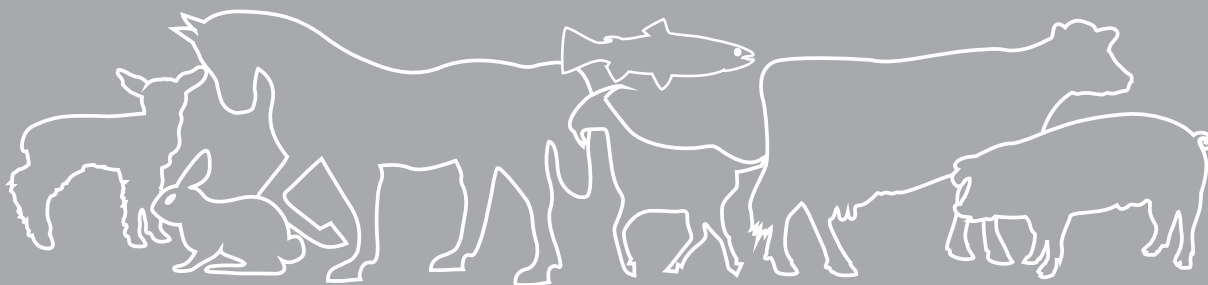


Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwakultury

**OSIĄGNIĘCIA
I PERSPEKTYWY ROZWOJU
DYSCYPLINY NAUKOWEJ
ZOOTECHNIKA I RYBACTWO**

Analiza i raport



2022

**Publikacja wydana przez
Polskie Towarzystwo Zootechniczne im. Michała Oczapowskiego**

**Skład i opracowanie graficzne raportu: mgr Beata Morawska
Projekt okładki: Patryk Grela**

Szanowni Państwo,

2022 rok jest czasem dwóch ważnych jubileuszy – 65-lecia utworzenia Komitetu Nauk Zootechnicznych Polskiej Akademii Nauk oraz 100-lecia Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Jubileusze te są naturalną okazją do podsumowań dotychczasowych dokonań, a nade wszystko do refleksji i stawiania ważnych pytań na ile polska zootechnika i rybactwo rezonują z trendami w nauce światowej i aktualnymi wyzwaniami cywilizacji.

Jednym z najważniejszych zadań obecnej kadencji Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk było przygotowanie raportu obejmującego osiągnięcia z dziedziny nauk o zwierzętach w ostatnich latach oraz określenie perspektyw rozwoju dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo w Polsce. To trudne i odpowiedzialne zadanie zostało znakomicie zrealizowane przez Zespół powołany przez KNZiA. W skład Zespołu weszli wybitni uczeni, reprezentujący różne specjalności dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo. Przygotowanie raportu nie byłoby możliwe bez życzliwego wsparcia i zaangażowania Dziekanów Wydziałów, Dyrektorów Instytutów, Przewodniczących rad naukowych oraz wielu innych osób, którym bliskie jest dobro polskiej zootechniki i akwakultury.

Wszystkim PT Autorom raportu wyrażam słowa głębokiego uznania i wdzięczności. Dziękuję Władzom Polskiej Akademii Nauk za umożliwienie realizacji tego przedsięwzięcia. Dziękuję Panu Patrykowi Greli za wsparcie projektu graficznego okładki raportu.

Wyrażam przekonanie, że adresatami przygotowanego raportu jest nie tylko świat nauki, lecz także organy administracji i szeroko rozumianej praktyki. Żywię głęboką nadzieję, że przygotowany raport będzie dla Państwa nie tylko bogatym kompendium wiedzy, lecz także źródłem inspiracji w podejmowaniu kolejnych wyzwań badawczych.

Prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski

Przewodniczący

Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury PAN

Serdeczne podziękowania dla

**Pana dr. hab. inż. Sylwestra Tabora, prof. URK
J. M. Rektora Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie**

**Pani prof. dr hab. czł. koresp. PAN Agnieszki Wierzbickiej
Dyrektor Instytutu Genetyki i Biotechnologii Zwierząt
Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu**

**Pana dr. hab. inż. Andrzeja Hermana, prof. Instytutu
Dyrektora Instytutu Fizjologii i Żywienia Zwierząt
Polskiej Akademii Nauk im. Jana Kielanowskiego w Jabłonie**

**Pana dr. inż. Grzegorza Janusza Dietricha
Dyrektora Instytutu Rybactwa Śródlądowego
im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie**

**Pana dr. Krzysztofa Dudy
Dyrektora Instytutu Zootechniki
– Państwowego Instytutu Badawczego w Krakowie**

za wsparcie finansowe tej publikacji

ZESPÓŁ DS. PRZYGOTOWANIA RAPORTU O STANIE DYSCYPLINY NAUKOWEJ ZOOTECHNIKA I RYBACTWO W KONTEKŚCIE GLOBALNYCH WYZWAŃ

- ▶ **Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Jarosław Olav Horbańczuk**
Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu (IGiBZ PAN Jastrzębiec)
- ▶ **Prof. dr hab. Krystyna Koziec – przewodnicząca**
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (UR w Krakowie)
- ▶ **Prof. dr hab. Roman Niżnikowski**
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW w Warszawie)
- ▶ **Prof. dr hab. Adam Roman**
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (UP we Wrocławiu)
- ▶ **Prof. dr hab. Maria Siwek**
Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy (PBS w Bydgoszczy)
- ▶ **Prof. dr hab. Wiesław Sobotka**
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (UWM w Olsztynie)
- ▶ **Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Małgorzata Szumacher**
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (UP w Poznaniu)
- ▶ **Prof. dr hab. Sylwester Świątkiewicz**
Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie (IZ-PIB, w Krakowie)
- ▶ **Prof. dr hab. Zdzisław Zakęś**
Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie (IRS w Olsztynie)
- ▶ **Prof. dr hab. czł. rzecz. PAN, Adam Zięcik dr h.c.**
Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie (IRZiBŻ PAN w Olsztynie)

SPIS TREŚCI

PODZIĘKOWANIA.....	3
ZESPÓŁ DS. PRZYGOTOWANIA RAPORTU O STANIE DYSCYPLINY NAUKOWEJ ZOOTECHNIKA I RYBACTWO W KONTEKŚCIE GLOBALNYCH WYZWAŃ.....	5
JEDNOSTKI NAUKOWE I AUTORZY OPRACOWAŃ MATERIAŁÓW	9
KOORDYNATORZY ROZDZIAŁÓW RAPORTU	11
I. Wstęp.....	13
II. Naukowe podstawy akwakultury.....	15
1. Wprowadzenie	15
2. Kluczowe osiągnięcia w ostatnich 10 latach.....	15
3. Wiodąca bieżąca tematyka badawcza.....	21
4. Perspektywy rozwoju	23
III. Najnowsze kierunki badań w fizjologii i żywieniu zwierząt.....	26
Najważniejsze osiągnięcia w zakresie fizjologii zwierząt.....	26
Najważniejsze osiągnięcia naukowe i realizowana tematyka badawcza w zakresie żywienia drobiu.....	28
Najważniejsze osiągnięcia naukowe i realizowana tematyka badawcza w zakresie żywienia przeżuwaczy	32
Najważniejsze osiągnięcia naukowe i realizowana tematyka badawcza w zakresie żywienia świń.....	36
1. Kluczowe osiągnięcia naukowe w ostatnich 10 latach	37
2. Wiodąca bieżąca tematyka badawcza.....	40
3. Perspektywy rozwoju	41
IV. Naukowe podstawy oceny dobrostanu zwierząt i jakości produktów	43
1. Kluczowe osiągnięcia w ostatnich 10 latach.....	44
2. Wiodąca bieżąca tematyka badawcza.....	50
3. Perspektywy rozwoju	55
V. Biotechnologia w hodowli zwierząt	57
VI. Genetyka i hodowla zwierząt.....	63
1. Kluczowe osiągnięcia w ostatnich 10 latach.....	64
2. Wiodąca bieżąca tematyka badawcza	68
3. Perspektywy rozwoju	69
Ocena wartości hodowlanej bydła mlecznego	71

VII. Łowiectwo.....	73
1. Najważniejsze osiągnięcia w zakresie chowu, hodowli i zrównoważonej gospodarki populacjami zwierząt dzikich	73
Dobrostan i zoohigiena	77
2. Współczesne trendy	78
VIII. Próba oceny publikacji naukowych dyscypliny zootechnika i rybactwo na podstawie bazy SCOPUS	80
Wprowadzenie	80
Liczba opublikowanych prac w poszczególnych miastach (ośrodkach)	82
Procent wszystkich publikacji naukowych przypisanych do danego zakresu IF	84
Podsumowanie	85
IX. Wyzwania stawiane przed naukami o hodowli zwierząt i akwakulturze oraz ocena możliwości ich rozwoju	87
Perspektywy dalszego rozwoju	87
X. Podsumowanie	89
Piśmiennictwo.....	91

JEDNOSTKI NAUKOWE I AUTORZY OPRACOWAŃ MATERIAŁÓW

1. Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy
Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt
Przewodnicząca Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Dr hab. Katarzyna Stadnicka, prof. UTP
2. Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie
Dyrektor
Dr Anna Wiśniewska
3. Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie
Dyrektor
Dr Krzysztof Duda
4. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk, w Jabłonce
Dyrektor
Dr hab. Andrzej Herman, profesor Instytutu
5. Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu
Dyrektor
Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Agnieszka Wierzbicka
6. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt
Koordynator Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Prof. dr hab. Piotr Micek
7. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Przewodnicząca Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Prof. dr hab. Brygida Ślaska
współautor
Prof. dr hab. Zygmunt Litwińczuk dr h.c. multi
8. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Bioinżynierii Zwierząt
Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Prof. dr hab. Tomasz Daszkiewicz
9. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach
Przewodnicząca Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Dr hab. Katarzyna Szkudelska, prof. UPP

10. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Nauk o Zwierzętach
Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Dr hab. Marcin Gołębiewski, prof. SGGW
11. Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Instytut Zootechniki i Rybactwa, Wydział Agrobioinżynierii i Nauk o Zwierzętach
Przewodnicząca Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Dr hab. Dorota Banaszewska, prof. Uczelni
12. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt
Przewodnicząca Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Dr hab. Małgorzata Ożgo, prof. ZUT
współautorzy:
Prof. dr hab. Bogumiła Pilarczyk
Dr hab. Agnieszka Tomza -Marciniak, prof. ZUT
Dr hab. Jacek Sadowski, prof. ZUT
13. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt
Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo
Dr hab. Heliodor Wierzbicki, prof. Uczelni
współautor
Prof. dr hab. Andrzej Zachwieja

KOORDYNATORZY ROZDZIAŁÓW RAPORTU

- ▶ **Prof. dr hab. Zdzisław Zakęś**
Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie
- ▶ **Prof. dr hab. Krystyna Koziec**
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
- ▶ **Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Małgorzata Szumacher**
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
- ▶ **Prof. dr hab. Sylwester Świątkiewicz**
Instytut Zootechniki-Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie
- ▶ **Prof. dr hab. Wiesław Sobotka**
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
- ▶ **Prof. dr hab. Adam Roman**
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
- ▶ **Prof. dr hab. Roman Kołacz dr h.c. multi**
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
- ▶ **Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Jarosław Olav Horbańczuk**
Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu
- ▶ **Prof. dr hab. Maria Siwek**
Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy
- ▶ **Prof. dr hab. Roman Niżnikowski**
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- ▶ **Prof. dr hab. czł. rzecz. PAN Adam Zięcik dr h.c.**
Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie

I. WSTĘP

Prof. dr hab. Krystyna Koziec

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Dyscyplina naukowa zootechnika i rybactwo została włączona do dziedziny nauk rolniczych z dniem 1 października 2018 roku na podstawie Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Zgodnie z trzystopniowym podziałem obowiązującym od 2011 do 2018 roku dyscyplina zootechnika, podobnie jak rybactwo usytuowana była w dziedzinie nauk rolniczych należących do obszaru nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych. Niezależnie jednak od klasyfikacji, nauki zootechniczne i rybactwo obejmują wiele zagadnień, takich jak: genetyka, fizjologia, biotechnologia, dobrostan, doskonalenie zwierząt, rozród, żywienie, paszoznawstwo, zoohigiena, mechanizacja produkcji zwierzęcej, ekonomika produkcji zwierzęcej, organizacja produkcji zwierzęcej, chów i hodowla zwierząt futerkowych, laboratoryjnych, owadów użytkowych, zwierząt łownych, towarzyszących oraz zwierząt dzikich utrzymywanych na wolności i w warunkach ogrodów zoologicznych.

Należy także podkreślić, że wraz z głębokimi zmianami, społecznymi, ekonomicznymi, a także zwiększonymi możliwościami aparaturowymi, rozwojem technologicznym i technicznym, cele naukowe stawiane przed zootechniką i rybactwem wciąż się zmieniały. Zootechnika i rybactwo jest nauką aplikacyjną i znakomita większość działań podejmowanych przez środowisko naukowe związane z tą dyscypliną jest ukierunkowana jako odpowiedź na potrzeby i oczekiwania poszczególnych etapów hodowli i chowu zwierząt.

Od wielu lat nadrzędnym celem stawianym przed zootechniką jest sprostanie rosnącemu zapotrzebowaniu na białko zwierzęce, co wiąże się z realizacją badań, których wyniki pozwoliłyby na wzrost produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego.

Kolejne lata rozwoju zootechniki i rybactwa, a jednocześnie wyzwania stawiane środowisku naukowemu związane były z oceną interakcji wielu czynników w chowie i hodowli zwierząt ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia zwierząt.

Następne wyzwania stawiane dyscyplinie dotyczyły sprostania oczekiwaniom społecznym i konsumenckim związanym ze zrównoważoną produkcją w warunkach prawidłowego dobrostanu, i uwzględnieniem wpływu nasilonej produkcji zwierzęcej na środowisko. Zmiany te były możliwe dzięki rozwojowi technologii i pozwoliły na sterowanie zasobami naturalnymi z uwzględnieniem warunków ekonomicznych.

Ostatnie 10 lat rozwoju zootechniki związane jest ze zmianami legislacyjnymi, wzrostem świadomości zarówno hodowców jak i konsumentów. Główne wyzwanie stojące przed zootechniką i rybactwem związane z nieustannym wzrostem zapotrzebowania na białko zwierzęce pozostaje wciąż aktualne, natomiast równie istotne co ilość, ważna też jest jakość pozyskiwanych produktów zwierzęcych. W nomenklaturze produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego pojawiło się pojęcie żywności funkcjonalnej. Wśród priorytetów celów naukowych realizowanych przez współczesną zootechnikę wskazać również należy dbałość o dobrostan zwierząt, zmniejszanie negatywnego wpływu na środowisko naturalne czy poszukiwanie alternatywnych źródeł białka w żywieniu zwierząt.

Wszystkie te wymagania spowodowały transformację w jednostkach naukowych zarówno na poziomie merytorycznym jak i możliwości technologicznych. Ponadto, wdrożenie szerokiej współpracy pomiędzy jednostkami, wymiany myśli naukowej, staże w bardzo dobrych laboratoriach, dostęp do literatury spowodowały szybki rozwój i konieczność postrzegania zootechniki i rybactwa jako dyscypliny aktywnej, mającej istotny wkład w rozwój innych nauk – przyrodniczych, weterynaryjnych i medycznych.

Dlatego też, celem niniejszego Raportu było zebranie i usystematyzowanie najważniejszych osiągnięć naukowych dyscypliny zootechnika i rybactwo z wszystkich jednostek naukowych w Polsce, których wyniki badań prowadzą do poprawy dobrostanu zwierząt, zrównoważonego chowu i hodowli, uzyskania najlepszego produktu od zdrowych zwierząt zgodnie z wymogami obowiązujących aktów prawnych.

Raport został opracowany na podstawie danych przesłanych przez przewodniczących rad naukowych dyscypliny zootechnika i rybactwo lub dyrektorów z 13 jednostek naukowych według ujednoliconego schematu uwzględniającego główne kierunki badawcze w ostatnich 10 latach, bieżącą tematykę badawczą, najważniejsze osiągnięcia naukowe, kierunki badań naukowych i perspektywy rozwoju. Na podstawie otrzymanych informacji, Koordynatorzy napisali odpowiednie rozdziały, stanowiące autorskie, indywidualne opracowania materiałów.

Członkowie Zespołu mają nadzieję, że Raport będzie interesującym źródłem informacji na temat dynamicznie zmieniających się warunków badań naukowych w dyscyplinie zootechnika i rybactwo, których wyniki posłużyły nie tylko rozwojowi produkcji i poprawie jej jakości, ale również poprawie warunków utrzymania zwierząt, ich zdrowia, a przez to zdrowia człowieka i ochronie środowiska.

**Zespół składa serdeczne podziękowania
wszystkim Autorom opracowań za merytoryczne materiały,
a także za zrozumienie konieczności uporządkowania efektów
ogromnej pracy włożonej przez licznych pracowników naukowych,
pomocniczych, administracyjnych w rozwój dyscypliny naukowej
zootechnika i rybactwo**

II. NAUKOWE PODSTAWY AKWAKULTURY

Prof. dr hab. Zdzisław Zakęś

Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie

Prof. dr hab. Krystyna Demska-Zakęś

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1. WPROWADZENIE

Akwakulturę należy traktować jako nowy sektor rolnictwa zarówno w skali krajowej, jak i światowej. Jego cechą jest dynamiczny rozwój wyrażony istotnym wzrostem produkcji (wg statystyk FAO średnia roczna stopa wzrostu produkcji tego sektora sięga 5,3%) i liczby produkowanych organizmów wodnych oraz stosunkowo szybkim wprowadzaniem nowych technologii i optymalizowaniem już istniejących. Główny nurt badań prowadzonych przez polskie ośrodki naukowe ukierunkowany jest na dostosowanie działalności tego sektora do coraz bardziej ograniczanych zasobów środowiskowych (woda, teren, komponenty paszowe). Ważny kierunek badawczy, w ramach tego nurtu, obejmuje problematykę dywersyfikacji produkcji akwakultury z uwzględnieniem: innowacyjnych technologii (np. systemy recyrkulacyjne (RAS, ang. Recirculating Aquaculture System), hodowle tzw. nowych, perspektywicznych gatunków lub implementacja nowych produktów, a także poprawy cech hodowlanych i/lub użytkowych organizmów wodnych, w tym jakości dietetycznej surowca pochodzącego z intensywnej akwakultury poprzez implementację wyników badań żywieniowych, genetycznych i epizootycznych.

Ważny nurt badawczy obejmuje prace związane z: (1) zachowaniem bioróżnorodności ekosystemów wodnych, czynną ochroną zarówno gatunków o istotnym znaczeniu gospodarczym, jak i taksonów rzadkich, czy też zagrożonych wyginięciem, (2) inwentaryzacją i monitorowaniem zmian struktury ichtiofauny w wodach naturalnych z wykorzystaniem nowoczesnych metod badawczych, np. technologii radiowej (RFID, ang. Radio-Frequency Identification), telemetrii i systemów skanowania ryb.

2. KLUCZOWE OSIĄGNIĘCIA W OSTATNICH 10 LATACH

Wiele prac badawczych (kilkaset pozycji) opublikowanych w ostatnim 10-leciu w wiodących dla dyscypliny zootechniki i rybactwa czasopismach naukowych (np. Aquaculture, Aquaculture Nutrition, Aquaculture Reports, Aquaculture International, Aquaculture Research, Fish Physiology and Biochemistry) dotyczyło chowu i hodowli ryb w systemach recyrkulacyjnych (RAS), w których możliwe jest wielokrotne wykorzystanie zasobów wody w cyklu produkcyjnym i ściśle kontrolowanie warunków środowiskowych. Problematyka badawcza dotycząca tego zagadnienia miała aspekt dwuwątkowy i dotyczyła:

- 1) rozwiązań technicznych usprawniających pracę RAS (np. filtry mechaniczne, biofiltry, denitryfikatory, urządzenia do dezynfekcji wody);
- 2) opracowania technologii produkcji ponad 20 gatunków ryb, z uwzględnieniem ich wymagań środowiskowych, żywieniowych i dobrostanu.

W większości przypadków prace te koncentrowały się na zagadnieniach związanych z rozrodem i podchowem larw i młodocianych stadiów ryb (produkcja materiału zarybieniowego przeznaczonego do wsiedlania do wód otwartych w celu ochrony, odnowy i zachowania bioróżnorodności ekosystemów wodnych), ale również produkcją ryb wielkości konsumpcyjnej (np. jaź (*Leuciscus idus*), szczupak (*Esox lucius*), pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*), okoń euroazjatycki (*Perca fluviatilis*).

Do wyróżniających się osiągnięć z tego zakresu należy zaliczyć opracowanie założeń i wspólne z firmą Jurassic Salmon sp. z o.o. uruchomienie pierwszej w świecie farmy łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) pracującej w systemie RAS i zasilanej wodami geotermalnymi oraz uzyskanie kilkudziesięciu praw ochronnych na wzory użytkowe usprawniające funkcjonowanie obiektów akwakulturowych i przeprowadzanie procedur hodowlanych. Ważnym osiągnięciem ułatwiającym przeprowadzanie sztucznego rozrodu ryb, głównie łososiowatych (Salmonidae) było udoskonalenie i wdrożenie pneumatycznej metody pozyskiwania komórek jajowych. Pneumatyczne tarło umożliwia pozyskanie lepszej jakości jaj, co przekłada się na lepsze wyniki rozrodu. Mała inwazyjność metody pozwala też poprawić dobrostan tarlaków, zarówno dzięki zmniejszeniu ilości uszkodzeń zewnętrznych ciała ryb, jak i ułatwieniu resorpcji ikry, której nie udało się pozyskać.

Przykładami wybitnych osiągnięć łączących walory poznawcze i aplikacyjne są technologie produkcji sandacza europejskiego (*Sander lucioperca*) oraz ryb jesiotrowatych (Acipenseridae). Kompleksowa, nowatorska biotechnologia produkcji sandacza europejskiego w systemach recyrkulacyjnych obejmuje kilka etapów:

1. stymulowane środowiskowo i hormonalnie tarło sztuczne hodowlanego sandacza, wyprodukowanego w RAS (tarło pozasezonowe lub sezonowe) oraz ocena jakości i pozyskanie produktów płciowych;
2. procedury wylęgarnicze (odklejanie i inkubacja ikry);
3. podchów larw;
4. produkcja stadiów młodocianych;
5. tucz ryb do osiągnięcia wielkości towarowej.

Przeprowadzone badania pozwoliły określić optymalne warunki środowiskowe, techniczne i technologiczne produkcji tego gatunku w RAS oraz opracować szereg zaleceń natury praktycznej (Jarmołowicz i in. 2012). Ich wyniki opublikowano m.in. w kilkudziesięciu pracach naukowych w renomowanych czasopismach z listy JCR (np. Aquaculture, Aquaculture Reports, Aquaculture Nutrition, Fish Physiology and Biochemistry, Vaccines) oraz implementowano do praktyki rybackiej.

Prace z zakresu chowu i hodowli ryb jesiotrowatych dotyczyły m.in. molekularnych i morfologicznych procesów rozwoju i różnicowania gonad (Fajkowska i in. 2012), wykorzystania narzędzi molekularnych w programach hodowlanych i selekcyjnych, określenia optymalnych warunków biotycznych i abiotycznych rozrodu i chowu tych gatunków ryb, wytypowania najbardziej odpowiednich obiektów chowu oraz określenia wpływu hodowli na środowisko. Opracowano szereg nowatorskich rozwiązań pozwalających na wysoce efektywny chów ryb jesiotrowatych, w tym metody identyfikacji i zasady tworzenia stad tarłowych, procedury manipulacji genomowych, metody poza-

sezonowego rozrodu, w zależności od różnych warunków przetrzymywania tarlaków (stawy z naturalną termiką, RAS, wody podgrzane), mało inwazyjne sposoby pozyskiwania ikry, procedury postępowania z ikrą, w tym jej odklejania, kompleksowe technologie chowu wylęgu i narybku w systemach recyrkulacyjnych. Wyniki badań opublikowano w monografiach naukowych (m.in. wydawnictwa Springer) i wiodących czasopismach z listy JCR (m.in. *Reviews in Aquaculture*, *Aquaculture*, *Animal Reproduction Sciences*, *Aquaculture Research*) oraz implementowano w wielu gospodarstwach rybackich zajmujących się chowem i hodowlą ryb jesiutowatych. Dzięki ścisłej współpracy zespołów badawczych z przedsiębiorstwami rybackimi osiągnięto m.in. poprawę wskaźników hodowlanych oraz znaczne zwiększenie produkcji bardzo cennego i poszukiwanego na rynku światowym produktu jakim jest kawior. Należy podkreślić, że w 2019 roku w Polsce wyprodukowano ponad 29 ton kawioru, zajmując pierwsze miejsce w Europie i drugie na świecie pod względem wielkości produkcji i eksportu tego produktu. Ponadto po raz pierwszy w Europie przeprowadzono sztuczny rozród jesiotra ostronosego (*Acipenser oxyrinchus*) wychowanego w pełnym cyklu produkcyjnym (od ikry do tarlaka) wyłącznie w systemie recyrkulacyjnym. W tym miejscu warto zaznaczyć, że w Europie jest to gatunek objęty programem restytucji.

Nowym ale bardzo ważnym i już udokumentowanym cyklem publikacji w wiodących czasopismach naukowych (m.in. w *Scientific Reports*, *Aquaculture*) trendem badawczym są prace nad wpływem udomowienia ryb na ich zdolność adaptacyjną do warunków niewoli. W badaniach prowadzonych na rybach okoniowatych (Percidae) jako gatunkach modelowych określono w jaki sposób proces udomowienia wpływa na zdolność ryb do trawienia, radzenia sobie ze stresem oraz jak kształtuje się układ odpornościowy ryb w odpowiedzi na udomowienie. Dodatkowo, poddano analizie wpływ udomowienia na profil molekularny jaj sandacza, co pozwoliło na wskazanie najważniejszych procesów biologicznych związanych z udomowieniem i wykazanie istotnej roli transkryptomu oraz proteomu jako czynników niegenetycznego dziedziczenia u tej grupy ryb (Palińska-Żarska i in. 2020).

Do bardzo ważnych osiągnięć ostatniego 10-lecia należy zaliczyć intensywny rozwój prac badawczych z zakresu doskonalenia metod produkcji jednopłciowych i sterylnych stad ryb oraz hybryd (międzygatunkowych i międzyrodzajowych), a także wykorzystania diagnostyki molekularnej do oceny skuteczności zabiegów gynogenezy, androgenezy i triploidyzacji. Ich celem było opracowanie technologii pozwalających na uzyskanie ryb o wysokich wartościach hodowlanych i użytkowych oraz osobników, które można wykorzystać m.in. w pracach selekcyjnych, procedurach produkcji klonalnych linii ryb, badaniach dotyczących wpływu recesywnych alleli na cechy fenotypowe czy w programach ochrony stad i lokalnych populacji ryb. Dzięki implementacji wyników tych badań aktualnie w Polsce na skalę przemysłową produkowane są m.in. samice i sterylne (triploidalne) stada pstrąga tęczowego, diploidalne hybrydy pstrąga źródlanego (*Salvelinus fontinalis*) i troci (*Salmo trutta m. trutta*) oraz triploidalne palie (*Salvelinus alpinus*) i jej krzyżówki: ♀ pstrąg źródłany × ♂ palia, ♀ palia × ♂ pstrąg źródłany, ♀ pstrąg potokowy (*Salmo trutta m. fario*) × ♂ palia. Niewątpliwym sukcesem było również uzyskanie, w oparciu o opracowane technologie, po raz pierwszy w Polsce i trzeci na świecie poko-

lenia klonalnych osobników pstrąga tęczowego. Takie ryby mogą zostać wykorzystane w badaniach farmaceutycznych, toksykologicznych czy też dotyczących wpływu środowiska na behavior i procesy fizjologiczne. Ponadto, dzięki zastosowaniu inżynierii genomowej uzyskano w pełni homozygotyczne stado pstrąga potokowego i potwierdzono, że u ryb łososiowatych deformacje kręgosłupa (np. skoliozy, kifozy czy lordozy) mogą być determinowane genetycznie. Wykazano również, na podstawie analizy matczynego transkryptomu w jajach pstrąga tęczowego, zdecydowanie większe różnice między partiami gamet pochodzącymi od różnych samic niż pomiędzy komórkami eksponowanymi na działanie subletalnych czynników zewnętrznych wykorzystywanych podczas indukcji androgenezy, gynogenezy i triploidyzacji i takimi, które na te czynniki nie były narażone. Stosując promieniowanie jonizujące udało się „obudzić” matczyny genom w owulowanych oocytach pstrąga tęczowego jeszcze przed aktywacją tzw. genomu zygotального. Ekspozycja na promieniowanie X spowodowała, że dwa matczyny geny z grupy genów natychmiastowej odpowiedzi uległy ekspresji w odpowiedzi na takie działania (Ocalewicz i in. 2019). Wyniki badań z tego zakresu zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych (m.in. International Journal of Genomics, Reproduction in Domestic Animals, Nature.com, Scientific Reports, Genes, Experimental Biology and Medicine, BioMed Research International, Food and Chemical Toxicology), a sekwencje matczynego transkryptomu zostały umieszczone w publicznej bazie danych SRA (The Sequence Read Archive) pod numerem SRP156714.

Niewątpliwie do kluczowych osiągnięć należy zaliczyć zidentyfikowanie i scharakteryzowanie ponad 350 białek nasienia pstrąga tęczowego i ponad 530 białek karpia (*Cyprinus carpio*), co umożliwiło głębsze poznanie fizjologicznych mechanizmów odpowiedzialnych za funkcjonowanie układu rozrodczego ryb, w tym mechanizmów odpowiedzialnych za ruchliwość plemników oraz ich zdolność zapładniającą (Dietrich i in. 2014). Wykorzystanie metod proteomicznych przyczyniło się do zwiększenia efektywności kriokonserwacji nasienia, zwłaszcza ryb łososiowatych (hodowlanych, np. pstrąg tęczowy i dzikich, np. głowacica (*Hucho hucho*), lipień (*Thymallus thymallus*)) oraz wykorzystania kriokonserwowanego nasienia tych ichtiotaksonów w warunkach wylęgarniczych. Opracowana i wystandaryzowana technologia kriokonserwacji nasienia ryb łososiowatych, bazująca na rozrzedzalniku glukoza-metanol (GM), została wdrożona w programach doskonalenia hodowli ryb łososiowatych (program CRYOHATCH). Efektem było powstanie banku kriokonserwowanego nasienia tych ryb w wiodącym w Polsce obiekcie akwakultury ryb łososiowatych. Badania te objęły również techniki kriokonserwacji nasienia neosamców (maskulinizowanych samic). Poszerzyło to możliwości hodowli stad wyłącznie samiczych, a ten model produkcji znalazł szerokie zastosowanie w akwakulturze pstrąga tęczowego. Na uwagę zasługują również prace związane z kriokonserwacją nasienia okonia i sandacza oraz ryb rzadkich i zagrożonych wyginięciem, np. strzebli błotnej (*Eupallasella percnurus*). Pozwoliły one na wypracowanie wysoce wystandaryzowanej oraz powtarzalnej metody kriokonserwacji nasienia okonia oraz na istotny postęp w kriokonserwacji nasienia sandacza. W przypadku strzebli błotnej wymiernym efektem badań oprócz publikacji naukowych było m.in. stworzenie banku kriokonserwowanego nasienia tego krytycznie zagrożonego gatunku ryby oraz

opracowanie programu komputerowego GenAssemblage 2.0 ułatwiającego gospodarowanie zasobami genetycznymi strzebli błotnej zdeponowanymi w utworzonym kriobanku. Program może być wykorzystywany dla innych gatunków zwierząt, mających duże znaczenie przyrodnicze i/lub gospodarcze. Wyniki badań z tego obszaru opublikowano w wielu wiodących czasopismach naukowych (m.in. Aquaculture, Theriogenology, Cryobiology, Scientific Reports, PloS One, Fish and Shelfish Immunology).

Do ważnych osiągnięć z zakresu rozrodu ryb udokumentowanych licznymi publikacjami należy zaliczyć zbadanie i opisanie mechanizmów neuroendokrynej i endokrynej regulacji osi podwzgórze-przysadka-gonady u ryb karpiowatych (Cyprinidae). W pracach tych wykazano udział m.in. greliny, kisspeptyny, opioidów, prolaktyny czy serotoniny w uwalnianiu gonadotropiny dojrzewania (LH), a także wpływu analogów GnRH na poziom hormonów gonadotropowych, steroidowych oraz jakość nasienia ważnych gospodarczo gatunków ryb, tj. karpia, lina (*Tinca tinca*) i karasia srebrzystego (*Carassius auratus gibelio*) (Podhorec i in. 2012). Wykazano także negatywny wpływ wybranych ksenobiotyków (metale ciężkie, ftalany, pestycydy, polichlorowane bifenyle) na układ rozrodczy m.in. ryb karpiowatych i okoniowatych, wybrane parametry fizjologiczne, a także embriogenezę. Co istotne, na przykładzie ryb jesiотrowatych wykazano, że fitoestrogeny zawarte w paszach komponowanych mogą zaburzać procesy różnicowania i rozwoju gonad. Udokumentowano, iż mózg jest głównym organem inicjującym różnicowanie płci u jesiотra rosyjskiego (*Acipenser gueldenstaedtii*), a ekspozycja na fitoestrogeny wpływa na zmiany profilu ekspresji genów odpowiedzialnych za ten proces, zwłaszcza w tkance mózgowej. Ustalono też, że takie fitoestrogeny jak daidzeina, genisteina i kumestrol w podobny sposób wpływają na poziom ekspresji badanych genów w gonadach, natomiast ich oddziaływanie na tkankę mózgową i wątrobę jest różne. W tkance mózgowej najsilniej oddziaływały genisteina i kumestrol, zmieniając profile ekspresji genów takich jak *SOX9* czy *FOXL2*, co potencjalnie może wpływać na zaburzenia molekularnych kaskad aktywacji genów i inwersję płci. W wątrobie natomiast najsilniej zaznaczył się wpływ daidzeiny, która istotnie wpływała na ekspresję genów, głównie *ERα*, *ERβ* i *AR*, czego konsekwencją może być destabilizacja molekularnych kaskad aktywacji genów estrogeno- i androgenozależnych. Wykazano, że żywienie jesiотrów paszą zawierającą mieszaninę fitoestrogenów, daidzeinę, genisteinę lub kumestrol powoduje wzrost ekspresji w tkance mózgowej i wątrobie genu *VTG*, który jest markerem narażenia na związki estrogenne czynne.

Niezwykle ważne znaczenie dla rozwoju akwakultury mają badania dotyczące żywienia ryb. W tym zakresie jako szczególne osiągnięcie należy traktować opracowanie technologii produkcji materiałów paszowych z owadów i wykazanie ich przydatności w żywieniu ryb (Nogales-Merida i in. 2019). Uzyskane wyniki wskazują, że pozyskiwane często w sposób nieprzyjazny dla środowiska surowce paszowe, takie jak olej sojowy, a także olej palmowy, można skutecznie zastąpić tłuszczem owadów (*Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*). Co istotne, wykazano, że poziom substytucji oleju rybnego olejem z owadów może wynosić nawet 95%, a mączka z owadów może być alternatywnym źródłem białka. W przypadku ryb drapieżnych poziom substytucji mączki rybnej tym surowcem nie powinien przekraczać 30%, ale u ryb jesiотrowatych

może on stanowić ponad 60%. Komponenty te można uznać za innowacyjne dodatki paszowe pozytywnie wpływające na mikrobiotę przewodu pokarmowego i odpowiedź immunologiczną ryb. Wyniki tych badań zostały opublikowane w takich czasopismach, jak: *Animals*, *Annales of Animal Sciences*, *Reviews in Aquaculture*.

Za ważne osiągnięcie, szczególnie w kontekście rozwoju badań związanych z akwakulturą, należy uznać wprowadzenie wielowymiarowych badań żywieniowych (nutrigenomiki). Dokonano oceny funkcjonowania systemu antyoksydacyjnego lina w kontekście monitorowania poziomu stresu indukowanego warunkami środowiskowymi oraz diety. Opracowano panel potencjalnych genów referencyjnych dla tego gatunku, mających cechy stabilnego kalibratora o niskim poziomie ekspresji. Utworzono – z wykorzystaniem techniki RNA-Seq – bazę transkryptów, ulegających ekspresji w jelicie lina oraz wskazano dietozależne geny, których zróżnicowany poziom ekspresji dokładnie obrazuje wpływ żywienia na funkcjonowanie tego organu (Panicz i in. 2017). Wykorzystanie narzędzi genomiki, transkryptomiki, proteomiki, metabolomiki, metagenomiki, epigenetyki pozwoliło też na określenie wpływu żywienia na ekspresję genów i ich białkowe produkty u karpia. Wyniki tych badań zostały opublikowane m.in. w *Aquaculture*, *Food and Chemical Toxicology*.

W ostatnim 10-leciu ważne miejsce zajmowały badania dotyczące dobrostanu ryb i bezpieczeństwa biologicznego w akwakulturze, zakończone m.in. cyklem publikacji w *Vaccines*, *Journal of Fish Diseases*, *Aquaculture*, *Aquaculture Reports*, *Fish and Shellfish Immunology*, *Developmental and Comparative Immunology*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *PeerJ*, *BMC Veterinary Research*. W tym zakresie istotnym osiągnięciem było opracowanie procedur bioasekuracji w systemach RAS. W ramach prowadzonych prac opracowano protokoły stosowania anestetyków i profilaktyki w RAS. Określono wpływ tego rodzaju zabiegów na stan kondycyjny i fizjologiczny ryb (wskaźniki gazometryczne, hematologiczne, biochemiczne i odpornościowe), co pozwoliło na ustalenie bezpiecznych parametrów kąpiei profilaktycznych i terapeutycznych oraz ich zastosowanie w obiektach akwakultury (Schultz i in. 2017). Intensywnie rozwijane były też prace nad zastosowaniem bakteriofagów i autoszczepionek w akwakulturze. Przeprowadzono badania kliniczne preparatu BAFADOR® i potwierdzono skuteczność bakteriofagów w terapii chorób wywołanych przez bakterie odporne na antybiotyki. Określono skuteczność preparatu w terapii furunkulozy u karpia i pstrąga tęczowego. Opracowano i zweryfikowano skuteczność autoszczepionki poliwalentnej zawierającej trzy gatunki bakterii patogennych dla ryb hodowlanych (*Aeromonas salmonicida*, *Flavobacterium columnare*, *Pseudomonas sp.*). Wykazano wysoką immunogenność po jej podaniu w immersji i iniekcji u narybku pstrąga tęczowego i karpia. Stosując nowoczesne techniki i metody badawcze m.in. potwierdzono występowanie tzw. koiherpeswirusa (wirus CyHV-3) u karpia hodowanych w Polsce. Dalsze badania wykazały szereg zależności pomiędzy interferonem typu I a wirusem CyHV-3, pozwoliły określić wektory roznoszenia się wirusa i opracować strategię działania w przypadku wystąpienia epizooty w gospodarstwach rybackich.

Zastosowanie nowoczesnych metod badawczych, w tym markerów molekularnych pozwoliło na rozpoznanie i dokonanie oceny poziomu zróżnicowania dzikich

i hodowlanych populacji ryb, m.in. dorsza (*Gadus morhua*), węgorza europejskiego (*Anguilla anguilla*), łososia atlantyckiego, troci wędrownej (*Salmo trutta*), głowacicy, sielawy (*Coregonus albula*) i siei (*Coregonus lavaretus*) oraz zidentyfikowanie hybryd ryb łososiowatych w wodach Tatrzańskiego Parku Narodowego. Przykładem zastosowania technik genetycznych w praktyce było wykorzystanie markerów molekularnych do tworzenia par rozrodczych siei z jeziora Łebsko. Podczas prac związanych ze wspomagananiem autochtonicznej populacji tego gatunku opracowano też metodę identyfikacji genetycznej nasienia poddanego kriokonserwacji. Osiągnięcia z tego zakresu dokumentują publikacje m.in. w *Journal of Applied Genetics*, *Genes*, *Aquatic Living Resources*, *Genetics Selection Evolution*, *Marine Genomics*, *Animal Genetics*.

Na uwagę zasługują również kompleksowe badania ichtiofaunistyczne wszystkich rzek przymorskich i dopływów dolnej Wisły. W przypadku większości rzek badania tego typu przeprowadzono po raz pierwszy w Polsce. Rozwinięto i wdrożono metody oceny stanu populacji ryb, eksploatacji rybactwo-wędkarskiej oraz oceny stanu i potencjału ekologicznego systemów rzecznych i jeziornych na podstawie fitoplanktonu (Multimetryczny Indeks Fitoplanktonowy) i ichtiofauny (wskaźników ichtiologicznych EFI+_IBI_PL), symulacji modeli rybactwa (CMER) i modeli siedliskowych (MesoHabsim), w tym m.in. z wykorzystaniem teledetekcji i bezzałogowych statków powietrznych. Polscy naukowcy brali aktywny udział w projektach, w wyniku których powstał Europejski Atlas Barrier Hydrotechnicznych oraz model szacowania wpływu tej zabudowy na ekosystemy rzeczne (Belletti i in. 2020). Opracowano klasyfikację siedliskową rzek Europy, a także instrukcję metodologiczną standaryzującą zbiory danych terenowych do oceny siedlisk i drożności barier. Na obszarze Polski zrealizowano badania drożności przepławki na Wiśle we Włocławku, a także siedlisk poniżej zapory. Opracowano symulację wpływu zmian klimatu na rolę piętrzeń w systemach rzecznych. Efekty publikacyjne z tego obszaru to kilkadziesiąt prac, które ukazały się m.in. w *Nature*, *Scientific Reports*, *Aquatic Living Resources*, *Fisheries Research*, *Fisheries Management and Ecology*, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *Scientific Data*, *River Research and Applications*, *Toxins*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *Science of the Total Environment*, *Hydrobiologia*, *Water*, *Water Research*.

3. WIODĄCA BIEŻĄCA TEMATYKA BADAWCZA

Bieżąca tematyka badawcza z zakresu akwakultury obejmuje opracowywanie alternatywnych systemów oraz metod hodowlanych mających na celu zwiększenie produkcji ryb. Dotyczy to zarówno rozwoju technologii z zastosowaniem nowoczesnych recyrkulowanych systemów akwakulturowych, jak również waloryzacji i modyfikowania istniejącej infrastruktury hodowlanej w celu zwiększenia intensywności produkcji w sposób zrównoważony i zasobooszczędny.

Kolejnym ważnym i intensywnie rozwijanym obszarem badawczym są zagadnienia związane m.in. z żywieniem ryb. Skoncentrowane są one głównie nad poznaniem wymagań żywieniowych poszczególnych gatunków ryb, składem ilościowym i jakościowym pasz komponowanych, opracowaniem nowych receptur pasz, zawierających

komponenty roślinne i/lub zwierzęce (zamienniki deficytowych rybnych komponentów paszowych). Szczególnie obiecujące są wyniki badań dotyczące zastosowania mączki i oleju z owadów w żywieniu ryb. Od 2017 roku wykorzystanie w akwakulturze białka pochodzącego z owadów zostało zaakceptowane prawnie w krajach UE, co biorąc także pod uwagę przyjazne dla środowiska metody otrzymywania biomasy, jej wysoką wartość odżywczą i fakt, że jest to materiał niemodyfikowany genetycznie (NON-GMO), czyni go bardzo perspektywnym i atrakcyjnym dla akwakultury. Wśród innych materiałów paszowych ciągle dużo uwagi poświęca się komponentom roślinnym (np. mączki i oleje roślinne, nasiona szarłatu). Stosowanie tego rodzaju komponentów, zawierających dużą ilość tzw. składników antyżywniowych przyczyniło się do rozwoju badań nad zastosowaniem dodatków funkcjonalnych w żywieniu ryb (np. dodatki fitogeniczne, kwasy organiczne i ich sole, enzymy, substancje antygrzybiczne i antybakteryjne). Badania te mają na celu poprawę cech fizycznych pasz, ich trwałości i strawności. W obszarze badań dotyczących dodatków funkcjonalnych wyróżniają się prace ukierunkowane na poprawę dobrostanu organizmów wodnych produkowanych w akwakulturze. Wymienić tu należy eksperymenty nad zastosowaniem dodatków probiotycznych oraz drożdży i ich pochodnych (np. β -glukany) w żywieniu ryb. Analizowany jest ich wpływ na mikrobiotę przewodu pokarmowego, funkcjonowanie układu immunologicznego oraz odporność na stres i choroby.

Stosowanie preparatów immunostymulujących (immunoprofilaktyka) wpisuje się w obecnie intensywnie rozwijany nurt badań, których celem jest doskonalenie metod ochrony zdrowia ryb. W ostatnich latach ukierunkowane są one na opracowanie szczepionek i autoszczepionek, także z wykorzystaniem immunomodulatorów (syntetycznych lub naturalnych) jako adjuwantów. Rozwój tego typu badań determinowany jest ograniczeniami w stosowaniu antybiotyków w akwakulturze i jest zgodny z rekomendacjami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) i Światowej Organizacji Zdrowia Zwierząt (OIE). Szersze stosowanie szczepionek wymaga jednak wypracowania międzynarodowych regulacji prawnych dotyczących ich wytwarzania, dystrybucji i stosowania. Rozwijane są badania dotyczące profilaktyki chorób ryb, szczególnie w systemach RAS. Skoncentrowane są one na poznaniu wpływu tego rodzaju zabiegów na status zdrowotny i kondycyjny ryb poddanych takim zabiegom (wskaźniki hematologiczne, biochemiczne i immunologiczne).

Aktualnie prowadzone są również badania nad doskonaleniem metod produkcji jednopłciowych i sterylnych stad ryb oraz hybryd (międzygatunkowych i międzyrodzajowych). Należy podkreślić, że pomimo dużego zaawansowania tych prac ciągle występują tzw. „wąskie gardła”, takie jak relatywnie niska przeżywalność czy duży odsetek osobników zdeformowanych obserwowany wśród ryb z linii androgenetycznych, gynogenetycznych i triploidalnych. Najbardziej zaawansowane są badania ukierunkowane na opracowanie procedur produkcji samiczych, sterylnych i klonalnych linii pstrąga tęczowego oraz jednopłciowych samiczych stad ryb jesiотrowatych (produkcja kawioru). Oprócz ryb łososiowatych i jesiотrowatych badania te obejmują również gatunki perspektywiczne dla intensywnej akwakultury tj. ryby okoniowate. Ich celem jest opracowanie procedur pozyskiwania jednopłciowych i sterylnych stad okonia i sandacza.

Kontynuowane są prace związane z sekwencjonowaniem genomu pstrąga tęczowego za pomocą narzędzi i metod z obszaru sekwencjonowania nowej generacji. Są one ukierunkowane na zbadanie i opisanie transkryptomu poszczególnych organów tego gatunku. Aktualnie prowadzone badania dotyczą dynamiki długości telomerowego DNA i aktywności telomerazy u ryb z niedoborem wzrostu somatycznego (karłowatość) i ryb, których wzrost nie jest zakłócony przez procesy związane ze wzrostem generatywnym i dojrzewaniem płciowym (sterylna stada ryb triploidalnych). Innym obszarem badawczym, związanym z genetyką ryb łososiowatych, jest poszukiwanie w genomie pstrąga tęczowego genów, których aktywność jest skorelowana z jakością gamet samicznych. W tym przypadku stosowane są najnowsze techniki sekwencjonowania i narzędzia bioinformatyczne. Odrębne zagadnienie stanowią prace nad oddziaływaniem pestycydów (glifosat, neonikotynoidy) na rozwój embrionalny oraz ekspresję wybranych genów odpowiedzialnych za prawidłowe funkcjonowanie układu rozrodczego ryb.

W obszarze badań związanych z rozrodem ryb wyróżnić należy prace nad rolą oreksyn w rozrodzie ryb i wpływem aktywnej formy witaminy D3 na regulację hormonalną układu rozrodczego ryb karpowatych. Rozwijane są prace dotyczące metod oceny i poprawy jakości biologicznej gamet ryb hodowlanych. Doskonalone są biotechniki rozrodu ryb okoniowatych, jesiotrowatych, siejowatych (*Coregoninae*), dorszowatych (*Gadidae*) i sumowatych (*Siluridae*), jako podstawy przyszłej intensywnej akwakultury. Prace ukierunkowane są na poszukiwanie preparatów farmakologicznych skuteczniej indukujących dojrzewanie gamet i lepiej synchronizujących tarło poszczególnych gatunków ryb (np. bardziej aktywnych form gonadoliberyn), a także na opracowanie protokołów stymulacji środowiskowej (temperatura i fotoperiod) i hormonalnej rozrodu ryb. Kompleksowe biotechnologie stymulacji rozrodu ryb wykorzystujące synergiczny efekt oddziaływania czynników środowiskowych i preparatów farmakologicznych stanowią punkt wyjścia do opracowania biotechnik rozrodu ryb poza sezonem rozrodczym i pozwalają zwiększyć efektywność tarła prowadzonego w RAS. Część prac zorientowana jest na potrzeby akwakultury ekologicznej, gdzie zastosowanie preparatów farmakologicznych jest prawnie niedopuszczalne. Poznanie uwarunkowań oraz opracowanie i implementacja wystandaryzowanych procedur stymulacji środowiskowej będą warunkowały rozwój tej formy akwakultury.

4. PERSPEKTYWY ROZWOJU

Biorąc pod uwagę ograniczenia środowiskowe do perspektywicznych i priorytetowych w obszarze akwakultury należy zaliczyć projekty związane z technologią RAS. Progres tej technologii zaliczanej do tzw. Trzeciego Skoku Technologicznego pozwoli na rozwój intensywnej akwakultury przy minimalizacji zapotrzebowania na wodę i praktycznie zerowej emisji zanieczyszczeń do środowiska (systemy RAS). Jednak z uwagi na to, że tego rodzaju technologia charakteryzuje się dużą konsumpcją energii elektrycznej i wiążącym się z tym zwiększonym śladem węglowym, badania w obszarze akwakultury powinny stworzyć podstawy tzw. Czwartego Skoku Technologicznego łączącego produkcję z wykorzystywaniem alternatywnych źródeł energii (wykorzystanie wód

geotermalnych, energii fotowoltaicznej, czy też układów kogeneracyjnych). Pozwoli to na obniżenie kosztów produkcji oraz utrzymanie praktycznie śladowej emisyjności produkcji w intensywniej akwakulturze. Za perspektywiczne należy uznać badania dotyczące tzw. zintegrowanych systemów akwakultury multitroficznej (IMTA, ang. Integrated Multi-Trophic Aquaculture) (np. RAS → stawy ziemne), w tym akwaponiki, czyli systemów produkcji żywności łączących hodowlę organizmów wodnych w RAS z hydroponiką (uprawa roślin w wodzie, dla których nawozem są wytworzone w wyniku procesów metabolicznych ryb substancje biogenne oraz materia organiczna). Pozwoli to na zmniejszenie wpływu akwakultury na środowisko, zagospodarowanie odpadów poprodukcyjnych, a także powiązanie tradycyjnych i zintensyfikowanych technologii produkcji z innymi gałęziami gospodarki (ze szczególnym uwzględnieniem rolnictwa). Te kierunki badań są zgodne z Kodeksem Odpowiedzialnego Rybołówstwa FAO.

Intensywna akwakultura w RAS (model towarowy) nastawiona jest na uzyskiwanie surowca (tuszek ryb, filetów). Aktualnie ma ona głównie charakter proilościowy. Kształtujący się drugi model hodowli w RAS, tzw. akwakultury zachowawczej, ukierunkowanej na produkcję materiału zarybieniowego, powinien uwzględniać głównie aspekty projakościowe, związane z poprawą potencjału biologicznego ryb. Ten priorytet badawczy będzie uwzględniał w dużej mierze badania nad opracowaniem metod wychowu materiału zarybieniowego o wysokim stopniu adaptacji do warunków naturalnych oraz poprawą cech użytkowych organizmów wodnych hodowlanych, m.in. poprzez rozwijanie technologii produkcji jednopłciowych stad ryb oraz hybryd międzyrodzajowych i międzygatunkowych, a także zastosowanie narzędzi molekularnych w programach hodowlanych i selekcyjnych.

Za perspektywiczne należy uznać prace związane z dywersyfikacją produkcji akwakultury. W tym obszarze prace badawcze ukierunkowane będą na opracowanie i/lub rozwijanie technologii chowu i hodowli nowych dla akwakultury gatunków ryb, w tym gatunków niszowych (np. miętus *Lota lota*) i perspektywicznych (np. ryby okoniowate), a także innych organizmów wodnych (m.in. raków, makro- i mikroglonów, makrofitytów). Niezwykle ważny będzie dalszy rozwój badań ukierunkowanych na poszukiwanie alternatywnych wobec mączki rybnej i oleju rybnego surowców paszowych (np. mikroglony, składniki pochodzenia roślinnego, mączka z owadów), zwiększenie strawności pasz, obniżenie śladu węglowego i wodnego oraz optymalizację żywienia ryb przy zastosowaniu innowacyjnych pasz.

Rozwój sektora akwakultury determinowany jest postępem badań z zakresu bioasekuracji i dobrostanu organizmów wodnych. W tym kontekście niezwykle cenne będą projekty związane z doskonaleniem technik nowoczesnej diagnostyki patogenów i chorób ryb, poznaniem genetycznych uwarunkowań oporności bakterii patogennych, rozwijaniem metod profilaktyki oraz zwalczania chorób, zwłaszcza wirusowych. Planuje się poszukiwanie nowych, wysoce skutecznych, niskotoksycznych chemioterapeutyków z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi, tj. genomiki i proteomiki. Prowadzone też będą prace badawcze dotyczące szerszego stosowania szczepionek mono- i poliwalentnych w ochronie zdrowia ryb. Duże znaczenie dla sektora akwakultury będą miały

wyniki badań nad zastosowaniem szczepionek nowej generacji (szczepionki wektorowe, DNA, antyidiotypowe), pozwalających na długo utrzymującą się ochronę.

W obszarze badań dotyczących gospodarki rybackiej prowadzonej na wodach otwartych rozwijane będą badania z zakresu hydrobiologii i hydrochemii śródlądowych wód powierzchniowych ze szczególnym uwzględnieniem waloryzacji ekosystemów wodnych w kontekście synergicznej oceny zjawisk hydrologicznych, fizykochemicznych i biologicznych. Konieczne jest doskonalenie metod badań zespołów ryb i innych organizmów wodnych oraz ich siedlisk, tworzenia modeli zarybień i zarazzeń wód powierzchniowych (w tym restytucji gatunków) oraz doskonalenia metod biomanipulacji w celu poprawy właściwości środowiska wodnego, zwłaszcza w zbiornikach wody dla celów konsumpcyjnych.

Zaprezentowane kierunki badań są zgodne z Kodeksem Odpowiedzialnego Rybołówstwa FAO i wpisują się w założenia planu strategicznego rozwoju akwakultury na lata 2021-2030, opublikowanego w maju br. przez Komisję Europejską. Są też zgodne z założeniami polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa, zdefiniowanej w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). Wpisują się też w priorytety polityki horyzontalnej realizowanej na poziomie krajowym w ramach Wspólnej Polityki Rybołówstwa (WPRyb), czy też w założenia zawarte w Strategii zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030, a także Polityki Ekologicznej Państwa 2030.

III. NAJNOWSZE KIERUNKI BADAŃ W FIZJOLOGII I ŻYWIENIU ZWIERZĄT

NAJWAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA W ZAKRESIE FIZJOLOGII ZWIERZĄT

Prof. dr hab. Krystyna Koziec

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

W przesłanych opracowaniach Autorzy zgodnie przyznali, że osiągnięcia naukowe z zakresu fizjologii zwierząt pozwoliły na modyfikację systemów utrzymania wszystkich gatunków zwierząt gospodarskich, a także były pomocne w eliminacji niekorzystnych cech produktów zwierzęcych. Odpowiednie modele zwierzęce w badaniach fizjologicznych przyczyniły się do poznania mechanizmów wzrostu zwierząt gospodarskich, aktywności układu hormonalnego w procesie rozrodu, a w ostatnich latach służyły do oceny wpływu związków potencjalnie toksycznych/szkodliwych występujących w środowisku na zdrowie zwierząt oraz jakość produktu zwierzęcego.

W wielu ośrodkach naukowych prowadzi się badania fizjologiczne nad poznaniem reakcji stresowych różnych gatunków zwierząt, także coraz częściej z zakresu fizjologii bólu i roli neurohormonów w regulacji procesów fizjologicznych o różnym charakterze, przede wszystkim behawioru, agresji, stereotypii. Interesujące wyniki osiągnięto w badaniach interakcji układu nerwowego, hormonalnego i immunologicznego podczas intensywnego odchowu ptaków oraz świń. Szczególne znaczenie mają wyniki oceny prawidłowych parametrów fizjologicznych u wysoko wydajnych krów mlecznych, które wyraźnie określiły granicę pomiędzy fizjologią a patofizjologią podczas intensywnego użytkowania. Badania aktywności układu pokarmowego pozwoliły na doprecyzowanie roli osi podwzgórzowo-żołądkowo-jelitowej w prawidłowym wzroście i rozwoju zwierząt oraz wskazały czynniki rozwoju syndromu metabolicznego mającego negatywny wpływ na zdrowie zwierząt.

Ponieważ wyniki badań fizjologii zwierząt są kluczowym punktem odniesienia dla medycyny weterynaryjnej i ludzkiej, Autorzy zwrócili uwagę na przydatność informacji z zakresu rozwoju układu wydalniczego (model: jagnięta, cielęta i koźlęta), czynników warunkujących wzrost i rozwój (prosięta, kury, indyki) oraz pozwalających ograniczyć/wyeliminować niekorzystny wpływ środowiska, leków lub wadliwie zbilansowanej paszy. Współpraca badaczy fizjologii zwierząt z przedstawicielami nauk medycznych pozwala na uzyskanie obiecujących wyników z zakresu między innymi endokrynologii tarczycy (utworzenie mapy niedoboru jodu), chirurgii (bariatria, transplantacja narządów, skóry), układu kostnego (implanty).

Fizjologiczne uwarunkowanie laktacji krów było przedmiotem badań w kilku jednostkach naukowych. Wyniki tych badań posłużyły do poprawy efektywności użytkowania krów mlecznych; wykazano wpływ systemu utrzymania na poziom wydajności

mlecznej oraz płodność krów. Określono optymalny okres zasuszenia krów, czynniki warunkujące długość ich życia i liczbę uzyskiwanych cieląt.

Przyswajalność form organicznych związków mineralnych w chowie drobiu oraz innych zwierząt była problemem badanym w zakresie fizjologii żywienia zarówno w jednostkach akademickich jak i w instytutach badawczych. Wyniki tych badań posłużyły do optymalizacji wskaźników produkcyjnych w użytkowaniu rzeźnym (drób, bydło, świnie), nieśnym (drób) i mlecznym (krowy). Ponadto, wynikiem wieloletnich badań było określenie przydatności dodatków paszowych, stosowanych w celu poprawy statusu zdrowotnego i fizjologicznego organizmu, równowagi mikrobiologicznej jelit, efektywności procesów odpornościowych w odpowiedzi na działanie czynników chorobotwórczych oraz kształtowanie rozwoju przewodu pokarmowego zwierząt gospodarskich, między innymi w kontekście obowiązującego zakazu stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu.

Osiągnięcia naukowe z zakresu fizjologii zwierząt, ze względu na stosowanie odpowiednich modeli zwierzęcych, są użyteczne także w naukach farmakologicznych, biomedycznych i weterynaryjnych. Jednak, bardzo daleko idące obostrzenia w stosowaniu modeli zwierzęcych do badań naukowych przyczyniły się do opracowania nowoczesnych metod badawczych umożliwiających prowadzenie eksperymentów w warunkach *in vitro* na liniach komórkowych. Wiele jednostek naukowych uzyskało wysokie dofinansowanie pozwalające na zastosowanie nowoczesnych metod z zakresu genomiki, transkryptomiki, proteomiki i metabolomiki; umożliwiło to poznanie istotnych procesów zachodzących w komórkach, oszczędziło czas wymagany do uzyskania zgody gremiów nazywanych komisjami etycznymi.

Niestety, wyniki uzyskane przy użyciu tych metod są kosztowne i powinny być potwierdzone metodami uzyskanymi w badaniach *in vivo* prowadzonych na modelach doświadczalnych. Dlatego też, naukowcy prowadzący badania fizjologiczne w dyscyplinie zootechnika i rybactwo, podkreślają istotną rolę odpowiednich modeli zwierzęcych w badaniach naukowych. Przykładem może być hormonalna manipulacja procesów rozrodczych, która jest wynikiem poznania mechanizmów fizjologicznych na poziomie molekularnym, komórkowym i narządowym u wielu zwierząt – ryb, drobiu, owiec i świń.

Główne osiągnięcia naukowe z zakresu fizjologii zwierząt w poszczególnych jednostkach:

- ▶ PBŚ w Bydgoszczy - fizjologia układu odpornościowego, pokarmowego, metabolizmu;
- ▶ IRŚ-PIB w Olsztynie – fizjologiczne procesy wzrostu, rozwoju i rozrodu wielu gatunków ryb;
- ▶ IZ-PIB w Krakowie – fizjologia rozrodu zwierząt gospodarskich;
- ▶ IFiŻŻ PAN w Jabłonie – fizjologia żywienia zwierząt, neurofizjologia, zastosowanie modeli zwierząt gospodarskich;
- ▶ IGiBZ PAN w Jastrzębcu – genetyczne uwarunkowania procesów fizjologicznych, fizjologia stresu;
- ▶ UR w Krakowie – endokrynologia procesów wzrostu i rozwoju, fizjologia stresu, metabolizmu, rozrodu, modele badawcze (ptaki, owce);

- ▶ UP w Lublinie – termoregulacja, toksykologia;
- ▶ UWM w Olsztynie – fizjologia rozrodu zwierząt;
- ▶ UP w Poznaniu – endokrynologia metabolizmu, modele do badań glikemii i przemian lipidowych;
- ▶ SGGW w Warszawie – fizjologia procesu laktacji, żywienia, przewodu pokarmowego;
- ▶ UPH w Siedlcach – fizjologia układu pokarmowego, zoopsychologia;
- ▶ ZUT w Szczecinie – fizjologia układu wydalniczego, neonatologia, proteomika;
- ▶ UP we Wrocławiu – neurofizjologia, stereotypie, fizjologia układu odpornościowego, krwionośnego.

Kierunki dalszych badań powinny opierać się na rozwoju wyspecjalizowanych narzędzi badawczych pozwalających na: śledzenie/poznanie/zrozumienie mechanizmów fizjologicznych – od poziomu molekularnego do układowego. Uzyskane w ten sposób wyniki znajdą zastosowanie w naukach stosowanych i zwiększą szansę na wdrożenie nowoczesnych rozwiązań do praktyki hodowlanej.

NAJWAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE I REALIZOWANA TEMATYKA BADAWCZA W ZAKRESIE ŻYWIENIA DROBIU

Prof. dr hab. Sylwester Świątkiewicz

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie

Tematyka prac doświadczalnych z zakresu żywienia drobiu, prowadzonych w naszym kraju, odpowiada najnowszemu badawczym trendom podejmowanym w uznanych ośrodkach naukowych na całym świecie i jest silnie związana z potrzebami praktyki produkcji drobiarskiej. Uzyskane w zakresie żywienia drobiu osiągnięcia wpisują się w zagadnienia związane, przede wszystkim, z dwoma głównymi obszarami badawczymi:

1. optymalizacja żywienia drobiu, w tym składu pokarmowej diety i stosowanie wybranych dodatków paszowych, jako czynnik poprawiający wskaźniki produkcyjne, dobrostan oraz status fizjologiczny i zdrowotny organizmu ptaków;
2. określenie wartości pokarmowej, bezpieczeństwa i przydatności w żywieniu drobiu nowych/alternatywnych materiałów paszowych, stosowanych jako źródła białka i aminokwasów, energii oraz innych składników pokarmowych.

W ramach pierwszego z wymienionych obszarów celem wielu krajowych badań w ostatnich latach była ocena efektywności nowych dodatków paszowych w zakresie korzystnego wpływu na status zdrowotny i fizjologiczny, w tym kształtowania mikrobioty jelit i odpowiedzi immunologicznej organizmu, oraz wskaźniki produkcyjne drobiu, jak również parametry jakościowe mięsa i jaj.

Część wykonanych badań dotyczyła wpływu czynników żywieniowych, w tym dodatku do paszy substancji bioaktywnych na rozwój, strukturę i funkcję przewodu pokarmowego u kurcząt rzeźnych. Stwierdzono, między innymi, że dodatek probiotyku

może wpływać na zmniejszenie rozległości występowania miopatii w mięśniach kurcząt i zmniejszenie wycieku termicznego z mięsa. Dodatek synbiotyków u kurcząt brojlerów działał stymulująco na mikrokążenie mięśni piersiowych, co może mieć ważne znaczenie praktyczne, ponieważ niska aktywność fizyczna kurcząt w okresie odchowu może prowadzić do niedokrwienia mięśni, zwiększenia ilości zmian zwyrodnieniowych i pogorszenia cech jakości mięsa.

Wykazano, że nizyna jest substancją o działaniu bakteriocydu, stosowana jako dodatek paszowy w żywieniu kurcząt brojlerów, może wchodzić w interakcje z powszechnie stosowanymi kokcydiostatykami, to jest salinomycyną i monenzyną, oraz pozytywnie modulować mikrobiotę przewodu pokarmowego, a tym samym poprawiać wskaźniki produkcyjne u ptaków. Badania dotyczące wpływu dodatków paszowych na rozwój, strukturę i funkcję przewodu pokarmowego u kurcząt rzeźnych pozwoliły, między innymi, na stwierdzenie, że suplementacja diety substancjami bioaktywnymi ma pozytywny wpływ na wysokość i szerokość kosmków jelitowych, powierzchnię chłonną jelit, głębokość krypt oraz grubość błony mięśniowej ściany jelita.

Istotną częścią prac badawczych, dotyczących przydatności dodatków paszowych w żywieniu drobiu, stanowiła ocena możliwości stosowania ekstraktów ziołowych i innych substancji (pre- i probiotyki, kwasy organiczne) jako zamienników kokcydiostatyków paszowych (żywieniowych narzędzi prewencji kokcydiozy kurcząt rzeźnych). Stwierdzono, między innymi, że odpowiednio skomponowana mieszanina ekstraktów (ekstrakty z czosnku, szalwii, tymianku, lebidki i jeżówki) może stanowić skuteczną ochronę kurcząt brojlerów przed zachorowaniem w warunkach umiarkowanej ekspozycji organizmu na kokcydia, jak również łagodzić przebieg choroby przy silnej inwazji pierwotniaków.

Celem prac doświadczalnych związanych z przydatnością enzymów paszowych w żywieniu drobiu było, między innymi, określenie efektywności preparatów bakterierynych fitaz nowej generacji. Badania na kurczętach brojlerach, indykach rzeźnych oraz kurach nieśnych potwierdziły, że badane fitazy są skutecznymi dodatkami paszowymi, których stosowanie pozwala na znaczne ograniczenie ilości fosforu nieorganicznego (fosforanów) wprowadzanych do mieszanek paszowych oraz zmniejsza ilość fosforu wydalanego przez ptaki do środowiska.

Badania dotyczące optymalizacji żywienia mineralnego drobiu polegały także na ocenie możliwości zmniejszenia dodatku wybranych mikroelementów do paszy dla kurcząt brojlerów i młodych indyków rzeźnych w stosunku do zaleceń żywieniowych firm hodowlanych. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że możliwe jest zmniejszenie dodatku Cu, Zn i Mn do paszy dla indyków do ilości równych 50% zaleceń żywieniowych firm hodowlanych. W doświadczeniu podsumowującym cykl wcześniejszych przeprowadzonych badań o tej tematyce ustalono, że dodatek Cu, Zn i Mn do paszy dla indyków w ilościach pokrywających w 10% zalecenia żywieniowe firm hodowlanych nie wpłynęły na pogorszenie wyników odchowu oraz odporność indyków. Badania na indykach wykazały, że korzystniejsze jest stosowanie tradycyjnych (nieorganicznych) form Cu, Zn i Mn niż dodatków w formie nanocząstek.

W toku prac badawczych dotyczących żywienia aminokwasowego drobiu określano możliwości wykorzystania metioniny jako żywieniowego czynnika kształtującego potencjał antyoksydacyjny i stymulującego funkcje systemu immunologicznego indyków. Stwierdzono, że podwyższony poziom tego aminokwasu w diecie może korzystnie wpływać na status antyoksydacyjny tkanek i funkcjonowanie układu immunologicznego ptaków. Wykazano również istotne znaczenie w tym zakresie odpowiednich względnych proporcji lizyny, argininy i metioniny w mieszankach paszowych.

Badania z zakresu oceny wartości pokarmowej i przydatności nowych (alternatywnych) materiałów paszowych dotyczyły wielu komponentów, przede wszystkim stosowanych jako źródła białka i aminokwasów. Tego rodzaju badaniami objęto różne źródła białka paszowego, które mają istotne znaczenie dla krajowej produkcji drobiarskiej, stanowiąc potencjalny zamiennik genetycznie zmodyfikowanej (GMO) importowanej, poekstrakcyjnej śruty sojowej. Dywersyfikacja żywienia białkowego drobiu, zmierzająca do częściowego uniezależnienia się od importowanej śruty sojowej jest głęboko uzasadnione. Jednak, biorąc pod uwagę fizjologię przewodu pokarmowego ptaków, jak również wysokie zapotrzebowanie drobiu na dobrej jakości białko o korzystnym składzie aminokwasowym, całkowite zastąpienie śruty sojowej jest trudne, zwłaszcza w mieszankach paszowych dla rosnących kurcząt i indyków. Rezultaty prowadzonych w naszym kraju badań potwierdziły przydatność roślin bobowatych grubonasiennych, uprawianych w Polsce (łubin, groch, soja), materiałów rzepakowych i wywarów zbożowych (DDGS) jako częściowych zamienników poekstrakcyjnej śruty sojowej w żywieniu drobiu. W badaniach na indykach rzeźnych wykazano również, że proces fermentacji poprawia wartość pokarmową wybranych krajowych materiałów białkowych, wpływając przede wszystkim na wyraźną redukcję poziomu związków antyżywniowych. W konsekwencji, zastosowanie w żywieniu indyków mieszanek z udziałem pasz fermentowanych działa korzystnie na funkcjonowanie przewodu pokarmowego i może zwiększać strawność jelitową niektórych składników paszy. Istotne znaczenie poznawcze i użytkowe mają w tym zakresie zwłaszcza badania, w których, u kurcząt brojlerów w różnych wieku, oznaczono współczynniki standaryzowanej strawności jelitowej aminokwasowej w alternatywnych źródłach białka, np. w nasionach grochu i łubinu.

Wykonano szereg prac badawczych mających na celu ocenę przydatności biomasy owadów w żywieniu drobiu (brojlerów i młodych piskląt indyckich), z uwzględnieniem wskaźników produkcyjnych i rzeźnych, składu mikroflory jelitowej, odpowiedzi fizjologicznej i immunologicznej. Uzyskane wyniki wskazują, że tłuszcz owadów (*Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*) może być dobrym zamiennikiem oleju sojowego, palmowego w mieszankach paszowych. Wykazano także, że niewielkie ilości pełnotłustej biomasy owadów mogą być stosowane w postaci dodatków paszowych, które pozytywnie modulują mikroflorę jelitową i odpowiedź immunologiczną ptaków.

W kilku ośrodkach naukowych wykonano badania mające na celu określenie bezpieczeństwa stosowania genetycznie zmodyfikowanych materiałów paszowych, takich jak poekstrakcyjna śruta sojowa z soi Roundup Ready i ziarno kukurydzy Bt. Uzyskane rezultaty wskazują, że dopuszczone do obrotu materiały paszowe z roślin genetycznie modyfikowanych nie wykazują istotnego, negatywnego wpływu na parametry produk-

cyjne, jakość mięsa i jaj, jak również szeroko rozumiany status fizjologiczny i zdrowotny ptaków, stąd też mogą być bezpiecznie stosowane w żywieniu drobiu. Należy przy tym podkreślić, że badania miały istotne znaczenie dla krajowej produkcji drobiarskiej, ponieważ ich wyniki zostały wykorzystane w pracach legislacyjnych parlamentu, stanowiąc uzasadnienie do przedłużenia moratorium na wejście w życie zakazu stosowania genetycznie zmodyfikowanych pasz w żywieniu zwierząt gospodarskich.

We wcześniejszym okresie badania dotyczące strawności jelitowej aminokwasów z poszczególnych materiałów paszowych prowadzone były przede wszystkim na młodych kurczętach rzeźnych. Brakowało wyników badań nad innymi gatunkami drobiu. Z tego względu przeprowadzono badania na młodych indykach rzeźnych, określając współczynniki strawności dla zbóż (kukurydza, pszenica), komponentów białkowych pochodzenia roślinnego (poekstrakcyjna śruta sojowa, słonecznikowa i rzepakowa, łubin żółty, groch), komponentów białkowych pochodzenia zwierzęcego – mączka rybna oraz produktu ubocznego produkcji bioetanolu – wywar pszeniczny (DDGS). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że istnieją znaczne różnice pomiędzy strawnością aminokwasów pochodzących z różnych materiałów paszowych. Zastosowanie określonych w badaniach współczynników w systemie standaryzowanej strawności jelitowej aminokwasów przy bilansowaniu mieszanek paszowych prowadzi do optymalnego wykorzystania aminokwasów w organizmie co może mieć duże znaczenie w efektywnym gospodarowaniu białkiem paszowym, prowadząc do zmniejszenia ilości wydalanego azotu.

Podsumowując, należy uznać, że krajowe badania z zakresu żywienia drobiu są zgodne z bieżącymi trendami badawczymi na świecie, a ich aktualność, wysoki poziom naukowy i stosowane metody badawcze pozwalają na publikowanie uzyskiwanych wyników w uznanych czasopismach naukowych z zakresu hodowli i produkcji zwierzęcej. Prowadzone w ostatnich latach badania wynikają w dużym zakresie z potrzeb produkcji drobiarskiej i dotyczą przede wszystkim dwóch głównych obszarów:

1. optymalizacji żywienia drobiu, w tym określenia efektywności wybranych dodatków paszowych;
2. wartości pokarmowej i przydatności materiałów paszowych, głównie krajowych źródeł białka, stosowanych jako zamienniki poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Należy przypuszczać, że badania związane z żywieniem drobiu będą nadal związane z dwoma opisanymi powyżej, głównymi kierunkami badawczymi. Perspektywy ich dalszego rozwoju są związane z potrzebami praktyki rolniczej, przede wszystkim z rozwijającymi się trendami w zakresie zrównoważonego rozwoju produkcji zwierzęcej: zwiększenia dobrostanu, ograniczenia negatywnych skutków stresu cieplnego, polepszenia statusu zdrowotnego intensywnie użytkowanego drobiu oraz zmniejszenia negatywnego wpływu intensywnej produkcji na środowisko naturalne. W celu zwiększenia bezpieczeństwa żywnościowego kraju należy stosować nowoczesne technologie żywienia poprawiające jakość i przydatność materiałów paszowych (alternatywnych źródeł białka), a także umożliwiających wykorzystanie w żywieniu zwierząt ubocznych produktów przemysłu rolno-spożywczego. Ważnym kierunkiem badań będzie zapewnienie konsumentom bezpiecznej i wysokiej jakości żywności w łańcuchu „od pola do stołu”,

między innymi poprzez zastosowanie żywieniowych metod poprawy wartości dietetycznej mięsa i jaj. W coraz większym stopniu, w tego typu badaniach, będą wykorzystywane nowoczesne narzędzia z zakresu fizjologii, mikrobiologii oraz biologii molekularnej, przede wszystkim genomiki i proteomiki.

NAJWAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE I REALIZOWANA TEMATYKA BADAWCZA W ZAKRESIE ŻYWIENIA PRZEŻUWACZY

*Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Małgorzata Szumacher
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Realizowane w Polsce projekty badawcze odpowiadają najnowszym trendom nauki światowej, tak w zakresie badań podstawowych, jak i aplikacyjnych, które często są inspirowane potrzebami praktyki. Jednym z podstawowych wyzwań współczesnej produkcji mleka jest utrzymanie zdrowotności i płodności, a także długowieczności krów mlecznych z jednoczesnym uzyskaniem wysokiej wydajności mlecznej. Dlatego wiele badań koncentruje się wokół tematyki związanej z wpływem żywienia na metabolizm, rozród oraz produkcję bydła mlecznego. Ponadto, znaczna część badań poświęcona jest żywieniowym strategiom zmniejszania negatywnego oddziaływania przeżuwaczy na środowisko naturalne, w tym emisji metanu i amoniaku. Innym ważnym kierunkiem badań jest poszukiwanie komponentów paszowych, które nie stanowią podstawy wyżywienia ludzi, ale mogą korzystnie wpływać na jakość oraz wartość odżywczą produktów pozyskiwanych od przeżuwaczy, w tym mięsa oraz mleka. Poniżej przedstawiono najważniejsze kierunki oraz osiągnięcia naukowe w zakresie żywienia zwierząt przeżuwających w Polsce.

1. Zwiększenie roli białka pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy poprzez hamowanie procesów proteolitycznych jako metody poprawy wykorzystania białka w żwacu oraz ograniczenia emisji azotu przez przeżuwacze. W dotychczasowych badaniach krajowych brakowało danych oceniających jakość białka kiszzonek z surowców wysokobiałkowych i wpływu czynników technologicznych na skład frakcji azotowych, skład aminokwasowy białka, oraz losy frakcji białek rozpuszczalnych w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy. Wykazano, że podczas zakiszania lucerny i koniczyny czerwonej pogorszenie jakości białka polega na obniżeniu zawartości frakcji białka łatwo rozpuszczalnego w żwacu, oraz frakcji białka częściowo rozkładanego w żwacu i jelicie cienkim z jednoczesnym wzrostem udziału frakcji niestrawnej do końca jelita. Stwierdzono większą podatność białka koniczyny czerwonej na negatywne zmiany termiczne w porównaniu do lucerny.
2. Wykorzystanie różnych form komponentów paszowych bogatych w związki biologicznie czynne wpływające na procesy zachodzące w żwacu, w tym biouwodowanie i metanogenezę, a także na jakość uzyskiwanych produktów pochodzenia zwierzęcego, mleka i mięsa. W badaniach nad przebiegiem procesu zakiszania

- lucerny, paulowni i innych pasz konwencjonalnych i niekonwencjonalnych bogatych w związki biologicznie aktywne stwierdzono, że profil tych związków zmienia się wraz z upływem czasu (np. kiszzenie lucerny zmienia profil saponin wraz z trzykrotnym wzrostem ich koncentracji). Stwierdzono również modulujący wpływ kiszonki z paulowni na procesy zachodzące w żwaczu wyrażony zmianą wartości parametrów fermentacji w żwaczu, wzrostem wartości pH oraz zmianą profilu lotnych kwasów tłuszczowych (wzrost stężenia kwasu propionowego) w wyniku zmian w populacji pierwotniaków. Dodatkowo, kiszanka z paulowni ograniczała produkcję metanu w żwaczu i populację metanogenów. Odnotowano także podwyższone stężenie amoniaku w żwaczu, co bezpośrednio zwiększało stężenie mocznika w mleku. Ponadto, paulownia ograniczyła proces biouwodorowania w żwaczu co miało bezpośredni wpływ na zawartość niektórych kwasów tłuszczowych w mleku, zmniejszenie stosunku n6/n3 oraz ograniczenie puli nasyconych kwasów tłuszczowych na korzyść nienasyconych. Badania potwierdziły wysoką wartość pokarmową paulowni oraz zawartość związków bioaktywnych sugerując możliwość jej zastosowania jako komponentu w dawkach pokarmowych dla krów mlecznych i owiec.
3. Badania nad wpływem żywienia krów na ich wyniki produkcyjne i zdrowie, skład mleka oraz jego wartość odżywczą i dietetyczną. W żywieniu zwierząt szczególnie cenne są pasze, które poprzez swój skład chemiczny mogą wpływać korzystnie na zdrowie i wyniki produkcyjne i jednocześnie poprawiać walory odżywcze produktów pochodzenia zwierzęcego. Przykładem takich pasz może być dynia, bogata w karotenoidy, tokoferole, polifenole, kwasy tłuszczowe, czy nasiona lnu zawierające w swoim składzie dużo lipidów o cennym składzie kwasów tłuszczowych i wysokiej zawartości α -tokoferolu. Wprowadzanie kiszonki z dyni do dawek pokarmowych dla krów mlecznych jest uzasadnionym zastępstwem dla kiszonki z kukurydzy. W badaniach porównywano wpływ kiszonki z dyni z najczęściej stosowanymi w żywieniu krów kiszankami z traw i kukurydzy na skład siary i mleka oraz zdrowie krów. W przeprowadzonych badaniach w siarze krów otrzymujących kiszonkę z dyni w okresie zasuszenia stwierdzono wyższą zawartość immunoglobulin oraz lizozymu, a także karotenoidów – α -karotenu, β -karotenu i wiołaksantyny, luteiny oraz kwasów PUFA n-3 z jednoczesną poprawą całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (TAS) siary. Również zastosowanie kiszonki z dyni podczas laktacji wpływało na zwiększenie produkcji mleka oraz wzrost zawartości białka. Podobnie jak siara, mleko krów żywionych kiszanką z dyni charakteryzowało się wyższą zawartością karotenoidów, kwasów tłuszczowych PUFA oraz wyższym TAS. Przeprowadzone badania wykazały pozytywny wpływ zastosowanej kiszonki z dyni na zdrowie krów oraz wskaźniki rozrodu.
 4. Kompleksowe badania nad paszowym wykorzystaniem biomasy ślazuwa pensylwańskiego, rośliny dotychczas uznawanej za energetyczną. Celem prowadzonych badań było określenie najefektywniejszej technologii zbioru i zakiszania ślazuwa, efektywności zastosowania dodatków, a także porównania użyteczności paszowej kiszzonek z surowca uzyskano przy użyciu różnych technologii. W badaniach potencjału paszowego kiszzonek ze ślazuwa pensylwańskiego określano charakterystykę

chemiczną, oceniono strawność oraz smakowitość, rozkładalność żwaczową *in sacco* u bydła. Ponadto, oceniono możliwości wykorzystania tej kiszonki w opasie młodego bydła oraz jako zamiennika kiszonki z lucerny w żywieniu krów mlecznych. Ślazowiec może stanowić źródło wartościowej paszy w formie kiszonki dla bydła mięsnego i mlecznego zastępując między innymi kiszonkę z traw oraz lucerny. Wyniki badań na bydle wykazały, że kiszonka ze ślazowca pensylwańskiego jest paszą komplementarną dla kiszonki z kukurydzy (w dawkach dla krów mlecznych o średniej wydajności oraz opasanych buhajków HF) i może stanowić alternatywę dla kiszonek z roślin białkowych w gospodarstwach zlokalizowanych na glebach gorszych kompleksów.

5. Badania poziomu skażenia surowców i pasz dla przeżuwaczy, przez patogenne grzyby pleśniowe i ich wtórne metabolity – mikotoksyny. Wielokrotnie wykazano, że mikotoksyny mogą wywołać szereg jednostek chorobowych i/lub obniżyć odporność zwierząt, szczególnie niekorzystnie wpływając na mikroflorę przewodu pokarmowego, a tym samym obniżając wydajność organizmu. Opracowano metody analizy mikotoksyn, przy zastosowaniu wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas, w materiałach takich jak m.in. DDGS oraz TMR. Opracowano również metodę oznaczania pochodnych zearalenonu w materiale biologicznym. Zalecane jest analizowanie mikotoksyn i ich pochodnych w żółci. Dokonano też badań adsorpcji i desorpcji preparatów wiążących mikotoksyny w celu oceny skuteczności ich wiązania i wyboru sorbenta, który najlepiej eliminował wtórne metabolity.
6. Badania dotyczące możliwości zwiększenia stężenia osoczowej glukozy u krów w okresie przejściowym. Koncentracja glukozy we krwi krów w tym okresie cyklu produkcyjnego ma kluczowe znaczenie w ograniczeniu lipolizy z adipocytów oraz bezpiecznym wykorzystaniu wolnych kwasów tłuszczowych. Badania te dotyczą działania substancji glukogennych (glikol propylenowy i ziarno kukurydzy), które nie tylko mogą poprawiać status metaboliczny zwierząt, ale również zwiększają wskaźniki płodności krów mlecznych. Należy jednak pamiętać, że o efektywności glikolu propylenowego decyduje sposób podania tego dodatku.
7. Opracowanie strategii przeprowadzenia krów przez okres przejściowy. Opracowano procedurę oceny możliwości uproszczenia żywienia w okresie przejściowym poprzez wydłużenie okresu zasuszenia właściwego i wcześniejsze zastosowanie dawki dedykowanej dla grupy po wycieleniu (7+1). Wykazano pozytywny wpływ skrócenia okresu przejściowego przed wycieleniem (close-up) na produkcję mleka skorygowanego na zawartość energii bez pogorszenia statusu metabolicznego i płodność zwierząt. Strategia ta może być implementowana do praktyki hodowlanej. Aktualnie prace skupiają się na próbie znalezienia nowego markera statusu metabolicznego pozwalającego na wybór metabolitów wskazujących na negatywny bilans energii.
8. We współpracy z partnerami z otoczenia gospodarczego poszukuje się modelu optymalnych i w pełni kontrolowanych warunków procesów technologicznych wpływających na poprawę jakości białka produktów ubocznych przemysłu olejarskiego i w konsekwencji przyczynienia się do lepszego wykorzystania pasz kra-

jowych. Ponadto, we współpracy z fizjologami roślin podejmowane są prace nad strategiami łagodzenia suszy i poprawą wartości pokarmowej kukurydzy.

Wśród pozostałych kierunków badawczych realizowanych w obszarze żywienia przeżuwaczy należy wymienić:

- ▶ ocenę wpływu związków lotnych na fermentacje żwaczową, biometanację i cechy funkcjonalne mleka krów;
- ▶ ocenę wartości pokarmowej kiszonek różnych odmian sorgo uprawianych na terenie Dolnego Śląska;
- ▶ wpływ suplementacji lecytiną sojową diety krów mięsnych przed wycieleniem na skład siary i poziom odporności biernej u cieląt;
- ▶ wpływ dodatku różnych źródeł olejów bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe w żywieniu przeżuwaczy na wyniki produkcyjne zwierząt, procesy zachodzące w żwaczu i profil kwasów tłuszczowych w mięsie oraz mleku;
- ▶ badania nad wpływem różnych dodatków zakiszających na wartość pokarmową i jakość kiszonek oraz wpływ na proces fermentacji żwaczowej;
- ▶ wpływ różnego udziału produktów ubocznych bogatych w polifenole na wydajność, jakość mleka i kwasy tłuszczowe żwacza krów i owiec w okresie laktacji;
- ▶ ocenę wpływu suplementacji diety cieląt kwasami tłuszczowymi z grupy n-3 na wzrost, status antyoksydacyjny i odporność cieląt;
- ▶ wpływ dodatków paszowych oraz metod odchowu cieląt na ich wzrost i rozwój ze szczególnym uwzględnieniem rozwoju przewodu pokarmowego oraz odpornościowego w okresie przed odsadzeniem;
- ▶ przemiany kwasu masłowego w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy;
- ▶ monitoringu ketozy w stadach krów mlecznych z wykorzystaniem zawartości ciał ketonowych w mleku (hiperketolaktia);
- ▶ wpływ różnych postaci ketozy u krów mlecznych na przemiany w hepatocytach poddanych działaniu zearalenonu;
- ▶ optymalizację żywienia dzikich przeżuwaczy utrzymywanych w ogrodach zoologicznych;
- ▶ ocenę wpływu wypasu ekstensywnego użytkowych zwierząt przeżuwających na wybrane elementy środowiska przyrodniczego;
- ▶ recykling pierwiastków biogennych w gospodarstwach bydłych;
- ▶ strategię optymalizacji bazy paszowej i redukcji emisji azotu do środowiska w opasie bydła mięsnego;
- ▶ zastosowanie transkryptomiki, epigenomiki i proteomiki w analizie ekspresji genów kształtujących potencjał antyoksydacyjny mleka krów rasy Holsztyno-Fryzyjskiej;
- ▶ przydatność rzepakowych produktów ubocznych w żywieniu przeżuwaczy oraz ochrona białka i aminokwasów tych pasz przed rozkładem w żwaczu;
- ▶ ocenę możliwości wykorzystania ziarna hybrydowych odmian żyta jako potencjalnego substytutu dla ziarna innych gatunków zbóż w żywieniu przeżuwaczy;
- ▶ wykorzystanie metody NIRS w oznaczaniu składu chemicznego pasz objętościowych w stanie świeżym, strawności NDF w kiszonkach z kukurydzy oraz rozkładu i zawartości białka w próbkach po inkubacji w żwaczu;

- ▶ badania nad opracowaniem preparatów w formie bolusa o przedłużonym uwalnianiu, które mogą być stosowane w profilaktyce subklinicznej kwasicy żwacza;
- ▶ opracowanie składu i określenie formy dodatków ziołowych o ukierunkowanym działaniu;
- ▶ porównanie następczego wpływu podawania wybranych mieszanek ziołowych krowom i owcom na jakość siary i mleka oraz zdrowotność i wskaźniki odchovu pochodzących od nich cieląt;
- ▶ ocenę wpływu podawanych mieszanek na wskaźniki produkcyjne cieląt i młodego bydła opasowego, a także na cechy jakościowe i organoleptyczne mięsa;
- ▶ zastosowanie preparatu ziołowo-lnianego własnej kompozycji w profilaktyce i ograniczeniu występowania chorób i pasożytów u bydła w warunkach produkcyjnych oraz preparatów ziołowych własnej kompozycji w profilaktyce i ograniczeniu występowania chorób i pasożytów u owiec;
- ▶ ocenę wpływu czynników żywieniowych oraz hormonalnych na strukturę, funkcjonowanie i mikrobiotę przewodu pokarmowego zwierząt;
- ▶ ocenę wybranych parametrów fizjologicznych zwierząt dzikich, żyjących w środowisku naturalnym i w warunkach hodowli zamkniętej.

Podsumowując, interesująca i aktualna tematyka badawcza, stosowanie nowoczesnych metod badawczych, w tym technik molekularnych spowodowały, że osiągnięcia polskich naukowców z zakresu żywienia bydła są zauważalne w świecie, a znacząca część publikacji przygotowana jest we współpracy z najlepszymi zagranicznymi ośrodkami naukowymi, m.in. z Kanady, USA, Włoch oraz Szwajcarii. Podjęte kierunki badawcze powinny być kontynuowane w przyszłości, gdyż zapewnienie odpowiedniej ilości i jakości żywności pochodzącej od przeżuwaczy przy minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko naturalne poprzez odpowiednie żywienie jest wyzwaniem na miarę dynamicznie zmieniającego się świata w XXI wieku.

NAJWAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE I REALIZOWANA TEMATYKA BADAWCZA W ZAKRESIE ŻYWIENIA ŚWIŃ

Prof. dr hab. Wiesław Sobotka
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Badania naukowe prowadzone przez naukowców z uczelnianych ośrodków akademickich i instytutów badawczych PAN i resortowych (IZ-PIB) uwzględniają zmiany i wyzwania, przed którymi stoi współczesna zootechnika i rybactwo. Obejmują one szeroki wachlarz zagadnień, w tym zagadnienia z paszoznawstwa i żywienia świń, łącząc zarówno badania *in vitro* na poziomie komórkowym, jak i eksperymenty *in vivo*, wykorzystując także różnego rodzaju tkanki, płyny ustrojowe i narządy. W oparciu o materiały nadesłane z akademickich ośrodków badawczo-dydaktycznych i instytutów badawczych opracowano poniższy raport uwzględniający ważne osiągnięcia.

1. KLUCZOWE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE W OSTATNICH 10 LATACH

- Ocena efektywności nowych/alternatywnych materiałów paszowych jako źródła białka roślinnego i innych składników pokarmowych z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi badawczych, między innymi z zakresu nutrigenomiki, w tym ocena bezpieczeństwa stosowania pasz genetycznie zmodyfikowanych w żywieniu zwierząt gospodarskich. Wykazano, między innymi, że wartość pasz zmodyfikowanych genetycznie (kukurydza, poekstrakcyjna śruta sojowa) w żywieniu świń jest równoważna do wartości pasz niezmodyfikowanych.

Wyniki badań opublikowano w czasopismach naukowych: *Annals of Animal Science*, *Animal Production Science*, *BMC Genomics*, *Genes*, *Animal Feed Science and Technology*, *Journal of Animal and Feed Sciences*.

- Określono wartość pokarmową oraz odpowiednie dawki nasion roślin bobowatych aktualnie uprawianych w Polsce (soja, groch, łubin, bobik). Wskazano najkorzystniejsze pod względem wartości odżywczej i przydatności paszowej odmiany nasion soi. Wykazano pozytywny wpływ procesu ekstruzji nasion grochu oraz fermentacji nasion łubinu i produktów z rzepaku na ich skład chemiczny i wartość paszową. Potwierdzono skuteczność wprowadzenia uszlachetnionych nasion bobowatych i produktów z rzepaku do diety dla świń zamiast śruty poekstrakcyjnej z soi modyfikowanej genetycznie.

Wyniki badań opublikowano w czasopismach naukowych: *Journal of Agricultural Science and Technology A*, *Animals*, *Annals of Animal Science*, *Journal of Food Processing and Preservation*.

- Określono możliwości wykorzystania w żywieniu świń poekstrakcyjnej śruty guar, która powstaje przy przetworstwie nasion rośliny guar *Cyamopsis tetragonoloba*. Poekstrakcyjna śruta guar wytwarzana jest z zarodków i łusek. Jest to produkt uboczny powstający przy ekstrakcji używanej w przemyśle spożywczym gumy, zawiera nawet 55–60% białka surowego w zależności od rodzaju znajdujących się w niej frakcji. Może być używana jako komponent mieszanek paszowych dla świń. Cechuje się podobnym do poekstrakcyjnej śruty sojowej poziomem białka i aminokwasów egzogennych, a w połączeniu ze śrutą sojową i dodatkiem krystalicznych aminokwasów poprawia wartość odżywczą białka i zwiększa jej przydatność paszową dla świń.

Wyniki badań opublikowano w czasopiśmie *Animal Nutrition and Feed Technology*.

- Wykazanie możliwości zastosowania w żywieniu zwierząt monogastrycznych, w tym świń, źródła łatwostrawnej energii paszowej: różnych nowych form owsa, ze szczególnym uwzględnieniem owsa krótkosłomowego, w tym nieoplewionego; nowych odmian żyta hybrydowego oraz wskazanie optymalnych z produkcyjnego i ekonomicznego punktu widzenia jego poziomów w mieszankach paszowych.

Wyniki badań opublikowano w czasopismach: *Italian Journal of Food Science*, *South African Journal of Animal Science*, *Journal of Reproduction and Development*, *Food Science*, *Animal Production Science*.

- Określono przydatność dodatków paszowych (krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, probiotyków, fitobiotyków, produktów fermentowanych wytwarzanych przez bakterie *Bacillus licheniformis* oraz drożdże *Yarrowia lipolytica*) stosowanych w celu poprawy statusu zdrowotnego i fizjologicznego organizmu, równowagi mikrobiologicznej jelit i efektywności procesów odpornościowych w odpowiedzi na działanie czynników chorobotwórczych oraz kształtowania rozwoju przewodu pokarmowego prosiąt.

Wyniki badań opublikowano w czasopismach: *Animals*, *Livestock Science*, *Annals of Animal Science*, *Czech Journal of Animal Science*, *Journal of Animal Sciences*, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, *Canadian Journal of Animal Science*.

- Dowiedziono, że susz z korzenia cykorii może być uznany za bezpieczny naturalny dodatek do paszy dla rosnących świń, którego zastosowanie może pozytywnie wpłynąć na prawidłowy rozwój zwierząt. Wyniki badań wykazały: przeciwzapalny wpływ suszu z korzenia cykorii, manifestowany obniżeniem relatywnej koncentracji białek ostrej fazy w surowicy krwi prosiąt; antyoksydacyjny wpływ suszu z korzenia cykorii, jak również inuliny pozyskanej z tego suszu, co manifestowało się poprzez obniżone wartości wskaźników stresu oksydacyjnego w osoczu krwi oraz wątrobie i nerkach, a także poprzez ekspresję białek związanych z odpowiedzią na stres komórkowy w wymienionych tkankach u suplementowanych świń; pozytywny wpływ suplementacji suszem z korzenia cykorii na integralność i proces funkcjonalnego dojrzewania nabłonka przewodu pokarmowego świń; pozytywny wpływ suplementacji na proces wchłaniania jonów dwuwartościowych, w tym żelaza, wapnia oraz seleniu u rosnących prosiąt.

Wyniki badań opublikowano w 12 publikacjach naukowych m.in. w czasopismach: *Journal of Physiology and Pharmacology*, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *Animal*, *Journal of Animal and Feed Sciences*, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *Polish Journal of Veterinary Sciences*.

- Wykazano, że dieta zawierająca białko odporne na trawienie w jelicie cienkim świń oraz polisacharydy (pektyna, skrobia ziemniaczana) przyczynia się do poprawy dobrostanu zwierząt przez ograniczenie produkcji związków fenolowych i zwiększenie ilości kwasu masłowego wytwarzanych przez mikrobiotę jelita grubego.

Wyniki badań opublikowano w czasopiśmie: *PLoS ONE*, *Archives of Animal Nutrition*.

- Dowiedziono, że fruktany typu inulinowego mają działanie przeciwzapalne, hipocholesterolemiczne, antyoksydacyjne oraz zwiększają absorpcję składników mineralnych. Preparaty te korzystnie wpływają na mikrobiotę przewodu pokarmowego prosiąt między innymi zwiększając gęstość populacji bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*. Uzyskane wyniki badań przeprowadzonych na modelu świni wskazują, że inulina może być stosowana w profilaktyce chorób jelita grubego.

Wyniki badań opublikowano w czasopismach: *PLoS ONE*, *Archives of Animal Nutrition*, *Animal*, *Animal Production Science*, *Journal of Animal and Feed Sciences*.

- ▶ Wykazano wpływ alternatywnych źródeł białka roślinnego (grochu, bobiku, łubinu wąskolistnego i żółtego, poekstrakcyjnej śruty rzepakowej „00”, DDGS kukurydzianego i pszennego, koncentratu białkowo-ksantofilowego z lucerny) jako częściowych zamienników poekstrakcyjnej śruty sojowej genetycznie modyfikowanej na efektywność tuczną i stan zdrowotny tuczników oraz jakość mięsa wieprzowego. Wyniki badań opublikowano w 8 publikacjach naukowych w czasopismach: *Animals*, *Livestock Science*, *Journal of Food Processing and Technology*, *Journal of Elementology* oraz wykazano przyjęte zgłoszenie patentowe (PK/7225/RW) przez Urząd Patentowy RP.
- ▶ Wykazano korzystny wpływ suplementacji dawek pokarmowych dla tuczników: L-karnityny łącznie z witaminą E na zawartość witaminy E w mięsie wieprzowym; selenu nieorganicznego na zawartość tego pierwiastka w mięsie, a tym samym możliwości produkcji żywności funkcjonalnej; oraz dodatku ekstraktów roślinnych (oregano, cynamon, pieprz meksykański) na jakość sensoryczną mięsa wieprzowego. Wyniki badań opublikowano w czasopismach: *Annals of Animal Science*, *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, *South African Journal of Animal Science*.
- ▶ Badano możliwość wykorzystania potencjału antyoksydacyjnego wybranych pasz do stymulacji dobrostanu tuczników oraz jakości i trwałości mięsa. Określono rodzaj i koncentrację związków fenolowych (TPC) w jęczmieniu, pszenżycie, owsie nagoziarnistym, łusce i otrębach gryczanych oraz owsianych. W oparciu o całkowitą zawartość związków fenolowych i aktywność antyoksydacyjną (TAC) określoną *in vitro*, uszeregowano w/w pasze w kolejności malejącej aktywności oksydacyjnej: łuska i otręby gryczane » jęczmień » otręby owsiane » owies nagoziarnisty » pszenżyto. Wykazano, że diety dla tuczników o wyższych poziomach TPC i TAC poprawiają stan redox krwi świń w diecie bogatej w kwas α -linolenowy, ale z niedoborem witaminy E. Z kolei suplementacja diety 100 IU kg^{-1} witaminy E zwiększa stężenie α -tokoferolu w surowicy krwi i mięśniu (*M. longissimus dorsi*) świń oraz zmniejsza tempo utleniania lipidów mięsa wieprzowego podczas przechowywania. Wyniki badań opublikowano w *Archives of Animal Nutrition*, *Journal of Animal and Feed Sciences*.
- ▶ Opracowanie zaleceń żywieniowych dla świń. Wyniki badań eksperymentalnych i analitycznych prowadzone nad przemianami energii i białka oraz wartością odżywczą i energetyczną pasz, stanowiły podstawę do opracowania zaleceń żywieniowych dla świń, z którego korzystają w codziennej praktyce żywieniowej hodowcy, firmy paszowe oraz studenci i naukowcy. Wydano wieloautorskie opracowanie naukowe pt. „Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Wydanie III uzupełnione z oprogramowaniem”. Wydawca: Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN, Jabłonna 2020. ISBN 978-83-951612-7-8. Zalecenia pod red. E.R. Greli i J. Skomiała opracował zespół w składzie: Skomiał J., Raj S., Skiba G., Frankiewicz A., Święch E., Fandrejewski H., Grela E.R., Czech A. Świątkiewicz M.

2. WIODĄCA BIEŻĄCA TEMATYKA BADAWCZA

Wiodąca bieżąca tematyka badawcza prowadzona w akademickich jednostkach naukowych i instytutach badawczych, reprezentujących dyscyplinę zootechnika i rybactwo z zakresu żywienia świń obejmuje:

- ▶ określenie przydatności paszowej i efektywności produkcyjnej nowych alternatywnych wysokobiałkowych materiałów paszowych, jako źródła krajowego białka paszowego, do genetycznie modyfikowanej śruty sojowej w mieszankach paszowych;
- ▶ ocenę przydatności żywieniowej nowych dodatków paszowych stosowanych w celu poprawy statusu zdrowotnego i fizjologicznego organizmu, równowagi mikrobiologicznej jelit, efektywności procesów odpornościowych w odpowiedzi na działanie czynników chorobotwórczych oraz kształtowania rozwoju przewodu pokarmowego świń (szczególnie prosiąt);
- ▶ określenie wpływu dodatku do paszy związków bioaktywnych na parametry wzrostu, status zdrowotny, parametry morfometryczne różnych tkanek i narządów u prosiąt oraz na wartość odżywczą mięsa wieprzowego;
- ▶ analizę wpływu modyfikacji żywienia świń na jakość produktów zwierzęcych, w tym kształtowanie wartości dietetycznej oraz właściwości prozdrowotnych mięsa. Modyfikowanie składu produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego na drodze żywieniowej pozwala również na uzyskanie pożądanego składu mięsa wieprzowego, dzięki czemu nie tylko pokrywa ono w większym stopniu potrzeby pokarmowe ludzi, ale również pozytywnie wpływa na stan ogólny zdrowia konsumenta i zmniejsza ryzyko zmian chorobowych jako tzw. „żywność funkcjonalna”;
- ▶ ocenę możliwości wykorzystania regionalnego potencjału chowu trzody chlewnej do produkcji mięsa jako surowca dla produktów z białą etykietą. Dokonano analizy możliwości doskonalenia jakości mięsa w zakresie składników decydujących o przydatności kulinarnej i żywieniowej oraz wykorzystania naturalnych (ekologicznych) komponentów w procesie produkcji produktu regionalnego;
- ▶ żywieniowe technologie ograniczające wydalenie związków biogenych (N i P) do środowiska naturalnego;
- ▶ metody mechaniczne, mikrobiologiczne i aglomeracji ciśnieniowej uszlachetniania pasz energetycznych i wysokobiałkowych celem podwyższenia ich wartości odżywczej w żywieniu świń.

Zaprezentowana wiodąca tematyka badawcza obejmuje badania aplikacyjne i badania podstawowe. Wpisuje się ona w ogólnoświatowe trendy badań naukowych oraz w działania Europejskiego Zielonego Ładu (European Green Deal), koncepcję Jednego / Wspólnego Zdrowia (One Health) oraz Rolnictwa Zrównoważonego (Sustainable Agriculture), a także w trendy na rynku konsumenckim produktów i surowców pochodzenia zwierzęcego.

Bieżąca tematyka badawcza realizowana jest w ramach projektów finansowanych przez: Narodowe Centrum Nauki, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, a także w ramach projektów UE (COST, Horyzont 2020), projektów międzynarodowych (CORNET) oraz umów z krajowymi i zagranicznymi pod-

miotami gospodarczymi. Wyniki badań naukowych z aktualnie prowadzonej tematyki badawczej publikowane są w uznanych, międzynarodowych, wysoko punktowanych czasopismach naukowych ze współczynnikiem wpływu (IF) oraz upowszechniane są w krajowych czasopismach branżowych. Publikowanie wyników badań w zagranicznych uznanych czasopismach naukowych świadczy o tym, że dotychczasowa tematyka badawcza jest aktualna i znajduje uznanie wśród badaczy z zagranicznych ośrodków naukowych oraz wpisuje się w ogólnościowy trend naukowy. Ten fakt potwierdza także duża cytowalność opublikowanych prac naukowych.

Natomiast w niepełnym stopniu zostały wykorzystane rezultaty osiągnięć naukowych do prowadzenia działalności wdrożeniowej oraz komercjalizacji wyników prac badawczo-rozwojowych. Ten fakt potwierdza mała liczba patentów.

3. PERSPEKTYWY ROZWOJU

Po analizie materiałów otrzymanych z akademickich ośrodków badawczo-dydaktycznych i instytutów badawczych PAN można określić najważniejsze, perspektywiczne trendy badań naukowych prowadzonych w dyscyplinie zootechnika i rybactwo, z zakresu żywienia świń, które będą obejmowały:

- ▶ analizę molekularnych mechanizmów, obserwowanych na poziomie proteomu, odzwierciedlających złożoną odpowiedź metaboliczną organizmu indukowaną naturalnymi substancjami bioaktywnymi, które coraz powszechniej stosowane są jako dodatki do pasz dla rosnących świń;
- ▶ zaadaptowanie koncepcji nutriproteomicznych, coraz prężniej rozwijającej się dziedziny nauki, która pozwoli na poszerzenie wiedzy w zakresie zmian czynności organizmu zwierząt (świń) w odpowiedzi na bodziec żywieniowy, na poziomie molekularnym, co w świetle wyzwań stawianych współczesnej zootechnice może przynieść wymierne korzyści poznawcze i aplikacyjne. Mieszanka paszowa wzbogacona o innowacyjne dodatki paszowe lub jej modyfikacja pod względem energetycznym i białkowym może istotnie wpłynąć na status zdrowotny świń, produktywność tuczną i rzeźną, a w konsekwencji na jakość otrzymywanych od nich produktów. Wyniki tych badań mogą stanowić także podstawę do dalszych badań w medycynie ludzkiej i/lub w precyzyjnym żywieniu zwierząt głównie świń (precision livestock farming);
- ▶ opracowanie strategii zwiększenia podaży i wykorzystania krajowego białka paszowego w żywieniu świń oraz produkcji wysokiej jakości mięsa wieprzowego;
- ▶ doskonalenie technologii uszlachetniania pasz energetycznych i wysokobiałkowych celem podwyższenia ich wartości odżywczej w żywieniu świń z wykorzystaniem metod mechanicznych, mikrobiologicznych i aglomeracji ciśnieniowej oraz naturalnych substancji bioaktywnych;
- ▶ optymalizację żywieniowych technologii ograniczających wydalanie związków biogenych do środowiska naturalnego w tuczu świń.

Wyszczególnione powyżej najważniejsze trendy dalszych badań naukowych, w dyscyplinie zootechnika i rybactwo, z zakresu żywienia świń wpisują się w ogólnościowe

trendy badań naukowych oraz w działania Europejskiego Zielonego Ładu (European Green Deal), koncepcję Jednego /Wspólnego Zdrowia (One Health) oraz Rolnictwa Zrównoważonego (Sustainable Agriculture). Aktualnie istnieje zapotrzebowanie na problematykę badawczą, której rezultaty powinny przynosić nowoczesne, innowacyjne rozwiązania o potencjale wdrożeniowym i komercjalizacyjnym wyników badań do praktyki rolniczej.

IV. NAUKOWE PODSTAWY OCENY DOBROSTANU ZWIERZĄT I JAKOŚCI PRODUKTÓW

*Prof. dr hab. Roman Kołacz dr h.c. multi
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu*

*Prof. dr hab. Adam Roman
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Prof. dr hab. Zbigniew Dobrzański
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Dr hab. inż. Przemysław Cwynar
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*Dr hab. Katarzyna Czyż
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

Pojęcie dobrostan zwierząt (ang. animal welfare) zostało po raz pierwszy zdefiniowane w nomenklaturze naukowej w 1965 roku przez Rogera Brambella w tzw. „Raporcie Brambella”. Od tego czasu w Europie rozpoczęto badania naukowe oraz liczne dyskusje dotyczące intensywnych metod hodowli, narażających często zwierzęta na ból i cierpienie, które wywoływały liczne protesty coraz bardziej świadomych konsumentów. W Polsce pojęcie „dobrostan zwierząt” po raz pierwszy sformułowano po 30 latach od raportu Brambella, Empel (1996), Jezierski i Kopowski (1997), Kołacz (1998) oraz Kołacz i Bodak (1999). Obecnie zagadnienia dobrostanu zwierząt zarówno w prawodawstwie UE, jak i w świadomości hodowców oraz oczekiwaniach konsumentów wysuwają się na pierwszy plan. Należy stwierdzić, że obniżonemu poziomowi dobrostanu zwierząt towarzyszy zawsze obniżona ich zdrowotność i odwrotnie, chore zwierzę charakteryzuje się zawsze obniżonym dobrostanem. Jeżeli zatem przyjmiemy, że bezpieczna żywność może pochodzić tylko od zdrowych zwierząt, to zależność pomiędzy dobrostanem zwierząt a bezpieczeństwem żywności nie jest ani pozorna, ani odległa.

Wysoki poziom dobrostanu to nie tylko gwarancja dobrego stanu zdrowia zwierzęcia, ale także eliminacja antybiotyków czy innych lekarstw stanowiących potencjalne zagrożenie bezpiecznej żywności. Dobrostan zwierząt jest nadal przedmiotem szerokich badań naukowych dotyczących obiektywnych metod oceny dobrostanu, przedmiotem dysput etyków, prawników, polityków i ostatecznie konsumentów. Dobrostan jest także przedmiotem obowiązkowego nauczania studentów zootechniki i medycyny weterynaryjnej (Kołacz i Dobrzański, 2019).

Zachowanie zasad dobrostanu zwierząt w chowie i hodowli w bezpośredni sposób wpływa na jakość produktów pozyskiwanych od zwierząt gospodarskich. Ograniczanie stosowania antybiotyków oraz innych środków leczniczych i wprowadzanie na ich miejsce dodatków naturalnych (np. ziołowych) do paszy w bezpośredni sposób przekłada się na lepszą jakość produktów pochodzenia zwierzęcego. Na przełomie XX i XXI wieku wiele badań poświęcono produkcji tzw. żywności funkcjonalnej, bogatej w składniki niezbędne w żywieniu człowieka, poprzez wprowadzanie odpowiednich dodatków do paszy

dla zwierząt. Wyzwaniem dla zootechniki XXI wieku jest także poszukiwanie alternatywnych źródeł białka zwierzęcego, które może być wykorzystywane w diecie człowieka. Dlatego coraz więcej badań poświęca się opracowaniu metod chowu owadów lub ich larw jako potencjalnego źródła pełnowartościowego białka zwierzęcego.

1. KLUCZOWE OSIĄGNIĘCIA W OSTATNICH 10 LATACH

Dobrostan zwierząt należy do stałych elementów dyscypliny zootechnika i rybactwo, czego wymiernym efektem jest ostatnie 10-lecie, jak też zestawienie aktualnych informacji w tym zakresie pochodzących z polskich jednostek naukowych i naukowo – dydaktycznych. Znaczenie tej dyscypliny odzwierciedla zarówno kierunki badawcze i dydaktyczne realizowane w różnych placówkach naukowych w Polsce, ma także aplikacyjny charakter adresowany do studentów, hodowców i praktyków zajmujących się zawodowo produkcją zwierzęcą. Istotnym jest także szeroki zakres tematyczny dobrostanu zwierząt, w zakresie którego prowadzone prace badawcze obejmują obszar począwszy od uwarunkowań genetycznych (m.in. ocenę genotypu trzody chlewnej), poprzez techniki hodowlane (w tym m.in. eliminację zbędnych bodźców stresowych czy funkcjonalne metody wzbogacania środowiska), transport, skończywszy na możliwie najmniej dotkliwych procesach technologicznych związanych z eutanazją zwierząt. Należy także podkreślić, że nauka o dobrostanie zwierząt w dyscyplinie zootechnika i rybactwo jest realizowana nie tylko w aspekcie fundamentalnych dla krajowej gospodarki kierunków masowej produkcji zwierzęcej (drób, trzoda chlewna czy bydło), ale także w akwakulturze oraz w obszarze chowu i hodowli owadów użytkowych (głównie pszczoły miodnej), jak też gatunków zwierząt dzikich występujących w ekosystemach Polski.

Według danych Instytutu Zootechniki – Państwowego Instytutu Badawczego w Krakowie, placówka ta w latach 2008-2010 prowadziła badania oceny genotypu w locus genu *RYR1*, które przeprowadzone były dla całego krajowego pogłowia trzody chlewnej. Badania te stanowiły podstawę do eliminacji z hodowli świń osobników wrażliwych na stres, jak też heterozygotycznych nosicieli badanej mutacji. Wymiernym efektem prowadzonych prac naukowych w tym zakresie była redukcja upadków spowodowanych czynnikami stresującymi (w tym niekorzystnymi uwarunkowaniami mikroklimatycznymi, przepędzaniem czy transportem zwierząt), co zwiększyło efektywność produkcji.

Opracowania w zakresie dobrostanu zwierząt, jak też metod jego oceny i udoskonalania były realizowane również na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie, ale także przez Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie czy Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. W Lublinie podjęto unikatową na skalę światową tematykę analizy mechanizmów behawioralnych wraz z oceną poziomu stresu u koni w przypadkach symulowanego zagrożenia wywodzącego się z pamięci genetycznej (Janczarek i in. 2020).

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk w Jabłonie realizował z kolei badania neuroendokrynologiczne na poziomie ośrodkowego układu nerwowego (OUN).

Wprowadzenie nowych technik molekularnych oraz doskonalenie technicznych możliwości eksploracji OUN pozwalają na poszerzenie wiedzy dotyczącej mechanizmów

regulujących aktywność neurosekrecyjną ośrodków podwzgórza, zaangażowanych w kontrolę funkcji wydzielniczych przysadki i związanych z nimi procesów fizjologicznych. Wykorzystując model owcy – zwierzęcia o zaznaczonej sezonowości rozrodu, wykazano wpływ licznych czynników, zarówno endo-, jak i egzogennych (w tym m.in. stresu odpowiadającego za obniżenie poziomu dobrostanu) na kontrolowane przez OUN procesy wzrostu, dojrzewania i rozrodu zwierząt (Misztal i in. 2020).

Neurobiologiczne podstawy dobrostanu zwierząt, w tym także określanie poziomów stanów stresowych u małych przeżuwaczy, były również przedmiotem analiz elektroencefalograficznych realizowanych przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, skutkujących uzyskaniem patentów wynalazczych (Cwynar i Kołacz „Sposób pomiaru i monitorowania bioelektrycznej aktywności kory mózgowej u zwierząt, zwłaszcza u owiec”, Urząd Patentowy RP, patent nr 228443). Istotnym jest też fakt, że omawiana instytucja raportowała też o licznie podejmowanych analizach związanych z ograniczeniem stresu u zwierząt w czasie zabiegów zootechniczno-weterynaryjnych oraz stosowanych procedur hodowlanych (w tym m.in. dekontaminacji, transportu czy uboju zwierząt), w czym korzystano z nowoczesnej infrastruktury (w tym pochodzącej z Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego, w skład którego wchodził Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt tej Uczelni w latach 2014-2018), jak też substancji fito-biotycznych. Ocena dobrostanu zwierząt na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu realizowana jest także w obszarze owadów użytkowych. W wyniku badań nad wpływem pola elektromagnetycznego na pszczołę miodną wykazano m.in. zaburzenia behawioralne rodzin pszczelich oraz wskaźników biochemicznych hemolimfy pszczół.

Warte uznania są także osiągnięcia w zakresie oceny dobrostanu ryb, w których znaczącą rolę odgrywają badania prowadzone przez Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie. Ośrodek ten aktywnie włącza się w poprawę i optymalizację warunków termicznych i żywieniowych sandacza europejskiego (łac. *Sander lucio-perca*), strzebli błotnej (łac. *Eupallasella percnurus*) oraz gatunków ryb jesiotrowatych.

Istotnym aspektem związanym z dobrostaniem zwierząt podczas ich eutanazji był również projekt „Preparation of best practices on the protection of animals at the time of killing”, realizowany w latach 2016-2017 przez ICF International (pod kierownictwem: Stefania Chirico, Julien Etienne, Andrew Jarvis, Kate McEntaggart, Priya Shah), na zamówienie Directorate – General for Health and Food Safety (DG SANTE), przy udziale Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Kluczowym efektem tego przedsięwzięcia było opracowanie wspólnych uwarunkowań technologicznych oraz standardów, które sprzyjają eliminacji bodźców stresowych, poprawiając tym samym poziom dobrostanu zwierząt podczas ich uboju. Raport z projektu został opublikowany jako oficjalne stanowisko Komisji Europejskiej w zakresie dobrostanu zwierząt.

W ciągu ostatnich dziesięciu lat prowadzone były liczne badania związane z jakością produktów pochodzenia zwierzęcego oraz możliwością poprawy cech funkcjonalnych tych produktów.

Na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy (obecnie Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich) jak też na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, w ramach badań nad oceną jakościową

surowców zwierzęcych wyprodukowanych na bazie rodzimych źródeł białka roślinnego analizowano jakość surowców drobiarskich, w tym mięsa od kurcząt rzeźnych, kaczek oraz gęsi, a także jaj konsumpcyjnych pochodzących od kur żywionych w oparciu o alternatywne dla poekstrakcyjnej śruty sojowej źródła białka pochodzenia roślinnego, w tym poekstrakcyjną śrutę rzepakową, łubin żółty, biały i wąskolistny, bobik oraz groch. Badania te poszerzono także o ocenę jakości mięsa wieprzowego, stwierdzono, że zastosowanie grochu i łubinu, tj. krajowych źródeł białka, jako zamienników soi, może być z powodzeniem stosowane w żywieniu świń.

W badaniach prowadzonych na Politechnice Bydgoskiej dotyczących wpływu wybranych czynników na mikrostrukturę mięśni szkieletowych świń i kurcząt rzeźnych w powiązaniu z jakością surowca mięsnego oceniono wpływ probiotyków na jakość mięsa, zarówno u świń, jak i kurcząt mięsnych. Podanie probiotyku spowodowało m.in. zmniejszenie rozległości występowania miopatii splittingu, występującej w mięśniach szybkorosnących zwierząt; zmniejszenie wycieku termicznego z mięsa; jak również uzyskanie bardziej korzystnej frakcji białek mięśniowych. Z kolei dodatek synbiotyków do paszy dla kurcząt brojlerów działał stymulująco na mikrokrażenie mięśni piersiowych, co może mieć ważne znaczenie praktyczne, ponieważ niska aktywność fizyczna kurcząt w okresie odchowu może prowadzić do niedokrwienia mięśni, zwiększenia ilości zmian zwyrodnieniowych i pogorszenia cech jakości mięsa.

Liczne badania Instytutu Zootechniki – Państwowego Instytutu Badawczego miały na celu wzbogacenie produktów pochodzenia zwierzęcego w substancje biologicznie czynne na drodze żywieniowej. Analiza czynników genetycznych i środowiskowych, wpływających na jakość produktów odzwierzęcych, w tym kształtowanie wartości dietetycznej oraz właściwości prozdrowotnych tych produktów na drodze modyfikacji żywieniowej wykazała, że modyfikowanie składu produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego na drodze żywieniowej pozwala na uzyskanie pożądanego składu mięsa, mleka czy też jaj, dzięki czemu nie tylko pokrywają one w większym stopniu potrzeby pokarmowe organizmu ludzkiego, ale również pozytywnie oddziałują na stan ogólny zdrowia konsumenta i zmniejszają ryzyko zmian chorobowych jako tzw. „żywność funkcjonalna”.

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie opracował też systemy żywienia kurcząt broilerów i świń (tuczników) umożliwiające produkcję mięsa o właściwościach prozdrowotnych (proporcja kwasów tłuszczowych n-6/n-3, zawartość wielonienasyconych długołańcuchowych kwasów tłuszczowych) zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO). Na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu prowadzone były także prace dotyczące innowacyjnych technologii produkcji biopreparatów na bazie nowej generacji jaj kurzych i przepiórczych, naturalnie wzbogaconych w bioaktywne substancje. W kolejnych badaniach żywieniowych przeprowadzonych w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie na trzodzie wykazano korzystny wpływ suplementacji dawek pokarmowych dla tuczników L-karnityną łącznie z witaminą E na zawartość witaminy E w mięsie wieprzowym; suplementacji dawek pokarmowych dla tuczników selenem nieorganicznym na zawartość tego pierwiastka w mięsie, a tym samym możliwości produkcji żywności funkcjonalnej; ekstraktów roślinnych (oregano, cynamon, pieprz meksykański) na jakość sensoryczną

mięsa wieprzowego. Stwierdzono, że poprawie jakości mięsa wieprzowego pod kątem znacznego zwiększenia zawartości tłuszczu śródmięśniowego towarzyszyć może wzrost zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu całkowitego oraz obniżenie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych wpływających na zapobieganie i łagodzenie szeregu schorzeń cywilizacyjnych.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie opracował z kolei technologię wytwarzania produktów o wysokich standardach jakościowych, z uwzględnieniem żywienia owiec i kóz: kiszunkami z różnych surowców roślinnych; dietami suplementowanymi prebiotykami (*Saccharomyces cerevisiae*) oraz kwasem beta-hydroksy-beta-metylomasłowym (HMB). Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w ramach badań dotyczących potencjału antyoksydacyjnego mleka krów, czynników ryzyka i oceny przydatności wybranych biomarkerów w nowoczesnej hodowli bydła mlecznego analizowała wpływ suplementacji diety krów olejem rybim i lnianym na skład i zdolność antyoksydacyjną mleka. Opracowana została norma fizjologicznej zawartości liczby komórek somatycznych w mleku owiec (Puppel i in. 2016).

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu prowadząc badania na trzodzie chlewnej stwierdził, że krzyżowanie loch svin rasy złotnicka pstra (zp) z knurami rasy wielka biała polska (wbp) i duroc może być wykorzystane do poprawy poziomu cech rzeźnych, co ma istotne znaczenie dla ekonomicznej efektywności produkcji trzody chlewnej w oparciu o rasę rodzimą taką jak złotnicka pstra. Mięso pochodzące od svin czystorasowych zp oraz z krzyżówek z rasami wbp i duroc charakteryzowało się wysoką jakością przy znacznej zawartości tłuszczu śródmięśniowego. Obserwowane cechy tego surowca sprawiają, że nadaje się on do produkcji wyrobów najwyższej jakości, w tym wędlin długo dojrzewających.

W innych badaniach prowadzonych na Uniwersytecie Przyrodniczo-Humanistycznym w Siedlcach ustalono, że zastosowane w technologii uboju svin oszałamianie gazowe z wykorzystaniem dwutlenku węgla oraz wychładzanie szokowe przyczyniło się znacząco do poprawy jakości mięsa wieprzowego z przeznaczeniem na cele kulinarne, jak i technologiczne.

Prowadzono prace w zakresie określania jakości mięsa wieprzowego, którego celem było poszukiwanie dokładnych, tanich oraz szybkich metod diagnozowania mięsa wadliwego. Dokonano oceny przydatności parametrów fizykochemicznych i funkcjonalnych wykorzystywanych do diagnozowania mięsa wadliwego. Głównymi przesłankami poszukiwania najbardziej obiektywnych metod diagnozowania odchyleń jakościowych wieprzowiny realizowanych na Uniwersytecie Przyrodniczo-Humanistycznym w Siedlcach były: wysoka częstość występowania mięsa wadliwego, wzrost wymagań konsumenckich w zakresie wartości kulinarnej, wzrost wymagań przemysłu mięsnego w zakresie wartości kulinarnej i przetwórczej mięsa wieprzowego oraz gotowego produktu, poniesione straty finansowe przez przemysł mięsny z powodu obniżonej jakości mięsa wieprzowego. Na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie prowadzone były również badania mające na celu udoskonalenie warunków obrotu przedubojowego w aspekcie wpływu na jakość mięsa oraz metod ograniczania jego negatywnych skutków.

Istotną grupą badań w zakresie jakości produktów pochodzenia zwierzęcego są badania ZUT w Szczecinie dotyczące polimorfizmu określonych genów. Analiza polimor-

fizmów genów *VRTN*, *MYH7*/miR-208b, *PLIN2* i *FTO* u 3 rodzimych ras świń w odniesieniu do cech wzrostu, tuszy, jakości mięsa i tekstury wykazała związek poszczególnych SNP-ów z niektórymi z ocenianych cech, co mogłoby być wykorzystane w programach hodowlanych mających na celu poprawę wartości cech o dużym znaczeniu ekonomicznym. Określono również, że SNP-s w wybranych genach wpływają na cechy użytkowe (wydajność mleka, zawartość białka i tłuszczu w mleku) i funkcjonalne (liczba komórek somatycznych, na umięśnienie i wyższe wartości pomiarów zoometrycznych bydła). Wykazano, że SNP-s w genach *PPARGC1A*, *FAM13A1*, *ABCG2*, *OPN*, *LAP3* zmapowanych w *BTA6* wpływają na wydajność mleka, zawartość białka w mleku oraz liczbę komórek somatycznych w mleku krów o mlecznym kierunku użytkowania. Powyższe wyniki mogą być wykorzystane podczas selekcji genetycznej bydła w kierunku pożądanej cechy.

Natomiast w badaniach prowadzonych na owcach wykazano, że polimorfizmy w genach *FABP3*, *SLC27A3* i *ANXA9* wpływają na zawartość frakcji kazein, albumin oraz nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku owiec. Podobnie, na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie dowiedziono związku polimorfizmu genu *CAST* z wartością rzeźną i jakością mięsa u dwóch syntetycznych linii owiec (Greguła-Kania i in. 2019). Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach realizował też badania dotyczące związku form polimorficznych wybranych genów z cechami jakości mięsa wieprzowego.

Dużą część badań dotyczących jakości surowców pochodzenia zwierzęcego skupia się na rasach rodzimych, czy też produkcji ekologicznej, co realizuje m.in. IZ-PIB. Prowadzone działania miały na celu określenie naukowych podstaw zachowania bioróżnorodności w krajowej produkcji zwierzęcej, w tym zastosowanie nowoczesnych metod genetyki molekularnej i biotechnologii rozrodu w celu ochrony populacji rodzimych ras zwierząt gospodarskich oraz analizę parametrów określających jakość produktów pozyskiwanych od rodzimych ras zwierząt.

W wyniku prac badawczych prowadzonych przez Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie wykazano wyższą wartość odżywczą (w tym prozdrowotną) i korzystniejsze parametry technologiczne surowców i produktów pozyskiwanych od lokalnych ras zwierząt. Badania jakości mięsa i produktów pochodzenia zwierzęcego z naciskiem na produkty uzyskane w sposób tradycyjny realizował Uniwersytet Rolniczy w Krakowie. Badania te dotyczyły analizy mięsa, produktów z mięsa i mleka otrzymanych od ras rodzimych. Rezultatem są monografie podsumowujące wyniki badań dotyczących wędzenia i jednocześnie dające rekomendacje dla producentów oraz informacje dla konsumentów dotyczące samego procesu jak i bezpieczeństwa żywności powstałej podczas podczas jego realizacji.

W Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie wykazano ponadto, że zwierzęta chowane metodami ekologicznymi w mniejszym stopniu narażone są na metale toksyczne, ale jednocześnie są one bardziej narażone na występowanie niedoborów mineralnych niż zwierzęta utrzymywane w gospodarstwach konwencjonalnych. Podobnie też wskazana wyżej Jednostka ustaliła, że mleko od krów rasy Simmental charakteryzuje się korzystniejszym składem mineralnym niż mleko rasy holsztyńsko-fryzyskiej, gdyż miało ono mniejsze stężenie Pb i Cd ($P < 0,001$) i znacząco większą zawartość Fe i magnezu (Mg) ($P < 0,05$), a ponadto zawierało więcej wapnia (Ca), manganu

(Mn) i seleniu (Se). Wykazano, że większemu stężeniu Se odpowiada mniejsze stężenie toksycznych metali w surowicy bydła. Może to być podstawą do sformułowania następującej przesłanki: optymalne stężenie seleniu u przeżuwaczy może chronić je przed nadmiernym pobraniem i nagromadzeniem toksycznych metali w ich tkankach, a pośrednio przyczyniać się do ograniczenia przepływu tych metali do organizmów ludzi. Wykazano również, że Se w produktach spożywczych pochodzenia zwierzęcego, otrzymanych od zwierząt z terenu Pomorza Zachodniego, zabezpiecza 22,8% dziennego zapotrzebowania na ten mikroelement. Biorąc pod uwagę, że udział produktów pochodzenia zwierzęcego w diecie statystycznego Polaka stanowi od 40-45% to codzienne pobranie seleniu kształtuje się na poziomie średnio 29-37 µg, czyli poniżej zalecanej ilości.

W zakresie badań na drobiu w ZUT w Szczecinie wykazano, że pozbawianie ptaków przed ubojem paszy i wody wpływa na przemiany biochemiczne zachodzące w organizmie ptaków oraz jakość mięsa. Dowiedziono, że stosowanie kwasu mlekowego w wodzie do picia przed ubojem oraz ziół lub probiotyków w paszy w trakcie tuczu ma działania stabilizujące organizm zwierząt i łagodzi wpływ stresu oraz poprawia jakość mięsa.

Na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie prowadzone były także badania mające na celu optymalizację wskaźników produkcyjnych w użytkowaniu rzeźnym i nieśnym u bażantów w chowie fermowym poprzez zastąpienie w żywieniu minerałów nieorganicznych formami organicznymi. Kolejne badania dotyczące ważnych aspektów zdrowia publicznego pozwoliły wykazać na modelu przepiórki (10 pokoleń) brak negatywnego wpływu stosowania pasz GMO (kukurydza Mon 810 i soja Roundup-ready) na produktywność, reprodukcję, jakość mięsa i jaj oraz zdrowie ptaków. W badaniach prowadzonych przez Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu nie stwierdzono ponadto akumulacji „transgenicznego” DNA w jajach i mięsie oraz narządach ptaków. W tym samym ośrodku przeprowadzono badania, które dowiodły, że suszone mięso strusi wzbogacone w składniki bioaktywne (kwas n-3, witamina C) jest źródłem wysoko przyswajalnego żelaza hemowego i zalecane jest w diecie ludzi z jego niedoborami, co ma bardzo duże znaczenie aplikacyjne, bowiem na anemię i niedobory Fe cierpi wg WHO > 600 mln ludzi na świecie.

W ZUT w Szczecinie prowadzono także prace mające na celu wykazanie wpływu czynników genetycznych i środowiskowych na jakość surowców pozyskiwanych od emu (*Dromaius novaehollandiae*). Wyniki kolejnych badań wspomnianej Jednostki wskazują, że jaja gęsi i indyków są bogatszym źródłem seleniu niż jaja kurze i kaczki. W przypadku jaj kurzych najwyższe stężenie Se stwierdzono w jajach z chowu klatkowego, a najniższe w jajach z chowu ściółkowego. U wszystkich badanych gatunków największe stężenie Se stwierdzono w żółtku (3,0–6,7 razy większe niż w białku). Ustalono ponadto, że jedno jajo może dostarczyć 16–48% Se RDA (zalecanego dziennego spożycia), co świadczy o tym, że jaja są cennym źródłem Se dla ludzi i mogą odgrywać ważną rolę jako żywność funkcjonalna.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie przeprowadził też kompleksową charakterystykę jakości mięsa pozyskanego od zwierząt łownych zarówno z populacji dziko żyjących jak i z chowu fermowego. Badania uwzględniały także ocenę zmian jakości mięsa podczas przechowywania.

W ramach badań dotyczących molekularnych podstaw zmienności cech ilościowych u królików stworzono mapę sprzężeń i mapę QTL (ang. Quantitative trait locus) dla cech użytkowości rzeźnej i jakości mięsa królików. Były to pierwsze badania genomowej mapy QTL przeprowadzone przez Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, w odniesieniu do cech użytkowości rzeźnej i jakości mięsa u królików. Dalsze prace pozwoliły na identyfikację polimorfizmów w obrębie genów związanych ze wzrostem, jakością tuszki oraz mięsa. Z kolei na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie ustalone zostało genetyczne podłoże żółtego zabarwienia tłuszczu królików oraz jego wpływ na wyniki produkcyjne i zawartość związków biologicznie czynnych w tkankach.

W zakresie produkcji pszczelarskiej, na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy (obecnie Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich), prowadzono badania mające na celu określenie aktywności przeciwdrobnoustrojowej miodów polskich poddanych obróbce cieplnej. Miody mają szerokie spektrum działania przeciwko bakteriom Gram-dodatnim i Gram-ujemnym. Wyjątkowa zawartość związków mineralnych, witamin, kwasów organicznych oraz wielu związków przeciwutleniających pozwoliła na wykorzystanie miodów jako źródła pożywienia dla konsumentów. Po raz pierwszy przeprowadzono badania oceniające wpływ obróbki cieplnej na szerokie spektrum właściwości miodów z północnej Polski. Podwyższona temperatura znacząco obniżała właściwości bakteriobójcze badanych miodów oraz wpłynęła negatywnie na zawartość wit. C. Krótkotrwale ogrzewanie sprzyjało zwiększeniu zdolności przeciwutleniającej polifenoli. Wykazano, że lecznicze stosowanie miodu jako źródła wit. C i środka przeciwbakteryjnego jest możliwe tylko po niskotemperaturowej obróbce tego produktu (Majkut i in. 2021).

Instytut Rybactwa Śródlądowego realizował badania mające na celu wdrożenie do praktyki rybackiej technologii chowu ryb jesiotrowatych oraz tworzenia stad samicznych w celu produkcji kawioru, które obejmowały m.in. określenie optymalnych warunków biotycznych i abiotycznych chowu, wytypowanie najbardziej odpowiednich obiektów chowu oraz określenie wpływu ryb na środowisko. Rozpoczęto pilotażowy chów jesiotrów w różnych warunkach środowiskowych: systemach recyrkulacyjnych, stawach, sadzach i przegrodach. Opracowano szereg nowatorskich rozwiązań pozwalających na wysoce efektywny chów ryb jesiotrowatych, takich jak: metodę pozasezonowego rozrodu, w zależności od różnych warunków środowiskowych (stawy z naturalną termiką, systemy recyrkulacyjne, wody podgrzane), procedury postępowania z ikrą, w tym jej odklejania; wysoce efektywnych metod chowu wylęgu i narybku w systemach recyrkulacyjnych; oraz przyżyciowe, mało inwazyjne sposoby pozyskiwania ikry. Opracowano metody tworzenia stad tarłowych, co umożliwiło rozpoczęcie w Polsce produkcji kawioru.

2. WIODĄCA BIEŻĄCA TEMATYKA BADAWCZA

Nauka o dobrostanie zwierząt oraz możliwości jego oceny stanowi przedmiot aktualnej problematyki realizowanej w Polsce w licznych placówkach naukowych. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie należy do czołówki polskich uczelni wyższych, w których nauki

podstawowe w zakresie dobrostanu zwierząt wykazują szczególne osiągnięcia. Placówka ta realizuje bowiem wieloaspektowe analizy, które obejmują stan zdrowia, kondycję i dobrostan zwierząt, w zakresie neuroimmunoendokrynej regulacji mechanizmów rozwoju i adaptacji zwierząt, higieny środowiska zwierząt oraz czynników abiotycznych wpływających na ich dobrostan (z uwzględnieniem badań nad polem geo- i elektromagnetycznym (Kanik i in. 2017), pyłem zawieszonym czy środkami dezynfekcyjnymi), a także realizując zadania mające na celu poprawę dobrostanu ryb. Jednostka ta prowadzi także badania dotyczące znaczenia zrównoważonej hodowli i różnych sposobów użytkowania głównie koni i trzody chlewnej pod kątem poprawy zdrowia i dobrostanu. Istotnym elementem dobrostanu zwierząt są także mechanizmy zachowań zwierząt, stąd też Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie swoją działalność naukową koncentruje również na analizach behawioralnych i dobrostanie zwierząt gospodarskich, zwierząt utrzymywanych w ogrodach zoologicznych oraz małych ssaków utrzymywanych jako zwierzęta towarzyszące. Dokonania omawianej uczelni w zakresie oceny dobrostanu i jakości produktów są imponujące. W badaniach własnych wykazano, że analiza użytkowości życiowej krów mlecznych, uwzględniająca równocześnie ich długowieczność, wydajność życiową oraz intensywność użytkowania jest praktyczną metodą oceny dobrostanu zwierząt – zarówno w odniesieniu do krów wysoko wydajnych, jak i charakteryzujących się niższą wydajnością. Argumentację tę wspiera fakt, że na użytkowość życiową krów mlecznych istotny wpływ wywiera przyczyna i sezon brakowania, wielkość stada, wiek pierwszego ocielenia oraz temperament zwierząt. Cechy te powinny być uwzględniane w analizie uwarunkowań dobrostanu krów, a w przyszłości uzupełnione o dane dotyczące „historii ich życia” (Adamczyk i in. 2017a; Adamczyk i in. 2017b; Adamczyk i in. 2018).

Ponadto, w zakresie oceny dobrostanu zwierząt, UR w Krakowie zrealizował w ostatnich 10 latach 5 projektów, których celem było m.in. opracowanie i sprawdzenie (przy zastosowaniu technik etologii doświadczalnej) efektywności różnych metod wzbogacenia środowiska zmierzających do poprawy poziomu dobrostanu. Znaczącym osiągnięciem było uzyskanie spadku poziomu agresji warchlaków i tuczników po zastosowaniu autorskich obiektów zapachowych, z możliwością wymiany aromatów oraz określenie preferencji węchowych u świń, co również opublikowano w międzynarodowych czasopismach naukowych (Nowicki i Klocek, 2012; Nowicki i in. 2015; Hothersall i in. 2016).

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie prowadzi także niezwykle cenne i nowatorskie badania w zakresie poprawy dobrostanu zwierząt, w aspekcie określania wpływu zaburzeń pola geomagnetycznego (PGM) na zdrowie zwierząt. Analizy te dotyczą oddziaływania lokalnych i naturalnych zaburzeń PGM (tzw. stref geopatycznych) oraz zaburzeń antropogennych na zdrowie zwierząt. Wykazano, że warunki hypogeomagnetyczne zarówno o charakterze naturalnym, jak i wywołane działalnością człowieka wpływają na wybrane wskaźniki fizjologiczne i produkcyjne oraz na zmiany morfologiczne i zaburzenia behawioralne zwierząt, co udokumentowano cyklem publikacyjnym o międzynarodowym zasięgu (Tombarkiewicz, 2008; Roman i Tombarkiewicz, 2009; Kanik i in. 2017).

Praktyczne aspekty dobrostanu zwierząt rozpowszechniane są także poprzez rozwiązania modelowe oraz narzędzia edukacyjne (tj. gry komputerowe), umożliwiające symulację działań agroekologicznych w zarządzaniu fermą bydła mlecznego, z uwzględnieniem poprawy dobrostanu zwierząt oraz wpływów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych.

Szczególne osiągnięcia w zakresie realizowania bieżącej tematyki związanej z dobrostanem zwierząt należy przypisać także Instytutowi Nauk o Zwierzętach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Jednostka ta prowadzi liczne badania dla otoczenia gospodarczego, uzyskując także sukcesy w praktycznych wdrożeniach proponowanych rozwiązań. Głównymi tematami projektów badawczych prowadzonych przez SGGW był m.in. monitoring zwierząt pozwalający na opracowanie technologii produkcji innowacyjnych biosensorów monitorujących parametry fizjologiczno-behawioralne krów mlecznych, opracowanie i wdrożenie inteligentnego systemu do automatycznego monitoringu indywidualnej efektywności żywienia bydła Smart Feeding (utrzymywanego w systemie grupowym Smart Trough) oraz stworzenie innowacyjnego algorytmu do automatycznego bilansowania dawek pokarmowych dla bydła mlecznego. Obecnie Jednostka ta opracowuje metodykę innowacyjnej bieżni mechanicznej dla koni wraz z unikalnym systemem informatycznym do zarządzania treningiem tych zwierząt. W zakresie poprawy dobrostanu zwierząt w SGGW realizowane są także badania dedykowane branży drobiarskiej. W tym też zakresie wykonano badania dotyczące m.in. wpływu podgrzewania i zmiany pozycji jaj wylęgowych kur mięsnych (w czasie magazynowania) na wyniki lęgów i jakość piskląt, opracowano i wdrożono do produkcji innowacyjny materiał ściółkowy poprawiający dobrostan ptaków. Tematykę dobrostanu podjęto także w studium nad określeniem wpływu składu paszy na występowanie związków alergennych w mięsie drobiu, uwzględniając wyniki produkcyjne i dobrostan kurcząt brojlerów.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie w obszarze dobrostanu zwierząt prowadzi z kolei badania poznawcze w zakresie mechanizmów zachowań emu, ze szczególnym uwzględnieniem behawioru pokarmowego, seksualnego i zachowań agonistycznych w warunkach utrzymania fermowego. W tym też kontekście po raz pierwszy w literaturze ukazały się wyniki szczegółowych badań behawioralnych tego gatunku zwierząt, a badania te pozwoliły na charakterystykę reakcji emu na różne bodźce w aspekcie ich dobrostanu oraz bezpieczeństwa osób obsługujących stada tych zwierząt.

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy (obecnie Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich) wykazuje w obszarze nauk o dobrostanie zwierząt aplikacyjny charakter prowadzonej działalności. Jednostka ta była bowiem w latach 2015-2018 uczestnikiem projektu „*In ovo delivery of prebiotic in commercial and indigenous Italian chicken breeds provides a contribution to healthy food production under a heat stress*”, finansowanego przez rząd włoski (sygn. RBSI14WZCL OVOBIOITIC). Podobnie też bieżąca tematyka dotycząca dobrostanu zwierząt realizowana jest w formie projektu „*MonoGutHealth – A training network for livestock research*” (MSCA-ITN-2020), przedstawiającego aktualnie interdyscyplinarne

i międzysektoralne (w układzie przemysł – akademia) projekty w zakresie naturalnych, okołourodzeniowych metod kształtujących odporność i dobrostan trzody chlewnej i kur.

Instytut Rybactwa Śródlądowego - PIB im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie realizuje aktualne badania w obszarze dobrostanu sandacza, jak też poznania szczegółowych wymagań żywieniowych tego gatunku. Ponadto obszarem zainteresowania tej Jednostki jest monitorowanie stanu i przeprowadzanie ocen perspektyw rozwoju akwakultury w Polsce oraz wpływu stosowania pasz funkcjonalnych (z wybranymi substancjami biologicznie aktywnymi) na dobrostan ryb (tj. parametry biochemiczne czy immunologiczne) oraz wartość odżywczą uzyskanego produktu (ilość i jakość tłuszczu rybiego) z uwzględnieniem wskaźników podchowu w warunkach intensywnej akwakultury.

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu prowadzi aktualnie badania nad udoskonaleniem wartości hodowlanej i użytkowej oraz dobrostanu bydła, trzody chlewnej, drobiu, owiec, koni i zwierząt futerkowych, jak również higieną środowiska oraz intensyfikacją produkcji pszczelarskiej.

Poza podejmowanymi nowymi tematami badawczymi dotyczącymi jakości produktów pochodzenia zwierzęcego, należy podkreślić, że badania prowadzone na przestrzeni ostatnich lat są w dużej mierze kontynuowane, ich zakres jest poszerzany czy też modyfikowany na bazie wcześniejszych wyników, doświadczeń oraz wciąż poszerzającej się wiedzy w tym zakresie.

Bieżąca tematyka badawcza dotycząca surowców pochodzenia zwierzęcego w ramach dyscypliny zootechnika i rybactwo w polskich jednostkach naukowych ukierunkowana jest na problemy genetyki i metod doskonalenia zwierząt, biotechnologii zwierząt, fizjologii żywienia oraz oceny wartości pokarmowej różnych pasz i efektywności stosowania dodatków paszowych, oceny wartości pokarmowej i przydatności technologicznej surowców i produktów zwierzęcych, oceny bezpieczeństwa i odżywczej/konsumenckiej jakości produktów zwierzęcych, czy też produkcji bezpiecznej żywności w warunkach przyjaznych dla zwierząt i środowiska przyrodniczego. W Instytucie Genetyki i Biotechnologii Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu prowadzone są zarówno badania podstawowe, jak i aplikacyjne, które mają zastosowanie praktyczne np. w zakresie biotechnologii żywności. Są to m.in. prace nad poprawą jakości produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego, produkcją żywności o działaniu prozdrowotnym oraz poprawą produktywności i zdrowia zwierząt. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie prowadzi też monitoring jakości surowców i produktów zwierzęcych oraz prace mające na celu doskonalenie metod i technologii w sterowaniu jakością i bezpieczeństwem zdrowotnym produktów zwierzęcych.

Na Politechnice Bydgoskiej prowadzone są badania nad oceną możliwości wykorzystania liofilizatu czerw trutowego jako dodatku paszowego w żywieniu przepiórek. Innowacyjność badań polega na próbie udowodnienia, że czerw trutowy mógłby być alternatywnym źródłem białka i zamiennikiem dla zmodyfikowanej soi (GMO) w paszach dla drobiu. W badaniach tych oceniany jest m.in. skład i jakość mięsa przepiórki japońskiej.

Prace badawczo-rozwojowe w ramach projektu naukowego „Bezpieczna Ferma” realizowane na Politechnice pozwoliły na opracowanie różnych receptur stosowania mie-

szanek glinokrzemianowych do paszy i ściółki w celu m.in. sprawdzenia ich wpływu na efektywność produkcji kurcząt rzeźnych, z uwzględnieniem statusu zdrowotnego ptaków, mikrobiologicznego budynku oraz jakości pozyskanego surowca. Kolejne prace dotyczą wpływu dodatku do paszy substancji bioaktywnych lub wpływu stopnia zakwaszenia paszy na parametry wzrostu, status zdrowotny, wartość odżywczą mięsa, zawartość składników mineralnych różnych zwierząt (świnie, kury, oraz akwakultury karpia i karasia).

W ramach badań realizowanych w tej samej Jednostce nad doskonaleniem cech użytkowości mięsnej i mlecznej owiec i bydła oraz genetycznie regulowaną opornością na wybrane choroby prowadzona jest analiza uwarunkowań genetycznych i środowiskowych wpływających na kształtowanie wybranych cech produkcyjnych tych zwierząt. W przypadku owiec analizowany jest polimorfizm DNA i ekspresja genów związanych z jakością mięsa. Poszukuje się również markerów SNP powiązanych z szybszym wzrostem jagniąt i lepszą jakością tuszy, które mogłyby znaleźć praktyczne zastosowanie w hodowli. Równolegle prowadzone są badania nad wpływem różnych czynników genetycznych i środowiskowych na użytkowość mleczną i reprodukcyjną krów w oborach wyposażonych w automatyczny system doju. Ponadto analizowana jest efektywność oceny genomicznej młodych buhajów w zakresie cech funkcjonalnych.

W Instytucie Rybactwa Śródlądowego - PIB im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie prowadzone są aktualnie badania dotyczące wpływu stosowania pasz funkcjonalnych (z wybranymi substancjami biologicznie aktywnymi) w żywieniu młodocianych stadiów ryb karpiowatych w warunkach kontrolowanych na wartość odżywczą uzyskanego produktu (ilość i jakość tłuszczu rybiego) z uwzględnieniem wskaźników podchowu w akwakulturze intensywnej.

W zakresie badań mleka owczego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie prowadzi badania nad zawartością substancji aktywnie czynnych w mleku owczym i możliwościami terapeutycznego zastosowania mleka. Prowadzona jest także analiza zmian zawartości substancji bioaktywnych w mleku owiec w okresie odchowu jagniąt.

W Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie prowadzone są badania z zakresu kształtowania się jakości surowców drobiarskich (jaj, mięsa, tłuszczu) pod wpływem czynników genetycznych i środowiskowych. Badane są zmiany profilu białkowego w procesie dojrzewania mięsa, z uwzględnieniem uwarunkowań gatunkowych i wieku ptaków, ocenia się wpływ dodatków ziołowych stosowanych w tuczu drobiu na jego wartość rzeźną oraz właściwości technologiczne i funkcjonalne mięsa. Analizowany jest wpływ czynników genetycznych i środowiskowych (przed- i poubojowych) na jakość mięsa wieprzowego i drobiowego, a także wpływ polimorfizmu genów, których produkty białkowe wpływają na wartość prozdrowotną oraz odżywczą mięsa.

Wieloaspektowe analizy prowadzone są także na Uniwersytecie Przyrodniczo-Humanistycznym w Siedlcach. Prowadzone są tam prace badawcze obejmujące szeroko rozumianą jakość mięsa wieprzowego z przeznaczeniem na cele kulinarne i przetwórcze. Badania dotyczą opracowania i dopracowania (już istniejących) nowych metod oceny jakości mięsa, wykorzystując w tym celu determinanty przemian glikolityczno – energetycznych oraz łatwo mierzalnej na linii ubojowej przewodności elektrycznej (do 2

godzin po uboju). Analizowane są możliwości doskonalenia produkcji mleka w aspekcie przydatności serowarskiej surowca z wykorzystaniem potencjału produkcyjnego popularnych ras mlecznych. Zakres badań obejmuje analizę fizjologicznej odpowiedzi krów na występowanie ujemnego bilansu energetycznego – NEB (dynamika zmian BCS, profil NEFA, BHBA, glukozy) oraz odczuwania łaknienia (leptyna, insulina, CART). Uzyskane wyniki pozwoliły określić wpływ tych czynników na dwa główne obszary produkcji:

1. poprawę wskaźników produkcyjnych, w tym ilości i intensywności produkowanego mleka, czasu osiągnięcia szczytu laktacji i długość jej trwania;
2. przydatność serowarską i żywieniową mleka. Analizowany jest między innymi udział białka i kazeiny, tłuszczu i kwasów tłuszczowych oraz wydajność serowarska mleka i jakość skrzepu.

Prowadzona jest ocena możliwości wykorzystania regionalnego potencjału chowu trzody chlewnej do produkcji mięsa jako surowca dla produktów z białą etykietą. Obszarem badań jest analiza możliwości doskonalenia jakości mięsa w zakresie składników decydujących o przydatności kulinarnej i żywieniowej oraz wykorzystania naturalnych komponentów w procesie produkcji produktu regionalnego. Trwają także badania nad zbilansowaniem diety dla kóz mlecznych w aspekcie poprawy stanu zdrowotnego zwierząt (mastitis) oraz uzyskania wzbogaconego surowca pod względem fizykochemicznym, morfometrycznym i mikrobiologicznym.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie podejmuje tematykę badań dotyczących stosowania przetworzonego białka owadziego w żywieniu drobiu i jego wpływu na jakość surowca mięsnego i gotowego produktu, a także optymalizację zasad chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania mięsa oraz wykorzystanie naturalnych preparatów pochodzenia roślinnego w kształtowaniu jakości mięsa i produktów mięsnych.

3. PERSPEKTYWY ROZWOJU

Perspektywa rozwoju nauk podstawowych w zakresie dobrostanu zwierząt deklaruwana przez krajowe jednostki naukowe i naukowo – dydaktyczne wiąże się zasadniczo z kontynuacją przyjętej strategii w zakresie realizowanych aktualnie projektów badawczych. Warto jednak zauważyć, że Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kiełanowskiego Polskiej Akademii Nauk w Jabłonie wskazuje na potrzebę analizy i oceny dobrostanu w zakresie zwierząt dzikich, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów fizjologicznych różnych gatunków zwierząt żyjących w środowisku naturalnym oraz w hodowlach zamkniętych. Celem tych badań będzie pełniejsze poznanie parametrów poprawiających dobrostan zwierząt w warunkach hodowli zamkniętej oraz utrzymywanych w ogrodach zoologicznych. Poznanie fizjologii trawienia dziko żyjących zwierząt roślinożernych może mieć istotny potencjał aplikacyjny. Zwierzęta te odżywiają się pokarmem o znacznie większym stopniu zdrewnienia, w porównaniu ze zwierzętami gospodarskimi. Dzikie żyjące zwierzęta roślinożerne, z uwagi na warunki bytowe, są lepiej przystosowane do wykorzystania trudno strawnego pokarmu o dużej zawartości włókna. Prawdopodobnie jest to związane z unikatowym składem mikroorganizmów dysponujących enzymami o silnych właściwościach celulolitycznych i ksylanolitycznych.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie wskazuje planowane kierunki w obszarze związanym z dobrostanem zwierząt z uwzględnieniem wpływu pro- i prebiotyków oraz dodatków ziołowych stosowanych w tuczu zwierząt na ich dobrostan oraz właściwości technologiczne i funkcjonalne mięsa. Według tej Jednostki ważnym aspektem będzie także analiza wpływu czynników przed- i poubojowych na dobrostan i jakość mięsa wieprzowego oraz drobiowego, a także aktywność wybranych enzymów mięsniowych. W tym też zakresie planowane są badania ukierunkowane na poprawę jakości mięsa i niwelowania działania stresu, w czym może pomóc wprowadzenie dodatków ziół w wodzie do picia lub paszy dla zwierząt rzeźnych.

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach deklaruje konieczność zastosowania nowoczesnych technik diagnostycznych i technik wspomagania rozrodu w optymalizacji dobrostanu i utrzymaniu rozrodczości zwierząt.

Perspektywiczne badania Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie wskazują na konieczność doskonalenia metod poprawy dobrostanu zwierząt i jakości produktów zwierzęcych poprzez ograniczanie biologicznych, chemicznych i fizycznych czynników ryzyka w skali laboratoryjnej i fermowej, na konieczność prowadzenia badań behawioru zwierząt, ze szczególnym uwzględnieniem przyczyn zachowań stereotypowych, kompulsywnych lub obsesyjno-kompulsywnych.

Podsumowując należy też wspomnieć, iż w dniu 11 grudnia 2019 r. Komisja Europejska opublikowała komunikat w sprawie Europejskiego Zielonego Ładu. To nowa unijna strategia wzrostu, która ma przekształcić Europę w neutralne klimatycznie, sprawiedliwe i dostatnie społeczeństwo o nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce, w tym rolnictwo. Komisja Europejska opublikowała plan działania na rzecz rozwoju produkcji ekologicznej, którego ogólnym celem jest zwiększenie produkcji i konsumpcji produktów ekologicznych, zajęcie do 2030 r. pod uprawy ekologiczne 25% użytków rolnych i znaczne zwiększenie akwakultury ekologicznej we wszystkich państwach UE. Ponadto, przepisy dotyczące rolnictwa ekologicznego zachęcają do przestrzegania wysokich standardów dobrostanu zwierząt i wymagać będą od hodowców zaspokojenia konkretnych potrzeb behawioralnych zwierząt. Ze względu na złożoność i znaczenie przygotowywanego prawodawstwa wtórnego, jego wejście w życie zostało odroczone o jeden rok – z dnia 1 stycznia 2021 r. na dzień 1 stycznia 2022 r. Przygotowywany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi krajowy program realizacji Zielonego Ładu obejmuje też konkretne zapisy o ekologizacji produkcji zwierzęcej, w tym metod kształtowania warunków utrzymania i dobrostanu zwierząt gospodarskich, co również będzie stanowiło ważny aspekt w perspektywie rozwoju całej dyscypliny zootechnika i rybactwo.

V. BIOTECHNOLOGIA W HODOWLI ZWIERZĄT

*Prof. dr hab. czł. koresp. PAN Jarosław Olav Horbańczuk
Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu*

*Prof. dr hab. czł. rzecz. PAN Zdzisław Smorąg
Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie*

*Prof. dr hab. n. med. Ryszard Słomski
Instytut Genetyki Człowieka PAN w Poznaniu*

Wśród spektakularnych osiągnięć polskiej biotechnologii zwierząt należy wskazać uzyskiwanie chimer międzygatunkowych metodą agregacji zarodków 8-komórkowych, dzięki której w ostatniej dekadzie XX wieku otrzymano jedną z pierwszych na świecie chimer koza-owca w Instytucie Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu (Członkowska i in. 1988), a także króliki wywodzące się z trzeciej generacji seryjnie klonowanych zarodków (Piotrowska i in. 2000). Kolejnym ważnym sukcesem w tym obszarze było uzyskanie przez zespół Profesora Z. Smorąga z Instytutu Zootechniki w Balicach we współpracy z zespołem Profesora R. Słomskiego z Instytutu Genetyki Człowieka PAN i Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pierwszych na świecie prosiąt po transferze witryfikowanych oocytów dojrzałych w warunkach *in vivo* oraz prosiąt po transferze witryfikowanych zarodków. Innym osiągnięciem pracowników naukowych Instytutu z Balic było uzyskanie jednych z pierwszych na świecie zarodków klonalnych kota domowego (Skrzyszowska i in. 2002). Należy dodać, że główni badacze, którzy uzyskali owcę Dolly, pierwsze zwierzę uzyskane metodą klonowania somatycznego, tj. Ian Wilmut, Keith Campbell, z uwagą śledzili i obserwują nadal wydarzenia w polskiej biotechnologii zwierząt wielokrotnie odwiedzając Polskę, realizując wspólne projekty badawcze w ośrodkach w Jastrzębcu, Balicach i Poznaniu.

Przyjmuje się, że zwierzęta modyfikowane genetycznie są szeroko wykorzystywane w wielu gałęziach biomedycyny np. jako modele chorób człowieka. W badaniach biomedycznych w świecie i w Polsce coraz więcej uwagi poświęca się dużym modelom zwierząt (Smorąg i in. 2008; Szalata i in. 2019), jako uzupełnienie badań prowadzonych na myszach. Dla przykładu świnia domowa (*Sus scrofa domestica*), może być wykorzystywana jako dawca tkanek i narządów do transplantacji u ludzi. W Polsce badania z zakresu ksenotransplantacji zapoczątkowane z inicjatywy Profesorów Z. Smorąga i R. Słomskiego, obejmują opracowanie systemu hodowli i biotechnologii rozrodu świń, opracowanie i charakterystykę nowych konstrukcji genowych do transgenezy i opracowanie możliwości leczenia chorób naczyń człowieka m.in. technologię wytwarzania innowacyjnych bioprotez zastawek serca. Badania te realizowane są przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Zootechniki – PIB w Balicach, Instytut Genetyki Człowieka PAN, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, Fundację Rozwoju Kardiologii w Zabrze, Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich, Śląski Uniwersytet Medyczny oraz Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN (Smorąg i in. 2006; Smorąg i in. 2008; Joszko i in. 2019; Ostróżka-Cieślak i in. 2020; Wiater i in. 2021).

Uzyskane w Polsce w Instytucie Zootechniki – PIB w Balicach transgeniczne świny, które powstały w wyniku współpracy wielu ośrodków krajowych znalazły zastosowanie praktyczne w wytwarzaniu innowacyjnych bioprotez zastawek. Fundacja Rozwoju Kardiologii w Zabrze wykorzystywała zastawki płucne transgenicznych świń do oceny *in vitro* biokompatybilności badanych materiałów z uwzględnieniem procesów indukcji reakcji immunologicznej, trombogenności i podatności na kalcyfikację. Do przygotowania zastawek biologicznych najczęściej wykorzystywane są tkanki, z których usuwane są, z użyciem metod enzymatycznych i chemicznych komórki pochodzące od dawcy, tworząc decellularne rusztowanie tkankowe zastawek serca, na którym hodowane mogą być komórki autologiczne (Wilczek i in. 2014).

Z kolei, skóra transgenicznych świń była wykorzystywana do przygotowania dwóch wariantów opatrunku biologicznego przeznaczonych do wykorzystania klinicznego u chorych z ranami oparzeniowymi i przewlekłymi, z zastosowaniem technik inżynierii tkankowej i komórkowej. Prace prowadzono w renomowanym ośrodku Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich we współpracy z zespołem Profesora R. Słomskiego z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Pierwsze prace we współpracy z dr K. Cieślikiem umożliwiły uzyskanie patentu na przygotowanie opatrunku w oparciu o skórę transgenicznych świń (P.404878). W dalszych pracach opracowano procedury przygotowania opatrunku skóry świńskiej pośredniej grubości, krioprezerwowanej w glicerolu, określono optymalne stężenie glicerolu oraz warunki sterylizacji radiacyjnej dla preparatów pozyskanych ze świń transgenicznych z wyłączonym genem warunkującym powstawanie antygeny αGal oraz ze zmodyfikowanymi białkami powierzchniowymi komórek (Kitala i in. 2020a,b). Badania kliniczne wykazały, że zastosowanie m.in. skóry świńskiej glicerowanej zmniejszyło odczuwane przez pacjentów dolegliwości bólowe, co jest znamienne z klinicznego punktu widzenia, umożliwiło skrócenie czasu hospitalizacji, co znacznie wpływa na redukcję kosztów hospitalizacji. Obserwowano również zmniejszenie liczby zakażeń, a przeszczep ten jest uznany jako bezpieczny.

Inne podejście do opatrunków biologicznych prezentuje Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, który w oparciu o aktywność specyficznych glikohydrolaz, opracował metodę ograniczenia rozwoju biofilmu tworzonego przez patogenny szczep *Pseudomonas aeruginosa* na opatrunkach z celulozy bakteryjnej (Szymańska i in. 2020).

Istotny wkład w szeroko pojętą biotechnologię zwierząt ma Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu. Opracowano tu m.in. klonowanie chimerowe metodą transplantacji komórek do blastocyst pozbawionych mikrochirurgicznie własnego wężła zarodkowego uzyskując myszy wywodzące się z zarodkowych komórek macierzystych (Modliński i in. 1996). Metoda ta jest obecnie coraz częściej rozważana jako jedna z metod biotechnologicznych w strategii ochrony dzikich gatunków ssaków zagrożonych wyginięciem (Loi i in. 2014). Kolejnym osiągnięciem jest przeprowadzenie klonowania metodą transplantacji jąder komórek zarodkowych i somatycznych, jak również międzygatunkowego klonowania somatycznego. Klonowanie somatyczne umożliwia praktyczne powielanie wartościowościowych osobników zwierząt gospodarskich oraz ratowanie zagrożonych dzikich gatunków, a nawet restytucję gatunków,

które już wyginęły. Metoda ta, w połączeniu z transgenezą jest doskonałym narzędziem do uzyskiwania zwierząt produkujących cenne białka terapeutyczne oraz zwierząt, których tkanki i narządy mogłyby być wykorzystywane do ksenotransplantacji u ludzi. W IGBZ PAN prowadzi się badania, których znaczna część może mieć przełożenie dla medycyny człowieka w odniesieniu do np. zjawiska diapauzy zarodkowej, wpływu biop-sji blastomerów na rozwój i zachowanie potomstwa oraz wpływu wieku rodziców na występowanie zespołu zaburzeń autystycznych. Wykazano, że diapauza zarodkowa jest zjawiskiem wysoce konserwatywnym filogenetycznie i występuje u wszystkich gatunków ssaków, w tym również u człowieka, co może mieć duże znaczenie dla medycyny rzucając nowe światło na analizę przebiegu ciąży u człowieka (Ptak i in. 2012; Ptak i in. 2013). Wskazano ponadto na modelu mysim, że zaawansowany wiek rodziców, zwłaszcza ojca wpływa na częstotliwość występowania zespołu zaburzeń autystycznych u ich potomstwa. Badania te przyczynić się mogą do pełniejszego poznania zarówno mechanizmu międzypokoleniowego wpływu wieku rodziców na stan zdrowia potomstwa, jak i wyjaśnienia niektórych przyczyn autyzmu u ludzi (Sampino i in. 2014; Sampino i in. 2017).

Zespoły polskie z Instytutu Zootechniki – PIB w Krakowie, Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – PIB w Puławach oraz Instytutu Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębku zaangażowane są w realizację licznych projektów biotechnologicznych wykorzystujących prace na zwierzętach do oceny wpływu pasz GMO na produktywność i zdrowotność zwierząt, transfer transgenicznego DNA w przewodzie pokarmowym oraz jego retencję w tkankach i produktach żywnościowych pochodzenia zwierzęcego w żywieniu zwierząt gospodarskich. W ten nurt wpisuje się również projekt „Biożywność – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego”. Badania prowadzone dla drobiu, świń i bydła nie wykazały negatywnego wpływu skarmiania paszami GMO na jakość i bezpieczeństwo produktów zwierzęcych, zdrowie ludzi i zwierząt oraz na środowisko. Nie wykryto obecności transgenicznego DNA w dalszych częściach przewodu pokarmowego, narządach wewnętrznych, krwi, tkance mięśniowej, mleku i jajach. Ważnym osiągnięciem w ramach wspomnianego projektu było również wykazanie na modelu zwierzęcym, że wzbogacone w składniki bioaktywne (kwasy PUFA, n-3, witamina C, witamina E) odpowiednio suszone mięso strusi (opracowano innowacyjną metodę w tym zakresie) jest źródłem wysoko przyswajalnego żelaza hemowego i zalecane jest w diecie ludzi z jego niedoborami. Rozwiązanie to zostało nagrodzone jako najlepszy wynalazek/patent europejski (BEST INVENTION OF EUROPE 2016) na Światowej Wystawie Wynalazczości w Pittsburgu w USA oraz uzyskało złote medale na Światowych Salonach Wynalazczości w Genewie (2018), Brukseli (2016) i Barcelonie (2017) (Patent UPRP nr P.230222). Ponadto, wyniki badań były prezentowane i dyskutowane na seminarium naukowym w Harvard University (Harvard Medical School) gdzie spotkały się z dużym zainteresowaniem. Należy podkreślić, że wynalazek ma bardzo duże znaczenie aplikacyjne, bowiem na anemię i niedobory żelaza cierpi według Światowej Organizacji Zdrowia (World Health Organization) ponad 600 mln ludzi na świecie.

Cennym osiągnięciem w zakresie biotechnologii było zidentyfikowanie przez uczo-nych z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu szeregu parametrów kształtujących

jakość oocytów bydła i świnii domowej z podziałem na czynniki związane z dawczynią oocytów (np. wiek, żywienie) oraz ze środowiskiem dojrzewania *in vitro* (np. skład pożywki). Wskazano cechy różnicujące oocyty o wysokiej i obniżonej jakości m.in. zestaw chromosomów, liczbę kopii mitochondrialnego DNA, dystrybucję ziaren korowych i mitochondriów, względny poziom transkryptów genów markerowych, występowanie apoptozy czy zawartość lipidów. Udokumentowano przydatność profilu kwasów tłuszczowych w płynie pęcherzykowym jako markera jakości oocytów bydła. Stwierdzono również istotny wpływ warunków dojrzewania oocytów na jakość blastocyst uzyskiwanych *in vitro* 7-9 dnia po zapłodnieniu. Z kolei jednym z osiągnięć Instytutu Nauk o Zwierzętach SGGW w Warszawie było opracowanie biomarkerów umożliwiających wczesną diagnostykę schorzeń metabolicznych krów w oparciu o analizę w początkowej fazie laktacji C18:2 cis9trans11 oraz C18:2trans10cis12, wskazujących na zaburzenie β -oksydacji kwasów tłuszczowych.

W Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie wykazano, że zastosowanie innowacyjnej paszy może sprzyjać prawidłowemu rozwojowi prosiąt. Suplementacja diety fruktanami typu inulinowego zapewnia prawidłowy rozwój ścian aorty, jak również obniża poziom lipidów we krwi rosnących prosiąt. Zaobserwowano ponadto odkładanie się fibrynogenu, wzrost krzepliwości krwi, jak również ochronę przed nadmierną aktywnością cytolytyczną układu dopełniacza.

Badania z zakresu biotechnologii prowadzone są także na Wydziale Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (obecnie Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich) i obejmują one m.in. wykorzystanie zwierząt jako bioreaktorów. Ośrodek stosuje wektory niewirusowe i techniki transgenezy do produkcji terapeutycznych białek człowieka w jajowodzie i deponowaniu ich w jajach kur (Bednarczyk i in. 2018). W ostatnich etapach prac odchowano około 100 chimer, dających transgeniczne potomstwo i wykazano przekazywanie do kolejnych pokoleń genu interferonu.

Podobne badania prowadzone w Instytucie Zootechniki PIB w Krakowie i Instytucie Genetyki Człowieka PAN oraz Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu umożliwiły uzyskanie transgenicznych królików wytwarzających w gruczole mlekowym hormon wzrostu człowieka, podczas gdy prace dla kóz i bydła we współpracy z SGGW i Instytutem Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN wykorzystujące gruczoł mlekowy jako bioreaktor zakończyły się na etapie uzyskania zarodków. Gruczoł mlekowy psów z kolei posłużył w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie na Wydziale Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki do określenia i identyfikacji defektów na poziomie molekularnym w przebiegu transformacji nowotworowej w zakresie onkogenomiki mitochondrialnej złośliwych nowotworów tego gruczołu.

Sukcesem technologicznym Instytutu Zootechniki – PIB jest rozwój metody sekowania nasienia, w wyniku której uzyskano ponad 500 cieląt przy skuteczności sekowania wynoszącej ok. 95%. Z kolei badania prowadzone w Instytucie Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie dotyczą przede wszystkim opracowania i doskonalenia procedur kriokonserwacji nasienia ryb łososiowatych oraz okonia. Stworzenie banków kriokonserwowanego nasienia jest efektywną strategią ochrony bioróżnorodności

lokalnych populacji ryb, jak również daje możliwość zabezpieczenia nasienia pochodzącego od najcenniejszych pod względem hodowlanym osobników. W wyniku realizacji badań opracowana została nowatorska, wystandaryzowana (pod względem stałej liczby plemników oraz końcowego stężenia krioprotektantów) metodyka kriokonserwacji nasienia ryb z zastosowaniem prostego rozrzedzalnika glukoza-metanol. Wykazano, że na sukces kriokonserwacji wpływają czynniki takie jak: końcowa koncentracja plemników, stężenie glukozy oraz metanolu w rozrzedzalniku, jak również długość trwania procesu ekwilibracji nasienia w rozrzedzalniku przed kriokonserwacją. Standaryzacja liczby plemników ma dwie fundamentalne zalety: 1. warunki technologii są wyrównane pod względem tego parametru oraz 2. procedura zapłodnienia jest uproszczona dzięki stałej i zdefiniowanej liczbie plemników w słomce. Wyznaczenie optymalnych stężeń glukozy oraz metanolu jest szczególnie istotne, gdyż nawet niewielkie zmiany w stężeniu tych składników skutkowały znaczącymi zmianami w ruchliwości plemników po rozmrożeniu. Należy podkreślić, że ze względu na specyficzne gatunkowo różnice w protokołach kriokonserwacji niezbędna jest optymalizacja warunków kriokonserwacji dla każdego z gatunków. Dodatkowo wykazano, że kriokonserwowane nasienie może być z sukcesem wykorzystane do zapłodnienia całej wstęgi ikry okonia, co jest osiągnięciem na poziomie warunków stosowanych w praktyce wylęgarniczej.

W Instytucie Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie we współpracy z Zakładem Biologii i Ekologii Morza Uniwersytetu Gdańskiego opracowano produkcję ryb andro- i gynogentycznych oraz badano ich genomy dla określenia przydatności tych osobników do odbudowy populacji zagrożonych jak i produkcji linii klonalnych dla poprawy wartości użytkowej ryb hodowlanych.

Z kolei w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu pod kierunkiem Profesora E. Łukaszewicz od wielu lat prowadzone są nowatorskie badania z wykorzystaniem metod biotechnologicznych we wspomaganym rozrodzie różnych gatunków ptaków np. gołębi, przepiórek, bażantów łownych, strusi, kaczek: *Anas platyrhynchos* i *Cairina moschata*, gęsi: *Anser anser*, *Anser cygnoides*, *Branta canadensis*, głuszców i cietrzewi obejmujące m.in. pobieranie, ocenę oraz przechowywanie nasienia celem usprawnienia zabiegów inseminacji oraz tworzenia rezerw genetycznych w postaci banków nasienia. Za cenne osiągnięcie można uznać wykazanie, że metody stosowane w biotechnologii rozrodu ptaków użytkowych związane m.in. z kriokonserwacją z powodzeniem mogą być wykorzystane w podnoszeniu efektów rozrodczych ptaków zagrożonych wyginięciem utrzymywanych *ex situ* i *in vivo*. Najlepszym tego przykładem jest uzyskanie przez zespół Profesor E. Łukaszewicz pierwszych na świecie piskląt głuszców po inseminacji nasieniem kriokonserwowanym (Łukaszewicz i Kowalczyk, 2015).

W ostatnich latach wzrosła liczba badań umożliwiających utworzenie i wdrożenie innowacyjnych genetycznych programów mających na celu poznanie, ulepszenie kontrolowanego rozrodu zwierząt zarówno gospodarskich jak i żyjących na wolności. Współpraca naukowców pod kierunkiem Profesor Bugno-Poniewierskiej z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie z wybitnymi biotechnologami z innych jednostek badawczych nad programem ochrony *in situ* dzikich kotowatych skutkowało utworzeniem pierwszego w Polsce banku komórek kota domowego i dzikich kotowatych, opracowaniem optymalnego protokołu

kriokonserwacji oocytów kota domowego i dzikich kotowatych oraz wyznaczeniem kryteriów selekcji zarodków kota domowego na podstawie oceny ich morfokinetyki.

Na szczególną uwagę zasługują także badania nad optymalizacją metody witryfikacji oocytów klaczy, wykazaniem zróżnicowania genomu wśród różnych ras koni domowych, a także identyfikacją nosicieli wybranych chorób genetycznych w populacji koni arabskich.

Zapoczątkowane przez wybitnych naukowców badania nad biotechnologią rozrodu zwierząt gospodarskich nadal są realizowane przy zastosowaniu nowoczesnych metodyk badawczych i wyspecjalizowanej aparatury. Wśród wielu projektów warto podkreślić dwa z nich:

1. badania mające na celu ocenę wpływu pęcherzyków zewnątrzkomórkowych (ev – extracellular vesicles) otrzymanych z mezenchymalnych komórek macierzystych (msc – mesenchymal stem cells) oraz płynu pęcherzykowego jajnika (ff – follicular fluid) na wydajność dojrzewania i potencjał rozwojowy oocytów klaczy dojrzewających w warunkach *in vitro* oraz na parametry kriokonserwowanego nasienia ogiera;
2. opracowanie alternatywnej terapii leczenia stanów zapalnych gruczołów mlekowych (mastitis) u krów poprzez dożylne podanie allogenicznych komórek macierzystych uzyskiwanych z hodowli tkanki tłuszczowej lub dożylne podanie zawiesiny allogenicznych komórek macierzystych pochodzących ze szpiku kostnego.

Ośrodki polskie związane z biotechnologią zwierząt wkraczają także w zagadnienia związane z ratowaniem zagrożonych wyginięciem zwierząt i odtwarzaniem gatunków. Bardzo dobrze oddała to konferencja pt. „First International Conference on the Restoration of Endangered and Extinct Animals”, zorganizowana w 2010 r. w Instytucie Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN. Obecnie zagadnienia poruszane podczas konferencji stają się coraz bardziej realne, a dzięki wprowadzeniu metod edycji genomu, oczekujemy w najbliższych latach doniesień o udanym odtworzeniu mamuta.

VI. GENETYKA I HODOWLA ZWIERZĄT

*Prof. dr hab. Maria Siwek
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich*

*Prof. dr hab. czł. rzecz. PAN Marek Świtoński
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

*Prof. dr hab. Roman Niżnikowski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Pierwsze dwie dekady XXI wieku przyniosły wiele nowych technik badawczych, które zrewolucjonizowały badania z zakresu genetyki. Powszechnym stało się stosowanie automatycznych sekwenatorów DNA, a w badaniach cytogenetycznych na szeroką skalę wprowadzono technikę fluorescencyjnej hybrydyzacji *in situ* (FISH). Poznanie sekwencji genomowych głównych gatunków zwierząt domowych (kura, świnia, bydło, koń, pies, kot) zaowocowało stworzeniem mikromacierzy SNP, które są bardzo przydatnym narzędziem wykorzystywanym między innymi w tzw. selekcji genomowej. Kolejnym niezwykle ważnym osiągnięciem było opracowanie techniki wysokoprzepustowego sekwencjonowania całogenomowego, co pozwoliło na szybkie poznawanie sekwencji genomowej badanych zwierząt, czy sekwencji transkryptomu (RNA-seq) wybranych tkanek, czy grup komórek. Stosowanie technik wysokoprzepustowych wymagało rozwinięcia metod bioinformatycznej analizy sekwencji DNA, czy statystycznego szacowania wartości hodowlanej na bazie wiedzy o dziesiątkach lub setkach tysięcy genotypów w loci SNP. Efektem zasygnalizowanego powyżej postępu była m.in. identyfikacja wielu mutacji odpowiedzialnych za choroby monogenowe lub wariantów DNA związanych ze zmiennością cech produkcyjnych oraz komercyjne wykorzystanie mikromacierzy SNP do oceny wartości genotypowej. Początek XXI wieku to również okres, w którym na szeroką skalę podjęto badania mechanizmów epigenetycznych (np. metylacja DNA, modyfikacje białek histonowych, architektura jądra interfazowego) w kontekście zmienności cech. Rozwój wiedzy o genetyce i genomice zwierząt domowych sprawił, że coraz częściej są one (np. świnia i pies) postrzegane jako ważne modele w badaniach biomedycznych.

W jakim stopniu te nowe trendy znalazły odzwierciedlenie w badaniach realizowanych w krajowych instytucjach badawczych zajmujących się genetyką zwierząt domowych? Odpowiedź na to pytanie można znaleźć w wykazach głównych osiągnięć i realizowanych projektów badawczych. Zapoznając się z tymi zestawieniami warto pamiętać, że realizowanie ambitnych projektów badawczych, które mogą zaowocować cennymi osiągnięciami naukowymi wymaga równoczesnego spełnienia trzech kluczowych warunków: wysoce wykwalifikowanej kadry naukowej (w tym zdobywającej doświadczenie podczas długoterminowych staży podoktorskich), wyposażenia laboratoriów w nowoczesną aparaturę i adekwatnego finansowania prowadzonych badań. Podkreślić również należy, że badania genetyczne zwierząt domowych, pod względem stosowanych metod są na styku kilku dziedzin, czy dyscyplin, takich jak: zootechnika, weterynaria, biologia, statystyka i bioinformatyka.

1. KLUCZOWE OSIĄGNIĘCIA W OSTATNICH 10 LATACH

Badania naukowe realizowane przez krajowe zespoły działające w zakresie dyscypliny zootechnika i rybactwo wpisują się w bieżące trendy w zakresie genetyki i genomiki strukturalnej i funkcjonalnej. Osiągnięcia zespołów badawczych opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych przedstawiono poniżej, grupując je w dwa główne zagadnienia:

1. wykorzystanie markerów molekularnych do analizy zróżnicowania genetycznego i związku z cechami fenotypowymi;
2. monitoringu i eliminacji chorób genetycznych.

Kluczowe osiągnięcia w zakresie wykorzystania markerów molekularnych do analizy zróżnicowania genetycznego i związku z cechami fenotypowymi dotyczą:

- ▶ zastosowania nowoczesnych metod genetyki molekularnej w celu ochrony populacji rodzimych ras zwierząt gospodarskich oraz wskazania parametrów określających jakość produktów pozyskiwanych od rodzimych ras zwierząt;
- ▶ oceny poziomu zróżnicowania dzikich i hodowlanych populacji łososia atlantyckiego *Salmo salar* L., troci wędrownej *Salmo trutta* L. i dorsza *Gadus morhua* L. z obszaru Morza Bałtyckiego;
- ▶ wykazania związku polimorfizmu i ekspresji genów z cechami funkcjonalnymi, produkcyjnymi i jakością mięsa oraz mleka. Zidentyfikowano biomarkery m.in. związane ze wzrostem i różnicowaniem mięśni: *Mef2B-D*, *MYF6* i *MYF5*;
- ▶ badań nad zmiennością genetyczną i środowiskową cech produkcyjnych i funkcjonalnych w populacji bydła mlecznego w Polsce, których wyniki są wykorzystywane do modernizacji programów oceny bydła pod względem cech produkcyjnych i tzw. "starych" cech funkcjonalnych (cechy pokroju i płodności, długowieczność, liczba komórek somatycznych) oraz przy wdrażaniu programów oceny bydła pod względem tzw. "nowych" cech funkcjonalnych (cechy zdolności udojowej i przebiegu ocieleń, lokomocja i kondycja krów);
- ▶ stworzenia mapy sprzężeń i mapy QTL (ang. Quantitative trait locus) dla cech użytkowości rzeźnej i jakości mięsa królików a także identyfikacja polimorfizmów w obrębie genów związanych z cechami wzrostowymi, jakości tuszki i mięsa;
- ▶ uzyskania informacji o sposobie rozwoju oraz wpływie czynników (szczepionka, rasa, jakość siary) na wzrost i ekspresję genów odpowiedzialnych za tworzenie odpowiedzi immunologicznej u koni;
- ▶ wykazania istnienia różnic genetycznych między krowami ocenianymi pod względem poziomu emisji metanu, co wskazuje na możliwość ograniczenia emisji metanu poprzez selektywną hodowlę;
- ▶ opisanie wariantów genetycznych w genach kodujących białka mleka kłaczy oraz oceny ich wpływu na ekspresję genów i cechy składu mleka;
- ▶ oceny efektów mutacji *FecXO* (N337H) w genie *BMP15* i V371M w genie *GDF9* oraz wpływu depresji inbredowej na cechy reprodukcyjne w populacji owiec rasy olkuskiej.
- ▶ oszacowania wpływu zidentyfikowanych mutacji w genach *BMP15* i *GDF9* na wielkość miotu u owiec rasy olkuskiej;

- ▶ wykazania, że suplementacja prosiąt dietą zawierającą 1% lub 3% inuliny indukuje ekspresję zarówno genów jak i białek zaangażowanych w kontrolowanie poziomu triglicerydów w wątrobie, z kolei podaż 3% inuliny powoduje obniżenie ekspresji białek biorących udział w organizacji cytoszkieletu hepatocytów;
- ▶ wykazania pozytywnego wpływu wczesnej suplementacji *in ovo* synbiotyku zawierającego połączenie bakterii *Lactobacillus salivarius* z galakto-oligosacharydami na profil ekspresji genów związanych z metabolizmem glukozy oraz wrażliwością na insulinę, a także genów związanych z przyrostami masy mięśniowej w mięśniach piersiowych brojlerów kurzych;
- ▶ wykazania wpływu synbiotyku złożonego z inuliny oraz bakterii *Lactobacillus lactis spp. cremoris* podanego *in ovo* na sygnatury ekspresji genów związanych z metabolizmem energetycznym w śledzionie, migdałkach jelit ślepych oraz nabłonku jelita grubego brojlerów kurzych;
- ▶ wykazania braku wpływu mutacji lub krzyżowania odmian mutacyjnych nerek (*Neovison vison*) między sobą na cechy morfologiczne serca obojga płci;
- ▶ wyjaśnienia mechanizmów modyfikacji budowy anatomicznej kończyn u ptaków w trakcie ewolucyjnej adaptacji do naziemnego trybu życia. Dowiedziono, że choć wszystkie gatunki ptaków *Paleognathae* utraciły palec 5. i nie ma go u osobników dorosłych, to u większości z nich występuje on we wczesnej embriogenezie. Ponadto u analizowanych gatunków zidentyfikowano gen białka rozwojowego kończyn (SOX9);
- ▶ opracowania i przetestowania systemu do mierzenia metanu wydychanego przez krowy mleczne w warunkach produkcyjnych. W badaniach określono podłoże genetyczne i jego związki z innymi cechami. Badania wykazały poligeniczny charakter zarówno ilości jak i zawartości metanu oraz możliwość ograniczenia emisji metanu na drodze selekcji;
- ▶ oszacowania na podstawie badań mitochondrialnego DNA rzeczywistą różnorodność genetyczną linii żeńskich koników polskich. Ze względu na wykrycie licznych błędów w rodowodach koni stwierdzono, że badania molekularne mogą w sposób istotny wspomóc realizację założeń programu ochrony zasobów genetycznych;
- ▶ oszacowania parametrów populacyjnych wybranych gatunków zwierząt utrzymywanych w ogrodach zoologicznych, w kontekście rekonstrukcji programów ochrony zasobów genetycznych;
- ▶ analiz genetycznego podłoża zmienności liczebności miotu świń. Badania wskazały, że uwarunkowania genetyczne mają bardzo zróżnicowane podłoże, a jego dokładniejsza interpretacja zależy od zastosowania specyficznego modelowania statystycznego;
- ▶ opracowania metody do szacowania aktualnego i przyszłego inbrodu krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, która została wdrożona do praktyki. Wyniki wskazały, że choć poziom inbrodu tej rasy w Polsce nie jest wysoki to tempo przyrostu wskazuje na konieczność jego monitorowania i optymalizacji kojarzeń z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi;
- ▶ opracowania rozmieszczenia i identyfikacji genetycznej nicieni entomopatogenicznych w Polsce. Wyniki badań dotyczą wykorzystania wyizolowanych rodzimych

szczepów nicieni i grzybów entomopatogenicznych do zwalczania szkodników leśnych i szkodników upraw polowych;

- ▶ zaprojektowania testów w oparciu o wykryte polimorfizmy w genach kodujących alfa-aktynę 1 (*ACTA1*) i koaktywator 1-alfa receptora gamma aktywowanego proliferatorami peroksosomów (*PPARGC1*) u koni, które mogą być powiązane z wydolnością fizyczną w zależności od rasy oraz typu użytkowego koni;
- ▶ wykazania związku polimorfizmów genów *VRTN*, *MYH7*/miR-208b, *PLIN2* i *FTO* u trzech rodzimych ras świń z cechami wzrostu, tuszy, jakości mięsa i tekstury;
- ▶ potwierdzenia związku polimorfizmów w genach *PRLR*, *GPX5* i *RBP4* z wielkością miotu loch, co w praktyce może się wiązać z możliwością poprawy tej cechy z wykorzystaniem selekcji wspomaganej markerami (MAS);
- ▶ zaprojektowania testów identyfikujących powiązanie genu dehydrogenazy mleczanowej (LDHA) oraz receptora dopaminy D4 (DRD4) z wydolnością powrotnolotową gołębi pocztowych. Testy są dostępne komercyjnie i wspomagają hodowlę gołębi pocztowych;
- ▶ wykazania, że SNP-y w genach *PPARGC1A*, *FAM13A1*, *ABCG2*, *OPN*, *LAP3* zmapowanych w *BTA6* wpływają na wydajność mleka, zawartość białka w mleku oraz liczbę komórek somatycznych w mleku krów o mlecznym kierunku użytkowania. Powyższe wyniki mogą być wykorzystane podczas selekcji genetycznej bydła w kierunku pożądanej cechy;
- ▶ wykazania, że polimorfizmy w genach *FABP3*, *SLC27A3* i *ANXA9* wpływają na zawartość frakcji kazein, albumin oraz nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku owiec. Powyższe wyniki mogą być wykorzystane podczas selekcji genetycznej bydła w kierunku pożądanej cechy;
- ▶ analizy i opracowania ideogramów kariotypów gęsi domowej i kaczki domowej;
- ▶ analizy niestabilności chromosomowych zwierząt gospodarskich i towarzyszących;
- ▶ inicjacji selekcji genomowej bydła mlecznego;
- ▶ rozpoznania genomicznych determinantów cech produkcyjnych i jakościowych nasienia buhaja;
- ▶ ustalenia genetycznej zmienności białowieskiej populacji żubra europejskiego na podstawie mikromacierzy DNA;
- ▶ utworzenia rezerwy genetycznej skrajnie zagrożonych wyginięciem kuraków leśnych – głuszców *Tetrao urogallus*;
- ▶ odkrycia nowego gatunku papugi w podrodzinie *Arinae*;
- ▶ systemu szacowania genotypowej wartości hodowlanej buhajów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej opartego na wykorzystaniu Polskiego Banku DNA Buhajów oraz mikromacierzy jednonukleotydowych polimorfizmów realizowanego w ramach konsorcjum MASSinBULL. Zakres działania konsorcjum obejmuje: współdziałanie i wspólną realizację projektu badawczego, wspólne wspieranie innych inicjatyw badawczych z zakresu genetycznego doskonalenia bydła przy użyciu metod genetyki molekularnej, genomiki i genetyki populacji powiązanych z realizacją projektu badawczego oraz wspólne działanie w zakresie pozyskiwania środków finansowych na realizację zadań. W skład konsorcjum wchodzi: Instytut Zootechniki – Pań-

stwowy Instytut Badawczy w Krakowie, Stacja Hodowli i Unasienniania Zwierząt Sp. z o.o. w Bydgoszczy, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie;

- ▶ badań struktury genetycznej populacji owczarków podhalańskich, które to badania przyczyniły się do objęcia tej rasy psów, jako pierwszej rodzimej, programem ochrony zasobów genetycznych. Badania struktury genetycznej różnych ras psów wpisują się w ogólnoswiatowy trend zainicjowany przez Międzynarodową Federację Kynologiczną (FCI) dotyczący analizy homozygotyczności różnych ras psów w kontekście zapobiegania rozprzestrzenianiu się schorzeń dziedzicznych oraz utrzymaniu zdrowotności i dobrostanu hodowanych ras psów;
- ▶ określenia genetycznej struktury środkowoeuropejskich ras bydła oraz polimorfizmu genu receptora melanokortyny i jego roli w determinacji koloru sierści u tych ras;
- ▶ wykazania związku polimorfizmu genu *CAST* z wartością rzeźną i jakością mięsa u dwóch syntetycznych linii owiec;
- ▶ określenia reakcji organizmu koni na symulowane zagrożenie drapieżnikiem w badaniach nad pamięcią genetyczną zwierząt;
- ▶ wykazania związku polimorfizmu, ekspresji i modyfikacji epigenetycznych wybranych genów kandydujących z otluszczeniem świń i przebiegiem adipogenezy w warunkach *in vitro*.

Kluczowe osiągnięcia w zakresie monitoringu i eliminacji chorób genetycznych dotyczą:

- ▶ monitoringu i eliminacji nosicieli chorób genetycznych oraz zwierząt podatnych na choroby na podstawie analizy markerów genetycznych;
- ▶ określenia podłoża molekularnego wielu chorób genetycznych, między innymi wykazano, że ekspresja genów zaangażowanych w zstępowanie jądra jest różna w jądrach zstępujących i niezstępujących;
- ▶ wykazania genetycznego uwarunkowania odporności na wysoce patogeniczną ptasią gripę (szczepy H5N2 oraz H7N3) u kur niosek;
- ▶ wykazania statystycznie istotnych związków pomiędzy genetycznymi wariantami genów defenzyn, laktoferyny, czynnika martwicy nowotworu, lizozymu, receptorów toll-podobnych oraz *CARD15/NOD2* a odpornością na mastitis wyrażoną jako liczba komórek somatycznych w mleku, a także jako liczba przypadków klinicznych;
- ▶ oszacowania efektów dominacyjnych i epistatycznych wybranych genów i udowodnienie ich związków ze zmiennością odporności na infekcje gruczołu mlekowego krów;
- ▶ wykazania zależności efektów genów kandydujących od czynników środowiska wewnętrznego takich jak kolejna laktacja, stadium laktacji, czy sezon badania. Wykorzystanie sieci neuronowych oraz analizy drzew decyzyjnych do identyfikacji krów podatnych na mastitis. Identyfikacja ścieżek metabolicznych zaangażowanych w determinację cech użytkowych krów holszyńsko-fryzyjskich poprzez wykorzystanie analizy sieci powiązań genów;

- ▶ przeprowadzenia pierwszej w Polsce analizy zmienności genomowej krów mlecznych na podstawie pełnego sekwencjonowania 32 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej oraz wykorzystanie uzyskanych wyników do wskazania genetycznego podłoża odporności/podatności na infekcje gruczołu mlekowego. Potwierdzenie udziału polimorfizmu zmiennej liczby kopii CNV w kształtowaniu odporności na mastitis u krów mlecznych na podstawie analizy pełnej sekwencji genomu krów;
- ▶ opracowania i zdeponowania w G-banku sekwencji wirusa choroby aleuckiej nerek i z zakresu onkogenomiki mitochondrialnej psa;
- ▶ określenia podłoża molekularnego wielu zaburzeń rozwoju płci psów i kotów;
- ▶ opracowania testu molekularnego (ddPCR) do detekcji chimeryzmu leukocytnego XX/XY, jako markera frymartyzmu (bydło, świnie) oraz monosomii chromosomu X (konie).

2. WIODĄCA BIEŻĄCA TEMATYKA BADAWCZA

Bieżąca tematyka badań realizowana w ramach dyscypliny zootechnika i rybactwo jest w głównej mierze kontynuacją wcześniejszych tematów badawczych realizowanych w oparciu o najnowszy warsztat w zakresie szeroko pojętych analiz genetycznych. Kontynuowane są badania dotyczące analizy fenotypowej i genetycznej cech ilościowych i jakościowych zwierząt gospodarskich i towarzyszących.

Badania dotyczące trzody chlewnej koncentrują się na ocenie porównawczej przydatności wybranych genotypów świń do produkcji wysokiej jakości mięsa z zachowaniem ochrony bioróżnorodności w obrębie rodzimej populacji świń i zapobieganiu wśród nich chowu wsobnego jak również analizy polimorfizmu genów, których produkty białkowe wpływają na wartość prozdrowotną oraz odżywczą mięsa. Prowadzone są analizy funkcjonalnych zmian biologicznych w wybranych fragmentach genów kodujących selenobiałka u *Sus scrofa domestica*. W zakresie rozrodu trzody chlewnej realizowane są badania dotyczące genomicznych wyznaczników jakości nasienia knurów jak również analizy transkryptomiki nasienia knurów produkujących nasienie o różnej zdolności do kriokonserwacji (Ogłuszka i in. 2017; Jasielczuk i in. 2020; Ropka-Molik i in. 2020).

W badaniach dotyczących bydła analizowane są związki wybranych genów kandydujących takich jak np.: receptory toll-podobne, geny miRNA, katepsyny i inne z odpornością na infekcje gruczołu mlekowego ze szczególnym uwzględnieniem interakcji genotyp-środowisko oraz efektów dominacyjnych i epistatycznych wskazanych sekwencji. Z wykorzystaniem najnowszych technologii analiz wysokoprzepustowych pełnego sekwencjonowania metodą NGS prowadzone są analizy poszukiwania markerów genetycznych związanych z odpornością na infekcje u krów mlecznych rasy holsztyńsko-fryzyjskiej. Selekcja bydła jest prowadzona w oparciu o polimorfizm genów wpływających na cechy użytkowości i cechy funkcjonalne. Zarówno w przypadku bydła jak i małych przeżuwaczy analizowana jest detekcja polimorfizmu w genach kodujących enzymy uczestniczące w metabolizmie białek wiążących i transportujących kwasy tłuszczowe w powiązaniu z cechami użytkowymi i funkcjonalnymi. W hodowli bydła mlekowego prowadzone są badania analizy ekspresji genów zaangażowanych w nieswoistą odpowiedź

immunologiczną i odporność na mastitis i wybrane cechy użytkowości mlecznej. Poszukiwane są również genetyczne markery liczby komórek somatycznych w mleku krów (Kapusta i in. 2018; Piwczynski i in. 2020; Pszczoła i in. 2018).

W zakresie prac badawczych dotyczących małych przeżuwaczy działania skupiają się na odtworzeniu i ochronie zasobów genetycznych kóz rasy kazimierzowskiej wraz z oceną przydatności do utrzymania i chowu w warunkach panujących w regionie środkowego biegu Wisły. Kolejny ważny element dotyczący krajowych zasobów genetycznych to wprowadzenie do struktury ras i typów owiec syntetycznych plenno-mięsnych linii WROBER, owca roztoczańska i żelaźnieńska owca mięsna (SGGW).

Badania dotyczące koni wykorzystują analizę ekspresji wybranych genów oraz techniki GPS do monitorowania aktywności wolno żyjących koników polskich. Prowadzone są również analizy polimorfizmu DNA u koni należących do różnych ras i typów użytkowych (Cieślak i in. 2017).

Ważne miejsce w programach badawczych zajmuje ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich i wolno żyjących: bydła białogrzbietego, świni puławskiej, owcy uhruskiej i świniarki, kozy sandomierskiej, kuca felińskiego, kur zielononóżka kurapatwiana i polbar, oraz monitorowanie zmienności genetycznej dla celów programu restytucji zagrożonych gatunków.

W zakresie akwakultury badania koncentrują się na ochronie i zabezpieczeniu istnienia cennych gatunków lub populacji ryb łososiokształtnych z zachowaniem ich oryginalnych cech, drogą utworzenia i utrzymywania, zgodnie z zasadami genetyki, stad tarłowych ryb. Istnieje możliwość wdrożenia do produkcji szczepu selekcyjnego pstrąga tęczowego, ryby hodowlanej o wysokiej wartości użytkowej, na potrzeby innych ośrodków hodowlanych, poprzez sprzedaż: ikry, narybku i selektów oraz utrzymania w warunkach hodowlanych selektów i stad tarłowych dzikich gatunków, które stanowią swoisty bank genów. W zakresie rozrodu prowadzone są analizy molekularnych aspektów rozwoju gonad u ryb.

Zgodnie ze światowymi trendami, również krajowe badania z zakresu hodowli i genetyki skupiają się na analizie efektów epigenetycznych. Prowadzone są badania nad międzypokoleniowym oraz wielopokoleniowym fenotypowym i epigenetycznym efektem stymulacji *in ovo* zarodka kury. Ekspresja genów i białek kształtujących potencjał antyoksydacyjny siary oraz mleka jest badana zarówno w zakresie transkryptomiki jak i epigenomiki. Analizowana jest ocena stabilności genomu zwierząt na poziomie DNA, chromatyny i chromosomów oraz wpływ zaburzonej struktury genomu i kariotypu na cechy użytkowe i rozrodcze, a także ustalenie, czy i w jakim stopniu modyfikacje epigenetyczne wpływają na aktywność genów i całego genomu.

3. PERSPEKTYWY ROZWOJU

Perspektywy rozwoju naukowych podstaw hodowli przeżuwaczy koncentrują się na doskonaleniu cech użytkowości mięsnej i mlecznej owiec i bydła oraz genetycznie regulowaną opornością na wybrane choroby. Realizowane są prace nad zastosowaniem metody „jednego kroku” (ang. single step) w genomowej ocenie wartości hodowlanej

bydła mlecznego. Dane genomowe są wykorzystywane do oszacowania odziedziczalności i przeprowadzenia ogólnego-genomowego badania asocjacyjnego dotyczącego codziennej produkcji metanu.

Perspektywy rozwoju naukowych podstaw hodowli koni dotyczą: wykorzystania markerów molekularnych w analizie różnorodności genetycznej ras koni objętych programami ochrony zachowawczej, analizy wpływu czynników genetycznych i środowiskowych na wartość hodowlaną, reprodukcyjną i użytkową oraz zachowanie i dobrostan koniowatych, jak również poszukiwania podłoża genetycznego zmienności cech składu mleka kłaczy. Kolejny ważny aspekt badań to analiza cech hodowlanych i użytkowych koników polskich oraz badania z zakresu różnych kategorii behawioru występującego u koni utrzymywanych w systemie hodowli rezerwatowej. Na potrzeby oceny wartości użytkowej koni hodowlanych utworzona została baza danych z wynikami sportowymi koni. Z kolei, mając na względzie dobrostan koni prowadzone są badania z wykorzystaniem termografii w medycynie weterynaryjnej i rehabilitacji koni w zakresie dopasowania sprzętu jeździeckiego.

Perspektywy rozwoju naukowych podstaw hodowli trzody chlewnej związane są z wykorzystaniem analiz z zakresu epigenetyki, transkryptomiki, nutrigenomiki. Szczególna uwaga jest poświęcona wykorzystaniu zaawansowanych technik molekularnych i cytogenetycznych, do badań jądrowej architektury adipocytów świni.

Perspektywy rozwoju naukowych podstaw hodowli drobiu koncentrują się wokół analizy genomu, transkryptomu, epigenomu w organizmach i tkankach w układzie stosowania czynników środowiskowych i żywieniowych, i mechanizmów dziedziczenia nowych cech. Ważnym kierunkiem realizowanych badań jest wykorzystanie prekursorów gamet jako nośników informacji genetycznej w okresie rozwoju zarodkowego, w badaniach epigenetycznych oraz możliwości modyfikowania genów w kierunku produkcji białek terapeutycznych (tworzenie chimer ptasich z ludzkim genem interferonu). Analizy epigenetyczne dotyczą również badań procesów regulujących strukturę materiału genetycznego.

Perspektywa rozwoju badań zwierząt gospodarskich w zakresie genetyki i hodowli jest w dużym stopniu związana z sekwencjonowaniem trzeciej generacji w badaniach genomowych, wykorzystaniem tych danych do detekcji mutacji funkcjonalnych oraz ich wpływem na określone cechy użytkowe. Ważny nurt badań podlegający stałemu rozwojowi jest związany z wykorzystaniem technik sekwencjonowania DNA w badaniach mikrobiomów zwierząt. Analizy dotyczące rozwoju zaburzeń płciowych u różnych gatunków zwierząt domowych (bydło, świnia, koń, pies i kot) są prowadzone w oparciu o wykorzystanie zaawansowanych technik (cytogenetyka molekularna, sekwencjonowanie DNA, ddPCR, analiza metylacji i ekspresji genów).

Perspektywy rozwoju naukowych podstaw innych gatunków zwierząt użytkowych i towarzyszących to przede wszystkim badania związane z: manipulacjami genomowymi na poziomie zarodkowym (gynogeneza, androgenese, poliploidyzacja), kriokonserwacją nasienia ryb, tworzeniem linii klonalnych ryb, transkryptomiką, maskulinizacją, wpływem mykotoksyn na ontogenezę ryb oraz z poprawą wartości użytkowej ryb hodowlanych (pstrąga tęczowego) z wykorzystaniem manipulacji na poziomie zarodkowym

w celu produkcji linii klonalnych różnych genetycznie i w dalszej fazie tworzenia krzyżówek produkcyjnych F1 tych linii o wysokiej powtarzalnej wartości hodowlanej (efekt heterozji). Analogicznie jak w przypadku gatunków zwierząt gospodarskich ważnym elementem analiz w akwakulturze jest analiza zmian epigenetycznych wpływających na funkcjonowanie układu rozrodczego ryb po osiągnięciu dojrzałości płciowej.

Tematyka realizowanych badań wpisuje się w wyzwania współczesnego świata związane z wzrostem zapotrzebowania na żywność pochodzenia zwierzęcego; dostosowania hodowli zwierząt do zmian klimatycznych; zachowania bioróżnorodności jak również wykorzystania potencjału genetycznego rodzimych ras zwierząt. Krajowe zespoły badawcze działają proaktywnie wobec oczekiwań społecznych i wpisują się w najnowsze wytyczne zawarte w strategii Europejski Zielony Ład. Prowadzone badania są realizowane w multidyscyplinarnych zespołach zarówno krajowych jak i międzynarodowych.

OCENA WARTOŚCI HODOWLANEJ BYDŁA MLECZNEGO

Prof. dr hab. Wojciech Jagusiak

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Nowoczesna ocena wartości hodowlanej bydła mlecznego w Polsce była od początku ściśle związana z historią Instytutu Zootechniki PIB w Krakowie (IZ) oraz Katedrą Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (KGiMDZ). To właśnie tu, po raz pierwszy w Polsce, zastosowano elementy indeksu selekcyjnego wykorzystane w metodyce oceny rozplodników CC (Contemporary Comparison) Robertsona. Następnie, od roku 1989, ocenę buhajów prowadzono za pomocą metody BLUP-model ojca wykorzystującej wydajności córek pierwiastek i jednocześnie rutynowo obliczano indeks selekcyjny dla krów, oparty na ich wydajności z trzech laktacji. Indeks ten przez prawie 10 lat był podstawą wyboru kandydatek na matki buhajów. Obie metody zostały przystosowane do warunków krajowej hodowli i wdrożone przez pracowników ówczesnej KGiMDZ – prof. Andrzeja Żarneckiego i dr. Janusza Jamrozika. Kolejnym etapem rozwoju krajowego systemu oceny było zastąpienie metody BLUP-model ojca przez lepiej wykorzystującą informację dotyczącą spokrewnień między zwierzętami metodę BLUP-model zwierzęcia, które nastąpiło w 1993 roku (Jamrozik, 1992; Jamrozik i in. 1994). Z kolei w roku 1998 w miejsce jednocechowego BLUP-model zwierzęcia wdrożono tzw. wielocechowy model zwierzęcia, pozwalający jednocześnie oceniać buhaje i krowy na podstawie wydajności z trzech laktacji i tym samym zaprzestano obliczania indeksu krowy. Implementacja tej metody była konsekwencją badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej innego pracownika KGiMDZ dr. Wojciecha Jagusiaka napisanej pod kierunkiem profesora Andrzeja Żarneckiego (Jagusiak i Żarnecki, 1998).

W kolejnych latach prace nad rozwojem metod szacowania wartości hodowlanej prowadzono w dwóch kierunkach. Pierwszy kierunek obejmował prace nad metodyką oceny cech wydajności mlecznej opartej bezpośrednio na wydajności z próbnych udojów tzw. BLUP-model zwierzęcia z losowymi regresjami (BLUP-RRM). Pionierką w pracach

nad rozwojem tej metody była prof. Ewa Ptak, która podczas swojego stażu w Kanadzie wraz z prof. Larrym Schaefferem opublikowała jedną z pierwszych publikacji na ten temat (Ptak i Schaeffer, 1993). Ocenę wartości hodowlanej bydła mlecznego rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej za pomocą BLUP-RRM rozpoczęto w Polsce w 2007 roku (Strabel i in. 2005). Drugi kierunek prac dotyczył włączenia cech funkcjonalnych bydła mlecznego do krajowego systemu oceny. Pierwszą grupą cech funkcjonalnych objętą oceną wartości hodowlanej była w Polsce grupa cech pokroju (Żarnecki i in. 2003), następnie cechy płodności (Jagusiak, 2005), długowieczność (Morek-Kopeć i Żarnecki, 2012), cechy przebiegu ocielen, a ostatnio cechy zdolności udojowej (Szymik i in. 2021). Za implementację oceny cech funkcjonalnych w krajowym systemie oceny odpowiadali pracownicy KGiMDZ.

Początkowo ocenę wartości hodowlanej prowadzono we współpracy z Krajowym Centrum Hodowli Zwierząt (d. Centralna Stacja Hodowli Zwierząt). To właśnie pod nadzorem KCHZ wdrażano ocenę wartości hodowlanej bydła pod względem cech wydajności mlecznej, pokroju i płodności. W tym czasie KCHZ reprezentowało też polskich hodowców w międzynarodowych organizacjach zajmujących się doskonaleniem metod oceny wartości hodowlanej. Późniejsze etapy rozwoju metod oceny realizowane były w ścisłej współpracy z Polską Federacją Hodowców Bydła i Producentów Mleka, która od 2004 roku zaczęła przejmować prowadzenie ksiąg hodowlanych, kontrolę użytkowości, a w końcu nadzór na oceną wartości hodowlanej. Efektem tej współpracy było m.in. opracowanie syntetycznego indeksu PF będącego obecnie głównym narzędziem selekcji krów i buhajów w Polsce (Jagusiak i in. 2014).

Coraz większa dostępność tanich metod genotypowania zwierząt i możliwość wykorzystania wyników genotypowania w ocenie wartości hodowlanej spowodowały u progu nowego stulecia duże zmiany w programach hodowlanych bydła mlecznego. Nowa metodyka oceny pozwalała dużo wcześniej oceniać zwierzęta hodowlane, a przez to wydatnie skracać odstęp między pokoleniowe, co w konsekwencji prowadziło do znacznie szybszego postępu hodowlanego. W Polsce za koordynację prac w zakresie tzw. oceny genomowej odpowiadało konsorcjum Genomika Polska (d. MassinBull) (Szyda i in. 2009). Program hodowlany oparty na ocenie i selekcji genomowej dla bydła rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej wprowadzono w 2015 r.

W trakcie prac na rozwoju krajowego systemu oceny prowadzono ciągłą i owocną współpracę z innymi ośrodkami w kraju i zagranicą. Od 1998 r. Polska aktywnie uczestniczyła w tzw. międzynarodowej ocenie wartości hodowlanej buhajów prowadzonej przez Ośrodek Interbullu w Uppsali (Żarnecki i in. 2000). Dzięki tej współpracy polscy hodowcy zyskali dostęp do oszacowań wartości hodowlanej buhajów zagranicznych i mogli je w prosty sposób porównać z oszacowaniami buhajów krajowych. Innym bardzo ważnym obszarem współpracy międzynarodowej był udział Polski w Spółdzielni Eurogenomics składającej się z kilku krajów europejskich prowadzących wspólny program rozwoju oceny genomowej. Współpraca ta dała polskim ośrodkom zajmującym się oceną wartości hodowlanej możliwość korzystania z połączonej bazy referencyjnej buhajów, a także możliwość wspólnego doskonalenia metodyki oceny.

VII. ŁOWIECTWO

Dr hab. Mirosław Karpiński, prof. uczelni

Prof. dr hab. Brygida Ślaska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

1. NAJWAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA W ZAKRESIE CHOWU, HODOWLI I ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI POPULACJAMI ZWIERZĄT DZIKICH

Do najważniejszych osiągnięć naukowców z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie należy zaliczyć gospodarowanie populacjami zwierząt łownych. W ramach badań poddano analizie zależność między jakością osobniczą jeleniowatych a czynnikami środowiskowymi, genetycznymi oraz modelami gospodarki łowieckiej. Wykazano, że czynnikiem, który w największym stopniu determinuje struktury populacji, a poprzez ich zaburzenie oddziałuje na jakość osobniczą zwierzyny, są modele gospodarki łowieckiej. W związku z tym przeanalizowano różne modele gospodarowania. Zaproponowano kryteria pozyskania jelenia szlachetnego na terenie Polski południowo-wschodniej.

Kolejnym osiągnięciem tej grupy badaczy jest zastosowanie nowoczesnych technik, metod i technologii w zarządzaniu populacjami zwierząt łownych i sporządzaniu łowieckich planów hodowlanych. Opracowano dynamiczny model gospodarowania populacją sarny polnej z uwzględnieniem czynników kształtujących dynamikę populacji, a także zaproponowano strategię pozyskania jeleni w obwodach sąsiadujących z parkami narodowymi w celu ograniczenia pozyskania w obrębie granic obszarów chronionych. Ponadto opracowano i zweryfikowano w praktyce metodę inwentaryzacji zwierzyny (Cywicka i in. 2019).

Na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu prowadzone są badania nad zastosowaniem metod biotechnologicznych w ochronie i wspomaganiem rozrodzie głuszców – gatunku, który w 1995 r. wpisany został do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt jako gatunek skrajnie zagrożony. W ramach współpracy z Nadleśnictwem Wisła realizowano dwa granty finansowane przez NCN: „Ocena zastosowania inseminacji i kriokonserwacji nasienia w rozrodzie i ochronie głuszców (*Tetrao urogallus* L.) oraz utworzenie bazy profili genetycznych osobników tego gatunku” (N N311 081040), w latach 2011-2014 oraz (2016/21/B/NZ9/02084) w latach 2017-2020 (Łukaszewicz i in. 2015; Rosenberg i in. 2015). Prowadzone badania są pionierskie, nie tylko w skali kraju, ale i Europy, która również boryka się z narastającym problemem drastycznego spadku populacji głuszców, spowodowanym zwiększoną aktywnością ruchu turystycznego, intensyfikacją i nieodpowiednim zarządzaniem gospodarką leśną, a także wysokim stanem ilościowym drapieżników. Podobne problemy, jak w przypadku głuszców, występują w odniesieniu do drugiego, skrajnie zagrożonego gatunku kuraków leśnych – cietrzewi (*Tetrao tetrix*), a dotyczą one przede wszystkim charakterystyki nasienia i zwiększenia poziomu zapłodnienia poprzez zastosowanie inseminacji. W efekcie realizowanych badań opracowano skuteczne metody pobierania nasienia (za pomocą masażu grzbietowo-brzusznego i z wykorzystaniem fantomów głuszek) od głuszców utrzymywanych w hodowlach

zamkniętych jak i żyjących na wolności. Pozwoliło to na poznanie specyfiki nasienia głuszców i jego wykorzystanie do inseminacji głuszek. Opracowana metoda mrożenia nasienia oraz określenie wpływu kriokonserwacji na jakość i rzeczywistą zdolność zapładniającą plemników stworzyło możliwość tworzenia rezerwy genetycznej w postaci banków nasienia. Zaproponowane metody wspomaganego rozrodu ptaków wolno żyjących utrzymywanych w hodowlach zamkniętych pozwalają na nieograniczoną wymianę materiału genetycznego, przeciwdziałając w ten sposób nadmiernemu zimbredowaniu. Połączenie stałego monitorowania ptaków w okresie rozrodczym z metodami wspomaganego rozrodu, może przyczynić się do wyeliminowania obserwowanych skutków zaburzeń behawioralnych, z uwagi na brak możliwości swobodnego wyboru partnera w hodowlach *ex situ* i *in vivo*. Skonstruowano jajo elektroniczne SmartEgg monitorujące warunki panujące w gnieździe podczas wysiadywania jaj przez samicę, co w przyszłości pozwoli na opracowanie optymalnych warunków inkubacji jaj w inkubatorach. Analizując zależności między jakością nasienia a poziomem heterozygotyczności samców zidentyfikowano cechy diagnostyczne, które prawdopodobnie będą mogły być wykorzystane do analizowania populacji pod względem możliwości rozrodczych. Ponadto, zaobserwowano nieliniowy wpływ poziomu heterozygotyczności samców na wybrane cechy morfologiczne nasienia, co jest niezwykle interesujące, bowiem jak dotąd nie udało się empirycznie wykazać takiej zależności dla parametrów nasienia w kontekście depresji inbredowej i outbredowej. Wykazano, że w hodowlach zamkniętych (przy zapewnieniu odpowiednich warunków behawioralno-bytowych imitujących naturalne tokowiska), ptaki odtwarzają właściwy im behawior rozrodczy, polegający na zapłodnieniu wszystkich samic przez dominującego samca, co wskazuje, że faktyczna liczba osobników biorących udział w rozrodzie jest pochodną liczby rodzin utrzymywanych w hodowli, a nie wielkości rodziny *per se*. Uzyskane wyniki stanowią pierwsze, niezwykle cenne osiągnięcia, z punktu widzenia czynnej ochrony głuszca w Polsce i znajdują coraz szersze zastosowanie w hodowlach zamkniętych.

Na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu realizowany był projekt naukowy pt. „Ocena preferencji siedliskowej jelenia szlachetnego (*Cervus elaphus*) oraz jego wpływu na odnowienia naturalne w Karkonoskim Parku Narodowym”, który pozwolił na określenie statusu zdrowotnego jeleni szlachetnych oraz praktyczne monitorowanie ich aktywności motorycznej w czasie rzeczywistym.

Grupa naukowców z Uniwersytetu Opolskiego bada wpływ przekształcenia biotopów na populacje zwierząt dziko żyjących. Przeprowadzona została analiza przyczyn negatywnych zmian w biotopach, dotyczących zubożenia różnorodności biologicznej, zachwiania równowagi biocenoz i destabilizacji gatunkowej. Za najważniejszą przyczynę uznano nadmierne stosowanie w rolnictwie pestycydów. Przeprowadzono analizę pod kątem legalności stosowania i skutków ubocznych 149 środków ochrony roślin, które znalazły się w sprzedaży na obszarze Opolszczyzny. Niespójność obowiązujących aktów prawnych, a także brak kontroli wskazuje na dowolność handlu środkami ochrony roślin w naszym kraju. Na tle zmian zachodzących w biotopach zwierząt dziko żyjących przeprowadzono analizę porównawczą masy tuszy sarny (*Capreolus capreolus*) z podziałem na masę samców (kozłów) i samic (kóz) pozyskanych na pograniczu polsko-czeskim.

Analiza tusz wykazała, że w ciągu siedmiu lat (2005-2011) nastąpiła wyraźna regresja ich masy. Badania mają duże znaczenie w ocenie kondycji i przetrwania gatunku w biotopach. Przeprowadzony na terenie Opolszczyzny monitoring dotyczył określenia liczebności dzików (*Sus scrofa*) z uwzględnieniem struktury wiekowo-płciowej oraz aktywności dobowej i sezonowej. Przeprowadzona analiza rytmu dobowego rejestrowanych osobników wykazała, iż aktywność dzików w ciągu doby uzależniona jest głównie od stopnia antropopresji w miejscu jej bytowania. Określenie aktywności dobowej dzików ma znaczenie aplikacyjne ponieważ może przyczynić się do poprawy skuteczności wykonania łowieckich planów przez myśliwych (Sporek i Wilhelm, 2018).

Na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim opracowano technologię intensyfikacji chowu fermowego daniela europejskiego w warunkach krajowych oraz wykazano możliwość intensyfikacji produkcji przy niewielkich nakładach inwestycyjnych. Stwierdzono m.in., że utrzymywanie w okresie zimowym młodych zwierząt (będących w wieku około od 6 do 10 miesięcy) w specjalnych pomieszczeniach inwentarskich, miało pozytywny efekt wyrażający się intensywnym zwiększeniem masy ciała, a w efekcie masy tuszy oraz tzw. wyrębów cennych (udźce, łopatki, comber), co może mieć wpływ na lepszy wynik finansowy gospodarstwa.

Zrównoważone zarządzanie populacjami jelenia szlachetnego (*Cervus elaphus* L.) i sarny europejskiej (*Capreolus capreolus* L.) w północno-wschodniej Polsce pozwoliło na przeprowadzenie w okresie dekady przebudowy struktury wiekowej w klasach wieku byków jeleni i kozłów sarny, co wpłynęło m.in. na behavior rozrodu widoczny szczególnie w populacji jelenia oraz wzrost jakości osobniczej wyrażającej się masą poroża byków jelenia i kozłów sarny. Był to eksperyment zrealizowany w granicach Warmii i Mazur obejmujący powierzchnię 1,2 mln ha (Milczarek i in. 2021).

W badaniach dotyczących hodowli fermowej daniela (*Damma damma*) prowadzonych w okresie od urodzenia do 18 dnia życia cielęcia daniela stwierdzono, że istotnie spada częstota kontaktów cielę-matka, przy jednoczesnym wydłużeniu się czasu tych kontaktów (Janiszewski i in. 2018). Opisano również występowanie dwóch szczytów ww. aktywności w ciągu dnia, w trakcie których nie powinny być prowadzone prace gospodarcze w pobliżu kwater tego typu, zakłócające spokój i wzajemne kontakty zwierzętom.

W Zakładzie Biologii Molekularnej Zwierząt Instytutu Zootechniki – PIB opracowano zestaw polimorficznych markerów STR – 12plex do identyfikacji osobniczej zwierząt gatunku jeleni (Radko i in. 2014). Ponadto przeprowadzono ocenę polimorfizmu wybranych markerów oraz określono siłę dyskryminacji opracowanego zestawu STR do badań identyfikacyjnych w populacji jelenia w Polsce. Utworzono też bazę danych częstości alleli w 12 loci STR i locus AMEL dla populacji jeleni, umożliwiającą przeprowadzanie analiz dotyczących identyfikacji osobniczej gatunku *Cervus elaphus* i opracowanie opinii potwierdzonych analizą statystyczną. W ośrodku dokonano bezpośredniej oceny przydatności zestawu 12-STR poprzez analizę DNA wykonaną na zlecenie Polskiej Straży Łowieckiej w sprawie dotyczącej nielegalnego pozyskania zwierzyny łownej.

Na Uniwersytecie Przyrodniczo-Humanistycznym w Siedlcach w badaniach dotyczących sarny europejskiej (*Capreolus capreolus* L.) oraz kaczki krzyżówki (*Anas platyrhynchos* L.) wykazano wpływ okręgu pozyskania i płci na stężenia makro- i mikro-

elementów w tkance mięśniowej, wątrobie i nerkach. Badania dotyczyły również pośredniej ewaluacji stopnia zanieczyszczenia środowiska na podstawie danych uzyskanych z analiz materiału biologicznego oraz oceny przydatności kaczki krzyżówki i sarny europejskiej jako bioindykatora stopnia skażenia środowiska kadmem i ołowiem. Prowadzona jest też analiza jakościowa tkanek i narządów pochodzących od kaczki krzyżówki i sarny europejskiej, w tym oznaczenie profilu kwasów tłuszczowych, popiołu całkowitego, analiza zawartości suchej masy oraz zawartości azotu ogólnego w próbkach biologicznych. Badania obejmują również analizę zdarzeń drogowych z udziałem zwierząt łownych oraz charakterystykę skupowanej dziczyzny i analizę oraz ocenę właściwości prozdrowotnych mięśnia półbłoniastego saren i jeleni pozyskiwanych w środowisku naturalnym (Bombik i in. 2018).

Na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie prowadzone są badania obejmujące ocenę poziomu odżywienia i kondycji zwierząt dzikich w zależności od środowiska bytowania. Badania dotyczyły makro- i mikroelementów, które mają ogromny wpływ na prawidłowy rozwój układu kostnego jeleniowatych (Tajchman i in. 2021). Wyniki badań przeprowadzone na grupach młodych byków hodowlanych i dzikich wskazały, że poziom większości mikroelementów był wyższy w tkankach zwierząt gospodarskich, co wskazuje, że suplementacja matki poprawia żywienie cieląt. Stężenia niektórych substancji toksycznych w tkankach zwierząt dzikich były dosyć wysokie mimo, że pochodziły od osobników bytujących na terenach uznawanych za niezanieczyszczone. Badania dotyczyły również zróżnicowania cech biometrycznych sarny europejskiej, które zależą od wieku, płci a przede wszystkim od czynników środowiskowych, w których bytują. W przypadku saren dokonano charakterystyki wybranych cech morfometrycznych i ontogenetycznych. Wyniki analiz potwierdziły, że zarządzanie populacjami saren powinno uwzględniać wpływ struktury krajobrazu i jakości siedlisk. Ponadto stwierdzono, że cechy takie jak długość zuchwy czy masa tuszy lub pojemność klatki piersiowej saren mogą być wskaźnikami jakości siedlisk.

Opracowana została koncepcja modyfikacji diety bażantów w warunkach hodowli wolierowych. Koncepcja ta oparta została na wykorzystaniu glicynianów wapnia, cynku, żelaza i miedzi zamiast tradycyjnych soli mineralnych połączonych z dodatkiem lub bez alfa-ketoglutaranu. Preparaty chelatów mineralnych w postaci glicynianów tych pierwiastków mineralnych wprowadzono do diety bażantów w miejsce tradycyjnych soli. Ponadto określono współdziałanie glicynianów tych pierwiastków z kalcytrolem oraz alfa-ketoglutaranem. Wykazano, że zastąpienie soli mineralnych glicynianami wybranych pierwiastków oraz dodatek substancji biologicznie czynnych wpłynęło korzystnie na wyniki produkcyjne bażantów. Uzyskane wyniki w różnym układzie doświadczeń żywieniowych wykazały, że w zależności od proporcji wpływały one korzystnie na wyniki nieśności jak i parametry fizykochemiczne jaj (Gugała i in. 2019). Rzutowało to na wzrost wskaźników reprodukcji (inkubacja, klucie i odchów piskląt). Jaja pochodzące od ptaków żywionych wymienionymi dodatkami cechowały się korzystniejszym składem chemicznym pod względem odżywczym, głównie zawartością kwasów tłuszczowych nienasyconych oraz cholesterolu. Zastosowanie glicynianów wpłynęło również korzystnie na układ kostny, a stwierdzone zmiany budowy morfologicznej i struktu-

ralnej kości wykazały większą ich wytrzymałość mechaniczną. Zastosowana suplementacja diety ptaków wpłynęła także korzystnie na mięsność ptaków pod względem udziału poszczególnych grup mięśni, składu chemicznego oraz niektórych walorów sensorycznych, głównie soczystości. Działalność naukowa w ośrodku lubelskim przyczyniła się do czynnego uczestnictwa w Zespole przy Ministrze Klimatu i Środowiska zajmującym się opracowaniem obecnie obowiązującej treści Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2019 r. w sprawie szczegółowych warunków szacowania szkód w uprawach i płodach rolnych. Przedstawiona działalność naukowa ma charakter aplikacyjny mający na celu zarówno zdobycie nowej wiedzy z danej problematyki, jak i wypracowanie nowych rozwiązań oraz wprowadzenie ulepszeń do rozwiązań już istniejących. Wyniki dotyczą problematyki szkód w ujęciu ekologicznym jak też prawnego podejścia do wszelkich kwestii z tym związanych, w tym z zakresu ekonomiki związanej ze szkodami, zarówno w ujęciu poszkodowanych jak i podmiotów odpowiedzialnych za wynagradzanie strat (Flis 2018).

Działalność naukowa w ośrodku lubelskim przyczyniła się do czynnego uczestnictwa w Zespole przy Ministrze Klimatu i Środowiska zajmującym się opracowaniem obecnie obowiązującej treści Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2019 r. w sprawie szczegółowych warunków szacowania szkód w uprawach i płodach rolnych. Przedstawiona działalność naukowa ma charakter aplikacyjny mający na celu zarówno zdobycie nowej wiedzy z danej problematyki, jak i wypracowanie nowych rozwiązań oraz wprowadzenie ulepszeń do rozwiązań już istniejących. Wyniki dotyczą problematyki szkód w ujęciu ekologicznym jak też prawnego podejścia do wszelkich kwestii z tym związanych, w tym z zakresu ekonomiki związanej ze szkodami, zarówno w ujęciu poszkodowanych jak i podmiotów odpowiedzialnych za wynagradzanie strat (Flis 2018).

DOBROSTAN I ZOOHIGIENA

Naukowcy z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie prowadzą badania nad układem zwierzyna–środowisko–inne gatunki–człowiek. Analizowano problem szkód wyrządzanych przez jeleniowate, skutki występowania zwierzyny na obszarach miejskich, oddziaływanie drapieżników udomowionych na populacje zwierząt łownych czy zależność między gatunkami łownymi i chronionymi (Wierzbowska i in. 2016).

ZUT prowadzi badania dotyczące zwierząt wolno żyjących jako bioindykatorów w środowisku. Wykazano wyraźne różnice w zawartości metali ciężkich (Pb, Cd) w narządach zwierząt wolno żyjących w zależności od położenia geograficznego (Tomza-Marciniak 2019). Wykazano również większe narażenie zwierząt rybożernych na negatywny wpływ Hg niż zwierząt wszystkożernych, nawet przy niskim stopniu skażenia środowiska Hg. Analizie poddana została również zawartość związków chloroorganicznych w tuszach zwierząt łownych, które odzwierciedlają nie tylko stopień zanieczyszczenia środowiska, w którym one żyją, ale także umożliwiają ocenę ryzyka toksykologicznego dla konsumentów dzicyzny (Bąkowska i in. 2016). Wykazano, że udział DDTs w porównaniu z PCBs w puli wszystkich związków chloroorganicznych u zwierząt wolno żyjących jest znacząco wyższy. Określono stężenia polichlorowanych

bifenyli w narządach lisa, podobnie jak u sarny i jelenia stwierdzono najwyższe stężenie trzech kongenerów PCB.

ZUT prowadzi również badania lisów wolno żyjących jako potencjalnego zagrożenia pasożytami dla zdrowia ludzi. Opisano skład gatunkowy parazytofauny i występowanie poszczególnych gatunków helmintów u lisów wolno żyjących z terenu Polski ze szczególnym zwróceniem uwagi na gatunki niebezpieczne dla człowieka. U badanych lisów stwierdzono występowanie 9 taksonów helmintów, w tym 4 taksony tasiemców (3 taksony oznaczone do poziomu gatunku *Echinococcus multilocularis*, *Mesocostoides lineatus*, *Dipylidium caninum* oraz 1 takson oznaczony do poziomu rodzaju *Taenia* sp.), 4 gatunki nicieni (*Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Uncinaria stenocephala* oraz *Trichuris vulpis*) oraz 1 gatunek przywry (*Alaria alata*). Rdzeń parazytofauny lisów tworzyło 5 gatunków pasożytów: *Alaria alata*, *Mesocostoides lineatus*, *Uncinaria stenocephala*, *Toxascaris leonina* oraz *Toxocara canis*. Tasiemca *Echinococcus multilocularis* wykazano w jelicie czczym oraz biodrowym. W związku z tym pozostałe odcinki przewodu pokarmowego lisów, łącznie z dwunastnicą, można wykluczyć z badań diagnostycznych prowadzonych w kierunku wykrycia tego pasożyta.

W Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie w badaniach prowadzonych na terenie hodowli fermowej jeleniowatych wykazał możliwość zwiększania dobrostanu zwierząt bez kosztochłonnych inwestycji. W chowie zagrodowym danieli szczególnych warunków utrzymywania wymagają łanie wysoko cielne oraz karmiące. Uzyskane w badaniach wyniki prezentują, w jaki sposób powinny być zorganizowane przestrzennie kwatery dla tych grup zwierząt oraz w jakich porach dnia powinny być realizowane prace na fermie w początkowym okresie laktacji. Wyniki prac wykazały także, jakie powierzchnie i typy ugrupowań roślinnych na kwaterach wypasowych preferują łanie jako miejsca karmienia cieląt, a jakie wybierają cielęta na miejsca schronienia (Zalewski i Olech, 2020).

2. WSPÓŁCZESNE TRENDY

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie, we współpracy z UR w Krakowie podjął działania zmierzające do określenia struktury genetycznej obecnej populacji jelenia w Polsce i przeprowadzenia oceny zachodzących zmian w badanych populacjach.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie prowadzi badania wykorzystania wybranych reakcji behawioralnych danieli zwyczajnych do oceny ich przydatności w chowie fermowym. Obecnie selekcja jeleniowatych utrzymywanych zagrodowo opiera się w naszym kraju głównie na masie ciała, a w przypadku samców także na jakości poroża. Nie uwzględnia się temperamentu, co w przypadku chowu tych zwierząt jest niezwykle istotne. W związku z tym badania mają na celu m.in. opracowanie zasad klasyfikacji poszczególnych osobników do chowu na fermie jeleniowatych, uwzględniając zespół cech charakterologicznych. Opierają się one na analizie monitoringu zachowań oraz na wynikach autorskich testów behawioralnych.

Naukowcy z UR w Krakowie koncentrują się nad opracowaniem testów genetycznych do identyfikacji osobniczej jelenia szlachetnego i innych pokrewnych gatunków,

w celu określenia zagrożeń dla genetycznej różnorodności w populacjach rodzimych gatunków łownych, np. monitorowanie skali oddziaływania gatunków obcych i mieszańców na rodzime gatunki zwierząt łownych poprzez np. określenie stopnia polimorfizmu genetycznego w populacjach zwierząt dzikich bytujących w sąsiedztwie ferm, na których utrzymywane są zwierzęta tego samego gatunku, gatunku podobnego lub ich mieszańce (np. jelenie sika, wapiti, linie angielskie, szkockie, węgierskie itd. jelenia szlachetnego, czy mieszańce). Kolejny kierunek badań obejmuje wskazanie miejsc migracji zwierzyny kluczowych dla zachowania ciągłości między subpopulacjami oraz ocenę funkcjonalności istniejących przejść dla zwierząt oraz wskazanie populacji najbardziej izolowanych poprzez rozwijającą się infrastrukturę drogową. Testy genetyczne mogą także być pomocne w rozwiązywaniu zagadnień związanych z ochroną zdrowia zwierząt dzikich i zagrożeniem epizootycznym (Klich i in. 2021). Dają możliwość poszukiwania mechanizmów i szlaków rozprzestrzenienia się chorób zwierząt dzikich i gospodarskich czy poszukiwania genetycznych podstaw kondycji zwierząt łownych. Zebrane tkanki mogą być wykorzystane do badań nad poszukiwaniem genetycznych mechanizmów dziedziczenia cech podlegających selekcji łowieckiej oraz związanych z adaptacją do zmieniających się warunków środowiskowych i wypracowania modeli, które umożliwią poprawę lub/i zachowanie różnorodności biologicznej zwierzyny na właściwym poziomie, szczególnie w miejscach, gdzie może być ona zagrożona.

Na UP we Wrocławiu kontynuowane są badania obejmujące liczebność wybranych gatunków zwierzyny dzikiej (ze szczególnym uwzględnieniem dużych drapieżników, tj. wilka szarego i rysia euroazjatyckiego). Ponadto, prowadzone są analizy dotyczące oceny właściwości okrywy włosowej zwierzyny czarnej (dzik euroazjatycki) oraz płowej (sarna europejska, jelen szlachetny) z uwzględnieniem jej termoizolacyjności i sezonowości. Obecnie, z uwagi na istotną w Polsce problematykę obejmującą wirusa afrykańskiego pomoru świń (ang. African Swine Fever; ASF) trwają przygotowania do realizacji projektu badawczego w ramach programu Horyzont 2022 z partnerami zagranicznymi, którego tematyką będzie bioasekuracja.

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie realizuje badania z zakresu:

- 1) racjonalnego zarządzania populacjami zwierząt łownych jako zespołem zabiegów hodowlanych porównywalnych do zabiegów hodowlanych wykonywanych na zwierzętach gospodarskich;
- 2) analizy wpływu ruchu drogowego i taboru kolejowego na populacje zwierząt dzikich;
- 3) różnorodności genetycznej wybranych gatunków zwierząt łownych z uwzględnieniem wpływu człowieka: wpływ pozyskania łowieckiego oraz translokacji na zmienność genetyczną i poziom inbrodu wybranych gatunków zwierząt dzikich;
- 4) oceny jakości mięsa pochodzącego od alternatywnych gatunków zwierząt: zainteresowanie walorami żywieniowymi bobrzyny (skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne zawartość aminokwasów, skład kwasów tłuszczowych, zawartość cholesterolu, oraz minerałów mięsa bobra europejskiego).

VIII. PRÓBA OCENY PUBLIKACJI NAUKOWYCH DYSCYPLINY ZOOTECHNIKA I RYBACTWO NA PODSTAWIE BAZY SCOPUS

Prof. dr hab. czł. rzecz. PAN Adam J. Zięcik dr h.c.

Dr Paweł Likszo

Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

WPROWADZENIE

Lista potencjalnych czasopism, w których mogą być publikowane prace z zakresu szeroko pojętych nauk zootechnicznych liczy 58 tytułów i jest przedstawiona w Tabeli 1 w porządku alfabetycznym. Na liście tej znalazło się 11 czasopism wydawanych w Polsce: *Animal Science Papers and Reports*, *Annales of Animal Science*, *Journal of Veterinary Research*, *Folia Biologica Poland*, *Folia Histochemica et Cytologica*, *Journal of Animal and Feed Sciences*, *Journal of Physiology and Pharmacology*, *Journal of Veterinary Research Poland*, *Medycyna Weterynaryjna*, *Polish Journal of Veterinary Sciences*, *Reproductive Biology*.

Ze względu na dużą liczbę afiliacji z tego samego miasta w artykułach (np. Olsztyn – 11, Warszawa – 48), zdecydowano się przedstawić miasta, w których zlokalizowane są wydziały biologiczno-rolniczo-zootechniczne (jednostek o przymiotniku „zootechniczny” w polskich uczelniach już nie ma). W Olsztynie Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN i w Krakowie Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy włączono do „miasta”. Niezależnie od tego trzy instytuty PAN w Olsztynie, Jabłonie i Jastrzębcu przedstawiono oddzielnie. Dodatkowo porównano osiągnięcia publikacyjne Polski z państwami Europy Środkowej – Węgrami, Czechami i Słowacją. Autorzy niniejszego opracowania zamierzali również porównać uzyskane wyniki z publikacjami bardziej rozwiniętych gospodarczo krajów np. Hiszpanii, ale liczba afiliacji (<800) przekraczała limit dostępny w bazie Scopus.

Tabela 1. Wykaz czasopism publikujących prace z zakresu zootechniki

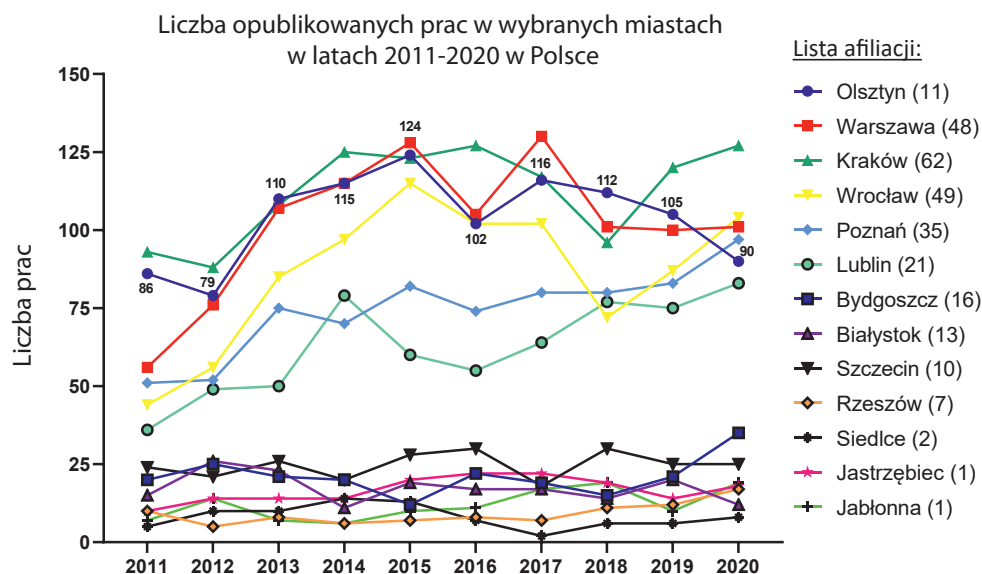
lp.	Nazwa czasopisma naukowego	Impact Factor (IF)
1	<i>Acta Veterinaria Hungarica</i>	0.991
2	<i>Animal</i>	2.4
3	<i>Animal Biotechnology</i>	1.487
4	<i>Animal Feed Science and Technology</i>	2.582
5	<i>Animal Genetics</i>	2.481
6	<i>Animal Production Science</i>	1.215
7	<i>Animal Reproduction Science</i>	1.66
8	<i>Animal Science Journal</i>	1.399
9	<i>Animal Science Papers and Reports</i>	0.688

10	Animals	1.654
11	Annals of Animal Science	1.572
12	Animal Behaviour Science	2.187
13	Archives of Animal Nutrition	1.691
14	Biology of Reproduction	3.322
15	British Journal of Nutrition	3.334
16	British Poultry Science	1.537
17	Journal of Veterinary Research	0.643
18	Czech Journal of Animal Science	0.835
19	Domestic Animal Endocrinology	1.778
20	European Journal of Nutrition	4.664
21	European Poultry Science	0.685
22	Experimental Animals	1.574
23	Folia Biologica	0.709
24	Folia Biologica (Kraków)	0.533
25	Folia Histochemica et Cytobiologica	0.854
26	Food Science and Biotechnology	1.513
27	Genomics	6.205
28	Journal of Animal and Feed Sciences	1.525
29	Journal of Animal and Veterinary Advances	0.118
30	Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition	1.597
31	Journal of Animal Science	2.092
32	Journal of Applied Genetics	2.027
33	Journal of Dairy Research	0.594
34	Journal of Dairy Science	3.333
35	Journal of Nutrition	4.281
36	Journal of Physiology and Pharmacology	2.644
37	Journal of The Science of Food and Agriculture	2.614
38	Journal of Veterinary Research (Poland)	0.73
39	Life Sciences	3.647
40	Livestock Science	1.44
41	Meat Science	3.66
42	Medycyna Weterynaryjna	0.281
43	Nutrition	3.639
44	Nutrition Research	2.767
45	Physiology and Behavior	2.826
46	Plos One	2.74
47	Polish Journal of Veterinary Sciences	0.516

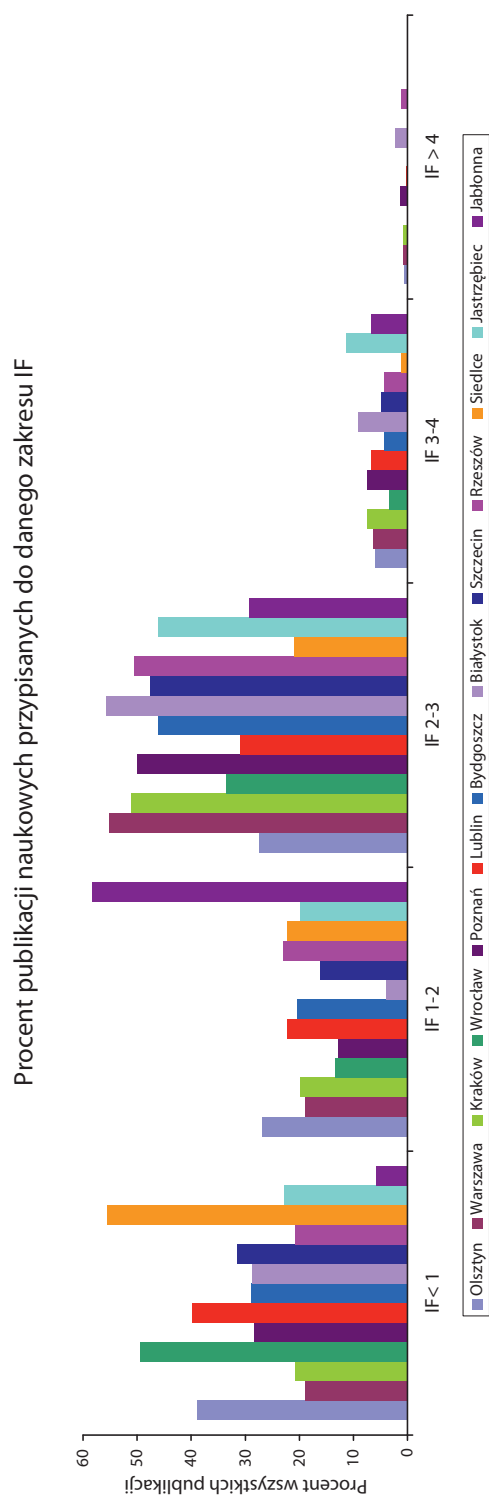
48	Poultry Science	2.659
49	Reproduction	3.206
50	Reproduction Fertility and Development	1.723
51	Reproduction in Domestic Animals	1.641
52	Reproductive Biology	1.862
53	Reproductive Biology and Endocrinology	2.63
54	Reproductive Toxicology	3.121
55	Research in Veterinary Science	1.892
56	Small Ruminant Research	1.273
57	Theriogenology	2.094
58	Zootaxa	0.955

LICZBA OPUBLIKOWANYCH PRAC W POSZCZEGÓLNYCH MIASTACH (OŚRODKACH)

Na podstawie powyższej tabeli przedstawiono liczbę opublikowanych prac w latach 2011-2020 w dziesięciu polskich miastach, w których znajdują się uczelnie z jednostkami o charakterze zootechnicznym i nauk o zwierzętach oraz w dwóch instytutach PAN w Jastrzębcu i Jabłonie (Rycina 1, Rycina 2). Okazuje się, że publikacje z wybranej listy czasopism afiliowane są również w Gdańsku, Katowicach czy Białymstoku, gdzie nie ma uczelni rolniczych, ale znajdują się jednostki o profilu biologicznym czy medycznym i dlatego na wykresie umieszczono Białystok jako swoistą „próbę ślepą”.



RYCINA 1. LICZBA OPUBLIKOWANYCH PRAC W WYBRANYCH MIASTACH I OŚRODKACH W LATACH 2011-2020 W POLSCE (TYLKO NA PODSTAWIE LISTY PRZEDSTAWIONEJ W TABELI 1)



RYCINA 2. PROCENT PUBLIKACJI NAUKOWYCH PRZYPISANYCH DO DANEGO ZAKRESU IF

Do roku 2015 wyraźny trend wzrostowy opublikowanych prac występował w placówkach z Warszawy, Olsztyna, Krakowa i Wrocławia. Spadek liczby prac zaobserwowano w roku 2016, a później wystąpiły duże wahania w publikowaniu. Roczna liczba publikacji w większych miastach wynosiła od 83 (Lublin) do 127 (Kraków). Pewna stabilizacja publikacji na poziomie „średnim” (poza Krakowem) w ostatnich latach jest być może związana ze zmianami polityki oceny jednostek. Wyżej oceniana jest jakość publikacji niż ich liczba. W całym 10-letnim okresie porównawczym najwięcej publikacji zawartych w bazie Scopus opublikowano w Krakowie, a następnie w Olsztynie, Warszawie, Wrocławiu, Poznaniu, Lublinie, Bydgoszczy, Rzeszowie i Siedlcach. Należy podkreślić, że wynika to przede wszystkim liczby ośrodków naukowych w tych miastach publikujących w czasopiśmie o charakterze zootechnicznym (animal science).

PROCENT WSZYSTKICH PUBLIKACJI NAUKOWYCH PRZYPISANYCH DO DANEGO ZAKRESU IF

Od dłuższego czasu w Polsce przyjęło się oceniać jakość czasopism naukowych na podstawie wysokości IF. Zdając sobie sprawę z ułomności tej oceny (podobnie jak oceny pracowników naukowych za pomocą wysokości Indeksu Hirscha) przedstawiono takie porównanie na Rycinie 2 korzystając z bazy Scopus i wartości IF za rok 2020. Najwięcej prac o IF=2-3 opublikowano w większości analizowanych jednostek. Procent publikacji o IF=1-2 jest najbardziej wyrównany i waha się od 12.8 do 26.9 w badanych ośrodkach.

INSTYTUTY POLSKIEJ AKADEMII NAUK

W obrębie naszych zainteresowań znalazły się 3 instytuty PAN: Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie, Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu oraz Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie.

W badanym okresie Instytut w Olsztynie opublikował 349 (66 pracowników), Instytut w Jastrzębcu – 167 (40 pracowników), a Instytut w Jabłonie – 120 (32 pracowników) prac znalezionych według przyjętego klucza w bazie Scopus. Należy jednak podkreślić, że w przeliczeniu na jednego pracownika naukowego aktywność publikacyjna w tych Jednostkach jest bardzo zbliżona.

PORÓWNIANIA ZEWNĘTRZNE

Interesującym wydawało się porównanie liczby i jakości publikacji z zakresu zootechniki w Polsce z krajami o zbliżonym rozwoju gospodarczym i podobnej historii po drugiej wojnie światowej: Węgier, Republiki Czeskiej i Słowacji. Ambitny plan porównania Polski i Hiszpanii nie udał się z przyczyn technicznych ale na pewno jest to możliwe do zrobienia w przyszłości. W okresie 2011-2020 opublikowano 6442 prace w Polsce, 1486 na Węgrzech, 2265 w Republice Czeskiej i 544 w Słowacji. Z analizy danych wynika, że liczba publikacji w Polsce wyraźnie wzrastała od 2011 roku osiągając apogeum w roku 2019 (951), po czym spadła do ok. 700 w roku 2020. Podobny trend obserwuje się w Republice Czeskiej.

Jak wygląda jakość publikacji na podstawie IF? W Polsce występuje niższy procent publikacji o IF>4 w porównaniu z Węgrami i Słowacją. W zakresie IF=3-4 nie ma różnicy pomiędzy poszczególnymi krajami. W zakresie IF=2-3 Polska jest na poziomie Słowacji (43.7 i 43.2%, odpowiednio), ale niżej niż Węgry (60.6%) i Republika Czeska (54.5%). Procent publikacji IF<1 jest podobny w czterech porównywanych krajach i waha się od 24.6 (Węgry) do 33.5 (Polska).

Reasumując, na podstawie powyższych bardzo uproszczonych analiz, ustępujemy Węgrom i Słowacji, w publikacjach o najwyższym IF oraz Węgrom i Republice Czeskiej w publikacjach o IF=2-3. Charakterystyka jakości publikacji naukowych w Polsce zbliżona jest do profilu Słowacji. Należy podkreślić, że w Polsce publikowanych jest najwięcej prac o profilu „zootechnicznym” w przeliczeniu na liczbę mieszkańców, ponieważ jedna praca przypada na 55 tys. w Czechach – 60 tys., Węgrzech – 76 tys., a na Słowacji – 95 tys. mieszkańców.

PODSUMOWANIE

Przedstawione liczby i jakości publikacji z zakresu zootechniki w latach 2011-2020 nie satysfakcjonują autorów tego opracowania i zapewne czytelników.

Coraz rzadziej używane jest słowo „zootechnika”, ale i tożsame określenie „hodowla zwierząt” zastępowane jest „bioinżynierią” czy „biotechnologią zwierząt” lub „biologią zwierząt”. Nauka o zwierzętach (animal science) w coraz większym stopniu staje się nauką interdyscyplinarną, a dyscypliny silnie związane z zootechniką: anatomia, fizjologia, biochemia, genetyka czy endokrynologia, posługują się całym wachlarzem metod biologii molekularnej, proteomiki czy innych ...omik.

W związku z ograniczeniem dostępu do zwierząt coraz częściej prowadzone są badania *in vitro*. Wszystko to powoduje, że znalezienie klucza do wyłuskania prac o charakterze „zootechnicznym” w różnych bazach prac naukowych jest bardzo trudne czasem wręcz niemożliwe, ponieważ prace z zakresu dyscyplin podstawowych publikowane są w ogólnobiologicznych, specjalistycznych czasopismach. Z drugiej strony, pracownicy uniwersyteckich wydziałów biologii (np. UJ czy UWM) publikują w „czystych zootechnicznych” czasopismach jak *Theriogenology*, *Animal Reproduction Science* czy *Reproduction in Domestic Animals*. Podobnie przenikają się nauki zootechniczne z naukami weterynaryjnymi.

Biorąc pod uwagę wszystkie wyżej wymienione uwarunkowania i zastosowaną metodę, przedstawiono profil publikacji naukowych w dziesięciu polskich uczelniach i trzech instytutach PAN. W latach 2011-2020 najwięcej prac o charakterze „zootechnicznym” opublikowano w tradycyjnie największych ośrodkach – Krakowie, Olsztynie, Warszawie, Wrocławiu, Poznaniu i Lublinie. W Polsce coraz więcej publikowanych jest prac o IF>4 i w zakresie IF=3-4. Około 50% wszystkich prac opublikowano w przedziale IF=2-3, co jest wynikiem optymistycznym. Nie ma dużej różnicy w jakości publikacji trzech instytutów PAN, szczególnie w zakresie IF=2-3 oraz IF=3-4, a w ostatnich latach także IF>4 (patrz Tabela 2, rozdział IX). Wydaje się również, że na niski IF ma wpływ zbyt duża liczba publikowanych prac we własnych, lokalnych czasopismach. W porów-

naniu do Czech, Słowacji i Węgier, publikujemy w Polsce więcej prac, ale ustępujemy jakościowo pod względem prac o najwyższym IF. Profil polskich publikacji w poszczególnych kategoriach IF jest podobny do profilu Słowacji.

IX. WYZWANIA STAWIANE PRZED NAUKAMI O HODOWLI ZWIERZĄT I AKWAKULTURZE ORAZ OCENA MOŻLIWOŚCI ICH ROZWOJU

Raport sporządzony na podstawie danych otrzymanych z 13 jednostek naukowych w Polsce wykazał:

1. we wszystkich jednostkach w ostatnich 10 latach dokonała się głęboka transformacja nauk zootechnicznych pod wpływem zmian, zarówno w metodologii badań, infrastrukturze, mentalności naukowców, jak i możliwości publikacji wyników badań;
2. większość jednostek wskazała, że zootechnika klasyczna – między innymi dbałość o banki genów, rasy zachowawcze jest niezbędnym potencjałem służącym badaniom zarówno w zakresie nauk podstawowych jak i stosowanych.

Dążenie do budowy nowoczesnej, adekwatnej do potrzeb środowiskowej infrastruktury w celu stworzenia zintegrowanego systemu badań w zakresie nauk o zwierzętach oraz określenia holistycznego podejścia do znaczenia osiągniętych wyników powinno być przedmiotem szerokiego interdyscyplinarnego programu bezpieczeństwa żywności i żywienia. Program ten powinien uwzględnić transfer oraz odpowiedzialną aplikację wiedzy w zakresie globalnego bezpieczeństwa żywności i zrównoważonego rozwoju poprzez identyfikację barier, szeroką edukację, informację oraz wszechstronne doradztwo.

W badaniach należy uwzględniać ochronę zdrowia zwierząt, poznanie i ograniczenie chorób zwierząt, dbałość o biobezpieczeństwo, prewencję zoonoz, a także opracowanie i wdrożenie odpowiednich modeli doświadczalnych dla zootechniki, medycyny weterynaryjnej i medycyny ludzkiej.

Realizacji powyższych celów towarzyszyć powinno szeroko pojmowane paszoznawstwo, pozwalające na poznanie znaczącego wpływu składników zawartych w pokarmach na organizmy zwierzęce. Należy tu podkreślić badania dotyczące organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO), wykorzystywanych jako źródła składników odżywczych jak i coraz szerzej zakrojone badania poświęcone owadom, których wykorzystanie może istotnie zmienić pokrycie zapotrzebowania na energię zarówno dla zwierząt jak i ludzi (w przyszłości).

PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU

Warunkiem podstawowym w dalszym rozwoju naukowym dyscypliny powinna być silna integracja środowiska naukowego poprzez wyznaczenie celów nadrzędnych badań oraz szeroka współpraca naukowa.

Biorąc pod uwagę dynamiczne zmiany w środowisku naukowym należy nie tylko utrzymać, ale przede wszystkim wzmocnić dynamikę naukowego rozwoju dyscypliny zootechniki i rybactwo poprzez intensyfikację publikowania wyników badań, pogłębioną współpracę pomiędzy ośrodkami naukowymi i praktyką rolniczą/zootechniczną. Należy

także systematycznie wdrażać nowoczesne elementy praktyczne uzyskane w efekcie prowadzonych badań naukowych do dydaktyki.

Ponadto, należy poszerzać wiedzę społeczeństwa o roli zootechniki poprzez wykazywanie praktycznych zastosowań wyników prowadzonych badań w obszarze nauk zootechnicznych w celu zabezpieczenia odpowiedniej ilości i jakości żywności pochodzenia zwierzęcego. W ramach tego przedsięwzięcia istnieje konieczność prowadzenia kampanii informacyjnej, propagującej rolę, osiągnięcia i przydatność badań naukowych w obszarze nauk rolniczych – zootechniki i rybactwa.

W perspektywie rozwoju naukowego dyscypliny ogromną rolę odgrywa odpowiednie publikowanie osiągniętych wyników. Zdaniem wielu Autorów należy rozszerzyć listę czasopism publikujących wyniki badań z zakresu zootechniki, a nie ograniczać jej tylko do wąskiej grupy czasopism zootechnicznych. Dodatkowa analiza publikacji ($n=94$) wydanych w czasopismach interdyscyplinarnych wskazanych przez Autorów nadesłanych opracowań do niniejszego Raportu wykazała, że w ostatnich latach znacząco zwiększył się odsetek prac w czasopismach z $IF > 5$ (Tabela).

Tabela 2. Czasopisma interdyscyplinarne ($n = 94$, $IF = 1,001-43,5$)

Wartość IF (2020r.)	Liczba publikacji	%
1-2	15	15,9
>2	30	31,9
>3	17	18,1
>4	12	12,8
5-43,5	20	21,3

Ważnym elementem rozwoju naukowego byłoby także zwiększenie możliwości aplikacji patentowej przez jednostki naukowe.

*Zespół ds. przygotowania raportu
o stanie dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo w kontekście globalnych wyzwań*

X. PODSUMOWANIE

Doskonalenie metod poprawy dobrostanu zwierząt i jakości produktów zwierzęcych poprzez ograniczanie biologicznych, chemicznych i fizycznych czynników ryzyka w skali laboratoryjnej i fermowej, jak również badania behawioru zwierząt wpisują się w założenia nowoczesnej dyscypliny zootechnika i rybactwo. Zachowanie zasad dobrostanu zwierząt w chowie i hodowli w bezpośredni sposób wpływa na jakość produktów pozyskiwanych od zwierząt gospodarskich.

Ograniczanie stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu oraz innych środków leczniczych i wprowadzanie w ich miejsce dodatków naturalnych (probiotyki, zioła) do paszy w bezpośredni sposób przekłada się na lepszą jakość produktów pochodzenia zwierzęcego, a jednocześnie zmniejsza ryzyko powstawania szczepów bakterii opornych na antybiotyki.

Na przełomie XX i XXI wieku wiele badań poświęcono produkcji tzw. żywności funkcjonalnej, bogatej w składniki niezbędne w żywieniu człowieka, poprzez odpowiednie strategie żywienia zwierząt oraz wprowadzanie właściwych dodatków paszowych.

Wyzwaniem dla zootechniki i akwakultury XXI wieku jest także poszukiwanie alternatywnych źródeł białka zwierzęcego, które mogą być wykorzystywane w diecie zwierząt i człowieka, a także poszukiwanie komponentów paszowych ograniczających negatywny wpływ produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne, w tym emisję gazów cieplarnianych i amoniaku.

Ważnymi kierunkami badawczymi w zakresie biotechnologii będą: wykorzystanie zwierząt jako bioreaktorów; doskonalenie metod biotechnologii służących rozrodowi ptaków użytkowych, koni, bydła, świń, zwierząt towarzyszących, a także zagadnienia związane z ratowaniem zagrożonych wyginięciem zwierząt i odtwarzaniem gatunków.

Osiągnięcia zespołów badawczych w zakresie genetyki i hodowli zwierząt opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych dotyczyły dwóch głównych zagadnień:

1. wykorzystanie markerów molekularnych do analizy zróżnicowania genetycznego i związku z cechami fenotypowymi;
2. monitoring i eliminację chorób genetycznych.

Perspektywa rozwoju badań zwierząt gospodarskich w zakresie genetyki i hodowli związana jest z sekwencjonowaniem trzeciej generacji w badaniach genomowych, wykorzystaniem tych danych do detekcji mutacji funkcjonalnych oraz ich wpływu na określone cechy użytkowe. Ważny nurt badań podlegających stałemu rozwojowi uzależniony jest od wykorzystania technik sekwencjonowania DNA w badaniach mikrobiomów zwierząt. Analizy dotyczące rozwoju zaburzeń płciowych u różnych gatunków zwierząt domowych są prowadzone w oparciu o wykorzystanie zaawansowanych technik (cytogenetyka molekularna, sekwencjonowanie DNA, ddPCR, analiza metylacji i ekspresji genów).

Rozwój akwakultury jest uzależniony od dywersyfikacji produkcji z uwzględnieniem: innowacyjnych technologii, hodowli tzw. nowych, perspektywicznych gatunków

lub implementacja nowych produktów, poprawy cech hodowlanych i/lub użytkowych organizmów wodnych: – w tym jakości dietetycznej surowca pochodzącego z intensywnej akwakultury poprzez implementację wyników badań żywieniowych, genetycznych i epizootycznych, a także od zachowania bioróżnorodności ekosystemów wodnych, czynnej ochrony zarówno gatunków o istotnym znaczeniu gospodarczym, jak i taksonów rzadkich lub zagrożonych wyginięciem.

Biorąc pod uwagę globalne wyzwania w zakresie nauk o zwierzętach nauki podstawowe powinny stanowić ważne ogniwo w najważniejszych kierunkach badawczych uważanych za priorytetowe na świecie. Krajowe badania z zakresu badań podstawowych są zgodne z kierunkami badawczymi na świecie, a ich aktualność, poziom naukowy i stosowane metody pozwalają na publikowanie uzyskiwanych wyników zarówno w uznanych czasopismach z zakresu hodowli i produkcji zwierzęcej jak i w czasopismach interdyscyplinarnych.

Perspektywy dalszego rozwoju nauk zootechnicznych są związane z potrzebami praktyki rolniczej, przede wszystkim z rozwijającymi się trendami w zakresie zrównoważonego rozwoju produkcji zwierzęcej, w tym zwiększenia dobrostanu zwierząt gospodarskich i ograniczenia negatywnego wpływu intensywnej produkcji na środowisko, jak również zapewniania konsumentom bezpiecznej i wysokiej jakości żywności w łańcuchu „od pola do stołu”.

W coraz większym stopniu, w tego typu badaniach, będą wykorzystywane nowoczesne narzędzia z zakresu biologii molekularnej, w tym genomiki, proteomiki, nutrigenomiki, metabolomiki.

Najważniejsze badania naukowe w dyscyplinie zootechnika i rybactwo wpisują się w ogólnoświatowe kierunki badań naukowych oraz w działania Europejskiego Zielonego Ładu (European Green Deal), koncepcję Jednego /Wspólnego Zdrowia (One Health) oraz Rolnictwa Zrównoważonego (Sustainable Agriculture).

Pomimo tak znaczących osiągnięć naukowych w dyscyplinie zootechnika i rybactwo istnieje duże zapotrzebowanie na badania, których rezultaty powinny przynosić nowoczesne, innowacyjne rozwiązania o potencjale wdrożeniowym i możliwość ich komercjalizacji w praktyce rolniczej.

*Zespół ds. przygotowania raportu
o stanie dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo w kontekście globalnych wyzwań*

PIŚMIENNICTWO

- Bąkowska M. i in. 2016. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23
- Bednarczyk M. i in. 2018. *J. Appl. Genet.* 59
- Belletti B. i in. 2020. *Nature* 588
- Biel W. i in. 2019. *Animals* 9
- Biel W. i in. 2019. *Anim. Nutr. Feed Technol.* 19
- Bombik E. i in. 2017. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech.* 336
- Bucław M. i in. 2017. *Brit. Poult. Sci.* 58
- Cieślak J. i in. 2018. *PeerJ.* 5
- Cywicka D. i in. 2019. *Eco. Mont.* 11
- Dietrich M.A. i in. 2014. *J. Proteom.* 98
- Fajkowska M. i in. 2020. *Rev. Aquacult.* 12
- Flis M. 2018. *Zag. Dor. Rol.* 4
- Gąsior R. i in. 2021. *Ann. Anim. Sci.* 21
- Greguła-Kania M. i in. 2019. *Meat Sci.* 154
- Gręda P. i in. 2006. *Reproduction* 132.
- Gugała D. i in. 2019. *Poult. Sci.* 98
- Gurgul A. i in. 2019. *PLOS ONE* 1
- Hanczakowska E i in. 2018. *Anim. Prod. Sci.* 59
- Hanczakowska E. i in. 2016. *Livest. Sci.* 192
- Herosimczyk A. i in. 2020. *Animal* 14
- Jagusiak W. i in. 2005. *J. Anim. Feed Sci.* 14
- Jagusiak W. i in. 2014. *Proc. XXII Szkoła ZHB*
- Jagusiak W. i Żarnecki A. 1998. *Przeg. Hod.* 12
- Jasielczuk I. i in. 2020. *Livest. Sci.* 231
- Jamrozik J. i in. 1994. *Mat. Inst. Zoot. Kraków* 7-8
- Jamrozik J. 1992. *Rozprawa habilitacyjna nr 172, AR Kraków*
- Janiszewski P. i in. 2018. *Anim. Sci. J.* 89
- Jarmołowicz S. i in. 2012. *Aquacult. Nutr.* 18
- Joszek K. i in. 2019. *Acta Bioeng. Biomech.* 21
- Judycka S. i in. 2020. *Aquaculture* 520
- Judycka S. i in. 2018. *Aquaculture* 486
- Kajdasz A. i in. 2020. *Int. J. Mol. Sci.* 21
- Kanik W. i in. 2017. *Acta Neurobiol. Exp.* 77
- Kapusta A. i in. 2018. *PLOS ONE* 13
- Kątska-Książkiewicz L. i in. 2003. *Theriogenology* 59
- Kij B. i in. 2020 *Theriogenology* 157
- Kij-Mitka i in. 2021 *Animals* 11
- Kitała D. i in. 2020. *Transplant. Proc.* 52
- Kitała D. i in. 2020. *Transplant. Proc.*, 52
- Klama-Baryła i in. 2020. *Transplant. Proc.* 52
- Klich D. i in. 2021. *Ecol. Indic.* 133
- Kołacz R. i Dobrzański Z. 2019. *UP Wrocław*
- Kowal K. i in. 2021. *Vet. Comp. Oncol.* 23
- Lechniak D. i in. 2007. *Theriogenology* 68
- Loi P. 2014. *Acad. Press*
- Łukaszewicz E.T. i in. 2015. *PLOS ONE* 10
- Łukaszewicz E.T. i in. 2015. *Reprod. Domest. Anim.* 50
- Majkut M. i in. 2021. *Food Chem.* 343
- Mazurek U. i in. 2013. *Curr. Microbiol.* 67
- Michalak E. i in. 2006. *Ann. Anim. Sci.* 1
- Milczarek A. i in. 2021. *Animals* 11
- Misztal T. i in. 2020. *J. Endocrinol.* 244
- Mohammed A. A. i in. 2008. *Mol. Reprod. Dev.* 75
- Morek-Kopeć M. i Żarnecki A. 2012. *Livest. Sci.* 149

- Nogales-Mérida S. i in. 2019. *Rev. Aquacult.* 11
- Nowak A. i in. 2021. *Theriogenology* 162
- Nowak A. i in. 2019. *Cryo. Lett.* 40
- Nowicki J. i Klocek C. 2012. *Ann. Anim. Sci.* 8
- Ocalewicz K. i in. 2019. *Sci. Rep.* 9
- Ogłuszka M. 2017. *Gen. Nutr.* 31
- Ostróżka-Cieślak A. i in. 2020. *Transplant. Proc.* 52
- Palińska-Żarska K. i in. 2020. *Sci. Rep.* 10
- Panicz R. i in. 2017. *Aquaculture* 479
- Pawlak P. i in. 2016. *Mitochondrion* 27
- Pawlak P. i in. 2018. *Sci. Rep.* 8
- Pawlak P. i in. 2020. *Biol. Reprod.* 103
- Piotrowska K. i in. 2000. *Biol. Reprod.* 63
- Piwczynski D. i in. 2020. *Animal* 11
- Podhorec P. i in. 2012. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 22
- Pszczoła M. i in. 2018. *Sci. Rep.* 8
- Ptak E. i Schaeffer L.R. 1993. *Livest. Prod. Sci.* 34
- Ptak G.E. i in. 2012. *PLOS ONE* 7
- Ptak G.E. i in. 2013. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 11
- Puppel K. i in. 2016. *J. Sci. Food Agricult.* 96
- Radko A. i in. 2014. *Acta Biol. Hung.* 65
- Ropka-Molik K. 2020. *Genes* 11
- Rosenberger J. i in. 2020. *Animals* 10
- Rydzek N. i in. 1988. *Int. J. Mol. Sci.* 22
- Sampino S. i in. 2014. *Hum. Reprod.* 29
- Sampino S. i in. 2017. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 72
- Sampino S. i in. 2014. *Transl. Psych.* 4
- Schulz P. i in. 2020. *Vaccines* 8
- Schwarz T. i in. 2015. *Anim. Prod. Sci.* 55
- Skrzyszowska M. i in. 2002. *Theriogenology* 58
- Skrzyszowska M. i in. 2006. *Biol. Reprod.* 74
- Słomski R. 2010. *Poznań University of Life Sciences Publisher, Poznań*, 176-195
- Smorąg Z. 2006. *Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań*
- Smorąg Z. 2008. *Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań*
- Sobotka W. i in. 2012. *Arch. Anim. Nutr.* 66
- Sońta M. i in. 2020. *Animals* 10
- Sporek M. i in. 2017. *Proc. ECOpole* 11
- Strabel T. i in. 2005. *J. Dairy Sci.* 88
- Szalata M. 2019. *Rozprawa habilitacyjna, UP Poznań*
- Szyda J. i in. 2009. *Interbull Bull.* 39
- Szymańska M. i in. 2020. *Carbohydr. Polym.* 246
- Szymik B. i in. 2021. *Animals* 11
- Świątkiewicz M. i in. 2016. *Anim. Feed Sci. Technol.* 216
- Taciak M. i in. 2017. *Arch. Anim. Nutr.* 71
- Tajchman K. i in. 2021. *BMC Vet.* 17
- Tomza-Marciniak A. i in. 2019. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26
- Warzych E. i in. 2017. *Theriogenology* 87
- Wiater, J. i in. 2021. *Int. J. Mol. Sci.* 22
- Wierzbowska I.A. i in. 2016. *Biol. Conserv.*
- Wilczek P. i in. 2014. *Biomed. Mater.* 9
- Zalewski D. i Olech W. 2020. *UWM Olsztyn*
- Zaworska-Zakrzewska A. i in. 2020. *Animals* 10
- Żarnecki A. i in. 2000. *Przegl.Hod.* 4
- Żarnecki A. i in. 2003. *J. Anim. Feed Sci.* 12