyskanych wyników zaobserwowano także zależność pomiędzy koncentracją amoniaku w treści jelita grubego a zawartością nasion łubinu w diecie. Wysoka zawartość nasion w mieszance wpłynęła na zmniejszenie koncentracji amoniaku w jelicie ślepyim i początkowym odcinku okrężnicy i na wzrost jego stężenia w końcowym odcinku okrężnicy. Mogło to być związane z niższym pH w tym odcinku jelita grubego, ponieważ, jak wskazuje Lupton i Marchant (1989), stężenie amoniaku zależy m.in. od pH. Im środowisko jest bardziej kwaśne tym wchłanianie amoniaku w jelicie grubym jest mniejsze. Ponadto, niektórzy autorzy wskazują, że węglowodany ulegające fermentacji bakteryjnej w jelicie grubym wpływają na obniżenie koncentracji amoniaku w treści pokarmowej (Visek, 1978; Deminge i Remesy, 1979). Koncentracja, powstałych w wyniku fermentacji proteolitycznej, związków fenolowych, nie zależała od zawartości nasion łubinu w mieszance ale zależała od procesu mikronizacji nasion. Stężenie *p*-krezolu w początkowym odcinku okrężnicy było niższe u prosiąt otrzymujących mieszanki z mikronizowanymi nasionami. Odwrotna zależność została zaobserwowana w środkowym odcinku jelita grubego,

w którym stężenie *p*-krezolu było wyższe u świń żywionych mieszankami z dużą ilością mikronizowanych nasion łubinu w porównaniu ze zwierzętami otrzymującymi mieszanki z dużą ilością surowych nasion. Według Yokoyama i wsp. (1982) *p*-krezol może wpływać negatywnie na wzrost odsadzonych prosiąt ale w niniejszej pracy nie zaobserwowano tej zależności. Uzyskane wyniki wykazały ponadto, że aktywność badanych enzymów bakteryjnych zależała zarówno od poziomu jak i postaci nasion (surowe vs mikronizowane). Mniejsza aktywność  $\beta$ -glukuronidazy została zaobserwowana u prosiąt otrzymujących mieszanki z większą ilością nasion łubinu. Może to świadczyć o pozytywnym wpływie węglowodanów obecnych w mieszance w dużej ilości (Shiau i Chang, 1983; Gestel i wsp., 1994). Ponadto wykazano zależność pomiędzy aktywnością  $\beta$ -glukozydazy a ilością i stopniem przetworzenia nasion. Aktywność tego enzymu była wyższa u prosiąt żywionych dietami z dużą ilością mikronizowanych nasion łubinu w porównaniu z prosiętami otrzymującymi w mieszance paszowej dużą ilość surowych nasion. Mogło być to spowodowane wprowadzeniem do mieszanki, wraz z mikronizowanymi nasionami łubinu, większej ilości substratów do zwiększenia aktywności tego enzymu, niż z surowymi nasionami.

Wyniki uzyskane w tym doświadczeniu wskazują na możliwość częściowego wyeliminowania poekstrakcyjnej śrutę sojowej z mieszanki dla prosiąt i zastąpienia jej surowymi lub mikronizowanymi nasionami łubinu wąskolistnego. Negatywny wpływ dużej ilości nasion łubinu w mieszance zaobserwowano tylko w przypadku przyrostu masy ciała prosiąt.

**Tuśnio A.**, Barszcz M., Taciak M., Święch E., Wójtowicz A., Skomiał J. 2021. The effect of diet containing extruded faba bean seeds on the growth performance and selected microbial activity indices in the large intestine of piglets. **Animals**, 11, 01703

Okres okołoodsadzeniowy jest bardzo ważnym i trudnym momentem w życiu prosiąt (Konstantinov i wsp., 2004a). Takie czynniki jak zmiana diety, czyli przejście z mleka matki na mieszanki stałe i stres wynikający z odsadzenia od lochy często prowadzą do problemów jelitowych, wpływających na morfologię i funkcjonowanie jelita (Lallés i wsp., 2004). Poza tym skład mieszanki jest bardzo ważnym czynnikiem, odpowiedzialnym za skład i funkcjonowanie mikrobioty (Mosenthin i wsp., 1999). Nasiona roślin bobowatych, będące źródłem węglowodanów mogą wpływać na mikroflorę jelita poprzez modulację jej aktywności i składu oraz prowadzić do większej różnorodności produktów końcowych metabolizmu bakterii (Konstantinov i wsp., 2004b). Oligosacharydy wpływają m.in. na stężenie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (Rehman i wsp., 2008), będących pochodnymi fermentacji bakteryjnej.

Wciąż istnieje zapotrzebowanie na pasze, które pokryłyby potrzeby żywieniowe zwierząt i których stosowanie byłoby opłacalne. Pasze powinny również wpływać pozytywnie na zdrowie i dobrostan zwierząt. Na podstawie dostępnej literatury, jak i badań własnych, wiele wskazuje na to, że nasiona bobiku mogą być ważnym składnikiem diet dla zwierząt monogastrycznych. Nasiona bobiku zawierają około 30% białka w suchej masie i korzystny profil aminokwasowy białka, ale podobnie jak w innych nasionach roślin bobowatych, obecne są w nich również inhibitory proteaz, lektyny i garbniki obniżające strawność białka (Duc, 1997). Obecność związków antyodżywczych w paszy może niekorzystnie wpływać na błonę śluzową jelita, prowadząc m.in. do zaniku kosmków jelitowych (Chachaj i wsp., 2019).

W pracy tej postawiona została hipoteza, że częściowe zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej ekstrudowanymi nasionami bobiku w ilości 30% w mieszance dla prosiąt nie będzie miało negatywnego wpływu na stan zdrowotny przewodu pokarmowego rosnących świń.

W związku z tym, że w dostępnej literaturze brakuje informacji dotyczących możliwości zastępowania poekstrakcyjnej śruty sojowej ekstrudowanymi nasionami bobiku w mieszankach dla odsadzonych prosiąt oraz z braku informacji odnośnie ilości tych nasion w mieszance, podjęto badania, których celem była ocena wpływu różnych poziomów ekstrudowanych nasion bobiku na parametry przyżyciowe oraz aktywność wybranych wskaźników mikrobiologicznych w jelicie grubym prosiąt.

Badania przeprowadzono na 24 wieprzkach (Danbred x Duroc) o początkowej masie ciała 9,5 kg, karmionych mieszankami zbożowymi bez (grupa kontrolna) lub z dodatkiem 20, 25 lub 30% ekstrudowanych nasion bobiku zastępujących częściowo poekstrakcyjną śrutę sojową i skrobię pszenną. Doświadczenie trwało 21 dni, po czym zwierzęta uśmiercono, wypreparowano jelito grube i pobrano próbki tkanek i treści pokarmowej z jelita ślepego, początkowego, środkowego i końcowego odcinka okrężnicy w celu wykonania pomiarów histologicznych, analizy koncentracji SCFA i amoniaku oraz oznaczenia aktywności wybranych enzymów bakteryjnych ( $\beta$ -glukozydazy i mucynazy).

Częściowe zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej ekstrudowanymi nasionami bobiku nie wpłynęło istotnie na pobranie paszy przez prosięta. Zaobserwowano jedynie istotne różnice we współczynniku wykorzystania paszy. Prosięta karmione mieszanką paszową z 25% dodatkiem nasion bobiku lepiej wykorzystywały paszę w porównaniu do prosiąt otrzymujących mieszankę z 30% udziałem nasion. Podobne obserwacje opisał w swojej pracy Brand i wsp. (1995), który nie zaobserwował negatywnego wpływu dodatku nasion bobiku do diety w ilości 20% na wzrost prosiąt. Natomiast Emioli i Gousa (2011) zaobserwowali, że nasiona bobiku wpływają na wzrost zwierząt w zależności od udziału w mieszance; dodatek 15% nasion bobiku



do mieszanki dla świń nieznacznie zaburzył wzrost zwierząt, podczas gdy 40% dodatek tych nasion istotnie zmniejszył ich wzrost.

Budowa błony śluzowej jelita jest jednym z najważniejszych elementów wskazujących na stan przewodu pokarmowego (Lu i wsp., 2008). Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały, że dodatek ekstrudowanych nasion bobiku do diety dla prosiąt wpłynął na grubość błony mięśniowej jelita ślepego i środkowego odcinka okrężnicy. Prosięta żywione mieszanką z 30% udziałem ekstrudowanych nasion bobiku miały grubszą błonę mięśniową w porównaniu z prosiętami z grupy kontrolnej oraz prosiętami otrzymującymi 20% i 25% ekstrudowanych nasion. Zaobserwowano także tendencję do zwiększenia grubości błony mięśniowej w początkowym odcinku okrężnicy w grupie prosiąt otrzymujących paszę z 25% udziałem nasion bobiku w porównaniu z pozostałymi grupami. Najprawdopodobniej zmiany te mogły być związane z różnym poziomem włókna surowego w poszczególnym mieszankach. Żywienie prosiąt dietami doświadczalnymi nie miało natomiast istotnego wpływu na stężenie SCFA w treści pokarmowej jelita grubego. Zaobserwowano jedynie tendencję do zmniejszenia stężenia kwasu izo-masłowego w jelicie ślepym u zwierząt żywionych mieszankami z ekstrudowanymi nasionami bobiku. Ponadto wykazano, że stężenie kwasu octowego również było niższe w środkowym odcinku okrężnicy w grupie prosiąt żywionych mieszankami z wyższym udziałem bobiku. Otrzymane wyniki były zgodne z obserwacjami uzyskanymi przez Biagia i wsp. (2010) w doświadczeniu *in vitro*, w którym wykazano negatywną korelację między zawartością tanin w mieszance a aktywnością mikroflory jelita ślepego u świń. Cytowani autorzy stwierdzili, że wraz ze wzrostem koncentracji tanin w diecie zmniejsza się liniowo stężenie kwasu octowego, propionowego i masłowego. Inni autorzy, w badaniach na szczurach, zaobserwowali taką samą zależność – kwas taninowy wpłynął na zmniejszenie produkcji kwasu octowego, wskazując jednocześnie na jego rolę w zmniejszaniu liczebności mikroflory wytwarzającej kwas octowy (Bravo i wsp., 1994). W omawianym doświadczeniu określono również wpływ dodatku

ekstrudowanych nasion bobiku na koncentrację amoniaku w okrężnicy prosiąt. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że koncentracja amoniaku w treści pokarmowej jelita grubego prosiąt nie zależała od poziomu ekstrudowanych nasion bobiku w mieszance. Wydaje się, że wynikało to z niskiego oraz dobrze zbilansowanego poziomu białka w mieszankach. W niniejszych badaniach nie zaobserwowano również istotnego wpływu czynnika doświadczalnego na aktywność oznaczanych enzymów bakteryjnych w jelicie grubym prosiąt.

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że ekstrudowane nasiona bobiku stanowią dobre źródło białka dla odsadzonych prosiąt i mogą częściowo zastąpić poekstrakcyjną śrutę sojową, jednak ich zawartość w mieszance nie powinna przekraczać 25%. Wprowadzając 30% ekstrudowanych nasion bobiku do mieszanki dla prosiąt, należy zwrócić uwagę na to, że ilość taka wpływa na zmniejszenie wykorzystania paszy i zwiększa grubość błony mięśniowej jelita grubego. Natomiast włączenie do diety 20-30% nasion bobiku nie wpływa negatywnie na wybrane parametry aktywności mikrobiologicznej.

#### **4.3. Podsumowanie**

Wyniki uzyskane w cyklu czterech prac, wskazują na przydatność stosowania nasion roślin bobowatych, poddanych zabiegom uszlachetniającym, w żywieniu odsadzonych prosiąt. Wyniki te pozwoliły także na wykazanie, że nasiona roślin bobowatych (surowe lub uszlachetnione) mogą zastępować poekstrakcyjną śrutę sojową w mieszankach, a na ich podstawie sformułowano następujące wnioski:

- rozdrobnienie i ekspandowanie nasion łubinu wąskolistnego poprawia ich wartość odżywczą i mogą być one rozważane jako zamiennik poekstrakcyjnej śruty sojowej; nasiona te mogą obniżać pozorną strawność jelitową masy organicznej, tłuszczu i skrobi (w przypadku grubo zmielonych nasion), rzeczywistą strawność białka (tylko w przypadku zmielonych nasion) oraz zwiększać lepkość treści pokarmowej;

- ekstrudowane nasiona grochu mogą częściowo zastępować poekstrakcyjną śrutę sojową, wpływając korzystnie na wskaźniki przyżyciowe prosiąt i zwiększając pozorną strawność białka w całym przewodzie pokarmowym oraz nie wpływając negatywnie na aktywność mikrobiologiczną w jelicie grubym;
- zarówno surowe jak i mikronizowane nasiona łubinu wąskolistnego mogą częściowo zastępować poekstrakcyjną śrutę sojową, ponieważ całkowite jej zastąpienie powoduje obniżenie przyrostu masy ciała prosiąt. Wprowadzenie do mieszanek dla odsadzonych prosiąt mikronizowanych nasion łubinu wąskolistnego może modyfikować aktywność mikrobiologiczną w jelicie grubym ale nie są to zmiany niekorzystne;
- ekstrudowane nasiona bobiku mogą częściowo zastępować poekstrakcyjną śrutę sojową, będąc dobrym źródłem białka ale ich ilość w mieszance dla odsadzonych prosiąt nie powinna przekraczać 25%. Większy udział nasion w mieszance może zmniejszać wykorzystanie paszy i mieć negatywny wpływ na morfologię okrężnicy, zwiększając grubość błony mięśniowej. Wprowadzenie do mieszanek dla odsadzonych prosiąt ekstrudowanych nasion bobiku w ilości do 30% nie wpływa negatywnie na aktywność mikrobiologiczną w jelicie grubym.

Uzyskane wyniki są pierwszymi, które opisują wpływ stosowania przedstawionych w osiągnięciu ilości, zarówno surowych jak i przetworzonych, nasion roślin bobowatych w żywieniu odsadzonych prosiąt na strawność składników pokarmowych, wybrane wskaźniki budowy morfologicznej przewodu pokarmowego oraz aktywności mikrobiologicznej jelita grubego. Dzięki uzyskanym wynikom badań można rozważyć wykorzystanie w praktyce opisanych zabiegów, mających na celu poprawę wartości odżywczej nasion roślin bobowatych i zwiększenie ich wykorzystania jako zamienników poekstrakcyjnej śruty sojowej.

#### 4.4. Spis literary

1. Abbey B.W., Neale R.J., Norton G. 1979. Nutritional effects of field bean (*Vicia faba*) proteinase inhibitors fed to rats. *British Journal of Nutrition*, 41, 31–38
2. Adams M.R., Golden D.L., Franke A.A., Potter S.M., Smith H.S., Anthony M.S. 2004. Dietary soy  $\beta$ -conglycinin (7S globulin) inhibits atherosclerosis in mice. *The Journal of Nutrition*, 134, 3, 511–516
3. Adepurasi E.O. 2001. Effect of processing on the nutrients and anti-nutrients of lima bean (*Phaseolus lunatus L.*) flour. *Die Nahrung*, 45, 94–96
4. Aimone J.C., Wagner D.G. 1977. Micronized Wheat. II. Influence on digestibility, gas production and gelatinization. *Journal of Animal Science*, 44, 6, 1096–1099
5. Alatorre-Cruz J.M., Pita-López W., López-Reyes R.G., Ferriz-Martínez R.A., Cervantes-Jiménez R., Carrillo M.D.J.G., Vargas P.J.A., López-Herrera G., Rodríguez-Méndez A.J., Zamora-Arroyo A., Gutiérrez-Sánchez H., Reis de Souza T., Blanco-Labra A., Garcia-Gasca T. 2017. Effects of intragastrically-administered Tepary bean lectins on digestive and immune organs: Preclinical evaluation. *Toxicology Reports*, 5, 56–64
6. Alonso R, Aguire A, Marzo F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68, 2, 159–165
7. Andrejko D., Ryzdak L., Ślaska-Grzywna B., Goździewska M., Kobus Z. 2008. Influence of preliminary thermal processing applying infra-red radiation on pea seeds cooking process. *International Agrophysics*, 22, 17–20
8. Banwell J., Boldt D., Meyers J., Weber F. 1983. Phytohemagglutinin derived from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*): A cause for intestinal malabsorption associated with bacterial overgrowth in the rat. *Gastroenterology*, 84, 506–515
9. Beaud D., Tailliez P., Anba-Mondoloni J. 2005. Genetic characterization of the  $\beta$ -glucuronidase enzyme from a human intestinal bacterium, *Ruminococcus gnavus*. *Microbiology*, 151, 2323–2330
10. Bengala-Freire J., Aumaitre A., Peiniau J., Freire J.B. 1991. Effects of feeding raw and extruded peas on ileal digestibility, pancreatic enzymes and plasma glucose and insulin in early weaned pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 65, 154–164
11. Berrocoso J.D., Serrano M.P., Cámara L., López A., Mateos G.G. 2013. Influence of source and micronization of soybean meal on nutrient digestibility and growth performance of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 91, 309–317
12. Biagia G., Cipollini I., Paulicks B.R., Roth F.X. 2010. Effect of tannins on growth performance and intestinal ecosystem in weaned piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 64, 121–135
13. Bindelle J., Buldgen A., Delacollette M., Wavreille J., Agneessens R., Destain J.P., Leterme P. 2009. Influence of source and concentrations of dietary fiber on *in vivo* nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by *in vitro* fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. *Journal of Animal Science*, 87, 583–593
14. Birk Y. 1989. Protein protease inhibitors of plant origin and their significance in nutrition. W: Huisman J., van der Poel T.F.B., Liener I.E. (Eds.): *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*. Pudoc Wageningen, str. 83–94

15. Brand T.S., Olckers R.C., van der Merwe J.P. 1995. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* cv. Fiord) and sweet lupins (*Lupinus albus* cv. Kiev) as protein sources for growing pigs. *South African Journal and Animal Science*, 25, 31–35
16. Bravo L., Abia R., Eastwood M.A., Saura-Calixto F. 1994. Degradation of polyphenols (catechin and tannic acid) in the rat intestinal tract. Effect on colonic fermentation and faecal output. *British Journal of Nutrition*, 71, 933–946
17. Bryant M.P., Robinson I.M. 1962. Some nutritional characteristics of predominant culturable ruminal bacteria. *Journal of Bacteriology*, 84, 605–614
18. Burrin D.G., Stoll B. 2003. Enhancing intestinal function to improve growth and efficiency. W: Ball R.O. (Ed.), *Proceedings of the 9th Int. Symposium on Digestive Physiology in Pigs*. Banff, Kanada, 1, str. 121–137
19. Carbonaro M., Cappelloni M., Nicoli S., Lucarini M., Carnovale E. 1997. Solubility-digestibility relationship of legume proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3387–3394
20. Chachaj R., Sembratowicz I., Krauze M., Ognik K. 2019. The effect of partial replacement of soybean meal with fermented soybean meal on chicken performance and immune status. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28, 263–271
21. Choct M. 2015. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. *Animal Production Science*, 55, 12, 1360-1366
22. Clausen M.R., Bonnen H., Mortensen P.B. 1991. Colonic fermentation of dietary fibre to short chain fatty acids in patients with adenomatous polyps and colonic cancer. *Gut*, 32, 8, 923-928
23. Clemente A., Marín-Manzano, Jiménez E., Carmen M.A., Domoney C. 2012. The anti-proliferative effect of TI1B, a major Bowman-Birk isoinhibitor from pea (*Pisum sativum* L.), on HT29 colon cancer cells is mediated through protease inhibition. *British Journal of Nutrition*, 108 Suppl, S135–S144
24. Csordas A. 1996. Butyric acid, aspirin and colorectal cancer. *European Journal of Cancer Prevention*, 5, 221–231
25. Cummings J.H. 1983. Fermentation in the human large intestine: evidence and implications for health. *Lancet* 1, 1206–1209
26. Cummings J.H., Macfarlane G.T. 1991. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *Journal of Applied Bacteriology*, 70, 443–459
27. Dahl W.J., Foster L.M., Tyler R.T. 2012. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108 Suppl, S3–S10
28. D’Argenio G., Mazzacca G. 1999. Short-chain fatty acid in the human colon. W: Zappia V., Della Ragione F., Barbarisi A., Russo G.L., Iacovo R.D. (Eds). *Advances in Nutrition and Cancer 2. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 472. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3230-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3230-6_13)
29. Davis C.D., Milner J.A. 2009. Gastrointestinal microflora, food components and colon cancer prevention. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 20, 743–752
30. Deminge C., Remesy C. 1979. Urea recycling and ammonia absorption *in vivo* in the digestive tract of the rat. *Annales de Biologie, Anime, Biochimie, Biophysique*, 19, 929–935

31. De Vries S., Pustjens A.M., Schols H.A., Hendriks W.H., Gerrits W.J.J. 2012. Improving digestive utilization of fiber-rich feedstuffs in pigs and poultry by processing and enzyme technologies: A review. *Animal Feed Sciences and Technology*, 178, 3–4, 123–138
32. Douglas J.H., Sullivan T.W., Abdul-kadir R., Rupnow J.H. 1991. Influence of infrared (micronization) treatment on the nutritional value and low- and high-tannin sorghum. *Poultry Science*, 70, 1534–1539
33. Duc G. 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53, 99–109
34. Duranti M. 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia* 77, 67–82
35. Duranti M., Consonni A., Magni C., Sessa F., Scarafoni A. 2008. The major proteins of lupin seed: Characterisation and molecular properties for use as functional and nutraceutical ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 624–633
36. Emiola I.A., Gous R.M. 2011. Nutritional evaluation of dehulled faba bean (*Vicia faba* cv. Fiord) in feeds for weaner pigs. *South African Journal of Animal Science*, 41, 79–86
37. Erbaş M., Certel M., Uslu M.K. 2005. Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*, 89, 341–345
38. Fernández J.A., Batterham E.S. 1995. The nutritive value of lupin-seed and dehulled lupin-seed meals as protein sources for growing pigs as evaluated by different techniques. *Animal Feed Science Technology*, 53, 279–296
39. Fernandes, T.H., Hutton, K., Smith, S.C. 1975. A note on the use of micronized barley for growing pigs. *Animal Production*, 20, 307–310
40. Galfi P., Bokori J. 1990. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n-butyrate. *Acta Veterinaria Hungarica*, 38, 1, 3–17
41. Gatel F., Grosjean F. 1990. Composition and nutritive value of peas for pigs: A review of European results. *Livestock Production Science*, 26, 3, 155–175
42. Gatel F. 1992. Protein quality for monogastric animals. W: Proceedings 1<sup>st</sup> European Conference on Grain Legumes, Angers, France, str. 461–473
43. Gatel F. 1994. Protein quality of legume seeds for monogastric animals. *Animal Feed Science and Technology*, 45, 317–348
44. Gestel G., Besançon P., Rouanet J.M. 1994. Comparative evaluation of the effects of two different forms of dietary fibre (rice bran vs. wheat bran) on rat colonic mucosa and faecal microflora. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 38, 249–256
45. Grosjean F., Bastianelli D., Bourdillon A., Cerneau P., Jondreville C., Peyronnet C. 1998. Feeding value of pea (*Pisum sativum*, L.) 2. Nutritional value in the pig. *Animal Science*, 67, 621–625
46. Guéguen J. 1983. Legume seed protein extraction, processing and end products characteristics. *Qualitas Plantarum. Plant Foods for Human Nutrition*, 32, 267–303
47. Guéguen J., van Oort M.G., Quillien L., Hessing M. 1993. The composition, biochemical characteristics and analysis of proteinaceous antinutritional factors in legume seeds. A review. W: van der Poel A.F.B., Huisman J., Saini H.S. (Eds.): Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds, EAAO Publication No 70, Wageningen Pers, str. 9–30
48. Hanczakowska E., Świątkiewicz M. 2013. Legume seeds and rapeseed press cake as substitutes for soybean meal in sow and piglet feed. *Agricultural and Food Science*, 22, 435–444

49. Hernández-Infante M., Sousa V., Montalvo I., Tena E. 1998. Impact of microwave heating on hemagglutinins, trypsin inhibitors and protein quality of selected legume seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 199–208
50. Huisman J., Tolman G.H. 2001. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. W: Garnsworthy P.C., Wiseman J. (Eds.): *Recent Developments in Pig Nutrition*, vol.3, Nottingham University Press, Nottingham, str. 261–322
51. Jansman A.J.M. 1993. Tannins in feedstuffs for simple-stomach animals. *Nutrition Research Reviews*, 6, 209–236
52. Jansman A.J.M., Longstaff M. 1993. Nutritional effects of tannins and vicine/convicine in legume seeds. W: van der Poel A.F.B., Huisman J., Saini H.S. (Eds.): *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*, EAAP Publication No 70, Wageningen Pers, str. 301–316
53. Jayathilake C., Visvanathan R., Deen A., Bangamuwage R., Jayawardana B.C., Nammi S., Liyanage R. 2018. Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 4793–4806
54. Jezierny D., Mosenthin R., Bauer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 157, 111–128
55. Kasproicz-Potocka M., Zaworska A., Kaczmarek S., Hejdysz M., Mikuła R., Rutkowski A. 2017. The effect of *Lupinus albus* seeds on digestibility, performance and gastrointestinal tract indices in pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101, e216–e224
56. Khattab R.Y., Arntfield S.D. 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *Food Science and Technology*, 42, 1113–1118
57. 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. *Rozprawy Naukowe. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie*. ISSN 1899-2374
58. Kiczorowska B., Andrejko D., Winiarska-Mieczan A., Samolińska W., Rusinek-Prystupa E. 2015. Modyfikacje podstawowego składu chemicznego z uwzględnieniem ilościowych i jakościowych zmian zawartości węglowodanów w ziarnie pszenicy pod wpływem procesów termicznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1, 98, 116–130
59. Kiczorowska B., Samolińska W., Andrejko D., Al-Yasiry A. 2016. Mikronizacja metodą modyfikacji składu chemicznego nasion fasoli, ze szczególnym uwzględnieniem węglowodanów. *Polish Journal of Agronomy*, 27, 48–54
60. Kim D.H., Kang H.J., Park S.H., Kobashi K. 1994. Characterization of beta-glucosidase and beta-glucuronidase of alkalotolerant intestinal bacteria. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 17, 3, 423–426
61. Kim J.C., Mullan B.P., Heo J.M., Hansen C.F. Pluske J.R., 2009. Decreased dietary particle size of lupins increases apparent ileal amino acid digestibility and alters fermentation characteristics in the gastrointestinal tract of pigs. *British Journal of Nutrition*, 102, 350–360
62. Kim J.C., Heo J.M., Mullan B.P., Pluske J.R. 2012. Performance and intestinal responses to dehulling and inclusion level of Australian sweet lupins (*Lupinus angustifolius* L.) in diets for weaner pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 172, 201–209

63. Komolka, P., Górecka D. 2012. Wpływ obróbki termicznej warzyw kapustnych na zawartość błonnika pokarmowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2, 81, 68-76
64. Konstantinov S.R., Favier C.F., Zhu W.Y., Williams B.A., Klüß J., Souffrant W., de Vos W.M., Akkermans A.D.L., Smidt H. 2004a. Microbial diversity studies of the porcine gastrointestinal ecosystem during weaning transition. *Animal Research*, 53, 317–324
65. Konstantinov S.R., Awati A., Smidt H., Williams B.A., Akkermans A.D., de Vos W.M. 2004b. Specific response of a novel and abundant *Lactobacillus amylovorus*-like phylotype to dietary prebiotics in the guts of weaning piglets. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 3821–3830
66. Kumar V., Saurabh S., Sahu N. P., Pal A. K. 2005. Glucan, a feed additive to manage aquatic animal health. *Aqua Feeds: Formulation & Beyond*, 2, 9–11
67. Kuz'mina V.V. 1996. Influence of age on digestive enzyme activity in some freshwater teleosts. *Aquaculture*, 148, 25–37
68. Lallés J.P., Salmon H., Bakker N.P.M., Tolman G.H. 1993. Effects of dietary antigen on health, performance and immune system of calves and piglets. W: van der Poel A.F.B., Huisman, J., Saini H.S. (Eds.): *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*. EAAP Publication No 70, Wageningen Pres, str. 253–270
69. Lallès J.-P., Boudry G., Favier C., LeFloc'h N., Luron I., Montagne L., Oswald I.P., Pié S., Piel C., Sève B. 2004. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Animal Research*, 53, 301-316
70. Lawrence, T.L.J. 1973. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig I. Effects on digestibility and nitrogen retention. *Animal Production*, 16, 99–107
71. Le Sciellour M., Labussière, E., Zemb O., Renaudeau D. 2018. Effect of dietary fiber content on nutrient digestibility and fecal microbiota composition in growing-finishing pigs. *PLoS ONE*, 13, e0206159
72. Liener I.E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds: State of the art. W: Huisman J., van der Poel T.F.B., Liener I.E. (Eds.): *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*. Pudoc Wageningen, str. 6–13
73. Linderoth A., Prykhodko O., Ahrén B., Fåk F., Pierzynowski S.G., Weström B.R. 2006. Binding and the effect of the red kidney bean lectin, phytohaemagglutinin, in the gastrointestinal tract of suckling rats. *British Journal of Nutrition*, 95, 105–115
74. Lu J., Zou X., Wang Y. 2008. Effects of sodium butyrate on growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 17, 568–578
75. Lupton J.R., Marchant L.J. 1989. Independent effects of fiber and protein on colonic luminal ammonia concentration. *Journal of Nutrition*, 119, 235–241
76. Mach N., Berri M., Estellé J., Levenez F., Lemonnier G., Denis C., Leplat J.J., Chevalere C., Billon Y., Doré J., Rogel-Gaillard C., Lepage P. 2015. Early-life establishment of the swine gut microbiome and impact on host phenotypes. *Environmental Microbiology Reports*, 7, 554–569
77. Macfarlane G.T., Gibson G.R., Cummings J.H. 1992. Comparison of fermentation reactions in different regions of the human colon. *Journal of Applied Microbiology*, 72, 57–64



78. Mariscal-Landin G., Lebreton Y., Seve B. 2002. Apparent and standardized true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. *Animal Feed Science and Technology*, 97, 183–198
79. Marquardt S.S. 1989. Dietary effects of tannins, vicine and convicine. W: Huisman J., van der Poel T.F.B., Liener I.E. (Eds.): *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds*. Pudoc Wageningen, str. 141–155
80. Matre T., Skjerve S., Homb T. 1990. Ground peas in the rations for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 63, 243–254
81. Mekbugwan A. 2007. Application of tropical legumes for pig feed. *Animal Science Journal*, 78, 342–350
82. Mosenthin R., Sauer W.C., Ahrens F. 1994. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. *Journal of Nutrition*, 124, 1222–1229
83. Mosenthin R., Hambrecht E., Sauer W.C. 1999. Utilisation of different fibres in piglet feeds. W: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy P.C., Wiseman J. (Eds.). Nottingham University Press. Nottingham, UK, str. 227–256
84. Mueller-Harvey I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2010–2037
85. Nciri N., Cho N., El Mhamdi F., Ben Ismail H., Ben Mansour A., Sassi F.H., Ben Aissa-Fennira F. 2015. Toxicity Assessment of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) widely consumed by Tunisian population. *Journal of Medicinal Food*, 18, 1049–1064
86. Nyachoti C.M, Arntfield S.D., Guenter W., Cenkowski S., Opapeju F.O. 2006. Effect of micronized pea and enzyme supplementation on nutrient utilization and manure output in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 84, 8, 2150–2156
87. O'Keefe S.J. 2008. Nutrition and colonic health: the critical role of the microbiota. *Current Opinion in Gastroenterology*, 24, 51-58
88. Ortiz L.T., Alzueta C., Treviño J., Castaño M. 1994. Effects of faba bean tannins on the growth and histological structure of the intestinal tract and liver of chicks and rats. *British Poultry Science*, 35, 743–754
89. Owusu-Asiedu A., Baidoo S.K., Nyachoti C.M. 2002. Effect of heat processing on nutrient digestibility in pea and supplementing amylase and xylanase to raw, extruded or micronized pea-based diets on performance of early-weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 82, 3, 367–374
90. Park S.J., Kim J., Lee J.S., Rhee S.K., Kim H. 2014. Characterization of the fecal microbiome in different swine groups by high-throughput sequencing. *Anaerobe*, 28, 157–162
91. Partanen K., Alaviuhkola T., Siljander-Rasi H., Suomi K. 2003. Faba beans in diets for growing-finishing pigs. *Agricultural and Food Sciences*, 12, 35–47
92. Pastuszewska B., Duée P.H., Henry Y., Bourdon D. 1974. Utilisation de la féverole entière et décortiquée par le porc en croissance: digestibilité et disponibilité des acides aminés. *Annales de Zootechnie*, 23, 537–554
93. Paturi G., Nyanhanda T., Butts C.A., Herath T.D., Monro J.A., Ansell J. 2012. Effects of potato fiber and potato-resistant starch on biomarkers of colonic health in rats fed diets containing red meat. *Journal of Food Science*, 77, H216–H223

94. Petroski W., Minich D.M. 2020. Is there such a things as “anti-nutrients”? A narrative review of perceived problematic plant compounds. *Nutrients*, 12, 2929
95. Piecyk M., Worobiej E., Drużynska B., Wołosiak R. 2012. Strawność skrobi i skład chemiczny nasion bobu (*Vicia faba*) poddanych obróbce termicznej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, 414–420
96. Pieper R., Boudry C., Bindelle J., Vahjen W., Zentek J. 2014. Interaction between dietary protein and the source of carbohydrates along the gastrointestinal tract of weaned piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 68, 263–280
97. Pieper R., Tudela C.V., Taciak M., Bindelle J., Pérez J.F., Zentek J. 2016. Health relevance of intestinal protein fermentation in young pigs. *Animal Health Research Reviews*, 17, 137–147
98. Piva A., Prandini A., Fiorentini L., Morlacchini M., Galvano F., Luchansky J.B. 2002. Tributyrin and lactitol synergistically enhanced the trophic status of the intestinal mucosa and reduced histamine levels in the gut of nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 80, 3, 670–680
99. Pluske R.P., Hampson D.J., Williams I.H. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock Production Science*, 51, 215–236
100. Pluske J., Pethick D., Hopwood D., Hampson D. 2002. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pigs. *Nutrition Research Reviews*, 15, 333–371
101. Ramadass B., Dokladny K., Moseley P.L., Patel Y.R., Lin H.C. 2010. Sucrose co-administration reduces the toxic effect of lectin on gut permeability and intestinal bacterial colonization. *Digestive Diseases and Sciences*, 55, 2778–2784
102. Rehman H., Böhm J., Zentek J. 2008. Effects of differentially fermentable carbohydrates on the microbial fermentation profile of the gastrointestinal tract of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 471–480
103. Salgado P., Lallès J.P., Toullec R., Mourato M., Cabral F., Freire J.P.B. 2001. Nutrient digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds and effects on the small intestine of weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 91, 197–212
104. Sansonetti P.J. 2004. War and peace at mucosal surfaces. *Nature Reviews Immunology*, 4, 953–964
105. Scheppach W., Bartram P., Richter F., Liepold H., Dusel G., Hofstetter G., Rütthlein J., Kasper H. 1992. Effect of short-chain fatty acids on the human colonic mucosa in vitro. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 16, 1, 43–48
106. Segain J.P., DelaBletiere D.R., Boureille A., Leray V., Gervois N., Rosales C., Ferrier L., Bonnet C., Blottiere H.M., Glamiche J.P. 2000. Butyrate inhibits inflammatory responses through NFkappaB inhibition: implications for Crohn’s disease. *Gut*, 47, 397–403
107. Shi L., Arntfield S.D., Nickerson M. 2018. Changes in levels of phytic acid, lectins and oxalates during soaking and cooking of Canadian pulses. *Food Research International*, 107, 660–668
108. Shiau S.Y., Chang, W., 1983. Effects of dietary fiber on fecal mucinase and  $\beta$ -glucuronidase activity in rats. *Journal of Nutrition*, 113, 138–144
109. Shiau S.Y., Ong Y.O. 1992. Effects of cellulose, agar and their mixture on colonic mucin degradation in rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 38, 49–55

110. Slifierz M.J., Friendship R.M., Weese J.S. 2015. Longitudinal study of the early-life fecal and nasal microbiotas of the domestic pig. *BMC Microbiology*, 15, 184
111. Smulikowska S., Pastuszewska B., Świąch E., Ochtabińska A., Mieczkowska A., Nguyen V.C., Buraczewska L. 2001. Tannin content affects negatively nutritive value of pea for monogastrics. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 10, 511–513
112. Swords W.E., Wu C.C., Champlin F.R., Buddington R.K. 1993. Postnatal changes in selected bacterial groups of the pig colonic microflora. *Biology of the Neonate*, 63, 191–200
113. Thacker P.A. 1999. Effect of micronization on the performance of growing/finishing pigs fed diets based on hulled and hullless barley. *Animal Feed Science and Technology*, 79, 29–41
114. Thornton J.R. 1981. High colonic pH promotes colorectal cancer. *Lancet*, 16, 1, 1081–1083
115. Treem W.R., Ahsan N., Shoup M., Hyams J.S. 1994. Fecal short-chain fatty acids in children with inflammatory bowel disease. *The Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 18, 2, 159–164
116. Trugo L.C., von Baer D. 1998. Analytical methods for the analysis of antinutritional factors in legume seeds. W: Jansman A.J.M., Huisman G.D., van der Poel A.F.B. (Eds.): *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rapeseed*. Wageningen Pres, str. 11–28
117. Valeri M., Rossi Paccani S., Kasendra M., Nesta B., Serino L., Pizza M., Soriani M. 2015. Pathogenic *E. coli* exploits SsIE mucinase activity to translocate through the mucosal barrier and get access to host cells. *PLoS ONE*, 10, e0117486
118. van Barneveld R.I. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus* spp.) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, 12, 203–230
119. Visek W.J. 1978. Diet and cell growth modulation by ammonia. *American Journal of Clinical Nutrition*, 31, 5216–5220
120. Wang T.L., Domoney C., Hedley C.L., Casey R., Grusak M.A. 2003. Can we improve the nutritional quality of legume seeds? *Plant Physiology*, 131, 886–891
121. Wassenaar T.M. 2018. *E. coli* and colorectal cancer: a complex relationship that deserves a critical mindset. *Critical Reviews in Microbiology*, 44, 619–632
122. Yokoyama M.T., Tabori C., Miller E.R., Hogberg M.G. 1982. The effects of antibiotics in the weaning pig diet on growth and the excretion of volatile phenolic and aromatic bacterial metabolites. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 35, 1417–1424
123. Zabielski R., Godlewski M.M., Guilloteau P. 2008. Control of development of gastrointestinal system in neonates. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 59, 1, 35–54
124. Zander P., Amjath-Babu T.S., Preissel S., Reckling M., Bues A., Schläfke N., Kuhlman T., Bachinger J., Uthes S., Stoddard F., Murphy-Bokern D., Watson C. 2016. Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 36: 26.
125. Zang J., Li D., Piao X., Tang S. 2006. Effects of soybean agglutinin on body composition and organ weights in rats. *Archives of Animal Nutrition*, 60, 245–253
126. Zarkadas L.N., Wiseman J. 2001. Influence of processing variables during micronization of wheat-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 93, 93–107

127. Zarkadas L.N, Wiseman J. 2005. Influence of processing of full fat soya beans included in diets for piglets: II. Digestibility and intestinal morphology. *Animal Feed Science and Technology*, 118, 1-2, 121–137
128. Zheng G.H., Fasina O., Sosulski F.W., Tyler R.T. 1998. Nitrogen solubility of cereals and legumes subjected to micronization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 10, 4150–4157

## **5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ.**

W ramach współpracy pomiędzy jednostkami naukowymi prowadziłam badania we współpracy z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie, Wydziałem Biotechnologii i Hodowli Zwierząt, Katedrą Fizjologii, Cytobiologii i Proteomiki na temat „Wykorzystania technik proteomicznych do oceny wpływu diety z różnym udziałem fruktanów typu inulinowego na zmiany profili białkowych wybranych tkanek rosnących prosiąt”. Wyniki tych badań wykazały, że 3% dodatek inuliny z korzenia cykorii do mieszanki spowodował wyraźne zmiany w ekspresji białek, szczególnie w błonie śluzowej jelita ślepego i końcowym odcinku okrężnicy rosnących świń. Zaobserwowano zmianę w ekspresji białek strukturalnych oraz stwierdzono, że większość tych białek brała udział w przebudowie włókien aktynowych oraz reorganizacji mikrotubul. Zjawisko to może odzwierciedlać zwiększoną proliferację i rotację enterocytów w błonie śluzowej jelita grubego. Ponadto wzrost ekspresji winkuliny w końcowym odcinku okrężnicy (białka tworzącego jeden z kompleksów połączeń ścisłych), może świadczyć o tym, że prebiotyki biorą udział w utrzymaniu integralności bariery jelitowej.

Herosimczyk A., Lepczyński A., Ożgo M., **Tuśnio A.**, Taciak M., Barszcz M. 2020. Effect of dietary inclusion of 1% or 3% of native chicory inulin on the large intestinal mucosa proteome of growing pigs. *Animal*, 14, 1647–1658

**IF<sub>2020</sub> – 3,240; punkty MNiSW – 200**

W ramach współpracy kilku jednostek naukowych (Gdański Uniwersytet Medyczny, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk, Śląski Uniwersytet Medyczny) i Wytwórni Pasz „Morawski”, obejmującej realizację projektu badawczo-rozwojowego pt. „Opracowanie żywieniowych i technologicznych warunków produkcji pasz sterylizowanych dla zwierząt laboratoryjnych o podwyższonym statusie zdrowotnym i mikrobiologicznym”, którego liderem był Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk, uczestniczyłam w badaniach mających na celu opracowanie składu diet dla zwierząt laboratoryjnych utrzymywanych w warunkach specific-pathogen-free (SPF). Celem tego projektu było opracowanie receptur pasz przeznaczonych do sterylizacji metodą autoklawowania dla zwierząt laboratoryjnych. W związku z tym niezbędne było określenie wpływu autoklawowania na wartość odżywczą i energetyczną pasz, zawartość składników mineralnych, witamin oraz na właściwości mechaniczne granul. Celem tych prac było również opracowanie receptur pasz, które zawierałyby niewielką ilość fitoestrogenów, ze względu na to, że zwierzęta laboratoryjne są bardzo często wykorzystywane w badaniach biomedycznych. Najważniejszym wynikiem projektu było opracowanie receptury paszy hodowlanej i bytowej przeznaczonej do autoklawowania, zawierającej poekstrakcyjną śrutę sojową. Ponadto opracowano recepturę przeznaczonej do autoklawowania paszy hodowlanej do stosowania w żywieniu szczurów oraz bytowej (dla myszy i szczurów) o obniżonej zawartości fitoestrogenów, zawierające inne źródło białka niż śruta sojowa. Opracowano

również zalecenia dotyczące optymalnej temperatury i czasu autoklawowania, gwarantujących sterylizację paszy i niewielkie obniżenie wartości odżywczej białka i zawartości witamin.

**Tuśnio A.**, Taciak M., Barszcz M., Paradziej-Łukowicz J., Olędzka I., Wiczkowski W., Szumska M., Pastuszewska B., Skomiał J. 2014. Thermal sterilization affects the content of selected compounds in diets for laboratory animals. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23, 351–360

**IF<sub>2014</sub> – 0,543; MNiSW – 20 pkt.**

Barszcz M., **Tuśnio A.**, Taciak M., Paradziej-Łukowicz J., Molenda M., Morawski A. 2014. Effect of the composition and autoclave sterilization of diets for laboratory animals on pellet hardness and growth performance of mice. *Annals of Animal Science*, 2, 315–328

**IF<sub>2014</sub> – 0,613; MNiSW – 20 pkt.**

Taciak M., **Tuśnio A.**, Świąch E., Barszcz M., Staśkiewicz Ł., Skomiał J., Paradziej-Łukowicz J., Pastuszewska B. 2015. Effects of autoclaving soy-free and soy-containing diets for laboratory rats on protein and energy values determined in vitro. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 54, 5, 507–515

**IF<sub>2015</sub> – 1,906; MNiSW – 25 pkt.**

Barszcz M., Paradziej-Łukowicz J., Taciak M., **Tuśnio A.**, Staśkiewicz Ł., Muszyńska-Furas B. 2015. Growth performance and physiological parameters of conventional and specified pathogen-free rats fed autoclaved diets with different protein sources. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99, 1116–112

**IF<sub>2015</sub> – 1,212; MNiSW – 30 pkt.**

We współpracy z Freie Universität Berlin brałam udział w realizacji tematu dotyczącego wpływu żywienia młodych świń żywionych paszami z poekstrakcyjną śrutą sojową lub nasionami łubinu wąskolistnego poddanymi różnym procesom technologicznym na ich wartość pokarmową, strawność składników pokarmowych oraz wskaźniki przyżyciowe. Wyniki zostały podsumowane w publikacji, która została przedstawiona w moim osiągnięciu naukowym (szczegółowe informacje w punkcie 4).

Współpraca z zespołem z Instytutu Fizjologii Zwierząt Słowackiej Akademii Nauk (Zakład Fizjologii Przewodu Pokarmowego) dotyczyła określenia wpływu interakcji między rodzajem włókna pokarmowego i formą cynku na stan zdrowia, strawność składników pokarmowych, aktywność mikroflory jelitowej oraz fizjologię przewodu pokarmowego prosiąt. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że żywienie prosiąt paszami z dodatkiem chelatu cynku z glicyną zwiększyło przyrost masy ciała oraz spożycie paszy, natomiast rodzaj włókna nie wpłynął na parametry wzrostu. Nie zaobserwowano wpływu czynników doświadczalnych na aktywność bakteryjnej mucynazy, natomiast wykazano, że dodatek włókna ziemniaczanego zwiększa aktywność  $\beta$ -glukozydazy, co w znacznym stopniu przyczynia się do zwiększenia strawności celulozy. Stwierdzono również, że włókno ziemniaczane wpływa na wzrost pH treści w końcowym odcinku okrężnicy prosiąt. Wykazano także, że stężenie transportera cynku (ZnT1) oraz całkowita aktywność dysmutazy ponadtlenkowej i dysmutazy Cu/Zn w wątrobie zwiększyła się u prosiąt żywionych paszami z dodatkiem włókna ziemniaczanego. Wykazano także, że włókno ziemniaczane zmniejszyło populację *Clostridium* w jelicie ślepiym i końcowym odcinku okrężnicy, natomiast zwiększyło w początkowym i środkowym odcinku okrężnicy w porównaniu z celulożą. Włókno ziemniaczane i chelat cynku z glicyną nie wpłynęły na populacje *E. coli*, *Lactobacillus* oraz

*Bifidobacterium*. Ponadto stwierdzono, że w/w dodatki zwiększają strawność składników pokarmowych. Badania dotyczące wpływu rodzaju włókna pokarmowego i źródła cynku wykazały, że dodatek do mieszanki paszowej włókna ziemniaczanego wpływa na poprawę pozornej strawności Zn i Cu, obniżenie całkowitej strawności Fe i Mn w przewodzie pokarmowym oraz na zmniejszenie pozornej strawności w jelicie biodrowym. Zaobserwowano również, że glicynian Zn obniżył wchłanianie Zn w jelicie cienkim.

Váradyová Z., Mravčáková D., Holodová M., Grešáková L., Pisarčíková J., Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Kišidayová S., Čobanová K. 2018. Modulation of ruminal and intestinal fermentation by medicinal plants and zinc from different sources. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102, 1131–1145

**IF<sub>2018</sub> – 1,703; MNiSW – 30 pkt.**

Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Čobanová K., Grešáková L. 2019. The effect of organic and inorganic zinc source, used in combination with potato fiber, on growth, nutrient digestibility and biochemical blood profile in growing pigs. *Livestock Science*, 227, 37–43

**IF<sub>2019</sub> – 1,700; MNiSW – 140 pkt.**

Holodová M., Čobanová K., Sefčíkova Z., Barszcz M., **Tuśnio A.**, Taciak M., Grešáková L. 2019. Dietary zinc and fibre source can influence the mineral and antioxidant status of piglets. *Animals*, 9, 497

**IF<sub>2019</sub> – 2,752; MNiSW – 140 pkt.**

Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Święch E., Skomiał J., Čobanová K., Grešáková L. 2021. The effect of organic and inorganic zinc source, used with lignocellulose or potato fiber, on



microbiota composition, fermentation, and activity of enzymes involved in dietary fiber breakdown in the large intestine of pigs. *Livestock Science* 245, 104429.

**IF<sub>2021</sub> – 1,943; MEiN – 140 pkt.**

Skiba G., Raj S., Sobol M., Kowalczyk P., Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Čobanová K., Grešáková L., Grela E. 2022. Influence of the zinc and fibre addition in the diet on biomechanical bone properties in weaned piglets. *Animals* 12, 181.

**IF<sub>2021</sub> – 2,752; MEiN – 100 pkt.**

Tokarčíková K., Čobanová, Takácsová M., Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Grešáková L'. 2022. Trace mineral solubility and digestibility in the small intestine of piglets are affected by zinc and fibre sources. *Agriculture*, 12, 517.

**IF<sub>2021</sub> – 2,925; MEiN – 100 pkt.**

**\* Wartości wskaźnika IF publikacji podano według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2021 roku, dla której IF nie został obliczony podano ostatni aktualny). Liczba punktów MNiSW i MEiN zgodna z wykazem czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych aktualnym dla roku opublikowania pracy.**

## **6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ.**

Od początku mojej pracy zawodowej jestem związana z Instytutem Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk, gdzie początkowo byłam zatrudniona na stanowisku asystenta technicznego, specjalisty, a obecnie adiunkta. Moje

osiągnięcia na polu dydaktycznym dotyczyły głównie wykładów prowadzonych dla słuchaczy studiów doktoranckich we współpracy z Instytutem Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN oraz Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Dotyczyły one omówienia najważniejszych składników pokarmowych wpływających na stan funkcjonalny przewodu pokarmowego oraz preparatów ziemniaczanych w żywieniu zwierząt. Dla studentów Wydziału Nauk o Zwierzętach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie przedstawiłam wykład na temat metod analitycznych i prowadzenia doświadczeń na zwierzętach. W 2020 roku prowadziłam szkolenia (wykłady i ćwiczenia) w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk dla „Osób uczestniczących w wykonywaniu procedur” oraz dla „Osób sprawujących opiekę nad zwierzętami utrzymywanymi w ośrodku”. Zajęcia te dotyczyły „Hodowli zwierząt przeznaczonych do wykorzystania lub wykorzystywanych w procedurach z uwzględnieniem biologii gatunku oraz genetyki. Normy utrzymywania tych zwierząt (środowisko, klatki, pasze) i wzbogacania ich środowiska oraz codziennej opieki nad zwierzętami”. W ramach współpracy z Gimnazjum nr 121 im. Wojciecha Zawadzkiego w Warszawie prowadziłam zajęcia dla uczniów na temat budowy i funkcji przewodu pokarmowego. Pełniłam również funkcję promotora pracy inżynierskiej pt. „Ocena wpływu dodatku tłuszczu do pasz na jakość mięsa wieprzowego” (Łukasz Staśkiewicz, obrona pracy - wrzesień 2014) oraz pracy magisterskiej pt. „Ocena wpływu pakowania mięsa na jego jakość po procesie przechowywania” (Łukasz Staśkiewicz, obrona pracy - czerwiec 2016). Moja aktywność na polu dydaktycznym przejawiała się także poprzez uczestnictwo w kolejnych edycjach Festiwalu Nauki (6 razy) oraz uczestnictwem w 2017 roku w zajęciach prowadzonych w ramach Uniwersytetu Młodego Odkrywcy dla Niepublicznego Europejskiego Gimnazjum Językowego w Legionowie.

Od kilku lat jestem recenzentem prac w czasopiśmie międzynarodowym, a ich tematyka dotyczy głównie żywienia i fizjologii przewodu pokarmowego zwierząt

monogastrycznych. Dotychczas recenzowałam prace między innymi dla: Animal Feed Science and Technology (4 prace), Food Science and Nutrition (1 praca), Animals (9 prac), Food Chemistry (1 praca), Journal of Animal Science and Biotechnology (1 praca), Journal of Animal and Feed Sciences (6 prac), Veterinary Sciences (1 praca), Molecules (1 praca). W 2019 roku byłam również ekspertem naukowym biorącym udział w ocenie projektu dla National Research Agency (ANR) z Francji.

Od 2007 roku prowadzę w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk Bazę Analiz Chemicznych. Współpraca ta polega na gromadzeniu, weryfikowaniu i przekazywaniu Instytutowi Zootechniki-PIB w Balicach informacji o składzie materiałów paszowych, i pasz, które są następnie umieszczane w Bazie Danych Pasz Krajowych.

Od 2011 roku pełnię funkcję kierownika Ośrodka dla zwierząt laboratoryjnych, a od 2017 roku także Ośrodka dla drobiu w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk. Ponadto od lipca 2018 do kwietnia 2019 roku pełniłam w zastępstwie obowiązki kierownika Zakładu Żywienia Zwierząt w Instytucie.

W ostatnich latach zajmowałam się również organizacją konferencji krajowych i międzynarodowych, a mianowicie byłam członkiem komitetu organizacyjnego XLIII Konferencji Młodych Badaczy pt. „Fizjologia i biochemia w żywieniu zwierząt”, 5th EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition w 2016 roku (komitet organizacyjny i naukowy), a także spotkania PiGutNet Meeting COST Action FA1401 w 2018 roku.

W ramach działalności organizacyjnej jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego (od 2011 roku) oraz członkiem Polskiego Towarzystwa Nauk o Zwierzętach Laboratoryjnych PolLASA (od 2011 roku). Od 2018 roku jestem Członkiem Reviewer Board oraz Editorial Board jako Topic Editor w czasopiśmie Animals. W bieżącym roku (2022) jestem

współedytorem Special Issue w czasopiśmie *Animals* pt. „Recent Advances in Intestinal Mucin Research”.

W latach 2012–2020 pełniłam funkcję koordynatora dwóch zadań badawczych realizowanych w Programie Wieloletnim finansowanym ze środków Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi we współpracy z Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu. Projekt kierowany był przez prof. dr hab. Andrzeja Rutkowskiego, a następnie przez dr Anitę Zaworską-Zakrzewską i dotyczył „Ulepszania rodzimych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach” oraz „Zwiększenia wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju”. Zadania, które koordynowałam prowadzone były na odsadzonych prosiętach i dotyczyły: oceny przydatności oraz określenia granicznych udziałów krajowych źródeł białka roślinnego dla zwierząt gospodarskich z ferm przemysłowych, wpływu zabiegów technologicznych na podwyższenie wartości pokarmowej krajowych źródeł białka roślinnego, zwiększenia wartości odżywczej wybranych komponentów pasz pochodzących z rodzimych źródeł białka roślinnego oraz rodzimych źródeł białka jako modulatorów trawienia i prozdrowotnego funkcjonowania przewodu pokarmowego u zwierząt monogastrycznych. Podsumowaniem tego Programu Wieloletniego było wydanie w 2020 roku drugiego wydania uzupełnionego i poprawionego monografii pt. „Zalecenia dotyczące stosowania krajowych pasz białkowych pochodzenia roślinnego w żywieniu świń oraz drobiu”. W pracy tej jestem pierwszym autorem rozdziału zatytułowanego „Wpływ krajowych pasz białkowych pochodzenia roślinnego na strawność składników pokarmowych, funkcjonowanie przewodu pokarmowego, parametry biochemiczne krwi oraz wyniki odchowu prosiąt odsadzonych”.

Ponadto jestem współautorem dwóch monografii: jedna z nich (wydana w 2016 roku) nosi tytuł „Wartość odżywcza białka w żywieniu ludzi i zwierząt monogastrycznych”, druga (wydana w 2019 roku) jest zatytułowana „Żywienie szczurów i myszy laboratoryjnych”.

Obydwie monografie zostały wydane przez Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk.

Moja aktywność dydaktyczna przejawiała się również opieką nad stażystami odbywającymi praktykę w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk, w Zakładzie Żywienia Zwierząt. Miałam pod opieką stażystów z Politechniki Warszawskiej (1 osoba), Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (2 osoby), Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach (1 osoba) oraz Technikum Chemicznego w Warszawie (2 osoby).

## **7. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH.**

Od początku działalności naukowej moje zainteresowania naukowe koncentrują się głównie na ocenie oddziaływania bioaktywnych składników paszy na procesy trawienia, aktywność mikroflory przewodu pokarmowego zwierząt monogastrycznych (szczury, prosięta, kurczęta brojlery), morfologię przewodu pokarmowego oraz na znaczeniu wybranych aminokwasów na fizjologię przewodu pokarmowego. Moje zainteresowania naukowe obejmowały również pracę nad zagadnieniem dotyczącym żywienia zwierząt laboratoryjnych. Przedmiotem moich badań w ramach rozprawy doktorskiej pt. **„Stan funkcjonalny przewodu pokarmowego prosiąt i kurcząt żywionych mieszankami z udziałem białka i włókna ziemniaczanego”**, którą wykonywałam w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk w Zakładzie Podstaw Żywienia Zwierząt Monogastrycznych (dawna nazwa) pod kierunkiem prof. dr hab. Stefanii Smulikowskiej, była wszechstronna ocena możliwości stosowania preparatów białka i włókna ziemniaczanego w żywieniu prosiąt i kurcząt ze szczególnym uwzględnieniem ich działania na przewód pokarmowy. Zainteresowanie tymi produktami wynikało z proekologicznych tendencji w

gospodarce europejskiej, polegających na wykorzystywaniu produktów ubocznych przemysłu rolnego i spożywczego jako surowców do produkcji pasz, także składników diety ludzi. W Polsce przemysł krochmalniczy przerabiał w tamtym okresie około 0,8–1 mln ton ziemniaków rocznie, dostarczając dużych ilości wody sokowej, która wcześniej była „zagospodarowywana” jako środek mogący użyźnić glebę. Jednak ilości takie stanowiły poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego, ponieważ do utylizacji wody sokowej potrzebne są duże ilości tlenu. Dzięki procesom technologicznym możliwy jest odzysk białka z wody sokowej poprzez termiczną lub kwasową koagulację, natomiast z pulpy ziemniaczanej możliwe jest wyprodukowanie preparatu włókna ziemniaczanego.

Ze względu na obowiązujący zakaz stosowania w żywieniu zwierząt większości pasz białkowych pochodzenia zwierzęcego istotne jest poszukiwanie źródeł białka roślinnego o dużej koncentracji białka i małej włókna oraz o korzystnym składzie aminokwasowym. Koncentrat białka ziemniaczanego jest cennym źródłem białka roślinnego, którego skład aminokwasowy jest zbliżony do składu białek pochodzenia zwierzęcego. Jego ilość w dawkach pokarmowych dla prosiąt i kurcząt jest jednak ograniczona ze względu na obecność związków o charakterze antyodżywczym – glikoalkaloidów solanidynowych i inhibitorów proteaz. Badania prowadzone w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk, w których brałam udział, wykazały, że zawartość tych związków w różnych partiach koncentratu białka ziemniaczanego produkowanego w Polsce waha się w bardzo szerokich granicach. W praktyce brak jest zaleceń dotyczących dopuszczalnych koncentracji glikoalkaloidów solanidynowych, brakuje również danych literaturowych pozwalających na określenie zakresu tolerancji zwierząt na te związki. Nieliczne badania dotyczące glikoalkaloidów solanidynowych wskazują, że związki te mogą powodować niekorzystne zmiany w morfologii jelita cienkiego i przyczyniać się do zwiększenia podatności zwierząt na infekcje patogenną florą jelitową. Uważa się również, że mogą wpływać

bezpośrednio na komórki krwi oraz funkcje wątroby. Aktywność inhibitorów enzymów proteolitycznych koncentratu białka ziemniaczanego jest analogiczna do działania inhibitorów sojowych i wpływa m.in. na zmniejszenie przyrostów masy ciała, zmniejszenie strawności białka oraz zwiększone wydzielanie soku trzustkowego. W doświadczeniach przeprowadzonych na świniach w ramach pracy doktorskiej, wykazałam że koncentrat białka ziemniaczanego (o małej koncentracji glikoalkaloidów solanidynowych) jest trawiony w jelicie cienkim nieco gorzej niż kazeina (stosowana jako referencyjne źródło białka), ale nie wpływa na spożycie paszy i przyrosty masy ciała, jednak powoduje wyraźne zmiany w morfologii jelita cienkiego. Dotychczasowe badania na kurczętach (również przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej) pozwoliły wywnioskować, że udział koncentratu białka ziemniaczanego nie powinien przekraczać 6–8% w mieszance ze względu na możliwość wystąpienia niezbilansowania składu aminokwasowego paszy, a zawartość glikoalkaloidów solanidynowych powinna być kontrolowana i nie powinna przekraczać 200 mg/kg mieszanki.

Uczestniczyłam również w badaniach nad wpływem koncentratu białka ziemniaczanego na płodność i plenność szczurów. W doświadczeniach tych, połowę białka poekstrakcyjnej śruty sojowej zastąpiono koncentratem białka ziemniaczanego o wysokiej zawartości glikoalkaloidów. Wykazano, że koncentrat białka ziemniaczanego nie wywołuje zmian świadczących o teratogennym działaniu glikoalkaloidów i nie powoduje zmniejszenia płodności i plenności. Stwierdzono jedynie, że żywienie taką dietą spowodowało zmniejszenie masy ciała noworodków i szczurów odsadzanych ale nie miało negatywnego wpływu na wzrost i rozwój zwierząt po odsadzeniu (Taciak i wsp., 2011). Badania te stały się inspiracją do podjęcia kolejnego tematu związanego ze związkami bioaktywnymi obecnymi w koncentracie białka ziemniaczanego. W ramach tego tematu przeprowadzone zostały analizy preparatu z kiełków ziemniaka o bardzo wysokim stężeniu glikoalkaloidów solanidynowych i niskiej aktywności inhibitora trypsyny oraz doświadczenie na szczurach, w którym zastosowano

właśnie suszone kiełki ziemniaczane aby ocenić wpływ samych glikoalkaloidów solanidynowych (Tuśnio i wsp., 2013a). Prace te prowadzone były we współpracy z Instytutem Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowym Instytutem Badawczym, oddział w Jadwisinie (Tuśnio i wsp., 2013b). Pomysł zastosowania tego preparatu w badaniach na prosiętach jest oryginalną metodyką, która nie była wcześniej stosowana w badaniach w Polsce ani na świecie. Stwierdzono, że suszone kiełki ziemniaka, ze względu na wysokie stężenie glikoalkaloidów solanidynowych, mogą być wykorzystywane jako źródło tych związków w doświadczeniach żywieniowych na zwierzętach, ponieważ dają możliwość dużego zróżnicowania zawartości glikoalkaloidów solanidynowych w mieszance paszowej bez wpływu na zawartość składników pokarmowych, wykluczając jednocześnie interaktywne działanie inhibitorów proteaz. Natomiast na podstawie wyników badań na szczurach wykazano, że tolerowane w mieszance stężenie glikoalkaloidów solanidynowych zależy od rodzaju diety (naturalna vs półocyszczona). Stwierdzono, że tolerancja glikoalkaloidów przez zwierzęta zależy od intensywności fermentacji bakteryjnej. Im intensywniejsza fermentacja bakteryjna tym zwierzęta są mniej wrażliwe na działanie glikoalkaloidów solanidynowych.

**Tuśnio A.,** Pastuszewska B., Święch E., Taciak M. 2011. Response of young pigs to feeding potato protein and potato fibre - nutritional, physiological and biochemical parameters. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20, 361–378

Taciak M., **Tuśnio A.,** Pastuszewska B. 2011. The effects of feeding diets containing potato protein concentrate on reproductive performance of rats and quality of the offspring. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95, 556–553

**Tuśnio A.,** Pastuszewska B., Taciak M., Barszcz M., Skomiał J. 2013a. The response of rats to solanidine glycoalkaloids and trypsin inhibitor present in potato protein concentrates, and to glycoalkaloids provided by potato sprouts. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 22, 130–136



**Tuśnio A.**, Taciak M., Trawczyński C., Barszcz M., Skomiał J., Pastuszewska B. 2013b. Potato sprouts as a potential source of solanidine glycoalkaloids for nutritional studies. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 22, 371–373

Tematyka realizowanych przez nasz zespół badań dotyczyła również wpływu wycofania antybiotykowych stymulatorów wzrostu z pasz dla świń i drobiu i możliwości zastępowania ich takimi składnikami, które działałyby korzystnie m.in. na florę bakteryjną. Zwróciliśmy uwagę na włókno jako na składnik mieszanki (prebiotyk) modyfikujący skład i aktywność flory bakteryjnej oraz wpływający na stan zdrowotny przewodu pokarmowego. Prebiotyki (m.in. włókno ziemniaczane) działają stymulująco na korzystną florę bakteryjną przewodu pokarmowego, dla której węglowodany strukturalne stanowią źródło energii do fermentacji. W doświadczeniach na świnich wykazano, że włókno ziemniaczane w nieregularny sposób wpływa na morfologię jelita cienkiego i zależy od skarmianego z nim rodzajem białka.

Taciak M., Pastuszewska B., **Tuśnio A.**, Święch E. 2010. Effects of two protein and fibre sources on SCFA concentration in pig large intestine. *Livestock Science*, 133, 138–140

Święch E., **Tuśnio A.**, Taciak M., Ceregrzyn M., Korczyński W. 2010. Effect of dietary fibre and protein sources on contractility and morphometry of pig colon. *Livestock Science*, 134, 172–175

Ponadto, nasz zespół realizował badania, których celem było określenie wpływu węglowodanów ulegających fermentacji na stopień i kierunek procesów bakteryjnego rozkładu białka i katabolizmu aminokwasów w jelicie grubym zwierząt monogastrycznych oraz porównanie procesów fermentacyjnych w jelicie grubym u świń i szczurów (gatunków modelowych), a także ocena przydatności metody *in vitro* w tych badaniach. Wyniki tych badań

moga być wykorzystane przy opracowywaniu składu nowych mieszanek paszowych mających korzystny wpływ na dobrostan świń. Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę o fizjologicznym działaniu i interakcjach między składnikami pokarmowymi, która może przyczynić się do rozwoju żywności funkcjonalnej, zmniejszającej ryzyko rozwoju chorób jelita grubego. Modyfikacja aktywności flory bakteryjnej w jelicie grubym przez różne rodzaje i ilość białka, jak również węglowodany złożone, może stanowić obiecujący sposób oddziaływania na status zdrowotny jelita grubego przez dietę. Efektem tych badań są niżej wymienione prace:

Taciak M., Barszcz M., **Tuśnio A.**, Bachanek I., Pastuszewska B., Skomiał J. 2015. The effects of type of protein and fibre fermented in vitro with different pig inocula on short-chain fatty acids and amines concentrations. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 24, 235–243

Taciak M., Barszcz M., **Tuśnio A.**, Pastuszewska B. 2015. Interactive effects of indigestible carbohydrates, protein type, and protein level on biomarkers of large intestine health in rats. *PLoS ONE* 10(11): e0142176

Taciak M., Barszcz M., Świąch E., **Tuśnio A.**, Bachanek I. 2017. Interactive effects of protein and carbohydrates on production of microbial metabolites in the large intestine of growing pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 71, 192–209

Uczestniczyłam również w badaniach dotyczących zapotrzebowania prosiąt na treoninę i jej wpływu na przewód pokarmowy. W ramach tej problematyki określono zapotrzebowanie treoniny dla rosnących prosiąt oraz stwierdzono, że zwiększona ilość aminokwasów endogennych wpływa na lepsze jej wykorzystanie do retencji azotu oraz wpływa korzystnie na morfologię jelita. Wykazano także, że badane poziomy treoniny w mieszankach nie miały wpływu na wydzielanie mucyn u rosnących świń, ponieważ najprawdopodobniej pokrywały zapotrzebowanie na treoninę w tym okresie wzrostu zwierząt. Ponadto uzyskane wyniki zostały

wykorzystane do nowego wydania „Zaleceń żywieniowych i wartości pokarmowej pasz dla świń”, wydanych przez Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk.

Świąch E., Barszcz M., **Tuśnio A.**, Taciak M. 2016. Gut morphology of young pigs fed diets differing in standardized ileal digestible threonine and wheat gluten used as a source of nonessential amino acids. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 25, 226–234

Świąch E., **Tuśnio A.**, Barszcz M., Taciak M., Siwiak E. 2019. Goblet cells and mucus layer in the gut of young pigs: Response of dietary contents of threonine and non-essential amino acids. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103, 894–905

Świąch E., **Tuśnio A.**, Taciak M., Barszcz M. 2022. Modulation of mucin secretion in gut of young pigs by dietary threonine and non-essential amino acid levels. *Animals*, 12, 270

Kontynuując badania nad wpływem różnych składników bioaktywnych na funkcjonowanie przewodu pokarmowego, zespół, którego jestem członkiem, realizował projekt naukowy pt. „Ekstrakty inuliny jako prebiotyczne dodatki paszowe dla zwierząt monogastrycznych”. Projekt ten dotyczył wpływu fruktanów typu inulinowego na fizjologię zwierząt monogastrycznych (prosiąt i kurcząt). Na podstawie wyników uzyskanych z doświadczenia na kurczętach można stwierdzić, że inulina nie wpływa na skład i aktywność mikrobioty jelita grubego we wczesnym okresie odchowu i nie zależy od jej poziomu w paszy oraz stopnia polimeryzacji. W badaniach na prosiętach wykazano, że stopień polimeryzacji inuliny nie wpływa na koncentrację amin biogennych oraz równowagę oksydo-redukcyjną jelita grubego, natomiast ma wpływ jej udział w mieszance oraz odcinek jelita grubego. Zarówno stopień polimeryzacji inuliny, jak również jej udział w mieszance dla prosiąt i odcinek jelita cienkiego miały istotny wpływ na powierzchnię wchłaniania oraz kurczliwość mięśni

gładkich jelita. W ramach tej tematyki prowadziliśmy również badania we współpracy z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie, Wydziałem Biotechnologii i Hodowli Zwierząt, Katedrą Fizjologii, Cytobiologii i Proteomiki na temat „Wykorzystania technik proteomicznych do oceny wpływu diety z różnym udziałem fruktanów typu insulinowego na zmiany profili białkowych wybranych tkanek rosnących prosiąt”. Szczegółowy opis jednego z kierunków badań został przedstawiony w punkcie 5.

Bachanek I., Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Skomiał J. 2016. Microbial activity in the large intestine of chics fed diets with different types and levels of inulin. *Annals of Animal Science*. 16, 4, 1141–1152

Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Święch E., Bachanek I., Kowalczyk P., Borkowski A., Skomiał J. 2018. The effect of dietary level of two inulin types differing in chain length on biogenic amine concentration, oxidantantioxidant balance and DNA repair in the colon of piglets. *PLoS ONE*, 13(9): e0202799

Barszcz M., Taciak M., **Tuśnio A.**, Święch E., Skomiał J. 2020. Dose-dependent effects of two inulin types differing in chainlength on the small intestinal morphology, contractility andproinflammatory cytokine gene expression in piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 74, 2, 107–120

**\* Wartości wskaźnika IF publikacji podano według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania (dla publikacji z 2021 roku, dla której IF nie został obliczony podano ostatni aktualny). Liczba punktów MNiSW i MEiN zgodna z wykazem czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych aktualnym dla roku opublikowania pracy.**

W 2005 roku otrzymałam I nagrodę Dyrektora Instytutu za najlepsze doniesienie na II Konferencji Młodych Badaczy „Fizjologia i biochemia w żywieniu zwierząt” w Warszawie. W 2007 roku uzyskałam stypendium konferencyjne na II Sympozjum „Energy and protein metabolism and nutrition” we Francji ufundowane przez Fundację Pro Scientia et Vita. Ponadto w 2010 roku otrzymałam nagrodę naukową II stopnia za wyróżnienie obrony i rozprawy doktorskiej pt. ”Stan funkcjonalny przewodu pokarmowego prosiąt i kurcząt żywionych mieszankami z udziałem białka i włókna ziemniaczanego”. Natomiast w 2019 roku zostałam uhonorowana nagrodą Dyrektora Instytutu dla pracowników prowadzących badania na najwyższym poziomie (w grupie pracowników naukowych ze stopniem doktora).

W trakcie swojej kariery zawodowej uczestniczyłam w różnych szkoleniach m.in. takich jak: „Zastosowanie wysokosprawnej chromatografii ciekowej (HPLC) w bioanalityce” (2011 r.), „Proteomic analysis of blood plasma proteins, bioinformatic gel analysis and identification of proteins using mass spectrometry” (2011 r.), „VIII Szkolenie dla osób sprawujących opiekę nad zwierzętami doświadczalnymi” (2011 r.), szkolenie z zakresu obsługi i konserwacji analizatora SCIL VET ABC PLUS (2013 r.), w cyklu szkoleń i wykładów podczas XIX Międzynarodowych Targów Analityki i Technik Pomiarowych EuroLab (2017 r.), w szkoleniu w zakresie obsługi cytometru przepływowego BD<sup>TM</sup> FACSCelesta (2019 r.).

*Anna Tuśnio*

.....

(podpis wnioskodawcy)