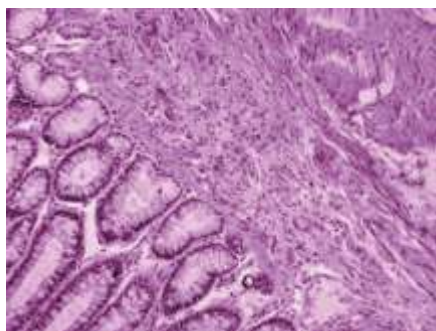


Chów i hodowla zwierząt gospodarskich na przestrzeni 70 lat - problemy i wyzwania



Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa
Instytutu Zootechniki PIB

MONOGRAFIA

Kraków 2020

**Chów i hodowla zwierząt gospodarskich
na przestrzeni 70 lat – problemy i wyzwania**

**Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa
Instytutu Zootechniki PIB**

MONOGRAFIA

Kraków 2020

**INSTYTUT ZOOTECHNIKI
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

32-083 Balice, ul. Krakowska 1 tel. 12 3572500 fax 12 422 8065
www.izoo.krakow.pl facebook.com/IZOO.PIB twitter.com/iz_pib
sekretariat@izoo.krakow.pl

Monografia pod redakcją:
prof. dr hab. Sylwestra Świątkiewicza

Recenzenci:
prof. dr hab. Eugeniusz Grela
prof. dr hab. Adam Cieślak

Opracowanie redakcyjne:
mgr Danuta Dobrowolska

**Opracowanie graficzne, projekt okładki
i skład tekstu:**
mgr Bogusława Krawiec

Fot. na okładce:
E. Hanczakowska, W. Szczurek, B. Niwińska, B. Szymczyk

ISBN 978-83-7607-333-0

© Copyright by Instytut Zootechniki PIB

Ark. wyd. 12,8 Ark. druk. 11,9

Druk: Zespół Wydawnictw i Poligrafii IZ PIB

SPIS TREŚCI

Franciszek Brzóska:

Rys historyczny Zakładu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Instytutu Zootechniki PIB 5

Żywienie przeżuwaczy

Barbara Niwińska:

Badania nad czynnikami żywieniowymi wspomagającymi efektywność wychowu i rozwój cieląt 16

Ewa Sosin-Bzducha, Iwona Furgal-Dierżuk:

Zastosowanie różnych materiałów paszowych oraz strategii żywieniowych w celu poprawy efektywności produkcji oraz jakości mleka i mięsa przeżuwaczy 25

Żywienie świń

Małgorzata Świątkiewicz:

Badania nad wartością pokarmową krajowych źródeł białka i ich przydatnością w żywieniu świń 34

Małgorzata Świątkiewicz:

Badania nad efektywnością dodatków paszowych i ich przydatnością w kształtowaniu rozwoju przewodu pokarmowego oraz statusu zdrowotnego świń 54

Marek Pieszka, Dorota Bederska-Łojewska:

Badania nad ochroną przewodu pokarmowego świń przed negatywnym wpływem patogenów 72

Paulina Szczurek, Mariusz Pietras:

Wpływ czynników żywieniowych na wskaźniki fizjologiczne zwierząt 85

Żywienie drobiu

Sylwester Świątkiewicz, Witold Szczurek, Anna Arczewska-Włosek:

Ocena efektywności materiałów paszowych jako źródła białka i innych składników pokarmowych w żywieniu drobiu 94

Sylwester Świątkiewicz, Anna Arczewska-Włosek, Witold Szczurek,

Sylwia Orczewska-Dudek:

Badania nad dodatkami paszowymi stosowanymi w celu poprawy statusu zdrowotnego i fizjologicznego organizmu ptaków 109

Witold Szczurek:

Badania nad efektywnością systemu strawnych aminokwasów w żywieniu kurcząt brojlerów i oznaczaniem standaryzowanej strawności jelitowej aminokwasów białka materiałów paszowych 125

<i>Beata Szymczyk, Sylwia Orczewska-Dudek:</i> Kształtowanie wartości dietetycznej oraz właściwości prozdrowotnych mięsa drobiowego i jaj na drodze modyfikacji żywieniowej	135
--	-----

Laboratoryjne i doświadczalne metody oceny jakości i wartości pokarmowej pasz:

<i>Beata Szymczyk:</i> Wykorzystanie szczurów laboratoryjnych jako zwierząt modelowych w określaniu wartości odżywczej białka materiałów paszowych oraz wpływu wybranych czynników żywieniowych na organizm	147
--	-----

<i>Waldemar Korol, Grażyna Bielecka, Jolanta Rubaj, Sławomir Walczyński:</i> Efekty realizacji zadań laboratorium referencyjnego przez Krajowe Laboratorium Pasz	158
---	-----

<i>Robert Gąsior:</i> Zakres badań i efekty realizacji zadań przez Centralne Laboratorium	169
--	-----

Rys historyczny Zakładu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Instytutu Zootechniki PIB

Franciszek Brzóska

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

W 1950 r. powstała koncepcja podzielenia Państwowego Instytutu Naukowego Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach, utworzonego po I wojnie światowej, na dziewięć specjalistycznych instytutów branżowych podległych Ministerstwu Rolnictwa. W Krakowie powstał Instytut Zootechniczny w Polsce (przemianowany później na Instytut Zootechniki) dla zaznaczenia, że obejmował swym zasięgiem cały kraj.

Zagadnienia z zakresu żywienia zwierząt początkowo prowadzono w ograniczonym zakresie w Oddziale Instytutu w Bydgoszczy. Oddział Bydgoski we wczesnych latach pięćdziesiątych przygotowywano do przekształcenia w Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonie koło Warszawy. W Krakowie dominowały zagadnienia paszoznawcze w Dziale Paszowisk i Użytków Zielonych oraz Dziale Konserwacji Pasz. Działem Paszowisk i Użytków Zielonych kierował dr inż. Mieczysław Nowak, a Działem Konserwacji Pasz dr inż. Stanisław Trela. Badania realizowano głównie w Zakładach Doświadczalnych Raba Wyżna, Grodziec Śląski, Lipowa, Czechnica i Kołuda Wielka.

Działalność naukowo-badawcza obu działów obejmowała zagadnienia produkcji, zbioru i konserwacji pasz (siano, kiszonki, rośliny okopowe), a także wypasu i żywienia krów, bydła rzeźnego, owiec, prosiąt, loch i tuczników oraz drobiu. Prace naukowe z zakresu paszoznawstwa i żywienia zwierząt miały w przeważającej mierze charakter utylitarny i upowszechnieniowy. Ich wyniki publikowano w *Rocznikach Nauk Rolniczych*, seria zoot. B, *Annales U.M.C.S. Lublin sectio E*, *Postęпах Nauki Rolniczej*, *Zeszytach Problemych Nauk Rolniczych*, a także w *Biuletynie Informacyjnym IZ*, a artykuły upowszechnieniowe w *Nowym Rolnictwie*, *Przeglądzie Hodowlanym*, czasopiśmie branżowych i gazetach codziennych (Brzóska, 1996). Nie znano pojęcia instrukcji wdrożeniowej, natomiast przykładano dużą wagę do działalności popularyzatorskiej i pogładowej, również w broszurach wydawanych przez Instytut Zootechniki. Popularyzowano racjonalne, jak na tamte lata, metody odchovu piskląt, chowu i żywienia kur nieśnych, jak również żywienia prosiąt i tuczników. Produkcję drobiu mięsnego opierano o proste krzyżówki kur ras nieśnych ogólnoużytkowych i ras importowanych – New Hampshire, Rhode Island Red i Sussex. Podejmowano tematykę wykorzystania zbóż krajowych,

w tym głównie żyta i grubonasiennych roślin strączkowych, w żywieniu zwierząt monogastrycznych. W latach 1950–1961 zrealizowano 53 tematy badawcze z zakresu paszoznawstwa i żywienia zwierząt. Opublikowano 136 oryginalnych prac naukowych, monograficznych i przeglądowych oraz 182 materiały upowszechnieniowe, w tym artykuły popularnonaukowe, materiały szkoleniowe i ulotki. Badania wiązały się również z organizowaniem pokazów dla rolników w zakładach doświadczalnych. Pierwsze prace naukowe oparte na analizie chemicznej pasz, wykonanej w bardzo ograniczonym zakresie ukazały się pod koniec lat 50. XX w.

Po rozwiązaniu Oddziału Instytutu Zootechniki w Bydgoszczy, po zmianach osobowych zaistniałych w związku z odejściem kadry naukowej, szczególnie profesorów do tworzących się w Polsce Wyższych Szkół Rolniczych, Dział Pastwisk i Użytków Zielonych oraz Dział Konserwacji Pasz, pozbawione samodzielnych pracowników naukowych przemianowano na Samodzielną Pracownię Użytków Zielonych i Konserwacji Pasz oraz przeniesiono do Zakładu Doświadczalnego w Grodźcu Śląskim. Kierownictwo powierzono mgr. inż. Rudolfowi Poloczskowi. Podjęto decyzję poszerzenia tematyki zootechnicznej Instytutu Zootechniki w Krakowie o zagadnienia żywienia zwierząt. W 1962 r. utworzono w Instytucie Zootechniki Zakład Żywienia Zwierząt. Kierownictwo i organizację Zakładu powierzono prof. dr. Rajmundowi Rysiowi, pracującemu dotychczas w Zakładzie Biochemii, przeniesionym z Puław do Krakowa, a kierowanym przez prof. dr. Zygmunta Ewy'ego.

Dla potrzeb Zakładu Żywienia Zwierząt w Krakowie wykonano w krótkim czasie podstawowe zaplecze laboratoryjne i fermowe do prowadzenia badań, laboratorium chemiczne w Krakowie oraz zaplecze w Zakładzie Doświadczalnym Balice, w tym oborę krów mlecznych, chlewnię i zwierzętarnię, z małym laboratorium wstępnej obróbki próbek krwi, treści pokarmowej, kału i pasz. Placówkami tymi kierowali dr Jerzy Dumański i dr Władysław Kuhl.

W połowie lat 60. XX w. zespół pracowników Zakładu Żywienia Zwierząt pod kierunkiem prof. dr. Rajmunda Rysia opracował koncepcję rozbudowy zaplecza badawczego żywienia zwierząt na terenie Zakładu Doświadczalnego Balice, w gospodarstwie Brzezcie (Koreleski, 2000). Do końca lat 90. było to najnowocześniejsze zaplecze do prowadzenia badań z zakresu żywienia zwierząt w Polsce, a zapewne również w tej części Europy. Wybudowano pawilony dla podstawowych gatunków i grup zwierząt, w tym krów mlecznych, cieląt, opasów, loch, prosiąt i warchlaków oraz tuczników, a także kur niosek i kurcząt brojlerów. Obiekt posiadał małą wytwórnię pasz i własną kółłownię. Było również pomieszczenie do prowadzenia podstawowych badań na szczurach laboratoryjnych. Zaplecze doświadczalne w Brzeziu i Balicach oraz laboratorium chemiczne w Krakowie pozwoliło realizować ambitne zadania badawcze. Był to okres, szczególnie po 1972 r. intensywnego rozwijania

fermowej produkcji drobiu, świń oraz bydła w Polsce. Dzięki dogodnym warunkom stworzonym w Zakładzie Żywienia Zwierząt możliwa była realizacja wielu aktualnych zagadnień badawczych, w tym ambitnego projektu: Program Rządowy PR-4 „Białko paszowe”, koordynowanego w skali całego kraju przez prof. dr. hab. Stefana Wawrzyńczaka. Wobec deficytu białka paszowego, ocena nowych materiałów (surowców) paszowych stwarzała alternatywę dla importowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej, co było niezwykle ważne w czasie szybko rozwijającej się produkcji zwierzęcej.

W 1968 r. w Zakładzie Żywienia Zwierząt utworzono sześć pracowni specjalistycznych, w tym: chemiczną, analizy podstawowej, białka i witaminowo-toksykologiczną. Kierowali nimi: dr inż. Jan Kryściak, dr Józef Skotnicki, dr Irena Krasnodębska i dr Irena Podusowska. W Balicach utworzono pracownię biochemii, a w Brzeziu pracownię doświadczalnictwa żywieniowego. Kierowali nimi: dr Henryk Ostrowski, a po nim dr Jerzy Urbańczyk, a w Brzeziu dr Jerzy Koreleski (Koreleski, 2000).

Prof. Rajmund Ryś, otoczony grupą młodych pracowników, kształtował ich charaktery naukowe na seminariach zakładowych. Referowano piśmiennictwo naukowe z zakresu żywienia zwierząt, formułowano cele badawcze, poznawano nowoczesne modele doświadczalne, analizowano wyniki i wyciągano wnioski, uczono się prowadzenia dyskusji naukowej. Ze „szkoły naukowej” prof. Rajmunda Rysia wyszli przyszli profesorowie i członkowie Rady Naukowej Instytutu Zootechniki: Jerzy Koreleski, Piotr Hanczakowski, Juliusz Strzetelski, a później Anna Antoniewicz i Paweł Pisulewski. Spośród młodszych pracowników naukowych z czasem tytuły profesorów uzyskali: Barbara Kamińska, Jerzy Urbańczyk, Beata Szymczyk, Ewa Hanczakowska, Krzysztof Bilik, Sylwester Świątkiewicz, Barbara Niwińska, Małgorzata Świątkiewicz i Marek Pieszka. Prowadzono badania na krowach mlecznych, buhajkach rzeźnych, cielętach, owcach i jagniętach, tucznikach, lochach, kurach nioskach i kurczętach brojlerach, a także na szczurach laboratoryjnych. Rozwijano nowe metody analityczne i testy mikrobiologiczne symulujące procesy trawienne *in vivo*. W późniejszym okresie do badań nad procesami trawienia włączono jałówki kaniulowane dożwaczowo i dojelitowo, co także obecnie jest w takim zakresie realizowane w kraju wyłącznie w Instytucie Zootechniki.

Po przejściu prof. dr. Zygmunta Ewy’ego na emeryturę w 1987 r. do Zakładu Żywienia Zwierząt włączono pracowników Zakładu Fizjologii Zwierząt, tworząc Zakład Żywienia i Fizjologii Zwierząt. W połowie lat 90. do Zakładu Żywienia został włączony zespół żywieniowy z byłego Zakładu Doświadczalnego Czechnica pod kierunkiem prof. Adolfa Korniewicza. Kierownictwo Zakładu Żywienia Zwierząt objął prof. dr hab. Jerzy Koreleski.

W 1974 r., wobec znacznego ograniczenia badań nad paszami objętościowymi i metodami ich konserwacji, staraniem prof. dr. hab. Adama Wiernego utworzono w Aleksandrowicach Zakład Paszoznawstwa. Badania z tego

zakresu prowadzono ponadto w Zakładach Doświadczalnych Grodziec Śląski (prof. dr hab. Gustaw Michna, prof. dr hab. Czesława Klęczek, prof. dr hab. Karol Węglarzy), Pawłowice (dr hab. Romuald Ostrowski, dr Maria Daczewska), Lipowa (dr Eugeniusz Pasieka, dr Henryk Żywczok) i Czechnica (prof. dr hab. Jan Glapś, prof. dr hab. Adolf Korniewicz). Tematyka badawcza początkowo dotyczyła intensyfikacji produkcji pasz na trwałych i przemiennych użytkach zielonych (nawożenie, wypas, obsiew, dobór mieszanek traw oraz mieszanek traw i koniczyny białej na pastwiska dla krów, koni, owiec i kóz, zbiór i kisenie, produkcja siana). Prowadzono badania nad mineralnym żywieniem świń (prof. dr hab. Jerzy Okoński, dr Alfred Korzeniowski, Grodziec Śląski). W ZD Czechnica prowadzono badania weryfikujące przydatność w żywieniu zwierząt dodatków paszowych rejestrowanych przez Ministra Rolnictwa w okresie poprzedzającym wejście Polski do Unii Europejskiej. Wobec niedoboru pasz mineralnych w Polsce, prowadzono badania nad oceną przyswajalności i wykorzystaniem surowców mineralnych, w tym złóż dolomitu i magnezytu w żywieniu przeżuwaczy. Obydwa surowce mineralne były powszechnie stosowane jako nośniki mieszanek witaminowo-mineralnych (premiksov paszowych). Rozwijano współpracę z przemysłem tworzyw sztucznych nad uruchomieniem produkcji folii kiszonkarskiej, dotychczas nie wytwarzanej w kraju, współpracowano z przemysłem chemicznym i kopalnictwem soli dla modyfikowania składu lizawek solnych wzbogacanych w jod, selen i magnez, a także nad uruchomieniem produkcji mieszanek mineralnych wobec niedostatku tych pasz na rynku w tamtym czasie.

Dalszy rozwój Zakładu Paszoznawstwa nastąpił po 1992 r. po włączeniu do jego struktury pracowników byłego Zakładu Fizjologii Zwierząt i poszerzeniu zakresu kompetencji o zagadnienia jakości surowców pochodzenia zwierzęcego, co skutkowało zmianą nazwy na Zakład Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego. Działania poprzedzone były oddaniem do użytkowania w 1997 r. nowoczesnego zaplecza naukowo-badawczego w Aleksandrowicach, składającego się z wielofunkcyjnych pawilonów do badań paszowo-żywniowych, zasiedlonych kurami nioskami w systemie utrzymania klatkowego i ściółowego, kurczętami brojlerami, ubojni małych zwierząt wraz z komorami chłodniczymi oraz powiększonego laboratorium chemicznego i biochemicznego.

W Zakładzie Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego, a także w Zakładzie Żywnienia Zwierząt podjęto badania nad modyfikowaniem składu mleka, mięsa wołowego, jagnięcego, wieprzowego i jaj w celu wzbogacenia produktów pochodzenia zwierzęcego w składniki deficytowe o działaniu przeciwmiażdżycowym i prozdrowotnym, a także zapobiegającym schorzeniom tarczycy człowieka. Współpracując z Katedrą i Kliniką Endokrynologii Collegium Medicum UJ wykonano dwukrotnie w odstępie 5 lat monitoring zawartości jodu w mleku spożywanym w Polsce. Dzięki wdrożeniu produkcji lizawek solnych jodowanych (Kopalnia Soli Kłodawa S.A.), a także

korekcie zawartości jodu w premiksach paszowych podwyższono zawartość jodu w mleku spożywym w Polsce z 40–50 µg/l do 140–200 µg/litr, co zostało stałym elementem programu zwalczania schorzeń niedoboru jodu w Polsce, a upowszechnione zostało do szerszego stosowania w świecie poprzez WHO ONZ (Brzóska i in., 2009; Śliwiński i in., 2015). Zagadnienie to ma istotne znaczenie ze względu na rolę jodu w intelektualnym rozwoju dzieci w okresie pre- i postnatalnym, a także na potrzebę wysycenia gruczołu tarczycy jodem. Zmniejsza to częstotliwość występowania guzkowatości i nowotworów gruczołu tarczycy.

Sukcesem zakończyły się badania nad opracowaniem technologii chronienia białka śruty sojowej i śruty rzepakowej przed nadmiernym rozkładem żwaczowym, a także nad otrzymywaniem sypkiego tłuszczu paszowego, szczególnie przydatnego w żywieniu przeżuwaczy.

Zbliżona tematyka badawcza w Zakładzie Żywienia Zwierząt oraz Zakładzie Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego skłoniła dyrekcję Instytutu Zootechniki PIB do połączenia w 2002 r. obu zakładów. W rezultacie został utworzony Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa. Kierownictwo powierzono prof. dr. hab. Franciszkowi Brzósce. W 2015 r. kierownictwo Działu objął prof. dr. hab. Sylwester Świątkiewicz, a w 2017 r., po zmianie dyrekcji Instytutu, na kierownika wyznaczono dr. hab. Marka Pieszkę. Wkrótce po połączeniu, ze struktury Działu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa wyłączono laboratorium chemiczne w Aleksandrowicach, zaplanowane w czasie budowy na potrzeby obu połączonych zakładów naukowych, co ograniczyło realizację zaplanowanego zakresu badań. Po akredytacji Centralnego Laboratorium, a także Krajowego Laboratorium Pasz IZ PIB w Lublinie, Ustawą Paszową z 2001 r. obie jednostki włączono do sieci laboratoriów referencyjnych Ministerstwa Rolnictwa w zakresie składu chemicznego i jakości pasz.

W latach 1950–2020 w ramach specjalizacji naukowej żywienie zwierząt i paszoznawstwo w Instytucie Zootechniki trwały rozwój kadry naukowej. W tym okresie stopnie doktora nauk rolniczych uzyskało około 60 osób, a doktora habilitowanego 18 osób. W latach 1950–2020 w Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa tytuły profesorów nauk rolniczych uzyskało 18 osób: Rajmund Ryś, Adam Wierny, Jerzy Koreleski, Anna Antoniewicz, Paweł Pisulewski, Franciszek Brzóska, Tadeusz Barowicz, Juliusz Strzetelski, Barbara Kamińska, Jerzy Urbańczyk, Mariusz Pietras, Beata Szymczyk, Sylwester Świątkiewicz, Ewa Hanczakowska, Krzysztof Bilik, Barbara Niwińska, Małgorzata Świątkiewicz, Marek Pieszka. W zakładach doświadczalnych Instytutu tytuły profesorów nauk rolniczych uzyskali Jerzy Okoński, Gustaw Michna, Adolf Korniewicz, Jan Głapś i Czesława Klęczek, specjalizujący się w badaniach z zakresu żywienia zwierząt i paszoznawstwa. Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa w latach 2010–2015 posiadał najliczniejszą kadre

samodzielnych pracowników naukowych, zasilając 30-osobową Radę Naukową Instytutu 5–7 członkami z wyboru.

Dobre zaplecze badawcze Działu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, współpraca z zakładami doświadczalnymi oraz kontakty z rolnictwem i przemysłem pozwalały na realizowanie badań naukowych oraz sprawdzanie wyników w skali produkcyjnej i ich upowszechnianie w praktyce. Pracownicy naukowcy brali udział w programach szkoleniowych finansowanych ze środków pomocowych Unii Europejskiej. Pozyskano w drodze konkursów Komitetu Badań Naukowych i zrealizowano 41 projektów badawczych na kwotę około 12,5 mln zł, szkolono służby doradztwa rolniczego i rolników w różnych regionach kraju.

Ważnym elementem rozwoju naukowego pracowników Działu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa były comiesięczne seminaria naukowe dla referowania planów i sprawozdań tematów/zadań badawczych oraz projektów i sprawozdań z grantów Komitetu Badań Naukowych. Począwszy od 1950 r. wyniki badań zamieszczono w ponad 2 tys. oryginalnych prac naukowych, monograficznych i przeglądowych. Opublikowano ponad 3,5 tys. artykułów popularnonaukowych, materiałów szkoleniowych i ulotek informacyjnych. Opracowano i przekazano praktyce rolniczej ponad 110 instrukcji wdrożeniowych i upowszechnieniowych. Część z nich została wdrożona w przemyśle, a większość była upowszechniana poprzez wielonakładowe wydawnictwa własne Instytutu Zootechniki. Samodzielni pracownicy Zakładu są autorami/współautorami krajowych i zagranicznych wydawnictw monograficznych, podręczników i książek z dziedziny paszoznawstwa i żywienia zwierząt. Prace publikowano w krajowych czasopismach rolniczych z Listy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, a po 1990 r. również w wysoko indeksowanych czasopismach zagranicznych. Czasopismo Instytutu Zootechniki – *Annals of Animal Science*, którego Redaktorem Naczelnym jest pracownik Zakładu Żywienia i Paszoznawstwa prof. dr hab. Sylwester Świątkiewicz, osiągnęło najwyższą ocenę spośród krajowych czasopism zootechnicznych. Dorobek Zakładu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa to również kilkanaście patentów, setki wykładów i szkoleń kadry inżynierskiej, służb doradztwa rolniczego i rolników, a ponadto ekspertyzy, wykłady i szkolenia wykonywane na potrzeby Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Pracownicy Instytutu Zootechniki specjalizujący się w badaniach z zakresu żywienia zwierząt i paszoznawstwa przebywali na długoterminowych zagranicznych stażach naukowych. Na stażach naukowych przebywali: Jerzy Okoński i Adam Wierny (New York University, Uniwersytet im. Humbolta w Berlinie) oraz Henryk Ostrowski, Jerzy Koreleski, Barbara Z. Kamińska, Anna Antoniewicz, Paweł Pisulewski, Franciszek Brzóska, Marek Pieszka i Robert Gąsior (FAO Rzym, Cambridge University i Research Dairying Reading, Washington State University, Minnesota State University, Edinburg University, INRA Francja, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht

Grub, Uniwersytet Hebrajski). Pracownicy Działu/Zakładu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa byli uczestnikami ponad 90 międzynarodowych zjazdów i konferencji naukowych, przedstawiając referaty i komunikaty naukowe.

W ostatniej dekadzie znacznie pogorszyły się warunki do prowadzenia badań naukowych z zakresu praktycznego żywienia zwierząt i paszoznawstwa w Instytucie Zootechniki. W tym czasie nastąpiła zmiana sposobu finansowania badań naukowych, m.in. środki na badania naukowe w podległych instytutach odebrano Ministrowi Rolnictwa, a powierzono Ministrowi Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz wprowadzono parametryzację jednostek naukowo-badawczych. Wymusiło to odejście od zagadnień utylitarnych, a skierowanie tematyki badawczej na badania podstawowe, w mniejszym stopniu posiadające znaczenie praktyczne, na potrzeby publikacji w czasopismach wysoko indeksowanych. Ponadto, Zakłady doświadczalne Instytutu podjęły modernizację budynków inwentarskich mając na względzie cele hodowlane i produkcyjne. Ograniczeniu lub likwidacji uległo zaplecze techniczne do badań żywieniowych na bydło i świniami w Lipowej, Czechnicy i Brzeziu. Zmniejszeniu uległ stan osobowy Zakładu z przyczyn naturalnych i przejścia na emeryturę samodzielnych pracowników naukowych. Pomimo pogarszających się warunków do prowadzenia badań naukowych z zakresu żywienia zwierząt i paszoznawstwa, osiągnięcia naukowe ostatnich 10 lat mierzone pracami naukowymi w czasopismach indeksowanych pozwoliły wysunąć się Zakładowi Żywienia Zwierząt na pierwsze miejsce w Instytucie Zootechniki PIB pod względem dorobku publikacyjnego, przy czym znaczący jest także dorobek badań o znaczeniu praktycznym, na które oczekuje Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. W krótkim opracowaniu nie mieszczą się wszystkie osiągnięcia utylitarne Zakładu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, stąd wymienię kilkanaście najważniejszych:

Żywienie drobiu:

- Opracowano żywieniową metodę zmniejszenia udziału cholesterolu w żółtku jaj kurzych;
- Opracowano skład koncentratu barwnikowo-tłuszczowego polepszającego zabarwienie żółtka jaja;
- Opracowano wskazania wykorzystania w żywieniu drobiu wywarów zbożowych z produkcji etanolu paliwowego, a także wskazania dotyczące poprawy zwiększenia wytrzymałości skorupy jaj i zmniejszenia ich strat;
- Wskazano na możliwość wzbogacania mięsa kurcząt w nienasycone kwasy tłuszczowe i witaminę E oraz przeciwdziałania procesom utleniania lipidów;
- Wykazano, że jakkolwiek zwiększenie poziomu nienasyconych kwasów tłuszczowych w jajach, mleku i mięsie zwierząt ma znaczenie

prozdrowotne, to wiąże się z ryzykiem powstawania utlenionych form cholesterolu, niebezpiecznych dla zdrowia człowieka;

- Opracowano i wdrożono do produkcji metodę otrzymywania i stosowania naturalnego zestawu ekstraktów ziołowych jako alternatywnego środka do kokcydiostatyków chemicznych u drobiu;
- Wykazano celowość stosowania enzymu paszowego fitazy w mieszankach paszowych dla drobiu;
- Opracowano zalecenia wykorzystania nasion soi n-GMO z upraw krajowych, poddanych tłoczeniu i ekstruzji, w żywieniu kurcząt brojlerów jako substytutu poekstrakcyjnej śrutu sojowej GMO, z określeniem optymalnych ilości w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów;
- W oparciu o badania składu chemicznego i wartości pokarmowej materiałów paszowych, a także wiedzę o zapotrzebowaniu drobiu na składniki pokarmowe od 1960 do 2019 r. brano udział w opracowaniu zaleceń (norm) żywienia drobiu. Ostatnią edycję zaleceń żywienia drobiu oparto o aminokwasy strawne mieszanek paszowych na podstawie wyników wieloletnich badań pracowników Zakładu prowadzonych w tym zakresie.

Żywnienie świń:

- Określono wartość energetyczną mieszanek paszowych natłuszczanych olejami roślinnymi i sposób ich wykorzystania w żywieniu świń;
- Określono wartość pokarmową i odżywczą nasion roślin bobowatych (groch, łubin) stosowanych wraz z paszami rzepakowymi w żywieniu świń jako alternatywa dla poekstrakcyjnej śrutu sojowej GMO;
- Opracowano skład ekstraktów ziołowych stosowanych jako przeciwutleniacze w żywieniu tuczników jako alternatywa do przeciwutleniaczy syntetycznych;
- Opracowano receptury mieszanek paszowych nie zawierających białka zwierzęcego i wdrożono je do produkcji;
- Opracowano metody wykorzystania produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego w żywieniu świń;
- Badano dodatki paszowe pełniące rolę zamienników antybiotyków paszowych oraz dodatki korzystnie modyfikujące jakość mięsa;
- Badano dodatki paszowe stymulujące rozwój przewodu pokarmowego i efektywność trawienia oraz kształtujące status zdrowotny prosiąt w okresie okołoodsadzeniowym;
- Badano wpływ pasz modyfikowanych genetycznie na produktywność, status zdrowotny oraz transfer transgenicznego DNA do tkanek.

Żywnienie przeżuwaczy:

- Wdrożono nowoczesny system normowania pasz i żywienia przeżuwaczy (bydło, owce, kozy) oparty o białko nierozkładalne w żwacu, adaptując francuski system INRA do warunków krajowych;
- Opracowano zasady skarmiania azotu niebiałkowego (mocznika), jako uzupełnienie azotu łatwo rozpuszczalnego w żwacu, dla stymulowania żwaczowej syntezy bakterii trawiennych;
- Opracowano metodę stosowania mączki keratynowej i chronionej metioniny w żywieniu wysokowydajnych krów i w odchowie cieląt;
- Opracowano zasady racjonalnego żywienia i odchovu cieląt na ograniczonych dawkach mleka i preparatach mlekozastępczych;
- Opracowano zasady żywienia krów wysokomlecznych od momentu zasuszania do wycielenia, a następnie w czasie wysokiej mleczności;
- Opracowano zasady żywienia krów ras mięsnych „mamek” i krów wybrakowanych „razówek” po jednorazowym wycieleniu;
- Opracowano zasady wzbogacania energetycznego dawek pokarmowych dla krów poprzez stosowanie sykiego tłuszczu paszowego nie trawionego w żwacu;
- Opracowano zasady produkcji i skarmiania mieszanin pasz PMR i TMR w żywieniu krów wysokomlecznych;
- W badaniach na zlecenie MRiRW wykazano, że stosowanie pasz zmodyfikowanych genetycznie (GMO) (kukurydza, poekstrakcyjna śruta sojowa) stosowanych w żywieniu przeżuwaczy, świń i drobiu jest równoważne do skarmiania pasz niezmodyfikowanych (n-GMO), a transgeniczne DNA ulega rozkładowi w żołądku właściwym i dwunastnicy zwierząt gospodarskich, nie przenika do tkanek, krwi, mięsa, mleka i jaj. Wyniki badań były głównym argumentem za podjęciem przez Sejm RP kilkukrotnej nowelizacji Ustawy Paszowej i odsunięciem zakazu stosowania pasz zmodyfikowanych genetycznie w żywieniu zwierząt.

Paszoznawstwo:

- Opracowano zasady racjonalnej produkcji pasz na trwałych i przemiennych użytkach zielonych oraz gruntach ornych, a także wykorzystania pasz objętościowych w żywieniu zwierząt;
- Opracowano zasady uprawy, zbioru i zakiszania sorga paszowego na kiszonkę w warunkach powiększającego się obszaru gleb suchych, przy deficycie opadów atmosferycznych w okresie wegetacji;
- Opracowano i wdrożono receptury wytwarzania folii kiszonkarskiej z polietylenu, odpornej na promieniowanie UV, do ochrony kiszonek przed stratami w silosach i przyzmach silosowych;

- Opracowano metody konserwacji wilgotnych zbóż paszowych (kiszenie, chemiczna konserwacja) i wykorzystania ich w żywieniu zwierząt;
- Opracowano metodę ochrony poekstrakcyjnych pasz wysokobiałkowych (śruta sojowa, śruta rzepakowa) przed rozkładem żwaczowym;
- Opracowano technologię wytwarzania suchego tłuszczu paszowego nie trawionego w żwaczu (rumen inert fat; baypas fat);
- Opracowano receptury lizawek solnych, zawierających m.in. jod, selen i magnez, do żywienia przeżuwaczy i koni, wdrożono ich produkcję z przeznaczeniem na kraj i eksport (Kopalnia Soli Kłodawa S.A.);
- Opracowano i wdrożono technologię pozyskiwania, przerobu i wykorzystania w żywieniu przeżuwaczy węgla wapniowo-magnezowego i węgla magnezowego jako źródła wapnia i magnezu dla przeżuwaczy (Górnice Zakłady Dolomitowe Bytom, Kopalnia Siersza);
- Zwiększono poziom jodu w mleku spożywczym w Polsce jako działanie prozdrowotne w zwalczaniu niedoboru jodu w diecie człowieka i schorzeń gruczołu tarczycy.

Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, w opinii środowiska naukowego, zapisał piękną kartę w historii 70 lat pracy Instytutu Zootechniki dla dobra produkcji zwierzęcej w Polsce. Nasuwa się pytanie, czy jest możliwość podtrzymania dobrych tradycji? Rola pasz i żywienia zwierząt w produkcji zwierzęcej będzie rosła. Wraz z postępowaniem hodowlanym maleje zużycie pasz na jednostkę produktu zwierzęcego, zwiększa się zapotrzebowanie zwierząt gospodarskich na energię, aminokwasy strawne, witaminy i składniki mineralne. Rośnie zapotrzebowanie na pasze wysokobiałkowe, przy stałych ich zasobach w świecie i rosnącej konsumpcji. Zwraca się uwagę na otrzymywanie produktów, mleka, mięsa i jaj o działaniu prozdrowotnym dla konsumenta. Niewątpliwie istotną potrzebą jest również uniezależnienie się od importu pasz wysokobiałkowych poprzez badania nad produkcją krajową i nowymi technologiami przetwarzania wysokobiałkowych materiałów paszowych. Stwarza to nowe wyzwania i pola badawcze na nadchodzące lata. Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa nie rozwiąże tych problemów samodzielnie. Konieczna jest współpraca z innymi instytutami podległymi Ministerstwu Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz spółkami skarbu państwa zajmującymi się hodowlą roślin i przemysłem paszowym. Dobrym przykładem wymagającym kontynuacji jest opracowanie i wydanie przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa wraz z Instytutem Zootechniki w latach 1995–2015 wielostronicowych i wielonakładowych ponad 40 instrukcji upowszechnieniowych, obejmujących zagadnienia uprawy, ochrony, zbioru, konserwacji i wykorzystania pasz krajowych w żywieniu zwierząt. Konieczne jest nawiązanie współ-

pracy z placówkami naukowymi zajmującymi się żywieniem zwierząt i paszoznawstwem w kraju i za granicą, a także stworzenie systemu naukowych staży zagranicznych dla osób przed i po doktoracie.

Piśmiennictwo

- Brzóska F. (1996). Zakład Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego. W: Instytut Zootechniki 1950–1995. Praca zbiorowa pod red. S. Płonki. Wyd. Oficyna Cracovia, Kraków, ISBN 83-86957-15-8.
- Brzóska F., Szybiński Z., Śliwiński B. (2009). Iodine concentration in Polish milk: variation due to season and region. *Polish J. Endocrinol.*, 60, 6: 449–454.
- Koreleski J. (2000). Zakład Żywności Zwierząt. W: Instytut Zootechniki 1950–2000. Praca zbiorowa pod red. S. Płonki. Wyd. poprawione i uzupełnione, Instytut Zootechniki, Kraków, ISBN 83-88253-65-4.
- Śliwiński B., Brzóska F., Szybiński Z. (2015). Iodine concentration in Polish consumer milk. *Ann. Anim. Sci.*, 2015, 3: 799–810.

Badania nad czynnikami żywieniowymi wspomagającymi efektywność wychowu i rozwój cieląt

Barbara Niwińska

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Instytut Zootechniki od początku istnienia obejmował programem naukowo-badawczym identyfikację fizjologicznych i praktycznych aspektów żywienia zwierząt przeżuwających. Znaczenie tego obszaru zagadnień naukowych zostało potwierdzone wyodrębnieniem w 1975 r. w strukturze Pracowni Doświadczalnictwa Żywieniowego Instytutu Zootechniki – Zespołu Pracowników zajmujących się żywieniem tej grupy zwierząt, uwzględniających w swych badaniach szczególnie zagadnienia związane z gospodarczo ważnym w Polsce bydlęciem. Zarówno na początku swej działalności, jak i obecnie Zespół realizuje kierunek badań naukowych zmierzających do określenia czynników żywieniowych optymalizujących efektywność wychowu i rozwój cieląt w pierwszych tygodniach życia oraz wartość dietetyczną cielęciny. Przedstawione opracowanie prezentuje najważniejsze osiągnięcia Zespołu Pracowników zajmujących się żywieniem cieląt.

Czynniki żywieniowe wspomagające efektywność wychowu cieląt

Przyjmując jako cel znalezienie odpowiedzi na pytanie, jak wykorzystać czynniki żywieniowe we wspomaganiu efektywności wychowu cieląt – efektywności charakteryzowanej minimalizacją zużycia składników pokarmowych pasz przy maksymalizacji uzyskiwanych przyrostów masy ciała – w prowadzonych badaniach przyjęto jako kluczowe dwa aspekty.

Pierwszy aspekt realizowanych badań stanowiła ocena przydatności różnych komponentów paszowych w prawidłowym pokryciu potrzeb pokarmowych cieląt w pierwszych tygodniach ich życia. Pierwsze tygodnie życia to okres intensywnego rozwoju funkcjonalnego przewodu pokarmowego, od zdolności trawienia wyłącznie produktów płynnych do trawienia pasz stałych we w pełni rozwiniętym żwaczu, o stabilnym środowisku i stabilnej populacji mikrobiologicznej. Do czasu uzyskania zdolności trawiennych właściwych dla dojrzałego przeżuwacza podstawowym pokarmem cieląt są pasze płynne: siara, krowie mleko lub pójło z preparatów mlekozastępczych (PM). Pomimo że mleko krowie najlepiej pokrywa potrzeby pokarmowe rosnących cieląt, to

jednak ze względów ekonomicznych ponad 80% z nich jest karmione tańszymi od mleka PM, zawierającymi białka roślinne. Stwierdzenie, że zastąpienie 60% białka mleka białkiem soi w składzie izo-białkowego w stosunku do mleka PM obniża o 28% przyrosty masy ciała cieląt (Niwińska i Strzetelski, 2005) dało podstawę do postawienia pytania, jak można udoskonalić dostępność składników pokarmowych, a zatem wartość pokarmową PM. Przyjęto założenie, że w poprawie wartości pokarmowej PM, obok składu komponentowego, czynnikami modulującym są koncentracja białka ogólnego (BO), energii brutto (EB) i składników mineralnych. Wyniki badań prowadzonych na cielętach w okresie wychowu od 7. do 56. dnia życia wskazały, że równoczesne wzbogacenie składu PM w BO (z 220 do 290 g) i EB (z 21 do 23 MJ) w kg suchej masy (SM) poprawia średnio o 20% dzienne przyrosty masy i wymiarów ciała cieląt (Niwińska i Bilik, 2012). W badaniach nad wpływem składu mineralnego analizowano związek między efektywnością wychowu cieląt a wartością bilansu kationowo-anionowego (BKAP) w kg SM paszy, wyrażającą liczbowo w *miligramorównowaznikach* (mEq) przewagę sumy kationów sodowych i potasowych (dodatnia wartość), przewagę sumy anionów chlorkowych i siarczanowych (ujemna wartość) lub ich równowagę (wartość = 0). Wykazano, że szybszy wzrost masy ciała i niższe zużycie pasz na uzyskany przyrost masy ciała charakteryzuje cielęta otrzymujące PM o przewodzie 200 mEq kationów w porównaniu do cieląt karmionych PM o obojętnym BKAP (Niwińska, 2006). Niezależnie od wielokierunkowych prac badawczych nad składem pasz płynnych prowadzono badania nad składem i strukturą mieszanek treściwych starterowych (MTRs) przeznaczonych do karmienia cieląt od pierwszych dni życia. W okresie realizacji badań, a także obecnie w składzie MTRs jako podstawowe źródło białka ogólnego (BO) znajduje zastosowanie importowana poekstrakcyjna śruta sojowa (PSS). Już w latach 90. ubiegłego stulecia badania nad składem komponentowym MTRs dotyczyły możliwości zastąpienia PŚS krajowymi paszami białkowymi. Wykazano, że równowartościowe pod względem zdolności pokrycia zapotrzebowania na składniki pokarmowe rosnących cieląt są mieszanki starterowe, w których BO pochodzące z PŚS zastępowano w 35% BO pochodzącym z mieszaniny (w proporcji 40: 30: 30) nasion bobiku, łubinu i rzepaku (Strzetelski i in., 1996) lub w 50% białkiem wytlóków z nasion wiesiołka (Strzetelski i in., 1998), ewentualnie w 30% białkiem nasion niskokaloidowych odmian łubinu (Niwińska i Bilik, 2001), a także w 25% BO pochodzącym z wytlóków rzepakowych uzyskanych w technologii „tłoczenia oleju na zimno” z nasion niskiokrocznych, niskoglukozynolanowych i jasnosiennych odmian rzepaku (Niwińska i in., 2001). Wykazano także, że bardziej korzystne dla efektywności wychowu cieląt jest wprowadzenie do składu MTRs ziarna zbóż w formie gniecionej w porównaniu do formy śrutowanej.

Drugim aspektem prowadzonych badań była analiza przydatności różnych systemów żywienia. Oceniano wpływ ilości podawanych pasz płynnych

oraz częstotliwości posiłków. Od lat 90. w bilansowaniu składników pokarmowych dawek pasz płynnych w celu pokrycia zapotrzebowania rosnących cieląt stosowano francuskie normy (IZ-INRA, 1993, kolejne wydania 2009, 2011 i 2014). Jednak, w naszych badaniach uzyskano wyniki wskazujące, że cielęta otrzymujące dawki zgodne z obowiązującymi zaleceniami żywienia uzyskiwały w dniu zakończenia podawania pasz płynnych niższą o 11,5 kg masę ciała niż te, które otrzymywały nieograniczone dawki pójła, a mimo różnic w uzyskiwanych przyrostach cielęta charakteryzowało podobne zużycie składników pokarmowych na przyrosty masy ciała (Niwińska i in., 2004). Wyniki badań wykazały, że czynnikiem ograniczającym jest ilość dostępnych składników pokarmowych. Chociaż, zgodnie z opinią sięgającą lat 50. ubiegłego wieku, ograniczanie ilości podawanego pójła z PM powinno stymulować zwierzęta do pobierania MTRs oraz przyczyniać się do szybkiego rozwoju fermentacji mikrobiologicznej w żwaczu poprawiającej zużycie składników pokarmowych pasz stałych, wyniki nie potwierdziły tej zależności (Niwińska i Strzetelski, 2004). Wbrew utartym poglądom, wykazano bardziej efektywne zużycie MTRs przez cielęta karmione do woli niż cielęta otrzymujące dawki ograniczone, co wskazywało na bardziej ustabilizowaną fermentację mikrobiologiczną żwacza i lepsze wykorzystanie produktów tej fermentacji przez organizm cielęcia żywionego do woli paszą płynną. Potwierdziły także pogląd, że rzeczywiste potrzeby pokarmowe cieląt aktualnie użytkowanego w Polsce bydła są wyższe niż przyjęte w ówczesnych zaleceniach żywienia bydła (Niwińska, 2009). Równoległe do badań nad ilością, prowadzono prace nad częstotliwością podawania paszy płynnej. Wyniki wykazały, że trzykrotne podawanie pójła poprawia przyrost masy ciała oraz zużycie składników pokarmowych na uzyskany przyrost w porównaniu z jednokrotnym karmieniem (Niwińska i Strzetelski, 2005). Dodatkowo wykazano, że te cielęta, które karmiono częściej, charakteryzowało wyższe pobranie MTRs i równocześnie bardziej efektywne zużycie składników pokarmowych na przyrost masy ciała.

Wyniki wykonanych badań nad żywieniowym wspomaganiami osiągniętych przyrostów masy ciała i poprawą zużycia pasz na przyrosty masy ciała cieląt wykazały, że w pierwszych tygodniach życia podstawowym źródłem składników pokarmowych są pasze płynne, a ograniczanie poziomu żywienia tymi paszami hamuje wzrost i rozwój cieląt, m.in. również z powodu zahamowania rozwoju i stabilizacji fermentacji mikrobiologicznej w rozwijającym się żwaczu. Badania nad optymalizacją składu pasz płynnych wykazały, że czynnikami wpływającymi na skuteczność zastąpienia w żywieniu cieląt mleka krowiego przez PM są: koncentracja w nim BO, EB i wartość BKAP. Badania nad składem MTRs wykazały możliwość częściowego zastąpienia importowanej poekstrakcyjnej śrutu sojowej nasionami krajowych pasz białkowych.

Czynniki żywieniowe wspomagające wartość dietetyczną cielęciny

Mięso cielęce charakteryzuje wysoka wartość dietetyczna ze względu na dużą biodostępność składników pokarmowych w żywieniu człowieka. W ocenie konsumenta atrakcyjność mięsa cielęcego podnosi prozdrowotny skład tłuszczu. Akceptacja dotyczy zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych o udowodnionej roli prozdrowotnej, w tym szczególnie z grupy sprzężonych izomerów kwasu linolowego (CLA) oraz najważniejszego z tej grupy kwasu żwaczowego (izomer *cis-9, trans-11* sprzężonego kwasu linolowego). Wykazano, że profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu śródmięśniowym cieląt nieprzeżuujących zależy od składu tłuszczu pójła; wyższa zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu śródmięśniowym mięśni jest w prostej dodatniej zależności z ich zawartością w PM (Niwińska i in., 2003). Dodatkowo wykazano, że jakościowy skład kwasów tłuszczowych jest modulowany w procesie desaturacji przez endogenne enzymy wprowadzające podwójne wiązanie pomiędzy atomami węgla w łańcuchach kwasów tłuszczowych. We wzbogacaniu tłuszczu w mięśniach cieląt w najważniejszy z grupy CLA kwas żwaczowy znaczącą rolę pełni Δ^9 -desaturaza (Niwińska, 2010). Jej aktywność zależy od rasy bydła oraz dostępności substratu reakcji, który stanowi kwas wakcenowy (*trans-11* kwasu oleinowego). Wykazano, że jeśli zawartość kwasu wakcenowego w kg SM PM wzrasta od 0,2 do 5,3 g, to udział kwasu żwaczowego w składzie kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego mięśni cieląt rasy holsztyńsko-fryzyjskiej wzrasta 3-krotnie, a mięśni cieląt rasy simentalskiej 10-krotnie (Niwińska i in., 2009 a,b). U cieląt starszych, które pobierają pasze stałe podlegające przemianom fermentacyjnym w żwaczu, źródłem CLA w tłuszczu śródmięśniowym mięśni jest synteza mikrobiologiczna, a głównym substratem tej syntezy jest kwas linolowy zawarty w MTRs. Bogate źródło kwasu linolowego stanowią nasiona lnu. Wykazano, że u cieląt w wieku 90 dni, otrzymujących MTRs z udziałem nasion lnu, tłuszcz mięśnia *M. thoracis* jest bogatszy w CLA w porównaniu do tłuszczu cieląt karmionych mieszanką paszową bez dodatkowego źródła kwasu linolowego. Wykazano także, że więcej CLA zawiera tłuszcz śródmięśniowy w mięśniach cieląt otrzymujących nasiona odmiany Linola w porównaniu do zawartości w mięśniach cieląt, którym podawano nasiona lnu odmiany Opal o niższej zawartości kwasu linolowego (Strzetelski i in., 2003). Wyniki wykazały, że optymalna poprawa wartości dietetycznej wymaga doboru właściwego źródła kwasu linolowego MTRs.

Badania nad czynnikami żywieniowymi optymalizującymi wartość odżywczą cielęciny wskazują, że profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu mięśni cieląt można modulować składem i ilością kwasów tłuszczowych zawartych w paszy. Dodatkowym czynnikiem modulującym jest aktywność endogennych desaturaz w mięśniach cieląt.

Czynniki żywieniowe wspomagające rozwój cieląt

Prawidłowy rozwój cieląt w pierwszych tygodniach życia w znacznym zakresie warunkuje uzyskanie optymalnej efektywności produkcji bydłociej. W prowadzonych badaniach analizowano skuteczność oddziaływania wybranych czynników żywieniowych na rozwój funkcjonalny przewodu pokarmowego, budowę kośćca oraz wzrost gruczołu mlekowego.

Możliwość stymulacji rozwoju przewodu pokarmowego cieląt analizowano w aspekcie oceny wpływu czynników żywieniowych na rozwój fermentacji mikrobiologicznej oraz rozwój funkcjonalny przewodu pokarmowego, analizując związek stymulacji rozwoju z poprawą efektywności wychowu. Wraz ze wzrastającą obecnością paszy stałej i specyficznego biotopu mikroorganizmów w przewodzie pokarmowym, szczególnie w żwaczu, następuje rozwój fermentacji mikrobiologicznej zwiększający koncentrację lotnych kwasów tłuszczowych (LKT), produktów przemian mikrobiologicznych włókna, skrobi i białka pasz stałych. LKT, wchłaniane i transportowane do krwiobiegu stanowią główny substrat przemian energetycznych całego organizmu, a u dorosłego bydła pokrywają 80% zapotrzebowania energetycznego. W prowadzonych badaniach analizowano wpływ czynników żywieniowych na wskaźniki fizjologiczne i anatomiczne przewodu pokarmowego. Jako wskaźniki fizjologiczne przyjęto koncentrację LKT w treści wybranych odcinków przewodu pokarmowego, ze szczególnym uwzględnieniem koncentracji kwasu masłowego (LKT-M). Wzrost koncentracji LKT-M jest łączony z jego korzystnym wpływem na proliferację komórek nabłonka bezpośrednio poprzez przyspieszenie cyklu podziału komórkowego (Niwińska i in., 2017). Oceniano wpływ rodzaju i częstotliwości karmienia paszą płynną na koncentrację LKT-M w treści żwacza cieląt w wieku 36 i 60 dni (Niwińska i Strzetelski, 2005). Stwierdzono, że w treści żwacza cieląt w wieku 36 i 60 dni koncentracja LKT-M jest wyższa u zwierząt karmionych mlekiem krowim w porównaniu do obserwowanej u karmionych PM, w którym 60% białka zastąpiono białkiem soi. Równocześnie wykazano, że karmienie 3-krotnie paszą płynną w ciągu dnia zwiększa koncentrację LKT-M w porównaniu do stwierdzonej u cieląt otrzymujących jednorazowy posiłek. Jako wskaźniki anatomiczne przyjęto masę ścian wybranych odcinków przewodu pokarmowego i wymiary struktur zwiększających zdolność śluzówki do pełnienia funkcji wchłaniania i transportu w żwaczu brodawek żwaczowych, w dwunastnicy kosmków jelitowych. Nie stwierdzono wpływu rodzaju paszy płynnej na masę ścian i wymiary struktur śluzówki żwacza oraz dwunastnicy (Niwińska i Strzetelski, 2005; Niwińska, 2005). W cytowanych badaniach wykazano, że zwiększenie częstotliwości karmienia paszami, niezależnie od ich rodzaju, wpływa korzystnie na wzrost wysokości brodawek żwaczowych i kosmków jelitowych u cieląt w 36. dniu życia. Obserwowany wzrost powierzchni chłonnej żwacza i dwunastnicy w warunkach prowadzonych badań nie poprawił zu-

życia paszy na kg przyrostu masy ciała. Poszukiwano wyjaśnienia mechanizmów, w których dodatki głównych substratów przemian metabolicznych komórek nabłonkowych modulują funkcję chłonną organów. Badano wpływ maślanu sodu, glutaminy, glukozy lub kombinacji tych dodatków. Stwierdzono, że w porównaniu do cieląt nie otrzymujących dodatków kombinacja maślanu sodu z glutaminą zwiększa aktywność genu receptora 1 czynnika wzrostu fibroblastów białkowych (gen *FGFR1*), związanego z procesem proliferacji komórek w nabłonku żwacza, natomiast kombinacja maślanu sodu z glutaminą i glukożą zwiększa aktywność genu transportera glukozy/fruktozy z rodziny 2 członek 5 (gen *SLC2A5*), związanego z przemianami energetycznymi tych komórek (Niwińska i in., 2015 a,b). Ocena wpływu dodatków maślanu sodu, glutaminy lub glukozy na efektywność wychowu cieląt wykazała, że wyższa efektywność wychowu charakteryzuje cielęta z grupy otrzymującej dodatek maślanu sodu w porównaniu do grupy kontrolnej i grup otrzymujących pozostałe dodatki (Niwińska i in., 2011).

Optymalny wzrost i mineralizacja kośćca w okresie pierwszych tygodni wychowu cieliczek ras mlecznych wpływa na przyszłą zdrowotność wysokowydajnych krów mlecznych w pierwszym okresie laktacji, w którym kośćce stanowi rezerwuuar wapnia uruchamianego na potrzeby wysokiej produkcji mleka. Wspomaganie żywieniowe analizowano w aspekcie analizy wpływu na takie wskaźniki, jak: wymiary ciała, masa wybranych kości i ich skład mineralny. Stwierdzono, że wzrost zawartości BO z 220 g do 290 g w kg SM PM zwiększa o 20% dzienne przyrosty wysokości w kłębie cieliczek (Niwińska i Bilik, 2012). Wykazano także, że karmienie cieląt PM o wartości +200 mEq BKAP i zawartości 15–20 g wapnia w kg SM w porównaniu do PM o wartości neutralnej BKAP i zawartości 10 lub 15–20 g wapnia wpływa korzystnie na masę kości, grubość warstwy tkanki kostnej zbitą w strukturze kości i zawartość SM, BO oraz popiołu, a równocześnie obniża wydalanie fosforu w moczu (Niwińska, 2006).

Rozwój gruczołu mlekowego (GM) stanowi przedmiot intensywnych badań naukowych. Aktualne wyniki sugerują, że jest on ważnym czynnikiem wydajności mlecznej krów. Rozwój ten jest efektem współdziałania informacji biologicznej zawartej w DNA z programowaniem metabolicznym w pierwszych tygodniach życia cieliczek. Programowanie metaboliczne jest definiowane jako sterowanie rozwojem i funkcjonowaniem organu poprzez dostępność składników pokarmowych. W strukturze GM wyodrębnia się nabłonkową tkankę wydzielniczą budującą pęcherzyki mleczne oraz tkankę tłuszczową budującą wyściółkę otaczającą pęcherzyki. Rozwój i funkcjonowanie gruczołu mlekowego w każdym okresie życia wysokowydajnej krowy są związane ze wzajemnym oddziaływaniem tych tkanek, jednak mechanizm tych zależności nie został dotychczas wyjaśniony. W ramach realizacji zadania statutowego Instytutu Zootechniki PIB pt. „**Czynniki żywieniowe warun-**

kujące wydajność i zdrowotność zwierząt przeżuujących” w 2017 r. rozpoczęto badania nad wpływem poziomu żywienia na rozwój gruczołu mlekowego cieliczek wysokowydajnych ras mlecznych. Uzyskane wstępne wyniki wykazały, że u cieliczek rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej w okresie wychowu od 14. do 60. dnia życia poziom żywienia PM kształtuje wzrost masy i zmienia skład chemiczny tkanek gruczołu mlekowego. Wskazały także, że wzrost gruczołu mlekowego w tym okresie rozwoju jest allometryczny i wyższy w porównaniu do wzrostu masy ciała oraz masy innych organów (śledziony, serca, wątroby, nerek, ścian żwacza-czepca, dwunastnicy, jelita czczego i ślepego). Bardziej kompleksowa ocena będzie możliwa po zakończeniu obecnie wykonywanych pomiarów zmian morfometrycznych struktury tkankowej GM oraz analiz mechanizmów epigenetycznych i zmian w poziomie ekspresji genów. Zmiany ekspresji genów w odpowiedzi na czynnik żywieniowy, jakim jest poziom żywienia zamierza ocenić Zespół pracowników Zakładu Biologii Molekularnej Zwierząt IZ PIB.

Badania nad poszukiwaniem czynników żywieniowych wspomagających rozwój cieląt w pierwszych tygodniach życia obejmowały analizę stymulacji rozwoju funkcjonalnego przewodu pokarmowego oraz wzrostu i mineralizacji kośćca. Wykazano, że rodzaj paszy płynnej, częstotliwość posiłków oraz niektóre substancje stanowiące substraty przemian metabolicznych komórek nabłonkowych modulują fermentację mikrobiologiczną i/lub wzrost powierzchni chłonnej przewodu pokarmowego cieląt. Współdziałanie rozwoju przewodu pokarmowego z poprawą efektywności wychowu cieląt stwierdzono w wyniku zwiększenia częstotliwości posiłków oraz wprowadzenia dodatku maślanu sodu do składu PM. Wykazano, że zawartość BO i wartość BKAP charakteryzujące skład PM są przydatne w poprawie wzrostu i mineralizacji kośćca cieliczek. Wyzwanie przyszłości stanowi kompleksowa ocena wspomagania rozwoju gruczołu mlekowego przez czynniki żywieniowe.

Podsumowanie

Postęp prac hodowlanych nad doskonaleniem populacji bydła, zwiększając jego potencjalne możliwości produkcyjne, równocześnie zwiększa jego wymagania żywieniowe. Wychodząc naprzeciw potrzebie poszerzania wiedzy na temat wyższych potrzeb pokarmowych udoskonalanego genetycznie bydła, na przestrzeni 70 lat funkcjonowania Instytutu Zootechniki realizowano badania nad wspomaganiem efektywności wychowu i rozwoju cieląt w pierwszych tygodniach ich życia, analizując i oceniając przydatność licznych czynników żywieniowych. W opracowaniu przedstawiono najważniejsze wyniki. W aktualnej ocenie wiele z nich wydaje się być oczywiste, ale w czasie ich rozwiązywania były nowatorskie. Należy podkreślić, że tematyka badań, tak w przeszłości jak i obecnie, jest zgodna z wiodącymi, światowymi kierunkami w dziedzinie nauk o zwierzętach (Pinotti i in., 2014).

Piśmiennictwo

- Niwińska B. (2005). Duodenal morphology in calves fed liquid diet with different frequency. *J. Anim. Feed Sci.*, 14, Suppl. 1: 291–294.
- Niwińska B. (2006). Wpływ bilansu kationowo-anionowego i zawartości wapnia w paszy na efektywność odchowu oraz przemiany składników mineralnych u cieląt w pierwszych trzech miesiącach życia. *Rocz. Nauk. Zoot., Monogr. Rozpr.*, 33, ISBN 8360127425, 86.
- Niwińska B. (2009). Wpływ poziomu żywienia i składu pasz płynnych na pokrycie potrzeb pokarmowych cieliczek ras mlecznych. *Post. Nauk Rol.*, 1: 107–116.
- Niwińska B. (2010). Endogenous synthesis of rumenic acid in humans and cattle. *J. Anim. Feed Sci.*, 19, 2: 171–182.
- Niwińska B., Bilik K. (2001). Seeds of Poland-grown lupin cultivars as replacer for soybean meal in diets for growing calves. *An. Anim. Sci.*, 1, 1: 97–103.
- Niwińska B., Bilik K. (2012). Effect of protein and energy concentration in milk replacers on rearing performance of heifer calves. *Ann. Anim. Sci.*, 12, 4: 525–537.
- Niwińska B., Strzetelski J.A. (2004). Effects of type of liquid feed and feeding frequency on calf performance. *J. Anim. Feed Sci.*, 13, Suppl., 1: 167–170.
- Niwińska B., Strzetelski J.A. (2005). Effects of type of liquid feed and feeding frequency on rumen development and rearing performance of calf. *Ann. Anim. Sci.*, 5, 1: 125–134.
- Niwińska B., Osieglowski S., Strzetelski P. (2001). Cakes from yellow- or dark-seeded rapeseed in diets for calves. *Ann. Anim. Sci.*, 1, 2, 89–97.
- Niwińska B., Strzetelski J.A., Bilik K., Pustkowiak H. (2003). The effect of dietary fat on the fatty acid composition of calves muscle fat. *Ann. Anim. Sci., Supl.*, 2: 51–57.
- Niwińska B., Strzetelski J., Bilik K. (2004). Performance of dairy calves given restricted vs. *ad libitum* amounts of milk replacer. *Ann. Anim. Sci., Suppl.*, 1: 321–326.
- Niwińska B., Migdał W., Pustkowiak H., Andrzejewski M. (2009 a). Delta-9-desaturase activity in Simmental calves dependent on t-11-vaccenic acid intake. *Mat. XXXVIII Sesji Naukowej KZZ KNZ, Balice, 28–29.05.2009*, ss. 195–198.
- Niwińska B., Migdał W., Pustkowiak H., Andrzejewski M. (2009 b). Effects of t-11-vaccenic acid intake on delta-9-desaturase activity in Polish Holstein-Friesian calves muscle. *Mat. XXXVIII Sesji Naukowej KZZ KNZ, Balice, 28–29.05.2009*, ss. 193–194.
- Niwińska B., Hanczakowska E., Węglarzy K. (2011). Efektywność wychowu cieląt otrzymujących pasze wzbogacone w glutaminę, glukozę lub maślan sodu. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 38, 1: 61–72.
- Niwińska B., Hanczakowska E., Wybrańska I. (2015 a). Gene *FGFR1* activities in rumen epithelium of calves received feeds supplemented with glutamine, glucose, sodium butyrate or their mixture. *XLIV Scientific Session Nutrition of livestock, companion and wild animals. Warsaw, 16/17 June 2015*, Pp. 58.

- Niwińska B., Hanczakowska E., Wybrańska I. (2015 b). Gene *SLC2A5* activities in rumen epithelium of calves received feeds supplemented with glutamine, glucose, sodium butyrate or their mixture. XLIV Scientific Session Nutrition of livestock, companion and wild animals. Warsaw, 16/17 June 2015, Pp. 57.
- Niwińska B., Hanczakowska E., Arciszewski M.B., Klebaniuk R. (2017). Exogenous butyrate: implications for the functional development of ruminal epithelium and calf performance. Review. *Animal*, 11(9): 1522–1530.
- Pinotti L., Krogdahl A., Givens I., Knight C., Baldi A., Baeten V., van Raamsdonk L., Woodgate S., Perez Marin D., Luten J. (2014). The role of animal nutrition in designing optimal foods of animal origin as reviewed by the COST Action Feed for Health (FA0802). *BASE* 2014, 18: 1–9.
- Strzetelski J., Lipiarska E., Bilik K., Niwińska B., Osieglowski S., Pyska H. (1996). Wpływ nasion bobiku, łubinu i rzepaku jako zamienników białka poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszankach treściwych na produktywność cieląt. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23, 2: 131–142.
- Strzetelski J., Kowalczyk J., Niwińska B., Krawczyk K., Maciaszek K. (1998). A note on rearing calves on diets supplemented with evening primrose (*Oenothera paradoxa*) oil cake. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 377–384.
- Strzetelski J.A., Borowiec F., Niwińska B., Zymon M. (2003). Effect of two linseed oily cultivars and double dried maize on fatty acid composition of calf meat. *Ann. Anim. Sci., Supl.*, 2: 65–67.

Zastosowanie różnych materiałów paszowych oraz strategii żywieniowych w celu poprawy efektywności produkcji oraz jakości mleka i mięsa przeżuwaczy

Ewa Sosin-Bzducha, Iwona Furgal-Dierzuk

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Intensyfikacja hodowli, jaka miała miejsce w latach 70. XX w. nie tylko doprowadziła do zmiany struktury rasowej pogłowia bydła w Polsce, ale również przyczyniła się do wzmożenia poszukiwań możliwości poprawy efektywności produkcji mleka i mięsa. Szczególnie istotnym aspektem było dostosowanie żywienia do potrzeb wprowadzonego wówczas na szeroką skalę bydła holsztyńsko-fryzyjskiego, charakteryzującego się wysokim potencjałem genetycznym, ale także wysokimi wymaganiami środowiskowymi. W Instytucie Zootechniki w Zakładzie Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa prowadzone były prace polegające na określeniu norm prawidłowego bilansowania dawek pokarmowych dla bydła mlecznego z uwzględnieniem zapotrzebowania białkowego i energetycznego, początkowo w oparciu o białko ogólne i jednostki owsiane, a następnie bardziej szczegółowo w oparciu o jednostki energii netto produkcji oraz białko trawione w jelicie ze względu na podaż energii i azotu. Badania przeprowadzane w Zakładzie Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa w zakresie żywienia dorosłych przeżuwaczy obejmowały zagadnienia dotyczące efektywności produkcji mleka i mięsa poprzez optymalne pokrycie zapotrzebowania energetyczno-białkowego krów mlecznych i bydła opasowego. Ze względu na rozwój przemysłu rolno-spożywczego i dużą ilość produktów ubocznych powstających przy produkcji przeprowadzono cykl doświadczeń służących określeniu wartości pokarmowej i przydatności tych pasz w żywieniu i modyfikowaniu wartości odżywczej produktów zwierzęcych. W ostatnich dwóch dekadach wzrosła natomiast liczba badań koncentrujących się na określeniu jakości produktów pochodzących od zwierząt przeżuwających.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników wybranych badań Instytutu Zootechniki PIB w zakresie poprawy efektywności produkcji oraz jakości mleka i mięsa.

Badania dotyczące fizjologii żywienia w okresie okołoporodowym i wczesnej laktacji

Genetyka, żywienie i zarządzanie stadem są głównymi składowymi wpływającymi na wzrost produkcji mleka (Baumgard i in., 2017). Okres okołoporodowy, zwany także przejściowym, obejmujący trzy tygodnie przed porodem i pierwsze trzy tygodnie laktacji w dużej mierze zależy od żywienia (McNamara i in., 2003). Prawidłowe żywienie oraz opieka nad stadem w okresie okołoporodowym oraz wczesnej laktacji pozwala nie tylko uzyskać wysoką wydajność, ale również uniknąć problemów ze zdrowotnością i rozrodem krów w późniejszym okresie. Niedostateczne zaopatrzenie w energię, uwarunkowane różnymi czynnikami: od niewłaściwego zbilansowania dawki pokarmowej, poprzez niską jakość i smakowitość pasz, kończąc na uwarunkowaniach czysto fizjologicznych wynikających z niskiego pobrania suchej masy paszy w okresie okołoporodowym (-3 do 3+ tygodnie od wycielenia) może prowadzić do występowania ujemnego bilansu energetycznego (UBE) (Strzetelski i Sosin-Bzducha, 2010). U większości krów w okresie wczesnej laktacji występowanie ujemnego bilansu energetycznego (UBE) jest zjawiskiem powszechnym. Za sytuację alarmującą należy przyjąć zbyt długi okres niedożywienia energetycznego zwierzęcia prowadzący do wykorzystania energii znajdującej się w tkance tłuszczowej oraz białku mięśni. UBE to jeszcze nie choroba, ale przedłużający się w czasie deficyt energii może prowadzić do wystąpienia nie tylko lipidozy wątroby, ale również innych chorób metabolicznych (Sosin-Bzducha i Strzetelski, 2012). Ogólnie przyjętą metodą żywienia w okresie okołoporodowym jest stopniowe wprowadzanie pasz treściwych począwszy od 21. dnia przed spodziewanym terminem ocielenia (IZ-INRA, 2001). Normy zakładają również, że ilość pasz treściwych przed wycieleniem nie przekroczy 3 kg/dzień. Podstawą tych rekomendacji są obserwacje praktyczne i doświadczenia nad metabolizmem krów, które wciąż są niewystarczające i wymagają uzupełnienia.

Celem badań podjętych w Instytucie Zootechniki PIB było określenie wpływu czasu podawania i alokacji pasz zawierających różne źródła skrobi w okresie okołoporodowym. Układ doświadczenia zakładał nie tylko wydłużenie okresu skarmiania pasz treściwych do 6 tygodni przed planowanym wycieleniem (Grupy V i VI), ale również różne warianty ilości podawanych pasz treściwych (poziomów żywienia) zgodnie z układem doświadczenia (tab. 1). Niezależnie od źródła skrobi, krowy z grup II, IV i VI otrzymujące o 2 kg paszy treściwej więcej niż pozostałe, zarówno w 1. tygodniu przed ocieleniem, jak i w pierwszych tygodniach laktacji pobierały, istotnie statystycznie, więcej suchej masy, co może wskazywać na zmniejszenie deficytu energii i białka. Z drugiej strony, poziom metabolitów w surowicy krwi nie różnił się w porównaniu do pozostałych grup, jednak wyższe wartości niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych (NEFA), kwasu β -hydroksymasłowego (BHBA), glukozy, insuliny i aminotransferazy asparaginianowej odnotowane w grupie IV,

zarówno przed jak i po wycieleniu, mogą sugerować korzystny wpływ tej strategii żywieniowej na poprawę bilansu energetycznego.

Tabela 1. Udział pasz treściwych w dawce podstawowej krów w poszczególnych tygodniach przed i po wycieleniu (kg/dzień)

Grupa, poziom żywienia	Tygodnie przed i po wycieleniu						
	przed						po
	-6	-5	-4	-3	-2	-1 ¹	1
I				1	2	2	4
II				1	2	4	6
III				2	2	2	4
IV				2	2	4	6
V	2	2	2	2	2	2	4
VI	2	2	2	2	2	4	6

¹ Zawierający 1 kg śruty poekstrakcyjnej sojowej.

Przyjęty schemat podawania pasz treściwych nie wpłynął na produkcję mleka. Odnotowano natomiast wpływ sposobu podawania paszy treściwej na zawartość białka ($P \leq 0,01$) – najwyższe wartości w grupach V i VI. Krowy, którym jako źródło skrobi podawano jęczmień, charakteryzowały się wyższą o około 0,94 kg/dzień produkcją mleka niż te, którym jako źródło skrobi podawano ziarno kukurydzy. Nie odnotowano wpływu schematu podawania paszy treściwej i źródła skrobi na parametry rozrodcze krów. Wyniki badań przeprowadzonych w Instytucie Zootechniki PIB wskazują, że ze względu na poprawę bilansu energetycznego korzystne jest wydłużenie okresu podawania pasz treściwych do 6 tygodni przed spodziewanym terminem wycielenia, natomiast rodzaj źródła skrobi nie ma w tym wypadku znaczenia (Strzetelski i in., 2008).

W kolejnych badaniach z tego zakresu postawiono hipotezę badawczą, że żywienie wysokowydajnych krów dawkami, w których skrobia trawiona byłaby w większym stopniu w jelicie cienkim niż w żwaczu, w połączeniu z zastosowaniem chronionej metioniny zredukuje występujący w okresie przejściowym ujemny bilans energii i zmniejszy lipidozę wątroby poprzez stymulację syntezy lipoprotein bardzo niskiej gęstości (Strzetelski i in., 2009). Założono, że wywołanie takiej fizjologicznej reakcji będzie miało korzystny wpływ nie tylko na produkcję i skład mleka, ale również wskaźniki rozrodcze krów. Celem podjętych badań było określenie wpływu dodatku chronionej metioniny w ilości 0, 15 lub 30 g d⁻¹ na wydajność mleczną, skład mleka oraz profil metaboliczny i wskaźniki rozrodcze wysokowydajnych krów holsztyńsko-fryzyjskich w okresie przejściowym, żywionych szybko lub wolno rozkładaną w żwaczu skrobią (jęczmień vs. kukurydza). Uzyskane wyniki nie pozwoliły potwierdzić przyjętej hipotezy badawczej. Nie odnotowano wpływu

podawania chronionej metioniny na wydajność mleka, jego skład, zawartość NEFA i BHBA w surowicy krwi, masę ciała, BCS czy też wskaźniki rozrodu wysokowydajnych krów mlecznych w okresie przejściowym. W grupach, w których zastosowano metioninę, stwierdzono wyższe pobranie paszy ($P<0,01$) oraz stężenie glukozy przed wycieleniem oraz 2 dni po wycieleniu ($P<0,03$ i $P<0,01$, odpowiednio). Nie odnotowano natomiast wpływu źródła skrobi na badane parametry.

W okresie okołoporodowym i wczesnej laktacji, kiedy to wzrasta znacznie udział pasz treściwych w dawce, ważne jest utrzymanie odpowiedniej kwasowości i aktywności fermentacyjnej żwacza. W Instytucie Zootechniki PIB wykonano doświadczenia, których celem było określenie wpływu dodatków alkalizujących, takich jak sztuczna ślina czy AcidBuff na pH, zawartość lotnych kwasów tłuszczowych (LKT), kwasu mlekowego i azotu amoniakalnego ($\text{NH}_3\text{-N}$) w treści żwacza krów mlecznych żywionych dawkami pełnoporcjowymi TMR (Bilik i in., 2014). Wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że zastosowanie alkalizujących substancji jest zbędne w przypadku dobrze zbilansowanych dawek pełnoporcjowych. Nie odnotowano wpływu rodzaju oraz ilości zastosowanego preparatu buforującego na parametry, takie jak: suma lotnych kwasów tłuszczowych, stosunek kwasów C2/C3 oraz C3/C4, czy też procentowa zawartość poszczególnych LKT, a także zawartość azotu amoniakalnego ($\text{NH}_3\text{-N}$) w treści żwacza krów. W badaniach produkcyjnych z zastosowaniem ww. dodatków buforujących w systemie PMR stwierdzono wzrost wydajności mleka o 7–9% i zawartości tłuszczu o 5–6% w stosunku do grupy kontrolnej. Nie odnotowano wpływu na pozostałe składniki mleka, masę ciała, zawartość glukozy, NEFA czy BHBA w surowicy krwi (Bilik i in., 2016). Z kolei, żywienie krów o średnim potencjale produkcyjnym (30–35 kg mleka/dzień) pełnoporcjowymi dawkami TMR z dodatkiem mieszaniny enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe (aktywna celuloza i ksylanaza) przy podobnym, nieznacznie różniącym się pobraniu suchej masy wpłynęło korzystnie na produktywność krów (wzrost o 7–13,5%) oraz nieznacznie na procentową zawartość białka oraz kazeiny, bez zmian w pozostałych składnikach mleka (Bilik i in., 2009). Miało to swoje odzwierciedlenie we wskaźniku wykorzystania paszy i składników pokarmowych na jednostkę produkcji. U krów grupy żywionej TMR z dodatkiem aktywnej celulozy i ksylanazy stwierdzono również nieznaczną poprawę parametrów profilu metabolicznego krwi, zwłaszcza poziomu BHBA (1,37 vs. 0,88 mmol/l) oraz enzymów wątrobowych – AspAT (124,0 vs. 96,0 U/l), co może świadczyć o zmniejszeniu deficytu energii w przypadku krów grupy doświadczalnej. Stwierdzono także, że dodatek mieszaniny enzymów (aktywnej celulozy i ksylanazy) powoduje wzrost sumy lotnych kwasów tłuszczowych (VFA) i zawartości różnych kwasów w treści żwacza (Bilik i Łopuszańska-Rusek, 2010).

Badania nad zastosowaniem niebiałkowych substancji azotowych

Niebiałkowe substancje azotowe wprowadzane do dawek żywieniowych dla opasanego bydła mogą spowodować wzrost efektywności produkcji mięsa, albowiem przyczyniają się do poprawy bilansu azotowego i zmniejszenia wydalania azotu do środowiska (Strzetelski i in., 1982). Mocznik zaliczany do niebiałkowych substancji azotowych jest rozkładany w żwaczu do amoniaku, który jest wykorzystywany przez bakterie żwaczowe. Celem badań przeprowadzonych w IZ PIB było określenie warunków optymalnego wykorzystania przez zwierzęta przeżuwające związków azotowych niebiałkowych (mocznik) oraz białka paszowego. Badania wykazały, że poprzez wprowadzenie do dawek pokarmowych pasz skrobiowych (suszu lub płatków ziemniaczanych) lub też krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych uzyskiwanych na drodze syntezy (o długości łańcucha węglowego C5-C9) oraz przy uwzględnieniu stopnia konwersji białka paszowego na żwaczowe białko mikrobiologiczne zależne od zastosowanych źródeł węglowodanów (celuloza, skrobia) poprzez zastosowanie preparatów mocznikowych o zwolnionym tempie uwalniania azotu w żwaczu, a także chronionej metioniny – istnieje możliwość obniżenia poziomu białka ogólnego w dawkach dla bydła. Doświadczenia te pozwoliły potwierdzić tezę, iż ilość azotu paszowego w organizmie przeżuwacza oznaczana metodą bilansową nie zawsze jest zgodna z uzyskanymi wynikami produkcyjnymi, gdyż nie uwzględnia znacznych ilości azotu niskodrobinowego i azotu wydalanego w formie gazowej, a z kolei ich proporcje są zależne od składu dawki pokarmowej (Strzetelski i in., 1971; Krawczyk i in., 1975).

W przypadku stosowania w żywieniu bydła niebiałkowych substancji azotowych, takich jak mocznik, nie bez znaczenia jest źródło energii w dawce pokarmowej. Odmienne wyniki produkcyjne uzyskiwano stosując jako źródło energii w dawkach dla młodego bydła opasowego susz ziemniaczany i suszone wysłodki buraczane (Kuhl i in., 1972; Ryś i in., 1973). Odnotowano wpływ różnego źródła węglowodanów w dawce pokarmowej opasów na poziom konwersji białka paszowego na białko mikrobiologiczne w żwaczu. Przeprowadzone w Zakładzie Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa prace nad wykorzystaniem niebiałkowych substancji azotowych pozwoliły na uzyskanie wielu cennych informacji na temat przemian energetyczno-białkowych w żwaczu i ich wpływu na wyniki produkcyjne opasanych zwierząt. Efektem tych prac było opracowanie sposobów opasania bydła w systemie intensywnym w oparciu o granulaty z dużym udziałem suszu z całych roślin kukurydzy lub traw, ziarna zbóż o różnym stopniu rozdrobnienia oraz mocznika lub różnego rodzaju preparatów mocznikowych.

Badania nad właściwościami prozdrowotnymi mleka i mięsa

Jakość mleka to nie tylko odpowiednia zawartość podstawowych składników, takich jak: białko, tłuszcz, laktoza, liczba komórek somatycznych, ale też prawidłowa zawartość witamin, minerałów czy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych NNKT oraz innych substancji biologicznie czynnych. Simopoulos (2008) podaje, że dieta człowieka bogata w nienasycone kwasy tłuszczowe oraz o stosunku 4:1 kwasów $n-6$ do $n-3$, zmniejsza ryzyko zachorowań na schorzenia układu krążenia, będące jednymi z głównych chorób cywilizacyjnych. Wzrost zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku może nastąpić w konsekwencji zastosowania w żywieniu krów mlecznych źródeł wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i poprzez odpowiednie zabezpieczenie przed biouwodorowaniem w żywcu podatnych na ten proces wielonienasyconych kwasów tłuszczowych.

Wprowadzenie dla krów mlecznych do dawek paszowych 10% (w mieszance treściwej) nasion lnu różnych odmian (Omega, Linola, Opal) oraz nasion rzepaku (Spencer lub Contact) czy oleju rybnego (4% mieszanki treściwej) jako źródeł nienasyconych kwasów tłuszczowych znacząco poprawiało nie tylko wydajność mleczną krów, ale też przyczyniało się do poprawy profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka, głównie kwasu CLA (olej rybny w szczególności) oraz kwasów z rodziny $n-3$ (odmiany lnu Omega oraz Opal) i rodziny $n-6$ (odmiana lnu Linola) (Zymon i in., 2007). W przypadku podstawowego składu mleka odnotowano natomiast spadek zawartości tłuszczu, białka i laktozy w porównaniu z grupą kontrolną. Zymon i in. (2014) podają, że obniżenie zawartości tłuszczu w mleku krów, którym jako źródło nienasyconych kwasów tłuszczowych podawano olej rybny, może być wynikiem toksycznego oddziaływania tego dodatku na mikroorganizmy żywca. Zasiadające żywca bakterie *Butyrivibrio fibrisolvens* charakteryzują się dużą wrażliwością i wysoki udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) może wykazywać działanie toksyczne, zaburzając integralność błon komórkowych bakterii.

Strzetelski i in. (1993) wykazali, że uzupełnienie dawek dla krów mlecznych w nasiona rzepaku podgrzane do temperatury 130°C wpływa korzystnie na zawartość kwasów $n-3$ w tłuszczu mleka, co jest wynikiem spowolnienia procesu biouwodorowania w żywcu. Brzóska i in. (1999) uzyskali podwojenie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych $n-3$ w tłuszczu mleka (1,2 vs. 2,25 g · 100 g⁻¹) i wzrost syntezy kwasów tłuszczowych (9,6 vs. 20,1 g · d⁻¹) poprzez zastosowanie mydeł wapniowych lnu i oleju rybnego (preparat Erafet), które podlegają hydratacji w żywcu w mniejszym stopniu.

Przeprowadzenie cyklu badań, w których jako czynnik doświadczalny wykorzystano niektóre produkty odpadowe przy produkcji oleju, takie jak wycłoczyny z nasion wiesiołka (Stasiniewicz i in., 1998; Strzetelski i in., 1998 a, b, c) lub makuch rzepakowy (Stasiniewicz i in., 2000; Strzetelski i in., 2001

a; Niwińska i in., 2001), czy też same oleje roślinne (Strzetelski i in., 2001 b) pozwoliło stwierdzić, że mogą one zostać wykorzystane do poprawy wartości prozdrowotnych mleka i mięsa. Pasze te nie tylko nie pogarszają wyników produkcyjnych, ale też przyczyniają się do poprawy profilu kwasów tłuszczowych, korzystnie wpływając na ilość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz zawartość skoniungowanego kwasu linolowego (CLA) i cholesterolu w surowicy krwi zwierząt. Buhajki otrzymujące kiszonkę z kukurydzy i mieszkankę paszową zawierającą 44% makuchu rzepakowego uzyskiwałyienne przyrosty masy ciała około 1300 g (Strzetelski i in., 2001 b). Kwas CLA jest szczególnie cenny, gdyż wykazuje właściwości antymiażdżycowe i antykancerogenne (Strzetelski i Stasiniewicz, 1999). Badania pozwoliły również określić optymalną z punktu fizjologii trawienia ilość tłuszczu roślinnego w dawkach pokarmowych. Na podstawie uzyskanych wyników można też wnioskować, że tłuszcz w żywieniu zwierząt przeżuujących nie może być traktowany jako dodatek, lecz integralna część dobrze zbilansowanej dawki pokarmowej, co jest szczególnie istotne w przypadku wysokowydajnego bydła mlecznego.

Podsumowanie

Poprawa efektywności produkcji mleka i mięsa przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości produktów i zdrowotności zwierząt to ważne zagadnienia będące przedmiotem badań prowadzonych od lat w Instytucie Zootechniki PIB. Wykorzystanie w tym celu m.in. produktów ubocznych z przemysłu rolno-spożywczego stanowi integralną część zrównoważonej i odpowiedzialnej strategii eksploatacji dostępnych zasobów. W dalszych latach celowe wydaje się prowadzenie i poszerzenie bazy paszowej dla zwierząt o nowe pasze pozyskane jako produkty uboczne z przemysłu.

Z kolei, w związku z oczekiwanym szybszym postępem genetycznym, wynikającym z zastosowania genomiki do oceny wartości hodowlanej zwierząt konieczne będzie dostosowanie żywienia do wzrostu potencjału genetycznego bydła w Polsce, a także uwzględnienie w badaniach szeroko pojmowanej epigenetyki. Ważne będzie kontynuowanie i poszerzenie prac związanych z fizjologią żywienia wysokowydajnych krów oraz możliwościami stymulacji układu odpornościowego za pomocą nutraceutyków.

Piśmiennictwo

- Baumgard L.H., Collier R.J., Bauman D.E. (2017). A 100-Year Review: Regulation of nutrient partitioning to support lactation. *J. Dairy Sci.*, 100: 10353–10366; doi:10.3168/jds.2017-13242.
- Bilik K., Łopuszańska-Rusek M. (2010). Effect of adding fibrolytic enzymes to dairy cow rations on digestive activity in the rumen. *Ann. Anim. Sci.* 10: 127–137.

- Bilik K., Niwińska B., Łopuszańska-Rusek M. (2009). Effect of adding fibrolytic enzymes to periparturient and early lactation dairy cow diets on production parameters. *Ann. Anim. Sci.*, 9, 4: 401–413.
- Bilik K., Strzetelski J., Furgal-Dierzuk I., Śliwiński B. (2014). Effect of supplementing TMR diets with artificial saliva and acid buf on optimizing ruminal pH and fermentation activity in cows. *Ann. Anim. Sci.*, 14 (3): 585–593.
- Bilik K., Niwińska B., Kamyczek M. (2016). Efektywność stosowania preparatów „sztucznej śliny” i Acid Buf w żywieniu krów systemem PMR. *Wiad. Zoot.*, 54 (2): 106–118.
- Brzóska F., Gąsior R., Sala K., Zyzak W. (1999). Effect of calcium salts of fatty acids on yield and milk components (in Polish). *Rocz. Nauk. Zoot.*, 26: 143–157.
- IZ-INRA (2001). Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Instytut Zootechniki, Kraków-Balice (Poland).
- Krawczyk K., Strzetelski J., Stasiniewicz T., Gawlik Z. (1975). Przydatność paszowa azotu z preparatu mineralno-mocznikowego w żywieniu buhajków. *Acta Agr. Silv.*, XV, 1: 61–73.
- Kuhl W., Strzetelski J., Ryś R., Stasiniewicz T., Gawlik Z. (1972). Porównanie suszu ziemniaczanego z suchymi wysłodkami buraczanymi jako źródeł energii przy stosowaniu mocznika w dawkach dla młodego bydła opasowego. *Rocz. Nauk. Rol.*, B-94, 3: 7–18.
- McNamara S., O’Mara F.P., Rath M., Murphy J.J. (2003). Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production and milk composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86: 2397–2408.
- Niwińska B., Osieglowski S., Strzetelski P. (2001). Cakes from yellow- or dark-seeded rapeseed in diets for calves. *Ann. Anim. Sci.*, 1, 2: 89–97.
- Ryś R., Strzetelski J., Antoniewicz A. (1973). Porównanie wpływu różnych węglowodanów w dawce pokarmowej na rozmiary konwersji białka paszy na białko mikroorganizmów żwacza u opasów. *Acta Agr. Silv.*, XIII, 1: 63–73.
- Simopoulos A.P. (2008). The omega-6/omega-3 fatty acid ration, genetic variation, and cardio vascular disease. *Asian Pac. J. Clin. Nutr.*, 17, Suppl., 1: 131–134.
- Sosin-Bzducha E., Strzetelski J. (2012). Stłuszczenie wątroby – schorzenie okresu okołoporodowego i wczesnej laktacji. *Wiad. Zoot.*, 4: 85–92.
- Stasiniewicz T., Niwińska B., Strzetelski J.A., Kowalczyk J., Maciaszek K., Bilik K. (1998). Nutritive value of evening primrose (*Oenothera paradoxa*) cake for ruminants. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 187–195.
- Stasiniewicz T., Strzetelski J., Kowalczyk J., Osieglowski S., Pustkowiak H. (2000). Performance and meat quality of fattening bulls fed complete feed with rapeseed oil cake or linseed. *J. Anim. Feed Sci.*, 9: 283–296.
- Strzetelski J.A., Sosin-Bzducha E. (2010). Efficiency of unsaturated fatty acids in cattle reproduction. *Mat. XIV międz. konf. nauk.: Rozród a żywienie zwierząt*, Polanica, 25–26.06.2010, ss. 50–57.
- Strzetelski J., Stasiniewicz T. (1999). Nowe spojrzenie na wartość dietetyczną mleka i mięsa przeżuwaczy. *Biul. Inf. IZ*, 37: 65–79.
- Strzetelski J., Gawlik Z., Kuhl W., Skotnicki J. (1971). Próba zastosowania syntetycznych kwasów tłuszczowych trójceji C5-C9 w żywieniu buhajków opasowych. *Acta Agr. Silv.*, XI, 1: 57–70.

- Strzetelski J., Ryś R., Maciaszek K., Wolski T., Skraba B. (1982). Zastosowanie granulowanego preparatu keratynowo-mocznikowego lub mocznikowanego ziarna jęczmienia w żywieniu buhajków. *Acta Agr. Silv.*, XXI: 99–113.
- Strzetelski J., Ryś R., Stasiniewicz T., Lipiarska E., Stankiewicz B. (1993). Wpływ stosowania ogrzewanych nasion rzepaku w mieszankach treściwych dla krów na efekty produkcyjne, skład tłuszczu mleka i fermentację w żwaczu. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 20, 1: 107–121.
- Strzetelski J.A., Krawczyk K., Kowalczyk J., Stasiniewicz T., Osieglowski S., Lipiarska E. (1998 a). Performance and body fat composition in fattening bulls fed diets with evening primrose (*Oenothera paradoxa*) oil cake. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 261–271.
- Strzetelski J.A., Kowalczyk J., Niwińska B., Krawczyk K., Maciaszek K. (1998 b). A note on rearing calves on diets supplemented with evening primrose (*Oenothera paradoxa*) oil cake. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 377–383.
- Strzetelski J.A., Kowalczyk J., Krawczyk K., Stasiniewicz T., Lipiarska E. (1998 c). Evening primrose (*Oenothera paradoxa*) oil cake or ground rapeseed supplement to diets for dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 365–375.
- Strzetelski J., Osieglowski S., Jurkiewicz A. (2001 a). Wpływ postaci fizycznej mieszanki treściwej i wytlóczyn z żółtych lub ciemnych nasion rzepaku na wyniki odchovu cieląt. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 28, 2: 155–164.
- Strzetelski J., Kowalczyk J., Osieglowski S., Stasiniewicz T., Lipiarska E., Pustkowiak H. (2001 b). Fattening bulls on maize silage and concentrate supplemented with vegetable oils. *J. Anim. Feed Sci.*, 10: 259–271.
- Strzetelski J.A., Osieglowski S., Kowalski Z.M., Kowalczyk J., Borowiec F., Sosin E. (2008). Effect of pre- and post-calving concentrate allocation and of starch source on feed intake, blood metabolite profiles and performance of transition cows. *J. Anim. Feed Sci.*, 17: 473–490.
- Strzetelski J.A., Kowalski Z.M., Kowalczyk J., Borowiec F., Osieglowski S., Ślusarczyk K. (2009). Protected methionine as a methyl-group donor for dairy cows fed diets with different starch sources in the transition period. *J. Anim. Feed Sci.*, 18: 28–41.
- Zymon M., Strzetelski J., Kowalczyk J., Osieglowski S. (2007). The effects of linseed and rapeseed cultivars and fish oil on the fatty acid profile of cow milk fat. *J. Anim. Feed Sci.*, Suppl. 1, 16: 70–74.
- Zymon M., Strzetelski J., Skrzyński G. (2014). Aspects of appropriate feeding of cows for production of milk enriched in the fatty acids, EPA and DHA. A review. *J. Anim. Feed Sci.*, 23: 109–116.

Badania nad wartością pokarmową krajowych źródeł białka i ich przydatnością w żywieniu świń

Małgorzata Świątkiewicz

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Wprowadzenie – rys historyczny

Charakter prac badawczych prowadzonych w Instytucie Zootechniki od początku jego istnienia był odzwierciedleniem aktualnej sytuacji gospodarczej kraju i potrzeb ludności. W okresie powojennym stały wzrost liczby ludności w Polsce, a tym samym rosnące zapotrzebowanie na żywność, w tym mięso, zmuszały do rozwoju produkcji zwierzęcej, m.in. poprzez zwiększenie genetycznych możliwości produkcyjnych zwierząt. Niestety, wieloletni czas niedoborów rynkowych nie sprzyjał równie intensywnemu rozwojowi metod określenia zapotrzebowania udoskonalonych zwierząt na składniki pokarmowe i sposobów oceny jakości pasz. W tamtym czasie, a nawet jeszcze w latach 70. XX w. podstawą żywienia świń były ziemniaki parowane (świeże lub kiszone), buraki lub zielonka oraz dodatek pasz treściwych. Dodatek ten stosowany był „w miarę dostępności”, a jego funkcję pełniło głównie ziarno zbóż, otręby i ewentualnie mleko. Tak skomponowana dawka nie była prawidłowo zbilansowana pod względem zapotrzebowania zwierząt i przyczyniała się do marnotrawstwa składników pokarmowych i mineralnych. Początkowo mieszanki przemysłowe stosowano rzadko i nieufnie, głównie ze względu na ich często wadliwą jakość, natomiast ziemniaki, zarówno parowane jak i suszone uważano za paszę doskonałą dla wszystkich grup technologicznych świń. Ziemniaki stosowane były do woli, z niewielkim dodatkiem paszy białkowej i składników mineralno-witaminowych. Spośród pozostałych okopowych chętnie w żywieniu świń stosowano buraki cukrowe lub pastewne Poly-Past (Urbańczyk, Sprawozdania IZ niepublikowane). W okresie letnim popularnym rozwiązaniem było wykorzystanie w żywieniu świń zielonki. Za najbardziej wartościową uważano zielonkę z roślin motylkowych (lucerna, koniczyna, seradela). Lochy i tuczniczki dobrze wykorzystywały zielonki z roślin motylkowych mieszanych z trawami, nieco słabiej z samych traw. Doświadczenia prowadzone w Instytucie Zootechniki wykazały, że ilość skarmianej zielonki można zwiększyć poprzez rozdrobnienie jej do postaci sieczonej czy nawet pasty, przy czym stwierdzono, że zwierzęta otrzymujące zielonkę

w formie pasty szybciej przyrastały i lepiej wykorzystywały paszę niż żywione zielonką w formie siewki (Urbańczyk, Sprawozdania IZ niepublikowane).

W latach 70. XX w. jakość genetyczna świń dość szybko i znacznie wzrosła, zwierzęta lepiej wykorzystywały paszę, szybciej przyrastały i odkładały więcej mięsa w tuszy. Zapotrzebowanie takich uszlachetnionych zwierząt było znacznie większe, zwłaszcza w zakresie białka, witamin i składników mineralnych. Stąd, lata 70. to początek upowszechnienia się żywienia świń pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi dostosowanymi do potrzeb danej grupy technologicznej. Wśród zbóż, obok jęczmienia, powszechnie stosowano pszenicę, owies i dość duże ilości żyta oraz otrąb pszennych, a nawet jęczmiennych i żytnich. Popularność kukurydzy w żywieniu świń dopiero zaczynała rosnąć. Ponadto, używano suszu ziemniaczanego i buraczanego, śruty z bobiku i grochu. Głównym źródłem wysokostrawnego białka były mączki zwierzęce, powstające m.in. z odpadów rzeźnych zwierząt gospodarskich. Popularna i relatywnie tańsza niż dzisiaj była mączka rybna, którą stosowano w żywieniu wszystkich grup technologicznych świń, także dla tuczników, chociaż w ostatnim okresie tuczno ograniczano jej ilość do 1%. Wykorzystywano także śrutę rzepakową odgoryczoną, słonecznikową, arachidową czy bawełnianą. Prace badawcze nad substancjami antyżywniowymi czy skażeniem mikrobiologicznym pasz oraz ich wpływem na zwierzęta co prawda dopiero raczkowały, ale i tak ogólnie panujący kryzys skutecznie utrudniał zastępowanie pasz gorszych bardziej wartościowymi. Smakowitość paszy poprawiano więc 4–8% dodatkiem melasy, a dla prosiąt dekstrozą, laktozą, maltozą czy sacharozą. W Instytucie Zootechniki jako źródła białka dla świń oceniano: mączkę z nasion guaru (Ryś i in., 1974 a), drożdże z n-parafin (Ryś i in., 1974 b, 1975 b), drożdże węglowodorowe (Ryś i in., 1975 a; Krełowska-Kułas i in., 1982 a,b; Urbańczyk, 1988), sok z lucerny (Ryś i in., 1981), koncentrat białkowy z ziemniaków (Urbańczyk i in., 1983), całe nasiona i śrutę poekstrakcyjną z rzepaku „00” (Krełowska-Kułas i Urbańczyk, 1985/86 a,b), a także śrutę rzepakową łącznie z bobikiem (Urbańczyk i in., 1993), mączkę krylową (Urbańczyk i in., 1987), homogenaty z odpadów poubojowych (Urbańczyk i in., 1996; Paschma i in., 1997), pirosiloryb (Urbańczyk i in., 1997 a), koncentrat białkowy z lucerny (Ryś i in., 1977) oraz koncentraty roślinno-rybne (Urbańczyk i in., 1997 b). Badania te wykazały przydatność wyżej wymienionych pasz do żywienia świń oraz dały podstawę do oceny ich wartości pokarmowej, co umożliwiło opracowanie zaleceń dla praktyki w postaci instrukcji wdrożeniowych, broszur upowszechnieniowych i innych.

Panujący w Polsce w latach 80. kryzys widoczny był także na rynku paszowym i dotyczył pasz białkowych. Produkcję państwowych pasz przemysłowych limitowano, szczególnie koncentratów białkowych, więc kiedy występowały „trudności w zbilansowaniu zapotrzebowania na zboża z krajowo-

wymi ich zasobami”, a w konsekwencji niedobór zbóż paszowych, prowadzono intensywne prace badawcze mające na celu „zmniejszenie zbożochłonności produkcji wieprzowiny” (Wierny, 1982). W pierwszej połowie lat 80. prowadzono w Instytucie Zootechniki badania poświęcone poprawie efektywności wykorzystania posiadanych zasobów źródeł białka, czego przykładem był realizowany w latach 1981–1985 program rządowy: „Optymalizacja produkcji i spożycia białka”. Badania te dotyczyły m.in. pozyskiwania w okresie letnim białka z roślin zielonych, na przykład lucerny, a następnie wytwarzania skoncentrowanych koncentratów białkowych, które mogłyby zastępować poekstrakcyjną śrutę sojową w żywieniu świń. Przez wiele lat w Instytucie Zootechniki zajmowano się więc głównie problemem obniżenia poziomu białka w dawkach pokarmowych dla tuczników i możliwością zwiększenia efektywności takich dawek poprzez zastosowanie syntetycznej lizyny i metioniny oraz jej hydroksyanalogu. Wyniki tych badań przedstawiono w publikacjach: Ryś i Urbańczyk (1973, 1974), Urbańczyk i Ryś (1974), Ryś i in. (1975 a), Urbańczyk i in. (1977), Urbańczyk (1978), Urbańczyk i in. (1978), Urbańczyk (1981 a), Urbańczyk i in. (1981). Równolegle prowadzono badania nad możliwością zwiększenia skuteczności dawek pokarmowych dla tuczników i loch poprzez dodatek antybiotykowych stymulatorów wzrostu, co zostało uwidocznione w wynikach doświadczeń opisanych w publikacjach: Urbańczyk i in. (1975), Urbańczyk i in. (1979 a,b), Urbańczyk (1981 b,c). Wyniki tych badań, realizowane wspólnie z innymi podmiotami w Polsce i za granicą, stanowiły podstawę do szerokiego wprowadzenia syntetycznych aminokwasów i stymulatorów wzrostu do produkowanych przez przemysł paszowy mieszanek i premiksów dla trzody chlewnej. W latach 1981–1982 opracowano przy udziale Instytutu Zootechniki – Normy żywienia zwierząt gospodarskich (1981), w których rozdział opracowany przez prof. J. Urbańczyka dotyczył wartości biologicznej białka i zaleceń bilansowania dawek z uwzględnieniem zawartości aminokwasów egzogennych w komponentach paszowych. Za najważniejsze uznano lizynę, metioninę, cystynę i tryptofan, a także histydynę z uwagi na nadal częste stosowanie dużych ilości roślin okopowych (ziemniaki, buraki). W tym samym czasie nastąpił wyraźny powrót do wykorzystywania w żywieniu świń dużych ilości pasz raczej energetycznych czy objętościowych, takich jak ziemniaki, buraki, np. cukrowo-paszowe, zielonka, siano z motylkowych, kiszonka z kukurydzy. Ziemniaki na powrót stały się mocną pozycją w żywieniu świń, stanowiąc nawet 50% stosowanych w kraju pasz. Dodatek paszy treściwej stanowił koncentrat białkowy w ilości 0,2–0,4 kg, ewentualnie podobna ilość śruty zbożowej. Paszami białkowymi były nasiona roślin bobowatych, takich jak bobik, łubin słodki czy peluszką. Koszt tych pasz był wysoki, a areal upraw nie pokrywał zapotrzebowania, ale zastąpienie chociaż połowy trudno dostępnego koncentratu białkowego tymi nasionami pozwalało utrzymać przyrosty masy ciała świń w granicach 500–700 g/dzień w przeciwieństwie do

300–550 g/dzień uzyskiwanych przez tuczniki otrzymujące wyłącznie okopowe czy zielonki z niewielką porcją ziarna zbóż (Urbańczyk, 1982). Z początkiem lat 80. rozpoczęto w Polsce uprawę pszenżyta – ziarna charakteryzującego się w porównaniu z jęczmieniem wyższą zawartością białka i mniejszą włókna, a w porównaniu do żyta mniejszą ilością substancji antyodżywczych, co zainicjowało serię prac badawczych nad możliwością wykorzystania go w żywieniu świń. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych m.in. w Instytucie Zootechniki wykazały, że jest to pasza dobra jako częściowy zamiennik jęczmienia, a rekomendowanym udziałem w dawce było 50%. W sytuacji całkowitego niedoboru jęczmienia lub pszenicy wskazywano możliwość stosowania pszenżyta jako jedyne go zboża w dawce, jednakże przy pewnym obniżeniu tempa wzrostu (Urbańczyk J., Sprawozdania IZ niepublikowane).

Zalecenia dotyczące żywienia świń wydano w Polsce po raz kolejny na początku lat 90., po ponad dekadzie od ostatniego wydania, wspólnym wysiłkiem Instytutu Zootechniki oraz IFiŻZ PAN w Jabłonie (Normy żywienia świń, 1993). Wprowadzone w Normach zmiany były podyktowane koniecznością uwzględnienia postępu hodowlanego świń uzyskanego w ostatnich latach, jak również nowych wyników badań z zakresu trawienia i wykorzystania pasz oraz zapotrzebowania zwierząt na składniki pokarmowe. Nowością było uwzględnienie wpływu sposobu żywienia na jakość mięsa, czyli uwzględnienie wymagań kulinarnych oraz dietetycznych konsumenta, jak również uwzględnienie potrzeby ograniczenia emisji szkodliwych gazów z odchodów zwierzęcych poprzez odpowiednie bilansowanie dawek i/lub stosowanie dodatków paszowych. Lata 90. to w Polsce czas upowszechnienia dodatków paszowych w żywieniu świń. Obok aminokwasów krystalicznych, coraz powszechniej stosowano dodatki poprawiające wykorzystanie paszy, jak enzymy oraz dodatki wspierające nie tylko produktywność zwierząt, ale także ich status zdrowotny, szczególnie probiotyczne, prebiotyczne i ziołowe. Zalecenia te charakteryzowały się także wysokimi wymaganiami co do jakości i wartości pokarmowej stosowanych materiałów paszowych. Szczególną uwagę zwrócono na optymalny stosunek koncentracji energii do zawartości białka w dawce. Miał on gwarantować nie tylko mniejsze marnotrawstwo pasz i obniżenie kosztów żywienia, ale także ograniczyć marnotrawstwo białka. Był to początek działania na rzecz ochrony środowiska poprzez optymalizację żywienia zwierząt gospodarskich. Podkreślono także istotność wartości biologicznej białka, czyli odpowiedniej ilości i proporcji głównych aminokwasów egzogennych. Z pewnością wskazanie, że niewłaściwe warunki utrzymania, takie jak niska temperatura, wilgotność, niedostateczna wentylacja czy nadmierna obsada, mogą zwiększyć bytowe zapotrzebowanie na energię świń nawet o 60–70%, a tym samym znacząco podnieść koszt produkcji żywca, pośrednio przyczyniło się do zainteresowania właściwymi warunkami środowiskowymi w fermie i skłoniło do poprawy warunków bytowych zwierząt.

Przełom XX i XXI wieku to czas rosnącej świadomości konsumentów dotyczącej powiązania diety ze zdrowiem oraz rosnących wymagań co do jakości żywności, w tym produktów pochodzenia zwierzęcego. Bezpośrednią przyczyną takiej sytuacji była większa zamożność społeczeństwa i chęć zakupu żywności lepszej jakości, ale także szerszy dostęp do wiedzy, w tym zagranicznej i coraz większa częstotliwość występowania chorób cywilizacyjnych. Ponadto, w tamtym czasie zdawano już sobie sprawę z ubocznych skutków stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu i w wielu krajach UE zaczęto je wycofywać, gdy tymczasem w Polsce importowano je i nadal powszechnie stosowano w wielkiej ilości. Wobec tego coraz większe zainteresowanie zaczęła budzić żywność wyprodukowana w gospodarstwach ekologicznych, gdzie nie stosowano antybiotyków czy produktów ubocznych przemysłu, jak również nawozów chemicznych. To czas, kiedy pojawiło się pojęcie „bezpiecznej żywności”, pochodzącej od „szczęśliwych zwierząt” i badania dotyczące żywienia zwierząt w ekologicznym systemie produkcji. Do najważniejszych wyników badań przeprowadzonych w tym czasie w Instytucie Zootechniki można zaliczyć stwierdzenie, że wskaźniki reprodukcyjne loch żywionych mieszanką treściwą składającą się z komponentów zbożowych oraz kiszoną z całych roślin kukurydzy lub traw stosowaną do woli były podobne do wskaźników loch kontrolnych. W przypadku tuczników stwierdzono, że przyrosty masy ciała zwierząt otrzymujących kiszonkę z kukurydzy w całym okresie tuczu były zbliżone do przyrostów tuczników żywionych standardowo, podczas gdy tempo wzrostu tuczników otrzymujących do woli kiszonkę z traw było nieco gorsze. Należy podkreślić, że tusze zwierząt żywionych ekologicznie uzyskały wyższą ocenę niż tuczniki kontrolne, zawierały więcej mięsa i były mniej otłuszczone, a mięso tych zwierząt charakteryzowało się korzystniejszymi parametrami jakościowymi i wyższą zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza z grupy *n-3*. Ponadto, odnotowano pozytywny wpływ ziół na jakość tuszy i mięsa zwierząt żywionych ekologicznie. Wyniki doświadczeń na tucznikach opublikowano w pracach: Urbańczyk i in. (2004, 2005), Świątkiewicz i Hanczakowska (2007, 2008).

Lata dwutysięczne rozpoczęły spadkową tendencję liczebności krajowego pogłowia świń (Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, 2000, 2005, 2010, 2015), jednakże przy wyraźnym wzroście ich mięsności (Rynek mięsa wieprzowego, 2010, 2016), co potwierdza fakt uszlachetnienia pogłowia krajowego i wyraźny zwrot w kierunku typowo mięsnego tuczu świń. Wyniki badań fizjologicznych i zapotrzebowanie nowoczesnych świń o wysokim potencjale produkcyjnym i rozrodczym, zmienione przepisy dotyczące dobrostanu zwierząt, ale także troska o dietetyczną jakość produktów zwierzęcych zostały uwzględnione przy opracowywaniu kolejnych zaleceń dotyczących żywienia świń, które wydano w 2014 r. staraniem IFiZZ PAN, Instytutu Zootechniki oraz kilku uczelni (Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz

dla świń. Normy żywienia świń, 2014 i 2015). Wprowadzono zmiany polegające na jeszcze dokładniejszym dostosowaniu żywienia do potrzeb zwierzęcia i jego potencjału wzrostowego. W nowych zaleceniach określono zapotrzebowanie na białko na podstawie wzorca aminokwasów egzogennych strawnych do końca jelita cienkiego, podkreślono konieczność stosowania sposobów ograniczania wydalania azotu i fosforu oraz optymalizację doboru i dawkowania dodatków paszowych.

Najnowsze badania nad krajowymi źródłami białka paszowego

Nasiona roślin bobowatych i pasze rzepakowe

Z początkiem XXI w. pojawiły się pierwsze zakazy dotyczące stosowania niektórych pasz pochodzenia zwierzęcego w żywieniu świń, istotnie wpływające na kierunek badań prowadzonych w IZ. Pierwszym był, wprowadzony w Polsce w 2003 r. (zakaz z 1999 r. dotyczył tylko bydła) zakaz stosowania przetworzonego białka zwierzęcego, w tym mączki mięsno-kostnej w paszach dla wszystkich zwierząt gospodarskich z wyjątkiem mięsożernych zwierząt futerkowych, spowodowany licznymi przypadkami choroby wściekłych krów Creutzfeldta-Jakoba (encefalopatia gąbczasta, BSE) wywołanej stosowaniem pasz skażonych chorobonośnymi prionami pochodzącymi z mączek wyprodukowanych z innych chorych zwierząt. Skutkiem zakazu było zainteresowanie się poekstrakcyjną śrutą sojową, która była wykorzystywana w żywieniu świń od wielu lat, lecz jej popularność i udział w krajowym rynku paszowym były niewielkie. Odtąd śruta sojowa stała się podstawową paszą w bilansowaniu białka dla świń, cenną ze względu na dużą zawartość białka oraz korzystny skład aminokwasowy, jednakże jej cena jako materiału importowanego głównie drogą oceaniczną, a następnie transportowanego z wybrzeża w głąb kraju była wysoka, co podnosiło koszt mieszanki paszowej, a tym samym koszt produkcji żywca. Wobec tego, szukając rozwiązań alternatywnych przeprowadzono w Instytucie Zootechniki serię badań nad wykorzystaniem innych krajowych źródeł białka, takich jak poekstrakcyjna śruta rzepakowa, nasiona roślin bobowatych, białko ziemniaczane czy drożdże piwne (Urbańczyk i in., 2002 a,b). Podkreślano konieczność zachowania właściwych proporcji aminokwasów egzogennych poprzez łączenie nasion bobowatych z poekstrakcyjną śrutą rzepakową lub dodawanie aminokwasów krystalicznych.

Celem pierwszego cyklu badań przeprowadzonych w Instytucie Zootechniki było opracowanie receptur i ocena efektywności mieszanek nie zawierających mączek mięsnych lub mięsno-kostnych, opartych na krajowych roślinnych surowcach paszowych. Jako główne źródła białka stosowano poekstrakcyjną śrutę rzepakową, groch, bobik i łubin. Określono ich wpływ na cechy tuczne, rzeźne oraz jakość mięsa i tłuszczu. Rezultaty przeprowadzonych badań wykazały zróżnicowaną efektywność badanych nasion roślin bo-

bowatych w tuczu świń. Do najważniejszych wyników należy zaliczyć stwierdzenie, że wycofanie mączki mięsno-kostnej z mieszanek paszowych dla tuczników o wysokim potencjale wzrostowym spowodowało pogorszenie wskaźników tuczu, tj. tempa przyrostów masy ciała oraz wykorzystania paszy. Jedynie w przypadku żywienia tuczników badanymi mieszankami paszowymi do woli dzienne przyrosty masy ciała można było uznać za zadowalające. Zastąpienie mączki zwierzęcej materiałem roślinnym nie wpłynęło ujemnie na ocenę poubojową tusz, a mięso i tłuszcz w niektórych przypadkach cechowały się nawet korzystniejszymi walorami dietetycznymi, np. większą zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych pochodzących z pasz roślinnych. Wyniki badań przedstawiono w formie publikacji: Urbańczyk i in. (1997 c, 2002 a,b).

Uzyskane po kilkuletnim cyklu badań wyniki nie potwierdziły możliwości całkowitego zastąpienia poekstrakcyjnej śruty sojowej w żywieniu wysokoprodukcyjnych świń, co na jakiś czas podtrzymało popularność tej paszy jako głównego źródła białka dla tych zwierząt. Wkrótce pojawiły się jednak (głównie medialnie-polityczne) wątpliwości opinii publicznej co do możliwego niekorzystnego wpływu śruty sojowej, jako pochodzącej z roślin genetycznie zmodyfikowanych, na zdrowie zwierząt i ludzi. W tej sytuacji w latach 2008–2011 zrealizowano w Instytucie Zootechniki, przy współpracy z Państwowym Instytutem Weterynaryjnym PIB w Puławach, badania mające na celu określenie wpływu pasz z udziałem GMO na produktywność i zdrowotność zwierząt, transfer transgenicznego DNA w przewodzie pokarmowym oraz jego retencję w tkankach i produktach żywnościowych pochodzenia zwierzęcego. Projekt ten był zlecony i finansowany przez MRiRW w celu uzyskania krajowych danych doświadczalnych do dalszych prac legislacyjnych nad paszami genetycznie modyfikowanymi i odpowiedzi na pytanie: czy planowany w ustawie paszowej zakaz stosowania takich pasz ma uzasadnienie merytoryczne. Celem projektu była szeroko rozumiana ocena wpływu na organizm zwierząt gospodarskich pasz GM pierwszej generacji, czyli takich, w których zmieniano cechy agrotechniczne roślin bez zmiany ich składu chemicznego i wartości pokarmowej. Badaniami objęto dwa transgeniczne materiały paszowe dopuszczone do obrotu w Unii Europejskiej i mające największe znaczenie gospodarcze dla produkcji zwierzęcej, tj. poekstrakcyjną śrutę sojową wytworzoną z nasion soi HT (MON-40-3-2 Roundup Ready) zmodyfikowanej w kierunku tolerancji na glifosat, składnik czynny wielu herbicydów oraz ziarno kukurydzy Bt (MON810, DKC 3421YG), zmodyfikowanej w kierunku odporności na żerowanie owada szkodnika z rodziny łuskoskrzydłych – omacnicy prosowianki. Obydwa badane transgeniczne surowce były porównywane z ziarnem kukurydzy i poekstrakcyjną śrutą sojową odmian konwencjonalnych. Analizowano wskaźniki produkcyjne zwierząt, status zdrowotny, jakość produktów pochodzenia zwierzęcego, transfer transgenicz-

nego DNA w przewodzie pokarmowym i możliwość jego odkładania w narządach wewnętrznych i tkankach. Do najważniejszych osiągnięć przeprowadzonych badań zaliczono fakt, że nie wykazano negatywnego wpływu ziarna kukurydzy MON 810 i poekstrakcyjnej śruty sojowej z soi RR na wskaźniki produkcyjne, jakość uzyskiwanych produktów odzwierzęcych oraz status metaboliczny i zdrowotny organizmu świń, w tym efektywność odpowiedzi immunologicznej – co świadczy, że badane genetycznie zmodyfikowane materiały paszowe są równoważne żywieniowo z odpowiednimi paszami konwencjonalnymi. Ponadto, stwierdzono brak obecności transgenicznego DNA w dalszych częściach przewodu pokarmowego, co świadczy o wysokiej efektywności jego trawienia u badanych zwierząt oraz ogranicza możliwość przechodzenia jego aktywnych fragmentów do organizmu. Nie wykazano obecności transgenicznego DNA w narządach wewnętrznych, krwi i tkance mięśniowej, co wskazuje na brak transferu wykrywalnych fragmentów transgenów z przewodu pokarmowego do organizmu zwierząt. W podsumowaniu otrzymanych wyników można stwierdzić, że genetycznie zmodyfikowane ziarno kukurydzy MON 810 (DKC 3421YG) i poekstrakcyjna śruta sojowa z soi RR (MON-40-3-2) są tak samo bezpieczne w żywieniu zwierząt jak ich odpowiedniki konwencjonalne. Otrzymane wyniki zostały opublikowane w formie prac oryginalnych: Świątkiewicz i in. (2010, 2011), Stadnik i in. (2011), Reichert i in. (2012), Świątkiewicz i in. (2012, 2013 a), Bednarek i in. (2013), Sieradzki i in. (2013), Świątkiewicz i in. (2013 b, 2014 a).

W ostatnich latach problem poszerzenia krajowego rynku pasz białkowych w celu zastąpienia nimi importowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej powrócił w powtarzających się dyskusjach nad kolejnym terminem wprowadzenia ustawowego zakazu stosowania pasz genetycznie zmodyfikowanych. Niezależnie od prac legislacyjnych, badanie i poznawanie krajowych źródeł białka jest także niezwykle istotne w aspekcie poszukiwania możliwości uniezależnienia, zarówno naszego kraju jak i rynku UE, od importowanych źródeł białka paszowego oraz obniżenia kosztów żywienia świń. Nie bez znaczenia jest także opinia konsumentów, wśród których grono zwolenników świadomie poszukujących bezpiecznej, nieprzetworzonej żywności naturalnego pochodzenia stale rośnie. Stąd, w Instytucie Zootechniki rozpoczął się kolejny cykl badań nad wykorzystaniem krajowych zamienników poekstrakcyjnej śruty sojowej w żywieniu tuczników, loch i prosiąt. Badaniami objęto makuch rzepakowy, w odróżnieniu od poekstrakcyjnej śruty rzepakowej, pochodzący z produkcji zdrowszego oleju, tłoczonego na zimno, jak również nasiona roślin bobowatych z uwzględnieniem nowych odmian. Wykorzystano nasiona grochu odmian białe i kolorowo kwitnących, łubinu żółtego i wąskolistnego oraz bobiku nisko i wysokotaninowego. Ponadto, oceniano efektywność dodatku do mieszanek paszowych z udziałem nasion roślin bobowatych – enzymów paszowych rozkładających polisacharydy nieskrobiowe. Otrzymane wyniki wykazały, że zastąpienie części poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszankach dla

tuczników makuchem spowodowało tylko niewielki spadek przyrostów masy ciała, ale jednocześnie obserwowano większą zawartość mięsa w tuszy i mniejsze otłuszczenie. Stwierdzono, że makuch rzepakowy może stanowić główne źródło białka w mieszankach dla loch próśnych oraz zastąpić około 50% śrutę sojowej w mieszankach dla loch karmiących. W przypadku prosiąt, 3% udział makuchu w mieszance nie wpływał na wskaźniki odchowu, ale zwiększenie udziału do 5% istotnie obniżyło przyrosty masy ciała i zwiększyło zużycie paszy (Brzóska i in., 2010; Hanczakowska i in., 2011). Jako szczególnie obiecujące uznano łączne stosowanie paszy rzepakowej z nasionami roślin bobowatych, pozwalające na lepsze zbilansowanie składu aminokwasowego białka paszy i obniżenie zawartości substancji antyodżywczych. Wyniki doświadczenia, w którym w paszy dla loch i prosiąt stosowano makuch rzepakowy łącznie z nasionami jednej z roślin bobowatych (groch, bobik, łubin niebieski lub łubin żółty) wykazały, że pasze te mogą całkowicie zastąpić poekstrakcyjną śrutę sojową w żywieniu loch i częściowo w żywieniu prosiąt (Hanczakowska i Świątkiewicz, 2013). Stwierdzono, że lochy żywione mieszankami z udziałem makuchu i łubinu żółtego lub makuchu i bobiku urodziły prosięta o większej masie ciała, a po odsadzeniu najwyższe przyrosty masy ciała obserwowano u warchlaków żywionych paszą z udziałem makuchu i bobiku. Także strawność białka u loch z grupy z bobikiem była najbardziej zbliżona do wyników grupy kontrolnej. Wyniki doświadczenia przeprowadzonego w takim samym układzie na tuczniakach wykazały, że makuch rzepakowy i nasiona roślin bobowatych mogą zastąpić 30% białka śrutę sojowej w mieszankach na pierwszy okres tuczu i 100% w mieszankach finiszerych, nie powodując pogorszenia wskaźników tuczu i jakości mięsa (Hanczakowska i Świątkiewicz, 2014). Jedynie w przypadku łubinu niebieskiego wskaźniki tuczu były wyraźnie gorsze. Stwierdzono, że mieszanki paszowe dla tuczniaków zawierające makuch rzepakowy i nasiona roślin bobowatych cechowały się lepszą strawnością suchej masy, włókna i substancji bezazotowych wyciągowych niż mieszanki kontrolne z poekstrakcyjną śrutą sojową, a strawność białka i tłuszczu była we wszystkich grupach zbliżona. Dodatek do paszy mieszaniny enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe nie wpłynął istotnie na wykorzystanie paszy i przyrosty masy ciała.

Kolejny cykl badań dotyczył oceny możliwości wykorzystania w żywieniu wszystkich grup technologicznych świń nasion roślin bobowatych z uwzględnieniem nowych odmian (Hanczakowska i in., 2017). W pierwszym doświadczeniu badano dwie nowe (zawierające mniej alkaloidów i więcej białka) i dwie dawne odmiany łubinów niebieskiego i żółtego. Stwierdzono, że odsadzone prosięta oraz tuczniaki żywione mieszankami z udziałem 6–10% nasion nowych odmian łubinów uzyskały wskaźniki odchowu zbliżone do kontrolnych. Jednak, obecność nasion łubinów pogorszyła nieco jakość mięsa, zwłaszcza cechy sensoryczne. Dodatek enzymów hydrolizujących NSP nie wpłynął istotnie na wykorzystanie paszy. Celem drugiego doświadczenia była

ocena wpływu nasion bobiku odmian nisko- i wysokotaninowych na produktywność loch z potomstwem i tuczników (Świątkiewicz i in., 2018). Do najważniejszych wyników należy zaliczyć stwierdzenie, że nasiona bobiku mogą być częściowym zamiennikiem śruty sojowej w paszy dla loch (12–14%) i prosiąt (6%). W przypadku tuczników natomiast (12–16%) nieznaczne obniżenie przyrostów masy ciała i pogorszenie jakości mięsa, szczególnie w przypadku bobiku odmian wysokotaninowych, należy brać pod uwagę. Dodatek enzymów hydrolizujących NSP tylko w niewielkim stopniu poprawił wskaźniki produkcyjne czy współczynniki strawności. W kolejnym doświadczeniu badano wpływ nasion grochu odmian biało i kolorowo kwitnących na produktywność loch, prosiąt i tuczników (Hanczakowska i in., 2018). Wyniki doświadczenia wykazały, że nasiona grochu, zwłaszcza odmiany kolorowo kwitnącej mogą częściowo zastąpić poekstrakcyjną śrutę sojową w żywieniu loch (6–7%), prosiąt (6%) i tuczników (8%). Nie stwierdzono wpływu nasion grochu na wskaźniki reprodukcyjne loch, podczas gdy masa prosiąt urodzonych i odsadzonych była wyższa w grupach żywionych paszą z udziałem grochu. Przyrosty masy ciała i zużycie paszy u warchlaków po 56. dniu życia były zbliżone we wszystkich grupach, a u tuczników najkorzystniejsze wyniki odnotowano w grupie otrzymującej nasiona grochu kolorowo kwitnącego. Podobnie jak w poprzednich doświadczeniach, nie obserwowano istotnego wpływu enzymów paszowych na wyniki tuczu i odnotowano pewne pogorszenie sensorycznej jakości mięsa u tuczników otrzymujących w paszy nasiona grochu odmiany biało kwitnącej. W przeprowadzonych doświadczeniach obserwowano istotnie lepszą wodochłonność mięsa u świń żywionych mieszankami z udziałem nasion roślin bobowatych.

Wykorzystanie w żywieniu zwierząt produktów ubocznych przemysłu rolnospożywczego oraz materiałów paszowych z produkcji biopaliw

Wieloletni cykl doświadczeń prowadzonych w Instytucie Zootechniki dotyczył wykorzystania w żywieniu świń pasz będących produktami ubocznymi przemysłu tłuszczowego, cukrowniczego, przetwórstwa ryb lub produktów powstających przy produkcji biopaliw. Celem tych badań było określenie możliwości zastosowania w żywieniu świń materiałów poprodukcyjnych, będących bogatym źródłem składników pokarmowych, przede wszystkim białka i energii. Badania te motywowane były czynnikami ekonomicznymi, takimi jak np. możliwość częściowego zastąpienia w mieszankach paszowych poekstrakcyjnej śruty sojowej, ale także działaniem proekologicznym, pozwalającym na zagospodarowanie cennych produktów ubocznych.

Jednym z podjętych zagadnień było określenie sposobu wykorzystania do produkcji pasz dla świń krajowego surowca rybnego dostępnego w postaci płynnego hydrolizatu typu pirosiloryb lub suchego koncentratu roślinno-rybnego, wytwarzanych jako alternatywa dla energo- i kosztocłonnej mączki rybniej. Wymienione materiały paszowe produkowano zakwaszając płynny

hydrolizat z surowca rybnego oraz susząc go na nośniku z ziarna zbóż lub otrąb pszennych, jak również z dodatkiem poekstrakcyjnej śruty rzepakowej. Badania te były prowadzone w ramach projektu pt. „Intensyfikacja połowów śledzi i szprotów na Bałtyku w kompleksie żywnościowym i paszowym kraju”, realizowanego przez Morski Instytut Rybacki w Gdyni w latach 1995–1997. W Instytucie Zootechniki przeprowadzono szereg doświadczeń na tucznikach oraz lochach, prosiętach i warchlakach. Wykazano przydatność koncentratów roślinno-rybnych w żywieniu świń i możliwość wykorzystania ich jako źródła białka, z zastrzeżeniem wycofania ich z dawki dla tuczników na około trzy tygodnie przed ubojem ze względu na niekorzystny wpływ tłuszczu rybiego na smak i zapach mięsa. Otrzymane wyniki opublikowano w pracach: Urbańczyk i in. (1997 b,c, 2000).

W pierwszej dekadzie XXI w. pojawiło się w kraju zainteresowanie biopaliwami, a tym samym wzrósł areal upraw rzepaku na potrzeby produkcji oleju do biodiesla oraz kukurydzy na potrzeby produkcji alkoholu etylowego do biobenzyny. Produktem ubocznym powstającym w przemyśle gorzelnianym przy wytwarzaniu bioetanolu do biopaliw jest tzw. wywar gorzelniany, który po procesie technologicznym, obejmującym m.in. odwirowywanie i suszenie staje się produktem nie tylko wygodnym do transportu i przechowywania, ale także wartościowym, gdyż charakteryzuje się dość dużą zawartością białka i innych składników pokarmowych oraz obecnością dobrze przyswajalnego fosforu. W latach 2009–2011 w Instytucie Zootechniki przeprowadzono badania mające na celu określenie wartości pokarmowej pełnego suszonego wywaru gorzelnianego (tzw. DDGS) oraz jego wpływu na przebieg tuczu świń, jakość tuszy i mięsa oraz wskaźniki reprodukcyjne loch i wyniki odchowu prosiąt. Badania te dotyczyły DDGS z kukurydzy, żyta i pszenicy. W podsumowaniu otrzymanych wyników (Świątkiewicz i in., 2013 c; Świątkiewicz i Hanczakowska, 2011; Świątkiewicz i in., 2014 b) stwierdzono, że suszone pełne wywary gorzelniane (DDGS) z kukurydzy, pszenicy oraz żyta mogą być stosowane w mieszankach paszowych dla loch i prosiąt, nie powodując istotnego pogorszenia wskaźników reprodukcyjnych i wyników odchowu. Zastosowanie DDGS z kukurydzy i żyta w mieszankach paszowych dla świń pogorszyło nieco wskaźniki tuczu w porównaniu z grupą kontrolną, jednakże różnice te nie były statystycznie istotne. Tusze świń otrzymujących w paszy wywary DDGS nie różniły się ilością mięsa w wyrębach podstawowych, ale były mniej otłuszczone. Zastosowanie enzymów paszowych w mieszankach zawierających DDGS z kukurydzy lub żyta, przeznaczonych dla prosiąt, warchlaków i tuczników korzystnie wpłynęło na przyrosty ich masy ciała i zużycie paszy.

W kolejnych latach (2012–2013) kontynuowano te badania, poszerzając je o ocenę możliwości poprawy trwałości tłuszczu i mięsa świń otrzymujących mieszanki zawierające materiały paszowe bogate w nienasycone kwasy

tłuszczowe (jak DDGS z kukurydzy) za pomocą różnych źródeł nienasyconego tłuszczu paszowego cechującego się wysokim udziałem kwasów nasyconych (Świątkiewicz i Hanczakowska, 2011; Świątkiewicz i in., 2014 a,b). W przeciwieństwie do badań prowadzonych w poprzednich latach, w tym cyklu skupiono się głównie na jakości tłuszczu świń, zarówno mięsa jak i słoniny oraz jego trwałości i odporności na utlenianie w trakcie przechowywania lub obróbki termicznej. Wiedząc z poprzednich doświadczeń, że stosowanie mieszanek paszowych o wysokim udziale DDGS z kukurydzy może mieć niekorzystny wpływ na jakość tłuszczu i mięsa, założono, że wprowadzenie do mieszanki paszowej z tym DDGS tłuszczu wołowego lub kokosowego, czyli tłuszczu nasyconego, pozwoli na modyfikację składu kwasów tłuszczowych mięsa i poprawę jego trwałości i jakości. Do badań wybrano tłuszcz wołowy jako tańsze i znane źródło tłuszczu paszowego oraz tłuszcz kokosowy, który jest naturalnym bogatym źródłem średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych, dotychczas mało zbadanym w aspekcie żywienia świń. W podsumowaniu wyników stwierdzono, że mięso i tłuszcz świń żywionych mieszanką paszową z udziałem DDGS z kukurydzy i olejem rzepakowym charakteryzują się większą zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych, co może przyczynić się do pogorszenia odporności na utlenianie. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że korelacja pomiędzy profilem kwasów tłuszczowych paszy a profilem kwasów tłuszczowych mięsa i słoniny jest wysoka i statystycznie istotna, przy czym większość współczynników korelacji jest znacznie wyższa w przypadku słoniny niż w przypadku mięsa. Ponadto, korelacja między profilem kwasów tłuszczowych paszy a wartością wskaźnika TBARS okazała się statystycznie istotna tylko w przypadku słoniny, podczas gdy w przypadku mięsa zależność taka nie została potwierdzona. Stwierdzono, że natłuszczanie mieszanek paszowych zawierających DDGS z kukurydzy tłuszczem bogatym w kwasy nasycone (wołowym, a szczególnie kokosowym) lub wycofanie DDGS z dawki pokarmowej przed końcem tuczu ogranicza stopień nienasycenia kwasów tłuszczu mięsa i słoniny, poprawiając tym samym odporność na utlenianie i jakość. Mięso świń z grup doświadczalnych cechowało się mniejszym wyciekaniem i było nieco bardziej kruche. Do najważniejszych efektów zastosowanych receptur mieszanek paszowych można zaliczyć obniżenie liczby jodowej tłuszczu mięsa i słoniny świń oraz wskaźnika TBARS, szczególnie wyraźne w przypadku słoniny, jak również większą trwałość barwy po mrożeniu. Wyniki te wykazały zasadność praktycznego stosowania powyższych czynników żywieniowych, gdyż większa stabilność oksydacyjna tłuszczu mięsa przekłada się na mniejszą ilość produktów peroksydacji lipidów, które są jedną z głównych przyczyn wielu schorzeń cywilizacyjnych, w tym miażdżycy, nowotworów, chorób autoimmunologicznych. Ponadto, poprawa takiej cechy technologicznej jak trwałość oksydacyjna jest

ważna w przypadku wieprzowiny, mięsa w znacznie większym stopniu przeznaczonego do dłuższego przechowywania w zamrożeniu i eksportu oraz szeroko pojętego przetwórstwa niż do sprzedaży w formie elementów świeżych.

Nowoczesne kierunki badań nad krajowymi paszami białkowymi

W ostatnich kilku latach dzięki rozwojowi nowoczesnych metod analitycznych z zakresu genomiki w Instytucie Zootechniki stało się możliwe prowadzenie badań żywieniowych o charakterze nutrigenomicznym. W tym celu badania nad DDGS z kukurydzy, opisane już we wcześniejszym rozdziale, poszerzono o ocenę wpływu zróżnicowanego profilu kwasów tłuszczowych mieszanki paszowej oraz obecności lub braku DDGS w mieszance na poziom ekspresji genów w wybranych tkankach. W tych badaniach skupiono się na tuczniakach pochodzących z grup doświadczalnych, istotnie różniących się rodzajem tłuszczu dodanego do paszy: uwzględniono mieszankę kontrolną zbożowo-sojową z olejem rzepakowym oraz mieszanki doświadczalne zawierające DDGS z kukurydzy i olej rzepakowy lub DDGS i tłuszcz nasycony (wołowy lub kokosowy). Po analizie profili transkryptomu wątroby w poszczególnych grupach żywieniowych zidentyfikowano 39 genów statystycznie różniących się poziomem ekspresji. Z grupy tej wybrano 6 genów: *ACSL5*, *APOA4*, *GSTO1*, *CYP7A1*, *CYP2b22*, *CYP22C49* w celu potwierdzenia obserwowanych różnic metodą Real-Time PCR. Zdecydowanie najwyższy wzrost poziomu ekspresji odnotowano w grupach, w których zwierzęta żywiono mieszankami z DDGS oraz tłuszczem wołowym lub kokosowym. Stwierdzono, że u świń żywionych mieszankami z dodatkiem tłuszczu o wysokiej zawartości kwasów nasyconych (zwłaszcza kokosowego) istotnie większa była ekspresja genu *ACSL5* kodującego białko acetylo-CoA, biorące udział w rozkładzie pobranych kwasów tłuszczowych, ich syntezie *de novo* i w syntezie cholesterolu, jak również większa była ekspresja genu *APOA4* kodującego białkową część lipoproteiny, umożliwiającej transport tłuszczów z jelita cienkiego do wątroby i mięśni. Wzrost ekspresji tych genów oznacza wzrost intensywności przemian metabolicznych tłuszczu, w wyniku których organizm wykorzystuje energię niezbędną do wzrostu i rozwoju. Obserwowano także wyższy poziom ekspresji dwóch genów z rodzaju *CYP*, kodujących białka uczestniczące w szlaku metabolicznym, w którym organizm z rozkładu tłuszczów wytwarza energię, biorących udział w przekształcaniach cholesterolu w hormony steroidowe i sole kwasów żółciowych, jak również będących elementem biotransformacji ksenobiotyków lipofilowych. Zwiększona ekspresja genów *CYP* może wynikać z konieczności wzrostu intensyfikacji wytwarzania kwasów żółciowych niezbędnych do trawienia większej ilości tłuszczów nasyconych oraz wydalania cholesterolu i zbędnych związków lipofilowych.

W ramach realizacji badań analizowano także liniową zależność pomiędzy zawartością nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych

w mieszankach paszowych a poziomem ekspresji 6 wybranych genów związanych z przemianami lipidów. Wszystkie współczynniki korelacji były dodatnie. Ważnym osiągnięciem naukowym było stwierdzenie, że statystycznie wysoko istotna korelacja łączyła zawartość SFA i UFA w mieszance paszowej z poziomem ekspresji genów *APOA4*, *CYP2B22*, *CYP2C49*. W przypadku genów *ACSL5* i *GSTO1* stwierdzono istotną korelację o wartości współczynnika od 0,46 do 0,49. Nie odnotowano istotnych zależności pomiędzy zawartością kwasów tłuszczowych w paszy a poziomem ekspresji genu *CYP7A1*. Podobne tendencje obserwowano analizując zależność pomiędzy liczbą jodową tłuszczu paszy a ekspresją sześciu wybranych genów. Korelacja ta okazała się jednak nieco słabsza i charakteryzowała się niższą istotnością statystyczną niż w przypadku zależności pomiędzy SFA lub UFA a poziomem ekspresji. Należy przypuszczać, że poziom nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w paszy może służyć do szacowania zmian poziomu ekspresji niektórych genów w większym stopniu niż wartość liczby jodowej tłuszczu paszy.

Odrębnym aspektem badań nutrigenomicznych była analiza zmian transkryptomu słoniny grzbietowej świń żywionych izoenergetycznymi mieszankami różniącymi się obecnością DDGS z kukurydzy oraz rodzajem tłuszczu paszowego, jak również próba określenia ewentualnych interakcji pomiędzy DDGS a profilem kwasów tłuszczowych paszy w zakresie oddziaływania na badane parametry genomyczne. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że w słoninie grzbietowej najwięcej genów o zróżnicowanej ekspresji występuje przy porównaniu grupy kontrolnej bez DDGS z grupą z DDGS (obie z dodatkiem oleju rzepakowego) oraz grupy kontrolnej z grupą otrzymującą DDGS i tłuszcz kokosowy. Duży wpływ paszy o zróżnicowanym profilu kwasów tłuszczowych (DDGS z olejem rzepakowym vs DDGS z tłuszczem kokosowym) na poziom ekspresji genów wskazuje na synergistyczny efekt tłuszczu i DDGS na procesy metaboliczne. Jednakże, największą sieć istotnych powiązań i interakcji pomiędzy genami DEG obserwowano tylko w przypadku pierwszej pary grup. Do najważniejszych osiągnięć przeprowadzonych badań zaliczono stwierdzenie, że u świń żywionych paszą z udziałem DDGS następuje zmniejszenie ekspresji genów związanych z lipogenezą kwasów tłuszczowych zachodzącą w tkance tłuszczowej w warunkach dodatniego bilansu energetycznego (*FASN*, *ACLY*, *ACC*, *SCD*). Należy podkreślić, że obniżenie ekspresji tych genów jest jednym z działań kierunkowych w leczeniu takich schorzeń, jak: otyłość, cukrzyca, niealkoholowe stłuszczenie wątroby. Stwierdzono ponadto, że u świń otrzymujących paszę z DDGS wyższa była ekspresja genów związanych z procesami odporności (*CIQ*, *C5AR1*, *F3*, *F13A1*, *MS4A2*). Aktywacja tych genów może zapobiegać utrzymywaniu się przewlekłego stanu zapalnego, który uważa się za jeden z czynników w patogenezie otyłości oraz chorób neurodegeneracyjnych i sercowo-naczyniowych. Na podstawie otrzymanych wyników można przypuszczać, że DDGS z kukurydzy ma stymulujące działanie na układ immunologiczny organizmu, jak

również na ograniczenie rozwoju wielu schorzeń metabolicznych uważanych obecnie za choroby cywilizacyjne. Wyniki przeprowadzonych badań opublikowano w formie prac oryginalnych (Oczkowicz i in., 2016, 2017, 2018; Świątkiewicz i in., 2016).

Podsumowanie

Prace badawcze nad krajowymi źródłami białka przydatnego w żywieniu świń były, są i pewnie nadal będą realizowane w Instytucie Zootechniki z uwagi na stale prowadzone prace nad nowymi odmianami roślin, innowacyjne procesy technologiczne stosowane w przemyśle rolno-spożywczym, zmieniające (poprawiające) jakość i wartość pokarmową ubocznych produktów paszowych, rosnące zapotrzebowanie wciąż udoskonalanych genetycznie zwierząt na składniki pokarmowe, kolejne zakazy zmieniające strukturę rynku pasz i ich dostępność, itd. Zmieniają się jednak metody badań, spełniając coraz bardziej restrykcyjne wymagania komisji etycznych, dzięki czemu zapewnienie zwierzętom doświadczalnym jak najlepszych warunków bytowych i zdrowotnych zyskuje kluczowe znaczenie. Nieustanny rozwój kadry naukowej i coraz większa mnogość nowoczesnych metod analitycznych, a zarazem skuteczne starania o coraz większą ich dostępność w Instytucie Zootechniki pozwalają poszerzać zakres badanych aspektów naukowych i różnego typu analiz. Dzięki temu wyniki prowadzonych w IZ badań przyczyniają się do poszerzenia wiedzy nie tylko z zakresu wykorzystania pasz i ich wpływu na wskaźniki produkcyjne, jak to było dawniej, ale także pozwalają określić wpływ badanych pasz na wskaźniki zdrowotne i fizjologiczne wskaźniki rozwoju przeżuwacza pokarmowego, a także na ekspresję genów, a w konsekwencji na kształtowanie wybranych szlaków metabolicznych. Dzięki temu, że badania te prowadzone są na świniach, uznanych za optymalny model fizjologii człowieka, otrzymane wyniki mogą mieć również zastosowanie w badaniach dotyczących wpływu żywienia na organizm człowieka.

Piśmiennictwo

- Bednarek D., Dudek K., Kwiatek K., Świątkiewicz M., Świątkiewicz S., Strzetelski J. (2013). Effect of a diet composed of genetically modified feed components on the selected immune parameters in pigs, cattle and poultry. *Bull. Vet. Inst. Puławski*, 57: 209–217.
- Brzóška F., Hanczakowska E., Koreleski J., Strzetelski J., Świątkiewicz S. (2010). Teraz rzepak, teraz olej. Tom IV. Pasze rzepakowe w żywieniu zwierząt. *Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju*, Warszawa; ISBN: 978-83-927541-9-0.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2013). Legume seeds and rapeseed press cake as substitutes for soybean meal in sow and piglet feed. *Agric. Food Sci.*, 22, 4: 435–444.

- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2014). Legume seeds and rapeseed press cake as replacers of soybean meal in feed for fattening pigs. *Ann. Anim. Sci.*, 14, 4: 921–934.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Węglarzy K. (2011). Wykorzystanie produktów ubocznych produkcji biopaliw: makuchu rzepakowego i glicerolu w żywieniu prosiąt. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Biol. Hod. Zwierz.*, LXII, 580: 190–206.
- Hanczakowska E., Księżak J., Świątkiewicz M. (2017). Efficiency of lupine seed (*Lupinus angustifolium* and *Lupinus luteus*) in sow, piglet and fattener feeding. *Agric. Food Sci.*, 26, 1: 1–15.
- Hanczakowska E., Księżak J., Świątkiewicz M. (2018). Efficiency of pea seeds in sow, piglet and fattener feeding. *Anim. Prod. Sci.*, 59 (2): 304–313.
- Krełowska-Kułas M., Kędzior W., Jędryka T., Urbańczyk J. (1982 a). Niektóre własności mięsa świń żywionych mieszanką z udziałem drożdży. *Rocz. Inst. Przem. Mięsn.*, XIX: 321–329.
- Krełowska-Kułas M., Kędzior W., Jędryka T., Urbańczyk J. (1982 b). Wpływ żywienia świń mieszanką z udziałem drożdży na własność tłuszczu. *Rocz. Inst. Przem. Mięsn.*, XIX: 31–41.
- Krełowska-Kułas M., Urbańczyk J. (1985/1986 a). Wpływ żywienia tuczników mieszanką z udziałem rzepaku Start 00 na jakość mięsa. *Rocz. Inst. Przem. Mięsn.*, XXII: 7–17.
- Krełowska-Kułas M., Urbańczyk J. (1985/1986 b). Wpływ żywienia tuczników paszą z udziałem rzepaku zwykłego i uszlachetnionego na jakość tłuszczu zapasowego. XXII/ XXIII: 18–28.
- Normy żywienia zwierząt gospodarskich (1981). Praca zbiorowa pod red. R. Rysia. Instytut Zootechniki, PWRiL, Warszawa.
- Normy żywienia świń – wartość pokarmowa pasz (1993). IFiŻŻ im. J. Kiełanowskiego PAN w Jabłonie, Wydawnictwo Omnitech Press, Warszawa.
- Oczkowicz M., Świątkiewicz M., Ropka-Molik K., Gurgul A., Żukowski K. (2016). Effects of different sources of fat in the diet of pigs on the liver transcriptome estimated by RNA-seq. *Ann. Anim. Sci.*, 16, 4: 1073–1090.
- Oczkowicz M., Pawlina K., Bugno-Poniewierska M., Świątkiewicz M. (2017). Addition of coconut oil to the diet based on maize dried distilled grains with solubles (DDGS) alters miR-122a expression in the pig liver. *J. Anim. Feed Sci.*, 26: 326–332.
- Oczkowicz M., Szmatoła T., Świątkiewicz M., Pawlia-Tyszko K., Gurgul A., Ząbek T. (2018). Corn Dried Distillers Grains with Solubles (cDDGS) in the diet of pigs change the expression of adipose genes that are potential therapeutic targets in metabolic and cardiovascular diseases. *BMC Genomics*; <https://doi.org/10.1186/s12864-018-5265>, 1–14.
- Paschma J., Hanczakowska E., Mandrecki A., Urbańczyk J. (1997). Wykorzystanie homogenizowanych odpadów poubojowych w tuczu świń. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 24, 1: 193–203.
- Reichert M., Kozaczyński W., Karpińska T.A., Bocian Ł., Jasik A., Kycko A., Świątkiewicz M., Świątkiewicz S., Furgał-Dierżuk I., Arczewska-Włosek A., Strzetelski J., Kwiatek K. (2012). Histopathology of internal organs of farm animals fed genetically modified corn and soybean meal. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 56: 617–622.

- Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej (2005). Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej (2010). Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej (2015). Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Rynek mięsa wieprzowego (2010). Zintegrowany system rolniczej informacji rynkowej. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 1/2010.
- Rynek mięsa wieprzowego (2016). Zintegrowany system rolniczej informacji rynkowej. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 39/2016.
- Ryś R., Urbańczyk J. (1973). Próba zastosowania dodatku syntetycznych kwasów tłuszczowych i aminokwasów do skrajnie niskobiałkowej dawki roślinnej dla tuczników. *Acta Agr. Silv., ser. Zoot.*, XIII: 33–45.
- Ryś R., Urbańczyk J. (1974). Wpływ dodatku metioniny i tłuszczu do niskoenergetycznej dawki pokarmowej dla tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2: 121–130.
- Ryś R., Urbańczyk J., Morstin E., Kościńska A. (1974 a). Mączka z nasion guaru w żywieniu tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 1: 155–162.
- Ryś R., Urbańczyk J., Dumańska K. (1974 b). Drożdże z n-parafin w żywieniu trzody chlewnej. *Acta Agr. Silv., ser. Zoot.*, XIV, 1: 51–62.
- Ryś R., Urbańczyk J., Dumańska K. (1975 a). Einfluss von DL-Methionin auf die Mast von mit Kohlenwasserstoffhefe von differenzierten Proteinniveau gefütterten Schweinen. *Jb. F. Tierern Fütterung.*, 9: 193–200.
- Ryś R., Urbańczyk J., Gawlik Z. (1975 b). Wpływ drożdży z n-parafin na udział niektórych kwasów tłuszczowych w tłuszczu słoniny tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 3: 107–115.
- Ryś R., Urbańczyk J., Hanczakowska E., Socha A. (1977). Wpływ koncentratu białkowego z lucerny na wyniki tuczu trzody chlewnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.*, 193: 185–193.
- Ryś R., Urbańczyk J., Skrzyński S., Socha A. (1981). Luzerne-und Grassaft in Getreide-Kartoffelrationen für Mastschweine. *Tierernährung u. Fütterung.*, B-12: 88–93.
- Sieradzki Z., Mazur M., Kwiatek K., Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Koreleski J., Hanczakowska E., Arczewska-Włosek A., Goldsztejn M. (2013). Assessing the possibility of genetically modified DNA transfer from GM feed to broiler, laying hen, pig and calf tissues. *Pol. J. Vet. Sci.*, 16, 2: 435–441.
- Stadnik J., Karwowska M., Dolatowski Z.J., Świątkiewicz M., Kwiatek K. (2011). Effect of genetically modified feeds on physico-chemical properties of pork. *Ann. Anim. Sci.*, 11, 4: 597–606.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E. (2007). Selected indices of meat and carcass quality of pigs fed grass or maize silages supplemented with herb mixture. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57, 4 (C): 547–550.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E. (2008). Effect of herbs mixture and enzymes supplementation of grass silage diet for pigs on performance and meat quality. *Med. Wet.*, 64 (6): 782–785.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E. (2011). Zastosowanie suszonych pełnych wywarów gorzelnianych (DDGS) w żywieniu loch, prosiąt i warchlaków. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Biol. Hod. Zwierz.*, LXII, 580: 433–442.

- Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Koreleski J., Kwiatek K. (2010). Nutritional efficiency of genetically modified, insect resistant corn (MON 810) and glyphosate tolerant soybean meal (Roundup Ready) for broilers. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 54: 43–48.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Twardowska M., Mazur M., Kwiatek K., Kozaczyński W., Świątkiewicz S., Sieradzki Z. (2011). Effect of genetically modified feeds on fattening results and transfer of transgenic DNA to swine tissues. *Bull. Vet. Inst. Pul.*, 55: 121–125.
- Świątkiewicz S., Szymczyk B., Brzóska F., Świątkiewicz M., Arczewska-Włosek A., Strzetelski J., Furgał-Dierżuk I., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Sieradzki Z., Pejsak Z., Tomczyk G., Minta Z., Bednarek D., Kozaczyński W., Reichert M., Kwiatek K. (2012). Genetycznie zmodyfikowane materiały paszowe w żywieniu zwierząt – rezultaty badań krajowych. *Prz. Hod.*, 7–9: 9–14.
- Świątkiewicz M., Bednarek D., Markowski J., Hanczakowska E., Kwiatek K. (2013 a). Effect of feeding genetically modified maize and soybean meal to sows on their reproductive traits, haematological indices and offspring performance. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 57: 413–418.
- Świątkiewicz M., Bednarek D., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Sieradzki Z., Hanczakowska E., Kwiatek K. (2013 b). Genetycznie modyfikowana poekstrakcyjna śruta sojowa HT i ziarno kukurydzy *Bt* w żywieniu świń. *Wiad. Zoot.*, LI, 2: 31–47.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Olszewska A. (2013 c). Effect of diet containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and NSP-hydrolyzing enzymes supplementation on growth performance, carcass traits and meat quality of pigs. *Ann. Anim. Sci.*, 13, 2: 313–326.
- Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Arczewska-Włosek A., Józefiak D. (2014 a). Genetically modified feeds and their effect on the metabolic parameters of food-producing animals: a review of recent studies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 198: 1–19.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Olszewska A. (2014 b). Suszony zbożowy wywar gorzelniany (DDGS) w żywieniu świń. *Wiad. Zoot.*, LII, 4: 141–153.
- Świątkiewicz M., Oczkowicz M., Ropka-Molik K., Hanczakowska E. (2016). The effect of dietary fatty acids composition on adipose tissue quality and expression of genes related to lipid metabolism in porcine livers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 216: 204–215.
- Świątkiewicz M., Księżak J., Hanczakowska E. (2018). The effect of feeding native faba bean seeds (*Vicia faba L.*) to sows and supplemented with enzymes to piglets and growing pigs. *Ann. Anim. Sci.*, 18, 4: 1007–1027.
- Urbańczyk J. Pasze w żywieniu trzody chlewnej. Sprawozdanie IZ niepublikowane.
- Urbańczyk J. Zielonka w postaci pasty w żywieniu trzody chlewnej. Sprawozdanie IZ niepublikowane.
- Urbańczyk J. Zastosowanie pszenżyta w żywieniu tuczników. Sprawozdanie IZ niepublikowane.
- Urbańczyk J. (1978). Efektywność dodatku syntetycznej metioniny w żywieniu zwierząt gospodarskich w świetle badań przeprowadzonych w Polsce. *Biul. Inf. Przem. Pasz.*, 3: 24–33.

- Urbańczyk J. (1981 a). Zapotrzebowanie świń na niektóre egzogenne aminokwasy. NŻZG IZ, PWRiL, Warszawa, ss. 127–132.
- Urbańczyk J. (1981 b). Próba poprawy wykorzystania białka w dawkach pokarmowych dla tuczników poprzez dodatek syntetycznych aminokwasów i chemioterapeutyków. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 239: 75–90.
- Urbańczyk J. (1981 c). Wyniki badań nad stosowaniem chemioterapeutyków jako stymulatorów wzrostu świń. Biul. Inf. IZ, 4: 17–30.
- Urbańczyk J. (1982). Żywienie tuczników dawkami z ograniczoną ilością mieszanek przemysłowych i zbóż. Biul. Inf. IZ, XX, 2–3: 34–44.
- Urbańczyk J. (1988). Zastosowanie triticale z różnymi źródłami białka w żywieniu tuczników. Ref. na symp.: Regulacja pobierania paszy przez świnię. Temat 5.2. Rumunia, Balateszti, 3–7.10.1988 (maszynopis powielony).
- Urbańczyk J., Ryś R. (1974). Skuteczność dodatku syntetycznej lizyny i metioniny do dawek dla tuczników w świetle krajowych doświadczeń. Biul. Inf. IZ., 6: 49–56.
- Urbańczyk J., Ryś R., Harenza T., Hanczakowska E. (1975). Próba określenia wpływu Cu i Zn na efektywność Nitrovinu /Payzonu/ w żywieniu tuczników. Med. Wet., 9: 547–549.
- Urbańczyk J., Ryś R., Harenza T. (1977). Wpływ dodatku syntetycznej lizyny i metioniny do niskobiałkowej dawki ziemniaczanej dla tuczników. Nowości Wet., 1: 69–76.
- Urbańczyk J., Ryś R., Harenza T., Hanczakowska E., Barabasz J. (1978). Związek między ilością białka i aminokwasów w dawce pokarmowej a wynikami tuczu trzody chlewnej. Zesz. Nauk. SGGW AR Warszawa, s. Weterynaria, 8: 73–86.
- Urbańczyk J., Harenza T., Jędryka J. (1979 a). Biologicka ucinnost roznych sloucenin bacitracinu v odchovu, a predvykrmu prasat. Biol.chem. Vyživy Zvir. Praha, XV/XXI, 5: 413–417.
- Urbańczyk J., Ryś R., Hanczakowska E., Harenza T. (1979 b). Chemiczne stymulatory wzrostu w tuczu trzody chlewnej. Acta Agr. Silv., ser. Zoot., XVIII, 1–2: 147–159.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Kościńska A., Morstin E. (1981). Zastosowanie Ca-hydroksyanalogu metioniny jako zamiennika DL-metioniny w dawce pokarmowej dla tuczników. Acta Agr. Silv., ser. Zoot., XX, 16: 241–250.
- Urbańczyk J., Ryś R., Skrzyński S., Maciejewicz-Ryś J. (1983). Wartość pokarmowa koncentratu białkowego z ziemniaków dla tuczników. Roczn. Nauk. Zoot., 10, 1: 161–168.
- Urbańczyk J., Ryś R., Dumańska K. (1987). Wpływ mączki kryłowej na wyniki tuczu świń. Roczn. Nauk Roln., B-104: 57–69.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Ryś R., Jarocka A., Siemińska M., Skrzyński S. (1993). Wpływ łącznego stosowania poekstrakcyjnej śruty rzepakowej i nasion roślin strączkowych na wyniki tuczu świń. Semin. nauk., IUNG Puławy, 26.05.1993, ss. 127–133.
- Urbańczyk J., Paschma J., Walczak J. (1996). Konserwacja homogenizowanych odpadów poubojowych przeznaczonych do żywienia tuczników. Biul. Nauk. Przem. Pasz., 3/4: 27–38.

- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Jarocka A., Siemińska M., Świątkiewicz M. (1997 a). Intensywny tucz trzody chlewnej mieszankami z surowców krajowych. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl. 1*: 143–145.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Jurkiewicz A., Borkowski L. (1997 b). Koncentraty roślinno – rybne w żywieniu tuczników. *Biul. Nauk. Przem. Pasz., 3 /4*: 69–78.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (1997c). Effect of dietary fish silage level on pigs' fattening results, carcass quality and organoleptic properties of meat. *Rocz. Nauk. Zoot., 24, 4*: 155–169.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2000). Wpływ hydrolizatu rybnego w paszy dla tuczników na przebieg tuczu i ocenę organoleptyczną mięsa. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl. 6*: 227–232.
- Urbańczyk J., Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Siemińska M. (2002 a). Effect of various protein feeds on carcass traits, meat quality and fatty acid composition of backfat of gilts and barrows. *Ann. Anim. Sci., supl. 2*: 277–281.
- Urbańczyk J., Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Siemińska M. (2002 b). Učinkovitost krmnih smjesa bez životinjskih bjelančevina u tovu svinja krmljenih po volji. *Krmiva, 44, 6*: 289–296.
- Urbańczyk J., Świątkiewicz M., Hanczakowska E. (2004). The effect of ecological sow feeding on some reproductive indices. *Ann. Anim. Sci., Supl. 1*: 305–308.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2005). The effect of organic feeding on carcass and meat quality of fattening pigs. *J. Anim. Feed Sci., 14, Supl. 1*: 409–412.
- Wierny A. (1982). Pasze gospodarskie dla trzody chlewnej pod kątem opłacalności ich wykorzystania i zmniejszenia zbożochłonności. *Biul. Inf. IZ, XX, 2–3*: 3–12.
- Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń (2015). Praca zbiorowa; Greła E.R. i Skomiał J. (red.). Wyd. IFiŻŻ im. J. Kielanowskiego PAN w Jabłonie.

Badania nad efektywnością dodatków paszowych i ich przydatnością w kształtowaniu rozwoju przewodu pokarmowego oraz statusu zdrowotnego świń

Małgorzata Świątkiewicz

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Produkcja żywca wieprzowego jest ściśle związana z produkcją roślinną, gdyż jej opłacalność jest w dużym stopniu uzależniona od cen zbóż. Produkcję wieprzowiny charakteryzuje cykl koniunkturalny powodujący okresowe wzrosty lub spadki w wielkości produkcji i w cenach żywca. Zważywszy, że koszty żywienia świń należą do najwyższych i sięgają kilkudziesięciu procent, konieczność ich redukcji jest nieodzowna i zmusza do racjonalnego wykorzystania bazy paszowej. W żywieniu świń nacisk powinien być kładziony nie tylko na optymalne ilościowe bilansowanie składników pokarmowych dawki, ale również na poprawę ich wykorzystania, zarówno poprzez zabiegi technologiczne, jak i stosowanie odpowiednio dobranych dodatków paszowych. W prawidłowo przygotowanej dawce pokarmowej dla zwierząt gospodarskich, obok materiałów paszowych dostarczających składników pokarmowych, energii, witamin oraz makro- i mikroelementów powinny znaleźć się także dodatki paszowe zwiększające wykorzystanie tych składników, poprawiające metaboliczno-zdrowotny status zwierząt, efektywność tuczu, wykorzystanie paszy czy jakość produktów odzwierzęcych. Obecność preparatów zawierających enzymy trawienne w paszy dla zwierząt monogastrycznych jest nieodzowna, szczególnie dla zwierząt szybko rosnących. Mieszanki paszowe dla świń zawierają praktycznie wyłącznie materiały roślinne, z wyjątkiem mieszanek dla prosiąt, w których obecne są pasze pochodzenia zwierzęcego (jak np. mączka rybna, mleko, serwatka, plazma krwi, itp.). Jednak, w przeciwieństwie do przeżuwaczy świnie nie wykorzystują w pełni pasz roślinnych ze względu na brak odpowiednich enzymów trawiennych oraz znacznie ograniczoną efektywność fermentacji bakteryjnej. Zadaniem enzymów paszowych jest poprawa wykorzystania składników pokarmowych pasz roślinnych, a tym samym efektywności żywienia świń. Istotne jest dostarczenie enzymów egzogennych, które nie są naturalnie produkowane w przewodzie pokarmowym świń (jak np. enzymy hydrolizujące polisacharydy nieskrobiowe, fitaza) lub dostarczenie enzymów, których efektywność nie osiągnęła jeszcze

optymalnego poziomu ze względu na bardzo młody wiek zwierząt (jak np. amylaza, lipaza, proteaza). Nieodzownym elementem ochrony zdrowia zwierząt i zwiększenia efektywności produkcyjnej jest stosowanie w mieszankach dodatków regulujących funkcje przewodu pokarmowego. Ich obecność w paszy ma za zadanie przyczynić się do rozwoju nabłonka jelitowego, stabilizacji środowiska mikrobiologicznego w przewodzie pokarmowym oraz poprawy funkcjonowania układu odpornościowego. Do dodatków paszowych wspierających status zdrowotny zwierząt należy zaliczyć także tzw. detoksykanty, czyli substancje o właściwościach adsorpcyjnych, wiążące mykotoksyny na swojej powierzchni (np. glinokrzemiany, węgiel aktywowany, ziemia okrzemkowa, cholestyramina, bentonit, polimery syntetyczne). Detoksykanty wychwytyują mykotoksyny z treści pokarmowej, przez co ograniczają ich wchłanianie, obniżają poziom w organizmie, a tym samym zmniejszają skutki ich toksycznego działania. Detoksykanty, wraz z przyłączonymi mykotoksynami są wydalane z organizmu. Łączne stosowanie dodatków paszowych o różnym charakterze działania jest skuteczniejsze i przyczynia się do poprawy efektywności produkcji zwierzęcej.

Enzymy paszowe a wykorzystanie składników pokarmowych

Polisacharydy nieskrobiowe

Z punktu widzenia żywienia zwierząt gospodarskich w tkankach roślin najważniejsze są substancje zapasowe stanowiące o wartości pokarmowej roślin, tj. białko, tłuszcz, witaminy i składniki mineralne oraz węglowodany. Węglowodany, a zwłaszcza najważniejsza wśród nich – skrobia to główne źródło energii dla zwierząt, szczególnie w paszach takich jak ziarno zbóż. Jednakże, obok tych składników pokarmowych istnieje cała grupa innych związków, które nie są trawione przez świnie, przez co wykorzystanie roślin jest znacznie ograniczone. Do takich składników należy tzw. włókno pokarmowe. Jest to składnik, który przechodzi przez przewód pokarmowy niestrawiony enzymatycznie, a jego pozostałości ulegają częściowemu rozkładowi bakteryjnemu w jelicie ślepym i początkowych odcinkach jelita grubego. W skład bardzo ogólnego i niejednorodnego pojęcia, jakim jest włókno pokarmowe, wchodzi różne składniki: włókno surowe, czyli węglowodany strukturalne budujące ściany komórek roślin i nadające im sztywność (celuloza); polisacharydy nieskrobiowe (NSP), czyli węglowodany inne niż skrobia, tworzące długie rozgałęzione łańcuchy zbudowane z cząsteczek cukrów prostych pentoz (ksylany, arabiniany) lub heksoz (inulina, β -glukan, galaktany, mannany, celuloza); pektyny; hemicelulozy; ligniny, czyli związki strukturalno-lepiszczowe komórek roślinnych nie będące węglowodanami; lipidy (woski roślinne); gumy i śluzy roślinne; skrobia oporna na działanie enzymów (tzw. resistant starch) powstająca w czasie obróbki termicznej pasz roślinnych. Do włókna pokarmowego można także zaliczyć aminopolisacharydy, a wśród

nich chitynę będącą elementem budulcowym szkieletu zewnętrznego stawonogów oraz komórek grzybów i niektórych wodorostów.

Świnie nie wydzielają enzymów trawiennych rozkładających włókno pokarmowe, w tym polisacharydy nieskrobiowe, tak jak to się dzieje w przypadku enzymów trawiących białko, tłuszcz czy węglowodany takie jak skrobia i dwucukry. Polisacharydy nieskrobiowe są tylko częściowo rozkładane przez bakterie jelitowe w procesie fermentacji. W nieznacznym stopniu włókno rozkładane jest już w jelicie cienkim, jednak u zwierząt monogastrycznych głównym miejscem procesów fermentacyjnych jest jelito grube, przy czym rozkład włókna rozpuszczalnego zachodzi z większą intensywnością w początkowym odcinku jelita, a włókna nierozpuszczalnego w końcowym. Na złożoność przebiegu procesu fermentacji wpływa duże zróżnicowanie składników włókna pod względem wielkości cząstek, lignifikacji, rozpuszczalności, wodochłonności, lepkości, czasu pasażu przez przewód pokarmowy. Niejednolite są także produkty końcowe fermentacji, do których należą kwasy: octowy, propionowy, masłowy oraz gazy: metan, dwutlenek węgla. Wzajemne proporcje krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, będących głównym produktem fermentacji są zróżnicowane i zależne od substratu oraz drobnoustrojów, ale w większości kwas octowy stanowi około 60% wszystkich kwasów. Część produktów fermentacji jest zużywana przez bakterie jako źródło energii, ale większość kwasów tłuszczowych jest absorbowana w jelicie grubym w celu dalszego wykorzystania przez organizm świni. Kwasy tłuszczowe, a szczególnie masłowy są w znacznym stopniu wykorzystywane przez komórki nabłonka jelitowego jako źródło energii, ale pozostały kwas masłowy, propionowy oraz większość octowego są także źródłem energii dla komórek wątroby oraz komórek mięśni szkieletowych i serca. Im zwierzę jest starsze, tym przewód pokarmowy jest większy, jelito grube bardziej rozwinięte, a tym samym efektywność fermentacji i produkcji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych – większa. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe mogą pokryć około 15% zapotrzebowania na energię metaboliczną zwierząt młodych i nawet do około 30% zapotrzebowania na energię zwierząt dorosłych, np. loch, knurów. Efektywność fermentacji w ogromnym stopniu zależy również od składu mikroflory jelitowej, co potwierdza zasadność, a nawet konieczność stosowania dodatków paszowych dostarczających pożądanych bakterii w celu zasiedlenia jelit (jak probiotyki) oraz stwarzających środowisko optymalne do ich rozwoju (jak prebiotyki), które poprawią wykorzystanie włókna, a tym samym wykorzystanie potencjalnej energii paszy.

Składniki włókna pokarmowego różnią się podatnością na hydrofilność. Rozpuszczalne frakcje polisacharydów (arabinoksylany, β -glukany) to substancje trudno strawne, pęczniące w jelicie. Zwiększają one śluzowatość i lepkość treści pokarmowej, co utrudnia wchłanianie składników pokarmowych. Tworzą kompleksy białkowe, wiążące nawet do 40% białka ogólnego,

które przez to tylko w niewielkim stopniu jest dostępne dla enzymów proteolitycznych. Większa lepkość treści pokarmowej jest też przyczyną mniej efektywnego trawienia tłuszczu, a nawet gorszego wykorzystania składników mineralnych paszy, co w efekcie końcowym przekłada się na większe zużycie paszy na jednostkę przyrostu masy ciała. Ponadto, obserwowane są przypadki niedoboru składników mineralnych i witamin u zwierząt żywionych paszami gospodarskimi z wysokim udziałem jęczmienia czy żyta i pozbawionych odpowiedniego dodatku premiksu mineralno-witaminowego. Niestrawione resztki pokrytej śluzem treści pokarmowej przesuwają się do dalszych odcinków przewodu pokarmowego i zalegając w jelitach stają się pożywką dla bakterii, przyczyną nadmiernej fermentacji, namnażania się bakterii patogennych i biegunek. Korzystnym działaniem rozpuszczalnych frakcji włókna jest natomiast wpływ na obniżenie wchłaniania cholesterolu i dzięki temu niższy jego poziom we krwi i niektórych tkankach czy narządach.

Frakcje polisacharydów nierozpuszczalnych (celuloza, hemiceluloza) i lignina zatrzymują wodę zawartą w treści pokarmowej i zwiększają jej objętość stanowiąc wypełnienie przewodu pokarmowego i zapewniając uczucie sytości. Nadmierna ilość takiego włókna obniża koncentrację energii paszy i negatywnie wpływa na wielkość przyrostów masy ciała, nie jest więc pożądana w przypadku zwierząt szybko rosnących, jak tuczniki lub mających wysokie wymagania białkowo-energetyczne, jak np. lochy w czasie laktacji. Z drugiej strony, obecność takiego włókna ma też pozytywne strony, m.in. stymuluje rozwój kosmków jelitowych i poprawia perystaltykę jelit. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (LKT), powstające w wyniku bakteryjnej fermentacji polisacharydów są źródłem łatwo przyswajalnej energii, która jest wykorzystywana przez świnie. Niezmiernie ważnym skutkiem fermentacji bakteryjnej jest zasiedlanie przewodu pokarmowego pożądaną mikroflorą i zakwaszenie treści jelit na skutek obecności LKT. Treść jelit o obniżonym pH staje się środowiskiem nieodpowiednim dla bakterii patogennych. Podtrzymywanie procesu fermentacji poprzez stosowanie odpowiedniej ilości włókna w dawce pokarmowej jest więc metodą na poprawę statusu zdrowotnego zwierząt poprzez zapobieganie namnażaniu się mikroflory chorobotwórczej i ograniczenie biegunek. Efektywność procesu fermentacji i rozkładu włókna, jak również wykorzystanie energii wyraźnie rosną z wiekiem zwierząt.

Badania dotyczące efektywności enzymów hydrolizujących polisacharydy nieskrobiowe prowadzono w Instytucie Zootechniki przez kilka lat. Do najważniejszych wyników zaliczyć można stwierdzenie, że w przypadku prosiąt zastosowanie dodatku preparatu ksylanazy, β -glukanazy lub preparatu wieloenzymatycznego zwiększyło współczynniki strawności składników pokarmowych mieszanki oraz pozytywnie wpłynęło na wielkość przyrostów masy ciała i zużycie paszy, a ponadto obniżyło odsetek prosiąt padłych i wybrakowanych. Skuteczność β -glukanazy była znacznie wyższa w przypadku

prosiąt młodszych (po odsadzeniu w 28. dniu życia) niż starszych (między 56. a 70. dniem życia). Wyniki doświadczeń przeprowadzonych na prosiętach, tucznikach i lochach opublikowano w formie prac dotyczących efektywności pojedynczych enzymów paszowych, tj. β -glukanazy, ksylanazy lub preparatów wieloenzymatycznych zawierających także pentozanazę, hemicelulozę czy pektynazę (Hanczakowska i in., 2006 a,b, 2009, 2012).

Zasady ekologicznego żywienia przewidują stosowanie w dawkach pokarmowych dla świń pasz objętościowych, którymi najczęściej są zielonki i kiszonki. Pasze objętościowe są stosowane także w tradycyjnym, standardowym żywieniu świń, szczególnie loch. Mogą one być jednak materiałem mało trwałym i zawierać zanieczyszczenia i drobnoustroje, które przy nadmiernym namnożeniu powodują zaburzenia pokarmowe. Jednym ze sposobów ograniczenia tych niekorzystnych procesów jest stosowanie w paszy dla świń zakwaszaczy obniżających ilość mikroorganizmów w przewodzie pokarmowym lub dodatku detoksykantów sorbentów wychwytyjących niepożądane substancje. Przykładem dodatku, którego efektywność w dawkach dla świń żywionych ekologicznie badano w Instytucie Zootechniki był *Probiodor* (Hanczakowska i in., 2002, 2005 a). Preparat ten stanowił mieszaninę ziemi okrzemkowej, soli kwasu lignosulfonowego, krzemianu wapniowo-magnezowego, kwasów organicznych (octowy, jabłkowy, winny, cytrynowy) oraz mikroelementów bipolarnych. Do istotnych wyników zaliczyć można stwierdzenie poprawy przyrostów masy ciała i wykorzystania paszy oraz korzystniejsze parametry tuszy u tuczników otrzymujących w mieszance ten dodatek. Obserwowano także pozytywny wpływ badanego preparatu na wskaźniki reprodukcyjne loch i wyniki odchowu prosiąt.

Fityniany

W związku z wycofywaniem z pasz dla trzody chlewnej mączek zwierzęcych i przejściu na żywienie świń prawie wyłącznie paszami roślinnymi pojawił się problem wykorzystania fosforu, który w roślinach występuje w dużej ilości, ale pod postacią fitynianów nietrawionych przez zwierzęta monogastryczne. Szczególną grupą związków, które co prawda nie zaliczają się do włókna pokarmowego, ale także nie są trawione przez enzymy własne organizmu świń są fityniany. Są to sole kwasu fitynowego tworzące połączenia głównie z fosforem, ale także z innymi pierwiastkami (Ca, Mg, Mn, K, Zn, Fe), sprawiając, że składniki te stają się niedostępne dla świń, które nie wydzielają fitazy, enzymu rozkładającego fityniany. Pasze roślinne zawierają sporą ilość fosforu, jednakże 60–80% tego składnika mineralnego jest związana właśnie w formie fitynianów, co oznacza, że zostaje wykorzystana przez zwierzęta jedynie w kilkunastu procentach, a reszta jest wydalona z kałem. Działanie fitazy pozwala odzyskać 30–50% fosforu roślinnego i w ten sposób zmniejszyć zużycie fosforanów i koszty paszy. Stosowanie fitazy pochodzenia

mikrobiologicznego ma też aspekt ekologiczny, gdyż przyczynia się do ograniczenia wydalania niewykorzystanego przez zwierzęta fosforu, a przez to zmniejsza zanieczyszczenie środowiska pierwiastkiem, który po przedostaniu się do zbiorników wodnych przyczynia się do ich eutrofizacji.

W Instytucie Zootechniki prowadzono badania nad zastosowaniem dodatku fitazy do paszy dla świń w celu poprawy ekonomiki tuczu i zmniejszenia wydalania fosforu do środowiska. Wśród tych badań były także doświadczenia strawnościowe. W doświadczeniu na rosnących świniami otrzymujących paszę standardową bez dodatku lub z dodatkiem fosforanu wapnia oraz bez dodatku fosforanu, ale z dodatkiem różnych ilości fitazy, tuczyniki otrzymujące wysoką dawkę fitazy przyrastały istotnie lepiej zarówno od nie otrzymujących, jak i otrzymujących fosforan. Stosowanie dawek bogatych w pasze roślinne i wysokie zapotrzebowanie loch na fosfor spowodowały zainteresowanie możliwością wykorzystania części fosforu fitynowego paszy przez dodatek fitazy mikrobiologicznej. W przeprowadzonym doświadczeniu mieszankę paszową uzupełniono fosforanem wapnia (kontrola pozytywna) lub 125, 250, 375, i 10 000 PPU fitazy w 1 kg paszy. Wprowadzono również negatywną kontrolę bez fosforanu paszowego i bez fitazy. Stwierdzono, że strawność białka, wapnia i fosforu była najniższa u loch otrzymujących mieszankę bez fosforanu i bez fitazy, tak w czasie w ciąży, jak i laktacji. Strawność ta uległa znacznej poprawie po dodaniu fitazy. Dodatek fitazy w ilości 375 PPU/kg paszy poprawił u loch próśnych pozorną strawność fosforu z 42,6 (kontrola) do 48,3%, a u loch w okresie laktacji odpowiednio z 48,0 do 52,9%. Strawność wapnia wzrosła odpowiednio z 31,6 do 37,2 i z 41,4 do 51,2%. Wpływ dodatku fitazy na strawność białka był mniejszy. Stwierdzono również, że dodatek fitazy nie miał wpływu na wskaźniki reprodukcyjne loch w obu cyklach produkcyjnych, natomiast nastąpił znaczny spadek ilości fosforu i wapnia wydalanych w kale w porównaniu do loch otrzymujących fosforan paszowy. Do najważniejszych wyników naszych badań zaliczam wykazanie, że wprowadzenie fitazy mikrobiologicznej do paszy dla loch zwiększyło wykorzystanie fosforu z dawki pokarmowej i ograniczyło ilość tego pierwiastka wydalanego z kałem do środowiska (Hanczakowska i in., 2005 b; Świątkiewicz i Hanczakowska, 2008). U tuczyników otrzymujących w paszy dodatek tego enzymu obserwowano natomiast wyższe przyrosty masy ciała i większą zawartość wapnia w kościach, lecz nie stwierdzono istotnych różnic w jakości tuszy (Urbańczyk i in., 2004; Hanczakowska i Świątkiewicz, 2008).

Zamienniki antybiotykowych stymulatorów wzrostu

Krótko- i średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe i ich sole

W okresie okołoodsadzeniowym prosięta nie mają w pełni sprawnego systemu odpornościowego, a ich przewód pokarmowy nie jest definitywnie rozwinięty. Dotyczy to zarówno zdolności wydzielniczej enzymów trawien-

nych, jak i struktury nabłonka jelit. W związku z tym istnieje konieczność zapewnienia im ochrony i jak najlepszych warunków bytowania. Ważnym elementem jest tutaj właściwe żywienie. Znany sposób ochrony przed zakażeniem bakteryjnym jest stosowanie zakwaszaczy, stwarzających równocześnie korzystne środowisko, zwłaszcza w górnych partiach przewodu pokarmowego. Rolę zakwaszaczy paszowych pełnią zwykle mieszaniny lub pojedyncze krótkołańcuchowe i średniołańcuchowe kwasy organiczne oraz ich sole. Ich zadanie polega na obniżeniu oraz stabilizowaniu pH treści pokarmowej, stworzeniu warunków korzystnych dla bytowania pożądanej mikroflory przewodu pokarmowego, ograniczeniu ilości bakterii patogennych, grzybów i pleśni oraz stymulowaniu aktywności enzymów trawiennych. Preparaty zakwaszające, działając bakteriobójczo na drobnoustroje chorobotwórcze pozytywnie wpływają na status zdrowotny zwierząt, zapobiegając występowaniu schorzeń przewodu pokarmowego, objawiających się np. występowaniem biegunek. Stosowanie zakwaszaczy ma znaczenie przede wszystkim w okresie okołoodsadzeniowym, gdy zmiany rozwojowe w funkcjonowaniu przewodu pokarmowego i w układzie immunologicznym prosiąt zachodzą najintensywniej. Jedne z pierwszych badań przeprowadzonych w Instytucie Zootechniki przez prof. Jerzego Urbańczyka dotyczyły możliwości wykorzystania „zakwaszaczy” do konserwacji wilgotnych zbóż, a stosowano krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (Urbańczyk i in., 1981; Brzóska i Urbańczyk, 1982 a,b). Kwasy o długości łańcucha węglowego od C1 do C5 zostały opatentowane jako środek do konserwacji nasion roślin strączkowych (Świadectwo Autorskie nr 153790 z dnia 14.07.1982). Wykazano także celowość stosowania kwasu fumarowego w żywieniu prosiąt (Urbańczyk i Hanczakowska, 1995), do konserwacji homogenatów z odpadów poubojowych (Urbańczyk i in., 1996) oraz gęstwy drożdżowej (Urbańczyk, 1983).

Od początku prac badawczych interesowano się głównie kwasami krótkołańcuchowymi, ale w ostatnich latach pojawiły się informacje o specyficznym działaniu średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych o 6–12 atomach węgla w łańcuchu. W serii trzech doświadczeń przeprowadzonych w Instytucie Zootechniki przebadano możliwość zastosowania tych kwasów w żywieniu prosiąt nie jako źródła energii, ale także jako stymulatora wzrostu. Otrzymane wyniki (Hanczakowska i in., 2010, 2013) wykazały korzystny wpływ dodatku do paszy mieszaniny krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych na przyrosty masy ciała prosiąt oraz zmniejszenie liczby zwierząt padłych i wybrakowanych. Kolejną grupą badanych zakwaszaczy były średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, w tym kaprylowy i kaprynowy, które stosowano oddzielnie lub łącznie. Wyniki wszystkich doświadczeń dowiodły pozytywnego działania kwasów na zdrowotność i przyrosty prosiąt. Poprawiły one również pozorną strawność białka i włókna paszy. Kwasy kaprylowy i kaprynowy okazały się bardzo dobrymi dodatkami do paszy dla prosiąt, nato-

miast mieszanie ich z krótkołańcuchowymi kwasami organicznymi nie poprawiało wyników. Kwasy te wykazały bardzo korzystny wpływ na przyrosty masy ciała oraz budowę nabłonka jelit poprzez wydłużenie kosmków jelitowych. Istotnego działania przeciwbakteryjnego tych kwasów natomiast nie obserwowano.

W ostatnich latach w Instytucie Zootechniki prowadzono badania, których celem była ocena synergistycznego działania dodatków paszowych kształtujących środowisko mikrobiologiczne treści przewodu pokarmowego prosiąt poprzez obniżanie pH oraz wspomaganie zasiedlania jelit pożądaną mikroflorą. Wykonano serię doświadczeń, w których prosięta w okresie okołoodsadzeniowym żywiono paszą zawierającą dodatek probiotyku (*Enterococcus faecium*), średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (kaprylowego lub kaprynowego) lub glutaminy, stosując różne kombinacje wymienionych dodatków. Oprócz wskaźników odchowu prosiąt, w wybranych odcinkach jelita oceniano strukturę nabłonka, kwasowość treści pokarmowej, zawartość lotnych kwasów tłuszczowych oraz liczbę bakterii *Escherichia coli* i *Clostridium perfringens*. Stwierdzono, że badane dodatki wykazują zróżnicowany wpływ na wskaźniki produkcyjne w zależności od wieku prosiąt. Dla przykładu, glutamina poprawiała przyrosty jedynie w pierwszym okresie odchowu, tj. do 28. dnia życia, a probiotyk wykazywał istotne oddziaływanie w drugim okresie, tj. od odsadzenia do 60. dnia życia. Dodatek probiotyku podwyższył poziom lotnych kwasów tłuszczowych w treści jelita ślepego. Żaden z powyższych dodatków nie wpłynął istotnie na długość kosmków jelitowych, ale obydwa wykazały silne działanie przeciw bakteriom *Escherichia coli* oraz *Clostridium perfringens*. Wyniki przeprowadzonych badań szczegółowo przedstawiono w publikacjach (Hanczakowska i in., 2016, 2017 a).

Osobny cykl stanowiły badania nad średniołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi pozyskiwanymi ze źródeł naturalnych. Przeprowadzono doświadczenie na lochach, które w czasie ciąży otrzymywały paszę z tłuszczem kokosowym, a urodzone prosięta z dodatkiem mieszaniny średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (MCT). Stwierdzono, że tłuszcz kokosowy dodawany do paszy dla ciężarnych loch nie wpłynął na ich wskaźniki reprodukcyjne, ale u urodzonych prosiąt zauważono pozytywny wpływ na poziom przeciwciał i mniejszą śmiertelność. W porównaniu do grupy kontrolnej, u prosiąt żywionych paszą z dodatkiem mieszaniny średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (MCT) obserwowano szereg korzystnych wyników z zakresu produktywności, jak również biochemicznych krwi i parametrów rozwoju przewodu pokarmowego. Wyniki te wykazały, że badane dodatki mogą być wykorzystywane w żywieniu świń w celu podniesienia przeżywalności prosiąt oraz poprawy ich statusu zdrowotnego (Świątkiewicz i in., 2020).

Zioła i ekstrakty ziołowe

W Unii Europejskiej obowiązuje zakaz stosowania w mieszankach paszowych chemicznych (antybiotykowych) stymulatorów wzrostu. W związku z wycofywaniem antybiotyków pojawiła się konieczność opracowania dodatków naturalnych, mogących chronić zdrowie i stymulować wzrost zwierząt, zwłaszcza we wczesnym okresie życia. Takimi czynnikami mogłyby być stosowane od lat w medycynie ludowej zioła i preparaty ziołowe. Wzmacniają one odporność organizmu, łagodzą stres, a zawarte w nich olejki eteryczne mogą wpływać korzystnie na pobranie paszy, co jest szczególnie ważne u prosiąt po odsadzeniu od lochy. Z przeprowadzonych badań wynika, że dodatek mieszanki ziołowej z odpowiednio dobranych ziół pozwala na uzyskanie takich samych wskaźników jak przy stosowaniu antybiotyku paszowego. Poszukując optymalnych rozwiązań wspierających zdrowie prosiąt przeprowadzono w Instytucie Zootechniki szereg doświadczeń, które miały na celu określenie wpływu suszonych ziół i ekstraktów ziołowych, dodawanych do paszy dla prosiąt na wskaźniki produkcyjne i status zdrowotny zwierząt. Rosliny zielne charakteryzują się wysoką aktywnością biologiczną, a ich skuteczność i spektrum korzystnego działania wyraźnie wzrasta w przypadku łącznego stosowania w formie mieszaniny wielu roślin. Zioła wykazują działanie bakteriostatyczne oraz bakteriobójcze, zapobiegając rozwojowi bakterii chorobotwórczych i procesom gnilnym w przewodzie pokarmowym. Ograniczają tym samym występowanie biegunki, wzmacniają odporność organizmu, łagodzą stres. Mogą także ograniczać ujemne oddziaływanie substancji antyżywniowych. Olejki eteryczne występujące w ziołach zwiększają pobranie paszy, co jest szczególnie istotne u zwierząt młodych, odsadzonych od lochy. Wybrane zioła, a szczególnie odpowiednio dobrane ich zestawy mogą działać bakteriostatycznie oraz bakteriobójczo, zapobiegać niekorzystnym procesom gnilnym, wzmacniać odporność organizmu, wpływać na przemiany metaboliczne, a zawarte w nich substancje zapachowe mogą zwiększać pobranie paszy. Potwierdziły to rezultaty wcześniejszych badań nad efektywnością ziół i ich ekstraktów w żywieniu świń (Urbańczyk i Hanczakowska, 1997 a,b; Urbańczyk, 1997). W szczególności dotyczy to doświadczeń przeprowadzonych przez Urbańczyka i in. (2002) oraz Hanczakowską i Urbańczyka (2002), w których zostały opracowane i zastosowane receptury wieloskładnikowych mieszanek ziołowych. Wyniki badań wskazują, że mieszanki te mogą być zamiennikami antybiotyków w paszy dla odsadzonych prosiąt, warchlaków i tuczników. W przypadku tuczników stwierdzono nawet poprawę oceny poubojowej tusz oraz walorów sensorycznych mięsa.

Kolejne przeprowadzone w Instytucie Zootechniki badania dotyczyły mieszaniny suszonych ekstraktów wodnych takich roślin, jak: szałwia, melisa, pokrzywa, jeżówka. Do najważniejszych wyników zaliczyć można stwierdzenie u prosiąt otrzymujących dodatek ekstraktów ziołowych wyższych przyrostów masy ciała i mniejszej liczby zwierząt padłych. Szczególnie istotne było

odnotowanie pozytywnego wpływu ziół na rozwój kosmków jelitowych, a tym samym na zwiększenie powierzchni chłonnej jelit i poprawę wskaźników odchowu (Hanczakowska i Świątkiewicz, 2012). Dodatkowym sukcesem zespołu naukowców prof. Ewy Hanczakowskiej i prof. Jerzego Urbańczyka było opracowanie receptury mieszanki ziołowej wprowadzonej do produkcji przez Herbapol pod nazwą Ziołopasz-P.

Włókno roślinne

Kolejny cykl badań dotyczył czystego drzewnego włókna celulozowego, stosowanego jako dodatek do mieszanek paszowych dla prosiąt. Obecność pewnej ilości włókna w paszy dla świń jest niezbędna ze względu na jego właściwości prozdrowotne, korzystny wpływ na rozwój przewodu pokarmowego i perystaltykę jelit. Dużej ostrożności wymaga jednak stosowanie pasz bogatych we włókno pokarmowe w żywieniu prosiąt i warchlaków, gdyż przez kilka pierwszych miesięcy życia przewód pokarmowy młodych świń nie funkcjonuje w pełni efektywnie. Do najważniejszych osiągnięć przeprowadzonych badań zaliczono wykazanie korzystnego oddziaływania włókna celulozowego na rozwój kosmków jelitowych prosiąt, ograniczenie ilości bakterii patogennych, poprawę przyrostów masy ciała oraz spadek ilości prosiąt chorych i padłych (Świątkiewicz i in., 2006; Świątkiewicz i Hanczakowska, 2006; Hanczakowska i in., 2008). Oceniano także efektywność włókna surowego w paszy dla zwierząt starszych. U tuczników żywionych mieszanką paszową z dodatkiem włókna celulozowego stwierdzono nieco niższe tempo wzrostu jako skutek obniżenia koncentracji energii w mieszance. Jednakże, tusze zwierząt doświadczalnych cechowały się wyższą jakością, tzn. większą zawartością mięsa w wyrębach podstawowych i powierzchnią oka połówdwy oraz mniejszym otłuszczeniem. Mięso tych tuczników charakteryzowało się natomiast korzystniejszą wodochłonnością i barwą w porównaniu do zwierząt nie otrzymujących takiego dodatku (Świątkiewicz i in., 2007).

W ostatnich latach kontynuowane są prace badawcze nad możliwością wykorzystania włókna z krajowych roślin włóknistych jako dodatku do paszy dla prosiąt i określeniem ich wpływu na rozwój przewodu pokarmowego, status zdrowotny oraz wskaźniki produkcyjne. Powodem podjęcia tych badań były aspekty praktyczne związane z aktualnymi problemami produkcji trzody chlewnej. Jak wiadomo, największe straty wynikające z padnięć i zachorowań zwierząt, stanowiące ponad 80% wszystkich strat świń, notuje się w okresie od urodzenia do odsadzenia od lochy. Odłączone od matki prosięta nie mają w pełni zakończonego fizjologicznego rozwoju układu pokarmowego i immunologicznego, a stres związany z odsadzeniem przyczynia się do spowolnienia motoryki przewodu pokarmowego oraz powstania wielu niekorzystnych zmian w funkcjonowaniu błony śluzowej jelita i budowie morfologicznej kosmków jelitowych, a także pogorszenia odporności na infekcje. Tak więc, w okresie okołoodsadzeniowym przyczyną strat finansowych są nie tylko

sztuki padłe, ale także zwierzęta z pozornie łagodnymi objawami chorobowymi. Planując te badania zakładano zatem, że wprowadzenie do paszy dla prosiąt w wieku okołoodsadzeniowym dodatku włókna korzystnie wpłynie na rozwój śluzówki jelita pobudzając wzrost kosmków jelitowych, zwiększając tym samym powierzchnię chłonną jelit i poprawiając przyswajanie składników pokarmowych. Ponadto, krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe będące produktem bakteryjnego rozkładu włókna mogą przyczynić się do obniżenia pH treści pokarmowej i stworzenia korzystnych warunków bytowania dla pożądanej mikroflory jelitowej. W badaniach zastosowano rozdrobnione włókno pochodzące z krajowych roślin włóknistych – lnu i konopi, porównując je do dostępnego na rynku preparatu z celulozy drzewnej. Analiza włókien łykowych wykazała, że wszystkie dodatki zawierały porównywalną ilość celulozy i hemiceluloz. W porównaniu do konopi włókno lnu cechowało się jednak większą zawartością lignin i pektyn (odpowiednio o 70 i 24%) oraz ponad 3-krotnie większą zawartością wosków i tłuszczów, podczas gdy we włóknie drzewnym tych składników nie stwierdzono. Wyniki kolejnych analiz wykazały, że włókno uzyskane z krajowych roślin włóknistych jest materiałem paszowym nie stanowiącym zagrożenia dla prosiąt pod względem sanitarnym (mikologicznym), a ponadto wykazuje właściwości antyutleniające. Do najważniejszych wyników zaliczyć można stwierdzenie, że w treści wszystkich odcinków jelita grubego prosiąt otrzymujących włókna roślinne (z lnu lub konopi) poziom fenolu był zbliżony lub niższy niż u prosiąt kontrolnych i otrzymujących dostępny na rynku preparat z celulozy drzewnej. Poziom dwóch pozostałych rakotwórczych metabolitów (krezolu i indolu) w treści środkowego i końcowego odcinka jelita grubego prosiąt otrzymujących włókno lniane, szczególnie stosowane w ilości 2%, był porównywalny z grupą kontrolną i otrzymującą celulozę drzewną. Poziom amoniaku w treści jelita grubego był w grupach doświadczalnych w większości przypadków niższy niż w kontrolnej, przy czym w końcowych odcinkach u prosiąt otrzymujących włókno lniane był niższy lub porównywalny ze stwierdzonym u prosiąt otrzymujących celulozę drzewną. Na podstawie wstępnych, jeszcze nie opublikowanych wyników można przypuszczać, że zastosowane w paszy włókno pochodzące z lnu i konopi ma potencjał dodatku paszowego o charakterze kształtującym status zdrowotny prosiąt i ograniczającym wydalanie substancji niepożądanych (Świątkiewicz i in., 2018, 2019).

Pierwiastki ziem rzadkich (lantanowce)

Kolejnym obszarem badań były doświadczenia nad skutecznością mniej znanych dodatków do mieszanek paszowych dla prosiąt, takich jak pierwiastki ziem rzadkich, tzw. lantanowce. Jak wskazuje nazwa, jest to grupa pierwiastków znajdujących się w układzie okresowym po lantanie, obejmująca skand, itr oraz 15 dalszych pierwiastków o liczbach atomowych od 57 do 71. W doświadczeniach przeprowadzonych w Instytucie Zootechniki badano

mieszaninę zawierającą cytrynian ceru, lantan, prazeodym, neodym. Stwierdzono korzystny wpływ tych pierwiastków na tempo przyrostów masy ciała prosiąt, masę ciała przy odsadzeniu oraz wykorzystanie paszy. W grupie otrzymującej badany preparat odnotowano także mniejszą ilość prosiąt padłych i wybrakowanych. Pozytywne działanie pierwiastków ziem rzadkich na wskaźniki produkcyjne odnotowano także w przypadku zwierząt starszych (tuczników), lecz różnice te nie były już tak wyraźne.

Dodatki paszowe kształtujące wskaźniki tuczu oraz jakość tuszy i mięsa

Dodatki wykazujące właściwości antyutleniające, przedłużające trwałość oksydacyjną mięsa

Zioła zawierają fitobiotyki pozytywnie wpływające na procesy trawienia, jak również wykazujące działanie przeciwutleniające. Cechy te sprawiają, że mogą być ciekawym dodatkiem do paszy dla tuczników, stosowanym w celu poprawy wykorzystania paszy czy jakości mięsa.

W jednym z pierwszych cykli badań określono efektywność dodatku ziołowego w formie mieszanki z suszonych ziół, w skład której wchodziły: mięta, pokrzywa, czosnek, tymianek, majeranek i sześć innych gatunków roślin. Wprowadzenie mieszanki ziołowej do paszy dla tuczników wpłynęło korzystnie na przebieg tuczu, przy czym efektywność dodatku w postaci mieszaniny suszonych ziół okazała się szczególnie widoczna w początkowym okresie tuczu, poprawiając wykorzystanie paszy i tempo wzrostu zwierząt w porównaniu do grupy kontrolnej, ale także do otrzymującej antybiotyki paszowe. Wyniki badań zamieszczono w publikacjach: Urbańczyk i in. (2002), Hanczakowska i Świątkiewicz (2005 a), a mieszanka ziołowa była produkowana przez Herbapol pod nazwą Ziołopasz-T.

Kolejne doświadczenia prowadzone w Instytucie Zootechniki dotyczyły suszonych ekstraktów ziołowych, jako charakteryzujących się znacznie większą jednolitością pod względem jakości oraz zawartości substancji czynnych w porównaniu do suszu ziołowego. Badania nad zastosowaniem dodatku naturalnych przeciwutleniaczy do paszy dla tuczników były tematem rozprawy habilitacyjnej prof. Ewy Hanczakowskiej pt. *Wpływ naturalnych przeciwutleniaczy w dawkach pokarmowych na wyniki tuczu i jakość mięsa tuczników* (2004). Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że działanie ekstraktów roślinnych zależało od gatunku rośliny, z której zostały sporządzone. Ekstrakt z rozmarynu obniżył przyrosty zwierząt, zwłaszcza przy jego wysokim dodatku do paszy, poprawił natomiast stabilność oksydacyjną mięsa – po 2 tygodniach w stopniu istotnym, a po 6 miesiącach wysoko istotnym. Na działanie przeciwutleniające ekstraktów ziołowych wyraźny wpływ miała płęć zwierząt. Mięso loszek charakteryzowało się mniejszą stabilnością oksydacyjną niż mięso wieprzków. Porównanie w dalszych badaniach działania ekstraktu z jeżówki ze standardowym przeciwutleniaczem wykazało lepsze przyrosty tuczników otrzymujących ekstrakt, ale różnice nie były istotne.

W podobnym doświadczeniu porównywano działanie antyoksydacyjne ekstraktu z szałwii z działaniem czystego związku fenolowego – kwasu galusowego. Stwierdzono niewielkie różnice w przyrostach na korzyść ekstraktu, a w przypadku obu preparatów poprawę stabilności oksydacyjnej mięsa i obniżenie zawartości cholesterolu w porównaniu do kontroli negatywnej. Przeciwtleniające działanie ekstraktu z szałwii uzależnione było również od genotypu zwierzęcia. Ekstrakty z ziół istotnie poprawiły stabilność oksydacyjną mięsa i obniżyły zawartość cholesterolu, a tłuszcz śródmięśniowy zawierał więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych. W wyniku szeregu przeprowadzonych doświadczeń została opracowana receptura wieloskładnikowej mieszanki ziołowej, zawierającej ekstrakty z szałwii, pokrzywy, melisy i jeżówki. Na tej podstawie został zgłoszony wniosek patentowy P.385522 „Przeciwtleniacz do pasz dla tuczników oraz sposób użycia przeciwtleniacza” (2008).

Celem kolejnych badań była ocena możliwości wykorzystania ekstraktów z szałwii, melisy, pokrzywy, jeżówki, chmielu i rozmarynu jako przeciwtleniaczy w żywieniu tuczników. Do najważniejszych wyników tych badań można zaliczyć stwierdzenie, że obecność ekstraktów z ziół w mieszankach paszowych dla tuczników poprawiła trwałość oksydacyjną mięsa, ograniczając proces utleniania tłuszczu podczas 6-miesięcznego przechowywania w zamrożeniu, a tym samym jakość tłuszczu. Badane ekstrakty korzystnie wpłynęły także na jakość mięsa, poprawiając wodochłonność oraz walory organoleptyczne i dietetyczne, zwiększając poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym PUFA *n3* oraz obniżając poziom cholesterolu. U tuczników otrzymujących w paszy dodatek ekstraktów ziołowych obserwowano również lepsze wykorzystanie paszy i szybsze tempo wzrostu. Otrzymane wyniki opublikowano w formie prac: Hanczakowska i Świątkiewicz (2005 b, 2006 a,b, 2007 a,b), Szewczyk i in. (2006), Hanczakowska i in. (2007 b). Wyniki badań nad dodawaniem ekstraktów ziołowych do paszy dla tuczników wskazują, że ich oddziaływanie na wskaźniki tuczu jest uzależnione od rodzaju ekstraktu, przy czym stosowanie mieszaniny ekstraktów wybranych roślin jest korzystniejsze niż stosowanie ich oddzielnie. Użycie w paszy dla tuczników naturalnych przeciwtleniaczy pochodzących z mieszaniny ekstraktów różnych ziół zamiast przeciwtleniacza syntetycznego (BHT) pozwala na uzyskanie mięsa zawierającego znacznie więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA (szczególnie *n3*), bardziej odpornego na utlenianie i zawierającego mniej cholesterolu. Zastosowanie w paszy dla tuczników mieszaniny ekstraktów różnych ziół pozytywnie wpłynęło na wyniki tuczu. W przypadku podawania ekstraktów pojedynczych ziół najwyższe przyrosty masy ciała i najniższe zużycie paszy obserwowano u świń otrzymujących szałwię. Wszystkie ekstrakty, podawane zarówno pojedynczo jak i w postaci mieszaniny kilku gatunków, ograniczały proces utleniania tłuszczu mięsa, przy czym największą skuteczność stwierdzono w przypadku jeżówki. Ponadto, zioła działały ochronnie na trwałość barwy mięsa, ograniczając jej zmiany

podczas przechowywania w zamrożeniu, a największą skuteczność stwierdzono w przypadku jeżówki i melisy. Mięso świń żywionych paszą z dodatkiem ekstraktów ziołowych, z wyjątkiem wysokich dawek ekstraktu chmielu, miało lepszy smak i zapach, natomiast dodatek ziół nie wpłynął na jego kruchość i soczystość. Wyniki badań opublikowano w pracach: Hanczakowska i in. (2005 a,b, 2017 a,b).

W Instytucie Zootechniki badano także efektywność stosowania w paszy dla tuczników witamin C, E lub β -karotenu, które wykazują silne właściwości antyutleniające i mogłyby być ciekawą i zdrowszą alternatywą dla syntetycznych przeciwutleniaczy. Na podstawie uzyskanych wyników (Hanczakowska i in., 2005 a,b) stwierdzono, że witamina E i β -karoten korzystnie wpłynęły na wskaźniki tuczu i wodochłonność mięsa. Badane witaminy lub prowitaminy ograniczyły proces utleniania tłuszczu mięsa, przy czym witamina E w znacznie większym stopniu niż pozostałe, natomiast w przypadku mrożenia mięsa przez kilka miesięcy β -karoten nie okazał się skutecznym przeciwutleniaczem.

Dodatki zmniejszające otluszczenie tusz wieprzowych poprzez kierunkowe hamowanie przemian lipidów

Jedno z zagadnień badawczych realizowanych w Instytucie Zootechniki w latach 1997–1999 dotyczyło możliwości zmniejszenia otluszczenia tusz wieprzowych poprzez kierunkowe hamowanie przemian lipidów. Celem badań było stwierdzenie jak daleko dodatek betainy i organicznych połączeń chromu umożliwia zmniejszenie otluszczenia tusz wieprzowych i poprawia ich mięsność; w jaki sposób działanie ich zależy od intensywności żywienia; wyjaśnienie, w jakim stopniu substancje te wpływają na poziom wskaźników biochemicznych krwi oraz próba łącznego ich zastosowania w paszy dla tuczników. Rezultaty tych badań wykazały znaczne zróżnicowanie efektywności zastosowanej betainy, drożdży chromowych i pikolinianu chromu w tuczu świń. Warunkowały ją intensywność żywienia, genotyp zwierząt, a w mniejszym stopniu także płęć. Stwierdzono, że pozytywna reakcja tuczników na podawane osobno dodatki przemawia za ich przydatnością, szczególnie betainy w polepszaniu jakości tusz, lecz zagadnienie to wymaga dalszych badań (Hanczakowska i in., 1999, 2000; Urbańczyk i in., 1999, 2000, 2001).

Podsumowanie

Prosięta są najbardziej skomplikowaną pod względem żywienia grupą technologiczną w produkcji świń, szczególnie w okresie okołoodsadzeniowym. Wymagania prosiąt w zakresie wysokiej wartości pokarmowej pasz i strawności składników pokarmowych łączą się z koniecznością wspomagania rozwoju i funkcjonowania mikrobiomu przewodu pokarmowego, a zarazem statusu immunologicznego zwierząt. Warto podkreślić, że błona śluzowa jelit to nie tylko miejsce trawienia i wchłaniania składników pokarmowych,

ale także środowisko, w którym kształtuje się mikroflora organizmu oraz zlokalizowana jest większość procesów odpornościowych. Właściwie dobranymi składnikami diety, czyli czynnikami żywieniowymi możemy wpływać na wszystkie te aspekty jednocześnie, poprawiając wskaźniki produkcyjne prosiąt, a tym samym efektywność produkcji trzody chlewnej. Osobny, niemniej istotny nurt prac badawczych stanowi poszukiwanie dodatków paszowych naturalnego pochodzenia pozwalających na poprawę jakości i trwałości mięsa wieprzowego, a tym samym produktów z niego wytworzonych. Działania te wychodzą naprzeciw oczekiwaniom konsumentów poszukujących na rynku zdrowego, dobrej jakości mięsa. Można stwierdzić, że badania prowadzone w Instytucie Zootechniki zawsze wpisywały się w aktualny wówczas nurt naukowy i praktyczne potrzeby produkcji zwierzęcej, potwierdzając możliwość stosowania różnych dodatków paszowych jako zamienników antybiotyków paszowych w żywieniu prosiąt lub w kształtowaniu jakości wieprzowiny.

Piśmiennictwo

- Brzóska F., Urbańczyk J. (1982 a). Wpływ konserwacji wilgotnego ziarna jęczmienia niskocząsteczkowymi kwasami organicznymi na jego pobieranie, strawność i wartość pokarmową w żywieniu tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 9, 2: 141–151.
- Brzóska F., Urbańczyk J. (1982 b). Wpływ konserwacji wilgotnego ziarna jęczmienia niskocząsteczkowymi kwasami organicznymi na jego pobieranie, strawność i wartość pokarmową w żywieniu tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 9, 2: 115–125.
- Hanczakowska E. (2004). Wpływ naturalnych przeciwutleniaczy w dawkach pokarmowych na wyniki tuczu i jakość mięsa tuczników (rozprawa habilitacyjna), Instytut Zootechniki, Kraków.
- Hanczakowska E. (2008). Antioxidant for pig fodder and its usage. Patent Number(s): PL213403-B1.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2005 a). Gallic acid or sage extract supplement in feed mixtures for finishing pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 14, Suppl., 1: 353–356.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2005 b). The effect of rosemary extract added to feed on pig meat quality. Current problems of breeding, health, growth and production of pigs. Scientific Pedagogical Publishing, ISBN 80-85645-50-5; pp. 405–407.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2006 a). The effect of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) or hop (*Humulus lupulus* L.) extracts on pig meat quality. *Anim. Sci.*, Suppl., 1: 168–169.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2006 b). Effect of sage (*Savia officinalis*) extract on meat quality in pigs of different genotype. *Pol. J. Nat. Sci.*, 3: 327–333.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2007 a). The effect of dietary herbal extracts on quality of pork. *Anim. Sci.*, 1; Proceedings: 49–50.

- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2007 b). Effect of feed supplementation with the purple coneflower (*Echinacea purpurea*) extract on fatty acid profile and quality of pig meat. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57, 4 (B): 229–233.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2008). Efficiency of phytase in growing-finish-ing pig feeding. *Med. Weter.*, 64 (10): 1209–1212.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2012). Effect of herbal extracts on piglet perfor-mance and small intestinal epithelial villi. *Czech J. Anim. Sci.*, 57 (9): 420–429.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J. (2002). Efficiency of herb mixtures as antibiotic re-placers for piglets according to their age. *Ann. Anim. Sci.*, 2, 2: 131–138.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J., Świątkiewicz M. (1999). The efficiency of betaine and organic compounds of chromium in fattening of pigs with *ad libitum* or restricted feeding. *Ann. Anim. Sci.*, 26, 4: 263–274.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J., Świątkiewicz M. (2000). Efektywność dodatku be-tainy i pikolinianu chromu w tuczu świń w zależności od koncentracji energii w paszy. *Rocz. Nauk. Zoot.*, Supl., 8: 44–48.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J., Świątkiewicz M. (2002). The effect of addition of Probiodor on nutritive value of grower mixture in pig feeding. *Krmiva*, 44, 1: 3–6.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Urbańczyk J. (2005 a). The effect of high doses of vitamin C, E and beta-carotene in pigs feed on carcass and meat quality. *Krmiva*, 47, 4: 171 – 177.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J., Świątkiewicz M. (2005 b). Effect of Probiodor sup-plement on productivity of sows fed organic feeds. *Krmiva*, 47, 1: 3 – 9.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Kühn I. (2006 a). The efficiency of xylanase in the feeding of weaned piglets. *Ann. Anim. Sci.*, Suppl., 2/1: 173–177.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J., Kühn I., Świątkiewicz M. (2006 b). Effect of glu-canase and xylanase supplementation of feed for weaned piglets. *Ann. Anim. Sci.*, 6, 1: 101–108.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Szewczyk A. (2007 a). Effect of dietary nettle extract on pig meat quality. *Med. Weter.*, 63 (5): 525–527.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Szewczyk A. (2007 b). Efficiency of herb prep-eration and gallic acid in pig feeding. *Ann. Anim. Sci.*, 7: 131–139.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Białecka A. (2008). Pure cellulose as feed sup-plement for piglets. *Med. Weter.*, 64 (1): 45–48.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Kühn I. (2009). Effect of microbial phytase sup-plement to feed for sows on apparent digestibility of P, Ca and crude protein and reproductive parameters in two consecutive reproduction cycles. *Med. Weter.*, 65 (4): 250–254.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Hanczakowski P., Wróbel A. (2010). Medium-chain fatty acids as feed supplements for weaned piglets. *Med. Weter.*, 66 (5): 331–334.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Kühn I. (2012). Efficiency and dose response of xylanase in diets for fattening pigs. *Ann. Anim. Sci.*, 12, 4: 539–548.
- Hanczakowska E., Szewczyk A., Świątkiewicz M., Okoń K. (2013). Short- and me-dium-chain fatty acids as a feed supplement for weaning and nursery pigs. *Pol. J. Vet. Sci.*, 16, 4: 647–654.

- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Grela E.R. (2015). Effect of dietary inclusion of herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. *Meat Sci.*, 108: 61–66.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Natonek-Wiśniewska M., Okoń K. (2016). Medium chain fatty acids (MCFA) and/or probiotic *Enterococcus faecium* as a feed supplement for piglets. *Livest. Sci.*, 192: 1–7.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Natonek-Wiśniewska M., Okoń K. (2017 a). Effect of glutamine and/or probiotic (*Enterococcus faecium*) feed supplementation on piglet performance, intestines structure and antibacterial activity. *Czech J. Anim. Sci.*, 62 (8): 313–322.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Grela E.R. (2017 b). Effect of dietary supplement of herbal extract from hop (*Humulus lupulus*) on pig performance and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.*, 62 (7): 287–295.
- Szewczyk A., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2006). The effect of nettle (*Urtica dioica*) extract on fattening performance and fatty acid profile in the meat and serum lipids of pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 15, Suppl., 1: 81–84.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E. (2006). The effect of crude fiber concentrate supplementation on some characteristics of piglet intestine. *Pol. J. Nat. Sci.*, 3: 377–382.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E. (2008). Phosphorus and calcium digestibility and reproductive indices of sows receiving various doses of phytase. *Ann. Anim. Sci.*, 8, 4: 357–367.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Szewczyk A. (2006). Effect of crude fiber concentrate supplementation on rearing performance of piglets. *Ann. Anim. Sci.*, Suppl.2/2: 427–431.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Furgał-Dierżuk I. (2007). Carcass and meat quality of pigs receiving crude fiber concentrate in feed mixture. *Anim. Sci.*, 1; Proceedings: 132–133.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Furgał-Dierżuk I., Zimniewska M. (2018). Preliminary results of the research concerning the use of the fiber originated from local fibrous plants as a feed supplement for piglets. XLVII Scientific Session of Group of Animal Nutrition KNZiA PAN, UR, Kraków, 27–29.06.2018; pp. 197–198.
- Świątkiewicz M., Taciak M., Barszcz M., Furgał-Dierżuk I., Zimniewska M. (2019). The effect of the fiber originated from local fibrous plants used as a feed supplement on piglets health status. XLVIII Scientific Session of Group of Animal Nutrition KNZiA PAN, Poznań, 13–14.06.2019; p. 12.
- Świątkiewicz M., Grela E.R., Okoń K., Hanczakowska E. (2020). The effect of different oils in sow diet and medium chain fatty acids supplementation for piglets on their performance, digestive tract structure and health status. (*Anim. Prod. Sci.* – w druku).
- Urbańczyk J. (1982). Świadczenie autorskie nr 15379 z dnia 14.07.1982 o dokonaniu wynalazku /Patent 111945/ – środek do konserwacji wilgotnego ziarna zbóż i nasion roślin strączkowych. (współautor).
- Urbańczyk J. (1983). Zastosowanie gęstwy drożdżowej w żywieniu trzody chlewnej. WOPR, Bielsko Biała. Instrukcja wdrożeniowa.

- Urbańczyk J. (1997). Pokusaj smanjenja omašćivanja svinskog trupa hranidbenim cimbenicima. *Krmiva*, 6: 311–325.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E. (1995). Wpływ kwasu fumarowego w dawce pokarmowej dla prosiąt i warchlaków na wyniki odchowu i niektóre wskaźniki biochemiczne i mikrobiologiczne w jelicie ślepym. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 22, 1: 269–278.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E. (1997 a). Efektywność fitogenego preparatu Fresta F w odchowu prosiąt. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1: 29–38.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E. (1997 b). Wpływ ekstraktu roślinno-ziółowego Aromex-Solid na wyniki tuczu świń. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 2: 39–48.
- Urbańczyk J., Skrzyński S., Ryś R. (1981). Wpływ ziarna jęczmienia konserwowanego kwasami tłuszczowymi frakcji C1–C5 na wyniki tuczu trzody chlewnej. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 8, 2: 219–228.
- Urbańczyk J., Paschma J., Walczak J. (1996). Konserwacja homogenizowanych odpadów poubojowych przeznaczonych do żywienia tuczników. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 3/4: 27–38.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (1999). Betaina i organiczne połączenia chromu jako dodatek do paszy dla tuczników. *Annals of Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Anim. Sci.*, 36: 133–141.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2000). Efektywność betainy i organicznych połączeń chromu w zależności od genotypu tuczników. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1/4: 65–77.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2001). Effect of energy concentration on the efficiency of betaine and chromium picolinate as dietary supplements for fattening pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 10: 471–484.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2002). Herb mixture as an antibiotic substitute in pig feeding. *Med. Weter.*, 58 (11): 887–889.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2004). Wpływ dodatku fitazy na wyniki tuczu oraz jakość tusz i mięsa świń. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 20: 143–146.

Badania nad ochroną przewodu pokarmowego świń przed negatywnym wpływem patogenów

Marek Pieszka, Dorota Bederska-Łojewska

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Efektywność produkcji świń w dużym stopniu zależy od prawidłowego odchowu prosiąt, a także od poziomu użytkowości rozplodowej loch. W okresie od urodzenia do odsadzenia odnotowuje się około 12 do 20% upadków prosiąt, których jedną z przyczyn są biegunki spowodowane zaburzeniami ilościowej i jakościowej równowagi mikrobiomu przewodu pokarmowego. Najczęstszą przyczyną biegunek u prosiąt są infekcje bakteryjne lub wirusowe. Spośród głównych schorzeń można wymienić: zakaźne zapalenie żołądka i jelit, epidemiczną biegunkę świń, zakażenia rotawirusowe, enterotoksemię krwotoczną, kolibakteriozę świń, enterotoksemię i salmonellozę. Równowagę ilościową i jakościową flory bakteryjnej przewodu pokarmowego prosiąt w tym okresie zakłócają często takie czynniki, jak: niska temperatura, niska podaż immunoglobulin w siarze lochy, fizjologiczna i immunologiczna niedojrzałość przewodu pokarmowego, stres związany z odsadzeniem prosiąt od matki i przeniesieniem do innego kojca, zmiany w składzie paszy i błędy żywieniowe, obecność substancji toksycznych (enterotoksyn) produkowanych przez chorobotwórczą mikrobiotę jelitową, a także złe warunki zoohigieniczne lub zakażona chorobotwórczymi mikroorganizmami pasza (Bederska i Pieszka, 2011). W wyniku działania tych czynników następuje wzrost liczby chorobotwórczych szczepów pałeczek okrężnicy (*Escherichia coli*), *Clostridium perfringens* lub *Salmonella typhimurium* odpowiedzialnych za występowanie uciążliwych biegunek oraz zwiększoną śmiertelność prosiąt. Skład mikrobioty we wczesnym odchowcie prosiąt determinują skład mikrobiomu w przyszłości, a fakt ten nazywany jest „imprintingiem mikroflory”. Ponadto powszechnie wiadomo, że flora bakteryjna odgrywa zasadniczą rolę w „dojrzeniu” przewodu pokarmowego u młodego zwierzęcia, aby mógł rozwinąć wszystkie swoje funkcje niezbędne w życiu dorosłym.

W profilaktyce zaburzeń przewodu pokarmowego oraz dla poprawy tempa wzrostu prosiąt przez około pięćdziesiąt lat wykorzystywano antybiotyki paszowe, chroniące organizm zwierzęcia przed niepożądanym działaniem patogennych mikroorganizmów jelitowych (Korniewicz, 1993; Grela i Semeńnik, 2006). Antybiotyki dodawane do pasz dla zwierząt ograniczały liczbę

bakterii chorobotwórczych w przewodzie pokarmowym, zmniejszając tym samym częstość występowania biegunek i innych schorzeń oraz liczbę upadków zwierząt (Korniewicz, 1993).

Od 1 stycznia 2006 r. w krajach Unii Europejskiej obowiązuje zakaz stosowania antybiotyków w żywieniu zwierząt gospodarskich (rozporządzenie UE 1831/2003). W celu ograniczenia negatywnych skutków wycofania antybiotykowych stymulatorów wzrostu z żywienia zwierząt poszukuje się nowych rozwiązań żywieniowych i organizacyjnych. Optymalizacja składu mikroflory przewodu pokarmowego, szczególnie w okresie odchowu prosiąt, w połączeniu z właściwymi warunkami środowiskowymi i żywieniowymi wydaje się być najważniejszym czynnikiem zapobiegającym biegunkom i ich negatywnych konsekwencjom dla zdrowia i cech produkcyjnych zwierząt (Grela, 2006). Nadrzędnym celem strategii żywieniowych, obejmujących zarówno podstawowe zasady, dodatki, jak i surowce jest zapewnienie korzystnego działania na mikroflorę przewodu pokarmowego prosiąt i prawidłowego funkcjonowania jelit po odsadzeniu, zmniejszając tym samym ryzyko kolibakteriozy. Dobrymi praktykami żywieniowymi stosowanymi w celu obniżenia ilości bakterii patogennych w przewodzie pokarmowym są m.in.: redukcja białka w diecie, wprowadzenie do dawki pokarmowej pasz łatwo fermentujących lub włókna nierozpuszczalnego. Alternatywą dla tego rozwiązania jest włączenie enzymów egzogennych do dawki pokarmowej, które obniżają lepkość treści jelitowej. W wielu krajach zintensyfikowano badania nad poszukiwaniem nowych, efektywnych i bezpiecznych dodatków paszowych, które mogłyby zastąpić stosowane dotychczas antybiotyki paszowe w żywieniu świń (Grela, 2006). Od tego, czym zostaną zastąpione antybiotyki, będzie bowiem zależeć użyteczność zwierząt, opłacalność produkcji, nieszkodliwość produktu dla konsumentów i środowiska. Obecnie coraz więcej badaczy uważa, że pojedynczy naturalny dodatek paszowy nie może stanowić alternatywy dla antybiotykowych stymulatorów wzrostu (ASW) w odchowcie prosiąt. Dla osiągnięcia podobnych do ASW i powtarzalnych efektów konieczne jest łączenie 2 lub więcej dodatków paszowych (Grela, 2006; Pieszka i in., 2011; Hanczakowska i in., 2016; Szczurek i in., 2016; Pieszka i in., 2018; Bederska-Łojewska i Pieszka, 2019).

Spośród kilkunastu potencjalnych zamienników antybiotyków duże zainteresowanie wzbudzają: prebiotyki, probiotyki, zioła, alkaloidy, olejki eteryczne, kwasy organiczne krótko i średniołańcuchowe, związki mineralne zawierające krzem (kaolin, montmorylonit, zeolit, sepiolit, talk), syntetyczne nanocząsteczki krzemu modyfikowane cząsteczkami metali, m.in. Ag, Zn, Cu, kapsułkowany ZnO czy aktywne peptydy (glikomaro-peptyd) jako stymulatory kondycji zdrowotnej przewodu pokarmowego świń.

Czynniki wpływające na dojrzewanie i funkcje przewodu pokarmowego

Przed i poporodowy rozwój przewodu pokarmowego jest procesem dynamicznym, który przygotowuje prosię do przyszłego wzrostu. Przed pobieraniem pokarmu dojrzewanie przewodu pokarmowego odbywa się pod wpływem bodźców i czynników hormonalnych (Zabielski i in., 2005). Wzrost przewodu pokarmowego jest bardzo intensywny w ostatnich tygodniach ciąży i ulega ciąglemu procesowi dojrzewania, co przejawia się zwiększeniem kwasowości treści żołądka, stężeniem chemotrypsyny i amylazy trzustkowej, poziomem trypsyny jelit i laktazy, a także wchłanianiem glukozy i białek. Z żywieniowego punktu widzenia są dwa kluczowe okresy w rozwoju przewodu pokarmowego młodego prosięcia: bezpośrednio po okresie poporodowym i luka immunologiczna w 3–6 tygodniu życia. Siara odgrywa główną rolę w rozwoju i dojrzewaniu przewodu pokarmowego (Woliński i in., 2012). Odpowiednia dawka pierwszego pokarmu jest niezbędna do zmniejszenia ryzyka zakażenia pałeczkami okrężnicy w czasie laktacji, a także w kolejnych etapach życia. W chwili narodzin przewód pokarmowy prosiąt jest w znacznym stopniu ukształtowany pod względem anatomicznym, jednak jego funkcje endokrynne i wydzielnicze, a także jelitowy układ nerwowy są rozwinięte tylko częściowo. Do dalszego rozwoju funkcjonalnego dochodzi w okresie postnatalnym, kiedy to przewód pokarmowy musi nie tylko całkowicie przystosować się do karmienia *per os*, ale również ustanowić i utrzymać delikatną równowagę między patogenami a bakteriami komensalnymi. Ważną rolę w tym procesie odgrywają bioaktywne peptydy siary i mleka, w tym białka regulacyjne, hormony, czynniki wzrostu, immunostymulatory, witaminy i wiele innych. Luka immunologiczna, która pojawia się w 3–6 tygodniu życia jest okresem największego ryzyka. Musimy mieć pewność, że prosięta spożywają wystarczającą ilość paszy, aby zaspokoić swoje podstawowe potrzeby, a także że nie dochodzi do przerostu patogennej mikrobioty przewodu pokarmowego, co może zmieniać się bardzo dynamicznie w 2–3 tygodniu po odsadzeniu. W tym okresie prosięta mają wysokie wymagania co do jakości wody pitnej (fizykochemiczne i mikrobiologiczne), która jest podstawowym uzupełnieniem dla paszy. Dobra jakościowo woda jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na status zdrowotny młodych zwierząt. Jest ona istotna dla zachowania homeostazy organizmu (transportu substancji odżywczych i hormonów, równowagi elektrolitowej, syntezy białek, wzrostu tkanek, itd.), jak i prawidłowego behawioru prosiąt. W przypadku picia zbyt małej ilości wody, zwierzęta nie będą pobierały wystarczającej ilości paszy niezbędnej dla pokrycia podstawowych potrzeb organizmu.

Zrównoważona mikrobiota przewodu pokarmowego zapewnia prawidłowy rozwój i dojrzewanie układu odpornościowego śluzówki jelit, gdzie jest produkowanych nawet 65–70% komórek obronnych organizmu, które zmniejszają ryzyko wystąpienia poodsadzeniowej kolibakteriozy. Przy opracowywaniu strategii żywieniowych należy uwzględnić lochy, prosięta oraz ich florę

jelitową. Masa ciała prosiąt przy urodzeniu, jak również przy odsadzeniu jest ważnym czynnikiem ryzyka. Niższa masa ciała to wyższe ryzyko zaburzeń związanych z pałeczkami *E. coli*. Właściwe żywienie loch podczas pierwszego i ostatniego miesiąca ciąży, w okresie okołoporodowym oraz podczas laktacji pomaga zmniejszyć częstość występowania poodсадzeniowej enterotoksemii u prosiąt. Przewód pokarmowy prosiąt jest kolonizowany zaraz po urodzeniu przez bakterie pochodzące z pochwy, skóry i odchodów lochy, jak i ze środowiska zewnętrznego, np. u prosiąt urodzonych w systemach typu „outdoor”. Stabilizacja środowiska mikrobiologicznego przewodu pokarmowego występuje równocześnie z rozwojem i ekspansją funkcji śluzówkowego układu odpornościowego. Badania przeprowadzone na wolnych od drobnoustrojów świniach wykazały silne i przedłużone działanie takiej kolonizacji na układ odpornościowy przewodu pokarmowego (Stokes i in., 2004). Ponadto, znany jest również fakt, że znaczący wpływ na układ odpornościowy nowo narodzonego prosięcia ma flora środowiska hodowlanego, a więc środowisko mikrobiologiczne, w którym rodzi się prosię. Prosięta jednak rodzą się w dużej mierze w stanie niedoboru odporności i przede wszystkim ważne jest dostarczenie im zarówno specyficznych, jak i niespecyficznych czynników immunologicznych, takich jak immunoglobuliny i inne białka obecne w sianie lochy i mleku (Woliński i in., 2012). Ma to na celu zapewnienie ochrony immunologicznej, przeżycia i rozwoju prosięcia. Niedojrzałość funkcjonalna układu odpornościowego noworodków oznacza, że nowo narodzone prosięta mogą generować tylko ograniczoną odpowiedź immunologiczną limfocytów T i B po ekspozycji na patogeny i antygeny, a tym samym przyczynia się to do wystąpienia stanu obniżania odporności (Stokes i in., 2004). Niemniej jednak, młody organizm musi osiągnąć w miarę swojego wzrostu i rozwoju immunokompetencję, aby być w stanie tolerować szeroki zakres antygenów powiązanych z patogenami i bakteriami komensalicznymi, a także z paszą, którą będzie żywiony. Komórki i struktury związane z nabłonkowym układem odpornościowym układu pokarmowego jeszcze nie występują przy urodzeniu i pojawiają się w ściśle określonym porządku (Bauer i in., 2006). Wynika z tego, że układ immunologiczny śluzówki (wrodzony i nabyty) jest względnie niedojrzały w momencie, gdy prosięta są odsadzane od matki między 21. a 28. dniem życia. Co ciekawe, zbiega się to ze znikaniem obydwu immunoregulacyjnych i aktywnych immunologicznie składników mleka matki. Liczne badania wykazały korzyści stosowania produktów mleczarskich lub składników pochodzących z mleka w diecie świeżo odsadzonych prosiąt na rozwój immunokompetencji i lepszej wydajności (Mahan i in., 2004).

Tabela 1. Stadia rozwoju systemu odpornościowego u prosiąt
(adapt. Bauer i in., 2006)

Wiek	Elementy nabłonkowego systemu odpornościowego
1. dzień	<ul style="list-style-type: none"> • Niewielka liczba makrofagów i granulocytów w okolicach kosmków i krypt. • PP (kępki Peyera) składają się z pierwotnych pęcherzyków otoczonych nielicznymi limfocytami T. • Niewielka liczba limfocytów T CD4+ i CD8+. • Niewielka liczba jelitowych MHC klasy II+. • Prawie lub całkowity brak komórek zawierających Ig.
1–14 dzień	<ul style="list-style-type: none"> • Jelita są kolonizowane przez limfocyty (z markerami CD2 na powierzchni, ale nie z CD4 lub CD8). • PP zaczyna się rozwijać (osiąga „dorosłą budowę”) po 10–15 dniach.
15–28 dzień	<ul style="list-style-type: none"> • Śluzówka zaczyna być kolonizowana komórkami CD4+ (głównie w blaszce właściwej). • Praktycznie nie ma komórek CD8+. • Pojawia się niewielka liczba limfocytów B, głównie dla IgM.
35. dzień i później	<ul style="list-style-type: none"> • CD8+ pojawiają się w nabłonku jelita. • Pojawiają się limfocyty B IgA+ (IgA staje się dominującym izotypem). • W 7. tygodniu życia budowa jelit zaczyna przypominać występującą u dorosłych zwierząt.

Egzogenna immunomodulacja w tym okresie względnego spokoju immunologicznego stanowi potencjalnie ważne profilaktyczne podejście do złagodzenia chorób związanych z paszą i stresem, które występują przy odsadzeniu. W tym okresie występuje wiele czynników będących stresorami – fizycznymi, środowiskowymi i związanymi z hierarchią stada, które predysponują prosięta do zapadania na różne choroby, a hodowcę narażają na straty w produkcji. W tym okresie zwierzę nie pobiera także optymalnej ilości paszy i wody. Zachodzi to w tym samym momencie, co znaczne zmiany w budowie i funkcjonowaniu układu odpornościowego przewodu pokarmowego, co daje szkodliwe skutki dla integralności bariery i funkcji tego elementu układu immunologicznego. Ta „ostra” faza poodsadzeniowa wiąże się czasami z proliferacją bakterii chorobotwórczych w nabłonku jelitowym. To wszystko łącznie jest zazwyczaj związane z aktywnością cytokin prozapalnych, takich jak IL-1, IL-6 i TNF- α , które są mediatorami zapalnymi wytwarzanymi w odpowiedzi na uszkodzenie tkanki oraz przyczyniają się dodatkowo do anatomicznych i czynnościowych zaburzeń nabłonka jelitowego w tym czasie. Z uwagi na fakt, że organizm nowo narodzonych prosiąt musi być gotowy na wiele wyzwań, a następnie po odsadzeniu musi się szybko dostosować do nowych warunków, istnieje duże zainteresowanie odnośnie możliwości modyfikacji

rozwoju układu odpornościowego w okresie okołoodsadzeniowym, na przykład poprzez paszę, komponenty bakteryjne i (lub) manipulację środowiskiem.

Dodatki paszowe stosowane w żywieniu świń modulujące mikrobiotę przewodu pokarmowego

Intensywny rozwój metod hodowlanych, jak i molekularnych umożliwiają szczegółowe poznanie ilościowe i jakościowe struktury i funkcjonowania zwierzęcego mikrobiomu. Bez wątplenia status mikrobiologiczny ma kluczowy wpływ na stan zdrowotny zwierząt oraz wskaźniki produkcyjne. Bakterie jelitowe zwierząt gospodarskich są integralnym elementem ich przewodu pokarmowego, pełniąc rolę bariery i chroniąc organizm przed patogenami. Mikroorganizmy te chronią przed nadmierną proliferacją bakterii chorobotwórczych. W żywieniu świń od wielu lat podejmuje się różne działania zmierzające do ustalenia równowagi między bakteriami dobroczynnymi (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*) a potencjalnie chorobotwórczymi (*Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp.), które powinny stanowić odpowiednio 90 i 10% populacji mikrobioty przewodu pokarmowego. Mikrobiom jelitowy moduluje działanie samego układu odpornościowego. Odpowiada za aktywację układu immunologicznego związanego z błonami śluzowymi przewodu pokarmowego – GALT, a także stymuluje sekrecję przeciwciał, głównie klasy IgA. Naturalne pobudzenie odporności u młodych zwierząt szczególnie narażonych na nieżyty żołądkowo-jelitowe wymusiła ustawa Unii Europejskiej, całkowicie zakazująca stosowania ASW w produkcji zwierzęcej (Bederka-Łojewska i Pieszka, 2011).

Po drugiej wojnie światowej intensywne metody chowu i hodowli trzody chlewnej przyczyniły się do eksperymentalnego podawania zwierzętom gospodarskim antybiotyków w celu ochrony przed inwazją bakterii chorobotwórczych. Zwierzęta, nawet przy braku zapewnienia dobrych warunków bytowych, wykazywały lepsze przyrosty oraz zdrowie. Jako ASW głównie stosowane były: monoeczyna, salinomycyna, awilamycyna, cynkbacytracyna i flawomycyna.

W latach 90. XX w. większość badań prowadzonych w Instytucie Zootechniki nad wykorzystaniem antybiotyków w paszach skupiała się nad ich wprowadzaniem do mieszanek paszowych dla loch prośnych. Korzystne oddziaływanie flawomycyny podawanej wraz z preparatem probiotycznym – cerbiporem stwierdził w swoim doświadczeniu Korniewicz (1993). Zaobserwował on większe przyrosty masy ciała loch w okresie trwania ciąży i mniejsze ubytki masy w okresie laktacji, co przełożyło się na lepszy stan zdrowotny macior po odsadzeniu prosiąt oraz szybsze wystąpienie kolejnej rui. Ponadto, lochy z grupy doświadczalnej wykazywały wyższą strawność białek, tłuszczów oraz włókna. Chociaż podawanie antybiotyku z prebiotykiem nie wpływało na liczbę żywo urodzonych prosiąt, pozytywnie oddziaływało na ich

wskaźniki odchowu. Oseki matek otrzymujących flawomycynę w dawce 10 mg/kg paszy oraz preparat probiotyczny miały większą o 9% masę ciała w dniu urodzenia, lochy wykazywały lepszą mleczność, a w dalszym okresie odchowu prosięta miały przyrosty masy zwiększone nawet o 12% w porównaniu do grupy kontrolnej. Odnotowywano także niższe upadki wśród prosiąt ssących. Lohy otrzymujące preparat probiotyczny wraz z antybiotykiem miały ograniczoną liczbę bakterii *E. coli* w treści jelitowej w porównaniu do grupy kontrolnej. W skład zastosowanego probiotyku wchodził kompleks 17 gatunków – *Lactobacillus: acidophilus, brevis, casei, fermentum, lactis, plantarum, pseudoplantarum; Bacillus: subtilis, megaterium, pumilus; Cellulomonas* sp.; *Enterococcus: faecium, agglomerans; Micrococcus roseus; Arthrobacter* sp.; *Saccharomyces cerevisiae*.

Zbyt szerokie wykorzystywanie antybiotyków, zarówno w rolnictwie jak i medycynie, zrodziło obawy w kwestii rosnącej lekooporności bakterii patogennych. W celu ochrony ludzi zaczęto poddawać w wątpliwość słuszność podawania antybiotykowych stymulatorów wzrostu zwierzętom. Kraje europejskie stopniowo, już od 1986 r. zaczęły wycofywać się z dodawania antybiotyków do paszy dla zwierząt, aż do ostatecznej ustawy obejmującej całą UE. Wtedy to zaczęto szukać innych skutecznych środków mających zapewnić lepszy status zdrowotny oraz wskaźniki hodowlane zwierząt gospodarskich. W późniejszych latach skupiono się na substancjach wykazujących podobne działanie do ASW, czyli poprawiających status mikrobiologiczny jelit.

Kolonizacja mikrobiotą jelitową rozpoczyna się w momencie narodzin prosięcia. Zasiedlanie jelit tzw. mikroflorą pionierską odbywa się bardzo dynamicznie w wyniku styczności z bakteriami znajdującymi się w bezpośrednim otoczeniu zwierzęcia. Początkowo podczas porodu, a następnie w czasie pobierania mleka od matki oraz bakterii z bezpośredniego środowiska, w którym żyje zwierzę. Skład, zarówno jakościowy jak i ilościowy, mikroorganizmów ulega intensywnym przemianom, aż do osiągnięcia dojrzałej i stabilnej mikrobioty. Głównymi gatunkami zasiedlającymi żołądek i dwunastnicę u trzody chlewnej są bakterie z rodzaju *Lactobacillus*, *Streptococcus*, nieco mniejsze populacje tworzą *Enterobacteria*, *Clostridium*, *Eubacterium* i *Bifidobacterium*. Całkowita liczba bakterii tego odcinka wynosi 10^3 – 10^5 /g treści pokarmowej. W dalszej części przewodu pokarmowego panują bardziej przyjazne warunki, pozwalające na rozwinięcie większych i stabilnych populacji mikroorganizmów. Szacuje się, że w jelicie krętym liczba bakterii stanowi 10^8 /g treści. Najliczniej obserwuje się mikroorganizmy należące do *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Enterobacteria*, *Bacillus* i *Bacteroides*. Najbogatsza biocenoza występuje w jelicie grubym dzięki panującym tam przyjaznym warunkom, takim jak neutralne pH, niski potencjał oksydoredukcyjny oraz powolne przesuwanie treści pokarmowej. Najbardziej liczną grupę stanowią *Bacteroides* sp., a całkowita liczba bakterii wynosi 10^{11} – 10^{12} komórek/g treści (Bederska i Pieszka, 2011).

Badania nad mikrobiomem ukazują coraz więcej zależności pomiędzy mikroorganizmami a gospodarzami, a ich wpływ na zdrowie należy rozpatrywać wielopłaszczyznowo. Zwierzęta pozbawione mikrobioty wykazują zaburzenia rozwoju przewodu pokarmowego (nieprawidłową budowę kosmków jelitowych, enterocytów czy spłylenie krypt). Także znaczna część procesów fizjologicznych i biochemicznych zostaje zakłócona, w tym praca i rozwój układu immunologicznego. Co więcej okazuje się, że pewne związki są produkowane tylko i wyłącznie przez bakterie bytujące w przewodzie pokarmowym. W wytwarzaniu witamin z grupy B₁₂, K, tiaminy, ryboflawiny, pirodoksyny, a także niektórych enzymów czy krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (octowego, propinowego, masłowego) bakterie jelitowe odgrywają znaczącą rolę. Bardzo istotną funkcją mikrobiomu przewodu pokarmowego jest jego udział w mechanizmach obrony organizmu przed bakteriami patogennymi. Bakterie komensalne współzawodniczą o miejsce, receptory komórkowe, substancje pokarmowe oraz wydzielają bakteriocyny będące białkowymi metabolitami o działaniu bakteriostatycznym oraz bakteriobójczym. Posiadają także zdolność do aktywacji układu immunologicznego związanego z błoną śluzową przewodu pokarmowego – GALT oraz stymulują wydzielanie przeciwciał klasy IgA (Bederska i Pieszka, 2011).

Nawet dojrzała i stabilna mikrobiota jest bardzo wrażliwa na działanie czynników, które mogą znacząco zaburzyć właściwe proporcje umożliwiając rozrost bakteriom patogennym, takim jak: *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Lawsonia intracellularis*, *Brachyspira hyodysenteriae* czy *Clostridium difficile*. Na podstawie wielu badań wykazano, że dzięki suplementacji pre- i probiotycznej można w znacznym stopniu wpływać na zdrowotność prosiąt. Badania nad dodatkami probiotycznymi oraz prebiotycznymi są prowadzone od wielu lat w różnych jednostkach naukowych, w tym także w Instytucie Zootechniki. Podjęcie badań nad poprawą funkcjonowania przewodu pokarmowego świń poprzez stymulowanie autochtonicznej mikrobioty jelitowej wynikało z założenia, że jest to jeden z kluczowych czynników decydujących o poprawie produktywności zwierząt mięsnych.

W doświadczeniach wykonanych na lochach ciężarnych, którym podawano mieszanki ziołowe mogące wspomóc utrzymanie homeostazy mikroorganizmów komensalnych, wykazano ich pozytywny wpływ na wskaźniki odchowu prosiąt. Paschma (2004) zastosowała 0,5% dodatek do paszy pokrzywy zwyczajnej, rumianku, owocu kminku i kopru włoskiego od 100. dnia ciąży do 21. dnia laktacji. Liczba prosiąt żywo urodzonych co prawda nie zmieniła się, zaobserwowano jednak tendencje do mniejszej liczby upadków. Średnie masy ciała w 21. i 35. dniu życia nie różniły się.

Pieszka i in. (2011) przeprowadzili także doświadczenie na lochach, poczynając od 80. dnia ciąży do osiągnięcia przez prosięta 26. dnia życia. Zwierzętom podawano probiotyk złożony z bakterii *Bacillus licheniformis*

i *Bacillus subtilis* (w ilości 300 g/t paszy) wraz z mieszkanką ziołową zawierającą czosnek pospolity, kozieradkę pospolitą, jałowiec, korzeń lukrecji, cebulę i miętę pieprzową (200 g/t). Masa ciała urodzeniowa prosiąt pochodzących od loch otrzymujących dodatki była niższa niż zwierząt w grupie kontrolnej. Wpływ na to mógł mieć fakt, że mioty z grup doświadczalnych były bardziej liczne niż z grupy kontrolnej. Korzystnym efektem podawania ziół i preparatu probiotycznego było osiąganie przez prosięta doświadczalne wyższych mas ciała w momencie odsadzenia w 26. dniu życia oraz mniejsza liczba upadków. Transfer bakterii probiotycznych następuje u prosiąt w wyniku kontaktu z podłożem, na którym znajdują się odchody matki. Jest to jeden ze sposobów poprawy stanu mikrobioty przewodu pokarmowego młodych zwierząt. W grupie kontrolnej odnotowano wyższą śmiertelność prosiąt. Można przypuszczać, że preparat probiotyczny zmniejszył populacje bakterii patogennych ograniczając ich namnażanie zarówno w środowisku, jak i przewodzie pokarmowym zwierząt doświadczalnych. Prawidłowa praca jelit przełożyła się także na lepsze zużycie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała. W grupach doświadczalnych wykorzystanie paszy przez prosięta było istotnie niższe w porównaniu do grupy kontrolnej. Lochy otrzymujące dodatek probiotyczny wraz z mieszkanką ziołową wykazywały niższy ubytek masy ciała w okresie laktacji o około 4,5 kg. W podsumowaniu stwierdzono korzystne działanie substancji probiotycznych i prebiotycznych zarówno na lochy, jak i prosięta. Zainteresowanie dodatkami paszowymi tego typu stale rośnie, a ich użycie staje się co raz bardziej powszechne wraz z rosnącą świadomością tego, jak ważną rolę dla rozwoju całego organizmu pełni mikrobiota jelitowa.

Janik i Pieszka (2008) przeprowadzili dwa doświadczenia żywieniowe na prosiętach w wieku od urodzenia do 42. dnia życia oceniając, który z zastosowanych dodatków mógłby stanowić alternatywę dla antybiotyków paszowych. W pierwszej grupie zastosowano probiotyk (zawierający bakterie z rodzaju *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* i *Streptococci*) z dodatkiem witaminowym, w drugiej probiotyk wraz z oligosacharydem mannanu, natomiast w trzeciej te dwa dodatki z zakwaszaczami. Drugie doświadczenie dodatkowo wprowadzało preparat ziołowy. W doświadczeniu pierwszym grupa zwierząt otrzymująca łącznie 3 dodatki wykazywała lepsze tempo wzrostu, wykorzystanie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała oraz niższą śmiertelność w porównaniu do grupy kontrolnej, w której był stosowany antybiotyk. W drugim doświadczeniu najbardziej korzystne wyniki odchowu obserwowano w grupie prosiąt otrzymujących probiotyk wraz z oligosacharydem mannanu i preparatem ziołowym. Zastosowanie bakterii symbiotycznych z prebiotykiem oraz ziołami poprawiło pracę jelit oraz wchłanianie substancji pokarmowych, co przełożyło się na lepsze tempo wzrostu i wykorzystanie paszy. Wskutek zaprzestania stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu w żywieniu zwierząt gospodarskich pogorszyły się warunki odchowu. Ich poprawę

i zmniejszenie śmiertelności można uzyskać stosując wieloskładnikowe preparaty wspomagające utrzymanie stabilnego środowiska jelit oraz wspierające mikrobiotę przewodu pokarmowego.

Glinokrzemiany, do których należy często wykorzystywany w żywieniu zwierząt zeolit, posiadają korzystne działanie na przewód pokarmowy. Obniżają napięcie powierzchniowe jelit, emulgują tłuszcze i – co najważniejsze – wiążą toksyny bakteryjne oraz mykotoksyny. Badania wykazały również ich zdolność do modulowania mikrobioty jelitowej. W swoim doświadczeniu Korniewicz i in. (1996 a) zastosowali mączkę zeolitu nasyconą kwasem mrówkowym. Krótkołańcuchowe kwasy organiczne są wykorzystywane jako konserwanty paszy, które pozytywnie wpływają na wskaźniki produkcyjne prosiąt. W trakcie doświadczenia żywieniowego na prosiętach w wieku od 1. do 70. dnia życia nie odnotowano w pierwszym okresie, kiedy prosięta były utrzymywane przy maciorach (do 35. dnia), wpływu zastosowanych dodatków na zwierzęta. Jednak, już w pierwszym tygodniu po odsadzeniu, kiedy prosięta pobierały tylko i wyłącznie mieszankę paszową, ich średnie dzienne przyrosty masy ciała były o 4,2% wyższe w grupie otrzymującej zeolit. Różnica ta była jeszcze bardziej widoczna w okresie od 43. do 70. dnia i wynosiła aż 17%. Pozostałe wskaźniki odchowu, takie jak spożycie paszy oraz jej wykorzystanie na 1 kg przyrostu masy ciała również uległy poprawie w grupie otrzymującej dodatek absorbentu zeolitu z kwasem mrówkowym.

Doświadczenie z wykorzystaniem glinokrzemianów w żywieniu prosiąt przeprowadzili również Bederska-Łojewska i Pieszka (2019). Wprowadzili oni do diety prosiąt ssących i odsadzonych naturalne dodatki paszowe o działaniu wielokierunkowym. W pierwszej grupie doświadczalnej zastosowali glinę kaolinową, natomiast w drugiej glinę kaolinową wzbogaconą suszem z wyłoków aroniowych oraz fruktooligosacharydem. Obydwa preparaty wpływały normalizująco na pracę przewodu pokarmowego, a także zapobiegały nieżytom jelitowym. Glinka kaolinowa charakteryzuje się dużą powierzchnią chłonną i sorpcyjną, wykazując duże powinowactwo do toksyn bakteryjnych. Fruktooligosacharydy mają działanie probiotyczne, stymulujące rozwój bakterii kwasu mlekowego, natomiast susz z wyłoków aroniowych jest bogatym źródłem kwasów fenolowych oraz antocyjanów działających protekcyjnie na nabłonek jelitowy. W doświadczeniu stwierdzono lepsze wykorzystanie paszy w okresie odchowu między 7. a 28. dniem życia w grupie otrzymującej glinę kaolinową oraz tendencję do wyższych przyrostów masy ciała. Podobną tendencję obserwowano także w późniejszym okresie (Bederska-Łojewska i in., 2016). Obydwa zastosowane preparaty znacznie ograniczyły częstość występowania biegunek oraz wpłynęły na poprawę stanu błony śluzowej jelit. Analizie poddano także skład mikrobioty jelitowej. Zaobserwowano wzrost bakterii komensalnych w jelitach w obydwu grupach doświadczalnych oraz tendencję do obniżania poziomu bakterii patogennych ze szczepów *E. coli*.

W Instytucie Zootechniki prowadzono także badania nad wykorzystaniem kwasów organicznych w żywieniu trzody chlewnej, zarówno średniołańcuchowych, jak i krótkołańcuchowych w postaci kwasu fumarowego. Urbańczyk i Hanczakowska (1995) sprawdzili działanie kwasu fumarowego na wskaźniki odchowu prosiąt od urodzenia do 100. dnia życia oraz ilość bakterii tlenowych i beztlenowych w jelicie ślepych. Zaobserwowano wyższe przyrosty masy ciała oraz niższe wykorzystanie paszy u prosiąt otrzymujących w mieszance mniejszą zawartość otrąb pszennych z dodatkiem kwasu fumarowego. W momencie podania prosiętom mieszanki paszowej z wyższym udziałem otrąb efekt zastosowanego kwasu nie został potwierdzony statystycznie. Efektywność wprowadzonego do paszy dodatku była kluczowa w pierwszym okresie odchowu od 1. do 42. dnia życia i rzutowała pozytywnie na dalszy rozwój prosiąt aż do 100. dnia. Autorzy podkreślają również pozytywny wpływ kwasu fumarowego na skład mikrobioty jelita ślepego zwierząt doświadczalnych. Odnotowano ograniczenie populacji *E. coli* oraz laseczek beztlenowych. Kwas fumarowy, normalizując środowisko przewodu pokarmowego stworzył korzystne warunki bytowania dla komensalnych bakterii jelitowych. Ważną jego funkcją jest również obniżanie pH jelit, co ogranicza namnażanie bakterii patogennych. Podobną tematyką zajęli się Korniewicz i in. (1996 b). Celem tych badań było określenie efektów produkcyjnych u prosiąt i warchlaków otrzymujących paszę z dodatkiem kwasu fumarowego. W pierwszym okresie życia, kiedy prosięta były jeszcze przy losze (do 45. dnia) nie obserwowano poprawy ich przeżywalności czy przyrostów masy ciała. Jednak, już po odsadzeniu wyraźnie zmniejszyła się liczba upadków w grupach otrzymujących kwas fumarowy w porównaniu do grupy kontrolnej. Główną przyczyną upadków były biegunki. W okresie od 45. do 70. dnia życia wyraźnie uwidocznił się efekt paszy z dodatkiem 2 i 3% kwasu fumarowego. Masy ciała w tych grupach były wyższe o 9–13% w stosunku do grupy kontrolnej. W późniejszym okresie odchowu tendencja ta utrzymywała się. Co więcej, od 70. do 84. dnia życia prosiąt zaobserwowano w grupie otrzymującej największy dodatek kwasu fumarowego najniższe zużycie paszy.

Hanczakowska i Świątkiewicz (2016) sprawdziły skuteczność wykorzystania 0,3% kwasu kaprylowego lub kwasu kaprynowego w połączeniu z glutaminą 2%. W doświadczeniu tym, trwającym do 70. dnia życia prosiąt nie odnotowano korzystnego wpływu obydwu kwasów na dzienne przyrosty masy ciała, wykorzystanie paszy czy całkowitą zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelit. W analizie histologicznej zaobserwowano jednak większą szerokość kosmków w grupie otrzymującej kwas kaprynowy z glutaminą. Grupa ta charakteryzowała się również istotnie niższym pH w dwunastnicy, co sprzyja utrzymaniu homeostazy mikrobiologicznej w przewodzie pokarmowym. Dodatek kwasów do mieszanki paszowej na poziomie 0,3% nie wpłynął znacząco na wskaźniki odchowu, jednak zmniejszył śmiertelność prosiąt.

Podsumowanie

Badania nad wykorzystaniem dodatków paszowych zawierających bakterie probiotyczne lub wspomagające homeostazę mikrobioty przewodu pokarmowego w odchowie młodych prosiąt były prowadzone w Instytucie Zootechniki od wielu lat i zawsze były podporządkowane aktualnym potrzebom polskiego rolnictwa. Początkowo jako czynniki doświadczalne stosowano antybiotyki paszowe, natomiast w późniejszym okresie, dostosowując się do aktualnych przepisów prawnych – substancje naturalne mające zapobiegać inwazjom bakterii patogennych. Bakterie komensalne, zarówno te już zasiedlające jelita, jak i dostarczane wraz z pożywieniem, strzegą przewodu pokarmowego i zapewniają jego prawidłowy rozwój. Zapobieganie biegunkom, które są główną przyczyną upadków młodych prosiąt jest najważniejszą funkcją preparatów pre- i probiotycznych. Obecnie coraz częściej poszukuje się preparatów wieloskładnikowych o synergistycznym działaniu, pozwalającym na poprawę zarówno statusu zdrowotnego, jak i wskaźników produkcyjnych.

Piśmiennictwo

- Bauer E., Williams B.A., Smidt H., Verstegen M.W., Mosenthin R. (2006). Influence of the gastrointestinal microbiota on development of the immune system in young animals. *Curr. Issues Intest. Microbiol.*, 7: 35–51.
- Bederska D., Pieszka M. (2011). Modulating gastrointestinal microflora of pigs through nutrition using feed additives. *Ann. Anim. Sci.*, 11 (3): 333–355.
- Bederska-Łojewska D., Pieszka M. (2019). Dietary kaolin clay in pre- and post-weaned piglets and its influence on haematological and biochemical parameters and intestinal microflora status. *Ann. Anim. Sci.*, 19 (4): 1021–1034. DOI: 10.2478/aoas-2019-0031.
- Bederska-Łojewska D., Pieszka M., Szczurek P. (2016). Gastroprotective effect of feed additives containing kaolin clay in piglets. *J. Anim. Sci.*, 94 (3): 369–372.
- Grela E.R. (2006). Withdrawal of antibiotic growth promoters from pig nutrition-effects and future. *Pol. J. Nat. Sci.*, 3: 15–22.
- Grela E.R., Semeniuk V. (2006). Konsekwencje wycofania antybiotykowych stymulatorów wzrostu z żywienia zwierząt. *Med. Weter.*, 62 (5): 502–507.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2016). Wpływ glutaminy i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych na wskaźniki produkcyjne oraz środowisko i strukturę przewodu pokarmowego prosiąt. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 43: 59–72.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Natonek-Wiśniewska M., Okoń K. (2016). Medium chain fatty acids (MCFA) and/or probiotic *Enterococcus faecium* as a feed supplement for piglets. *Livest. Sci.*, 192: 1–7.
- Janik A., Pieszka M. (2008). Znaczenie probiotyków, prebiotyków, zakwaszaczy i ziół w żywieniu prosiąt. Broszura upowszechnieniowa nr 5/2008. Wyd. IZ PIB, ISBN 83-60127-69-7, 20 ss.

- Korniewicz D. (1993). Wpływ cerbioporu i różnych dawek flavomycyny w paszy na wskaźniki produkcyjno-fizjologiczne loch. *Rocz. Nauk. Zoot. Monogr. Rozpr.*, 32: 113–129.
- Korniewicz A., Korniewicz D., Kozik E., Paleczek B. (1996 a). Wpływ zeolitu i kwasu mrówkowego na jakość mieszanki i efekty produkcyjne prosiąt. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23: 181–197.
- Korniewicz D., Korniewicz A., Paleczek B., Korniewicz M. (1996 b). Efektywność kwasu fumarowego w mieszankach dla prosiąt i warchlaków. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23: 175–187.
- Mahan D.C., Fastinger N.D., Peters N.D. (2004). Effects of diet complexity and dietary lactose levels during three starter phases on postweaning pig performance. *J. Anim. Sci.*, 82: 2790–2797.
- Paschma J. (2004). Effect of using herbs in diets of periparturient sows on course of parturition and reproductive performance. *Ann. Anim. Sci., Suppl.*, 1: 293–295.
- Pieszka M., Bederska-Łojewska D., Janik A. (2011). Wpływ podawania kompleksowego dodatku probiotyku i ziół lochom pod koniec ciąży oraz w trakcie laktacji na wskaźniki odchowu prosiąt. *Zesz. Nauk. UP Wrocław*, 580: 365–374.
- Pieszka M., Szczurek P., Pietras M., Pieszka M. (2018). SiO₂ nanostructures as a feed additive to prevent bacterial infections in piglets. *Ann. Wars. Univ. Life Sci. – SGGW Anim. Sci.*, 57 (4): 407–417.
- Regulation (EC) No. 1831/2003 on the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. *Official J. European Union*, L. 268, 29–43.
- Stokes C.R., Bailey M., Haverson K., Harris C., Jones P., Inman C., Pie S., Oswald I.P., Williams B.A., Akkermans A.D.L., Sowa E., Rothkoetter H.J., Miller B.G. (2004). Post-natal development of intestinal immune system in piglets: implications for the process of weaning. *Anim. Res.*, 53: 325–334.
- Szczurek P., Kamyczek M., Pierzynowski S.G., Goncharova K., Michałowski P., Weström B., Prykhodko O., Pieszka M. (2016). Effects of the supplementation of creep-feed with pancreatic-like enzymes of microbial origin (PLEM) and highly dispersed silicon dioxide (hdSiO₂) on the performance of piglets. *J. Anim. Sci.*, 94: 62–65.
- Urbańczyk J., Hanczakowska E. (1995). Effect of fumaric acid in piglet and weaner ration on the results of rearing and some biochemical and microbiological indices in the caecum. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 22: 269–278.
- Woliński J., Słupecka M., Weström B., Prykhodko O., Ochniewicz P., Arciszewski M., Ekblad E., Szwiec K., Ushakova G., Skibo G., Kovalenko T., Osadchenko I., Goncharova K., Botermans J., Pierzynowski S. (2012). Effect of feeding colostrum versus exogenous immunoglobulin G on gastrointestinal structure and enteric nervous system in newborn pigs. *J. Anim. Sci.*, 90, Suppl., 4: 327–330.
- Zabielski R., Laubitz D., Woliński J., Guilloteau P. (2005). Nutritional and hormonal control of gut epithelium remodeling in neonatal piglets. *J. Anim. Feed Sci.*, 14, Suppl., 1: 99–112.

Wpływ czynników żywieniowych na wskaźniki fizjologiczne zwierząt

Paulina Szczurek, Mariusz Pietras

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Fizjologiczne aspekty żywienia zwierząt gospodarskich były jednym z głównych obszarów badań realizowanych w Zakładzie Fizjologii, a następnie także Zakładzie Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego Instytutu Zootechniki PIB. Parametry fizjologiczne zwierząt, takie jak hormony, metabolity czy też enzymy, odgrywają kluczową rolę w koordynowaniu homeostazy całego organizmu. Co więcej, zależność pomiędzy danymi markerami fizjologicznymi a cechami produkcyjnymi zwierząt może być także pomocnym narzędziem w określaniu ich wartości hodowlanej. Podstawowym i do dzisiaj aktualnym zagadnieniem, wokół którego obracała się ówczesna problematyka badawcza, był wpływ czynników żywieniowych na metabolizm i odpowiedź fizjologiczną, jak również parametry tuczne i rzeźne zwierząt, ze szczególnym uwzględnieniem świń.

Hormony tarczycy a parametry produkcyjne świń

Rosnąca świadomość społeczna na temat wpływu nieprawidłowej diety na zdrowie człowieka, w tym związku pomiędzy wzrostem konsumpcji mięsa wieprzowego a wzrostem częstotliwości występowania chorób układu krążenia, spowodowała, że jednym z kierunków badań nad hodowlą świń była próba poprawy wartości dietetycznej wieprzowiny. Badania te skupiały się przede wszystkim na ograniczeniu otluszczenia, obniżeniu zawartości cholesterolu oraz zwiększeniu ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie. Jedną z dróg prowadzącą do uzyskania tego efektu może być ukierunkowana selekcja hodowlana, która jest jednak procesem długotrwałym. Z drugiej strony, istotny wpływ na predyspozycję do odkładania tłuszczu w organizmie ma tempo przemian metabolicznych, które to z kolei można regulować czynnikami natury żywieniowej. Kontrola procesów metabolicznych, a zatem i energetycznych organizmu odbywa się przede wszystkim na drodze hormonalnej. Ważną rolę w tym zakresie pełnią gruczoły wydzielania wewnętrznego, w tym tarczyca. Hormony tarczycy odpowiadają m.in. za regulację syntezy białek i RNA oraz metabolizm węglowodanów i lipidów. Ponadto, nad-

czynność tarczycy jest skorelowana z szybszym tempem wzrostu i wzmożonymi procesami lipolitycznymi w tkankach zwierząt. Co więcej, w przypadku prosiąt odnotowuje się spadek dobowej produkcji tyroksyny wraz ze wzrostem masy ciała, a spowolnienie procesu przemiany materii prowadzi w konsekwencji do wzrostu procesu odkładania się tłuszczu u świń.

Z uwagi na powyższe, zespół badawczy pod kierunkiem prof. dr. hab. Tadeusza Barowicza podjął próby zmniejszenia otluszczenia tusz świńskich poprzez suplementację paszy różnymi dawkami tyroksyny oraz określenia optymalnego okresu jej podawania. W tym celu przeprowadzono kilka doświadczeń. W jednym z nich podawanie tyroksyny w ilości od 1 do 10 mcg/kg masy ciała w końcowym okresie tuczu zwiększyło przyrosty dzienne świń oraz obniżyło zużycie paszy (Barowicz i Pietras, 1996). Nie zaobserwowano za to istotnych różnic w zakresie cech fizykochemicznych mięsa oraz jakości tusz, choć zauważono poprawę ich umięśnienia. Najlepsze rezultaty uzyskano po zastosowaniu tyroksyny w dawce 1 lub 5 mcg/kg masy ciała, co potwierdziło dane literaturowe o dwufazowym działaniu hormonów tarczycy, które w niskim stężeniu działają anabolicznie pobudzając syntezę makromolekuł, natomiast w koncentracjach wyższych ich działanie prowadzi do katabolizmu. Nie zauważono jednak wpływu na użytkowość tuczną i rzeźną świń dodatku tyroksyny w pierwszym okresie tuczu zwierząt, tj. do osiągnięcia końcowej masy ciała 60 kg (Barowicz i Pietras, 1996).

W kolejnym eksperymencie, przeprowadzonym na świniach w końcowym okresie tuczu (od 60 do 100 kg masy ciała), Barowicz i in. (1996) skupili się na wpływie podawania tyroksyny z paszą na zawartość białka, tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych w mięśni najdłuższym. W odpowiedzi na suplementację paszy tyroksyną (w ilości od 1 do 10 mcg/kg masy ciała) odnotowano spadek zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych oraz wzrost ilości wielonasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie tuczników. Nie zaobserwowano za to istotnego wpływu podawania tyroksyny na końcową masę ciała zwierząt, zawartość suchej masy, białka ogólnego oraz tłuszczu surowego w mięśni najdłuższym. Podobnie jak w poprzednim doświadczeniu, nie odnotowano również istotnego wpływu niższych koncentracji tyroksyny (poniżej 1 mcg/kg masy ciała) na wyżej wymienione parametry.

Kolejnym krokiem było określenie wpływu dodatku do paszy świń tyroksyny na jakość tusz i cechy fizykochemiczne mięsa (Barowicz i in., 1997). Podawanie świniom tyroksyny w dawkach 0,5 lub 1 mcg/kg masy ciała w okresie tuczu od 30 kg do 110 kg masy ciała nie wpłynęło istotnie na dzienne przyrosty masy ciała oraz zużycie paszy (Barowicz i in., 1997). Podobnie, nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy grupami w zakresie cech fizykochemicznych mięsa, w tym pH, wodochłonności czy jasności barwy, jak również w składzie chemicznym mięsa. Odwrotny efekt wywołało podawanie tyroksyny w dawkach od 1 do 10 mcg/kg masy ciała w końcowym etapie tuczu, co doprowadziło do zwiększenia przyrostów dziennych zwierząt oraz obniżenia

zużycia paszy (Barowicz i in., 1997). W przypadku jakości tusz, choć nie wykazano różnic istotnych statystycznie, zauważono tendencję do wzrostu umięśnienia tusz oraz spadku zawartości tłuszczu surowego w mięśniu najdłuższym grzbietu. Suplementacja paszy tyroksyną w ilości 5 i 10 mcg/kg masy ciała spowodowała także istotny wzrost zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie tuczników i w konsekwencji spadek ilości nasyconych kwasów tłuszczowych (Barowicz i in., 1997).

Uzyskane dane potwierdzają istotną rolę przemian metabolicznych organizmu oraz hormonów tarczycy w kształtowaniu się cech tucznych i rzeźnych świń, co może prowadzić do zmian poziomu otluszczenia tusz. Efekt suplementacji diety tyroksyną zależy jednak od jej stężenia, okresu podażi, jak również wieku zwierząt.

Wpływ rodzaju tłuszczu w diecie na metabolizm, rozwój gruczołu mlekowego oraz użytkowość tuczną i rzeźną świń

Kolejnym obszarem zainteresowań pracowników Zakładu Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego Instytutu Zootechniki PIB był wpływ tłuszczów pochodzących z pożywienia na parametry fizjologiczne i produkcyjne świń. Tłuszcze w żywieniu świń stanowią przede wszystkim wydajne źródło energii, przyczyniając się do zwiększonych przyrostów masy ciała zwierząt i spadku wartości współczynnika konwersji paszy. Tłuszcze to jednak związki wysoko aktywne biologicznie, stanowiące element budulcowy błon komórkowych, dzięki czemu mogą uczestniczyć w regulacji aktywności szeregu receptorów i enzymów komórkowych. Ponadto, kwasy tłuszczowe stanowią prekursorzy do biosyntezy związków hormonopodobnych odpowiedzialnych za reakcje immunologiczne organizmu, w tym prostaglandyn, leukotrienów i tromboksanów, a także biorą udział w transporcie i syntezie cholesterolu. Szczególnie ważna rola przypisywana jest wielonienasyconym kwasom tłuszczowym (PUFA) z rodziny omega-3 i omega-6, których zwierzęta nie syntezują endogennie i dlatego też muszą one zostać dostarczone wraz z pożywieniem. Diety ubogie w macierzyste PUFA – α -linolenowy ALA (omega-3) lub linolowy (omega-6) prowadzą do zahamowania wzrostu i zaburzenia rozwoju młodych zwierząt.

W doświadczeniu przeprowadzonym na rosnących świniach Pietras i in. (1996) wykazali, że dodatek do dawki pokarmowej tłuszczu porafinacyjnego zawierającego nienasycone kwasy tłuszczowe powoduje istotny wzrost masy ciała zwierząt przy jednoczesnym spadku zużycia paszy w porównaniu do świń karmionych dodatkiem tłuszczu utylizacyjnego. Profil kwasów tłuszczowych zastosowanych tłuszczów znalazł również bezpośrednie odzwierciedlenie w ich profilu w surowicy krwi świń. Co więcej, autorzy odnotowali także zróżnicowanie w poziomie hormonów i metabolitów krwi, gdzie świnię otrzymujące tłuszcz porafinacyjny charakteryzowały się istotnie wyższym stę-

żeniem hormonu wzrostu, tyroksyny oraz trójiodotyroniny oraz wyższym stężeniem insuliny, jak również obniżonym poziomem trójglicerydów. Zmiany te mogły przyczynić się do poprawy parametrów produkcyjnych zwierząt, gdyż insulina cechuje się silnym działaniem antylipolitycznym oraz wpływa anabolicznie na metabolizm białek, z kolei hormony tarczycy, regulując przemiany makroskładników diety, są niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju zwierząt. Dane te sugerują, że fizjologiczny efekt tłuszczu dostarczanego z pokarmem jest silnie uzależniony od jego rodzaju i źródła, co może wiązać się m.in. z ich odmienną strawnością, a to z kolei determinuje poziom syntezowanych i krążących we krwi hormonów decydujących o parametrach odchowu zwierząt.

Czynniki żywieniowe, poprzez regulację gospodarki hormonalnej organizmu, nie tylko wpływają na wzrost zwierząt, ale odgrywają również ważną rolę w rozwoju gruczołu mlekowego. Prawidłowy przebieg mammo-genезы i odpowiednia ilość właściwie wykształconych komórek sekrecyjnych determinują następnie wydajność mleczną samic. Poszczególne kwasy tłuszczowe mogą regulować rozwój parenchymy gruczołu mlekowego, przy czym ich efekt jest silnie uzależniony od budowy łańcucha węglowego. W związku z tym przeprowadzono doświadczenie, którego celem było określenie, czy wzbogacenie dawki pokarmowej loszek w nienasycone kwasy tłuszczowe przed osiągnięciem dojrzałości płciowej pozytywnie wpłynie na rozwój gruczołu mlekowego, późniejszą mleczność oraz wskaźniki odchowu prosiąt. Wykazano, że suplementacja diety świń tłuszczem porafinacyjnym, zawierającym pięciokrotnie więcej kwasu LA i czterokrotnie mniej nasyconego kwasu stearynowego w porównaniu do mieszanki paszowej w grupie kontrolnej, stymuluje rozwój gruczołu mlekowego i prowadzi do wyższej mleczności, choć uzyskane wyniki różniły się w zależności od okresu suplementacji i wieku loszek (Pietras i Barowicz, 1997 a,b). Autorzy sugerują, że PUFA uczynniają receptory hormonalne znajdujące się w błonach komórek sekrecyjnych gruczołu mlekowego, dzięki czemu mogą również regulować aktywność hormonalną w ustroju. Uzyskane dane wydają się to potwierdzać, gdyż loszki z grup doświadczalnych charakteryzowały się podwyższonym stężeniem hormonów tarczycy, insuliny oraz hormonu wzrostu, co mogło wiązać się ze wzmożoną syntezą białek i w efekcie wzrostem wydzielania mleka. Ponadto, zastosowanie tłuszczu porafinacyjnego korzystnie wpłynęło na masę ciała loszek w okresie laktacji, jak również masę ciała ich miotów (Pietras i Barowicz, 1997 a,b).

Jak wspomniano, kwasy tłuszczowe odpowiadają również za proces syntezy cholesterolu, który to stanowi ważny czynnik w patogenezie miażdżycy. Uważa się, że nasycone kwasy tłuszczowe promują, z kolei nienasycone kwasy tłuszczowe hamują jego produkcję. Stężenie cholesterolu we krwi zwierząt zależy jednak od wielu czynników, w tym także od płci, rasy, wieku, uwarunkowań genetycznych czy sposobu żywienia. Dlatego też, w kolejnych

latach prowadzono prace nad wpływem źródła kwasów tłuszczowych w paszy na parametry lipidowe krwi i jakość mięsa świń. W jednym z doświadczeń odnotowano istotny spadek poziomu cholesterolu i jego frakcji LDL we krwi wieprzków karmionych 8% dodatkiem pełnotłustych nasion lnu, będących bogatym źródłem PUFA omega-3, ale nie w grupie otrzymującej nasiona w ilości 4%, co dowodzi, że redukcja poziomu cholesterolu we krwi zależy od ilości PUFA w diecie (Barowicz i Pietras, 1998). Potwierdziło to również doświadczenie, w którym świnię karmioną standaryzowanym sypkim tłuszczem paszowym o podobnej zawartości kwasów tłuszczowych z grupy nasyconych i nienasyconych, jednak o ponad trzykrotnie niższej zawartości PUFA omega-3, nie różniły się istotnie od świń grupy kontrolnej pod względem wskaźników lipidowych krwi (Barowicz i Pietras, 1998). W tej samej pracy autorzy nie zauważyli również wpływu zastosowanych dodatków (pełnotłustych nasion lnu lub sypkiego tłuszczu paszowego) na zawartość cholesterolu w mięśni najdłuższym, co wskazuje, że wskaźnik ten cechuje się wysoką stabilnością w odpowiedzi na suplementację diety tłuszczami roślinnymi (Barowicz i Pietras, 1998).

W podobnym badaniu analizowano także wpływ suplementacji paszy sypkim tłuszczem paszowym w postaci soli wapniowych kwasów tłuszczowych oleju lnianego i tłuszczu utylizacyjnego na lipidogram krwi oraz zawartość cholesterolu w mięśni najdłuższym tuczników (Barowicz i in., 2000). Mieszanki paszowe w grupach doświadczalnych charakteryzowały się wyższą zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym PUFA omega-3, w porównaniu do grupy kontrolnej. Zarówno dodatek tłuszczu paszowego w ilości 8%, jak i 15% nie spowodował istotnych statystycznie zmian w poziomie wskaźników lipidowych krwi świń, choć można było zauważyć tendencję do spadku stężenia cholesterolu całkowitego i LDL wśród wieprzków w porównaniu do kontroli (Barowicz i in., 2000). Również w przypadku mięśnia najdłuższego odnotowano obniżenie poziomu cholesterolu, szczególnie w grupie loszek otrzymującej 15% dodatku tłuszczu, jednak wyniki nie były istotne statystycznie.

Przeprowadzone badania pokazują, że PUFA z rodziny omega-3 dostarczane z pożywieniem charakteryzują się hipocholesterolemicznym działaniem i mogą prowadzić do korzystnych zmian w profilu lipidowym krwi świń, przy czym ich wpływ zaznacza się silniej w przypadku wieprzków w porównaniu do loszek. Nienasycone kwasy tłuszczowe poprzez wzrost syntezy metabolitów niezbędnych do wzrostu organizmu poprawiają także parametry odchowu zwierząt oraz oddziałują stymulująco na rozwój gruczołów mlekowych i mleczność loch.

Aktywność biologiczna sprzężonego kwasu linolowego

W późniejszych latach zainteresowania naukowe pracowników Instytutu Zootechniki PIB zaczęły skupiać się wokół aktywności biologicznej

sprężonego kwasu linolowego (CLA), co zaowocowało kilkoma istotnymi pracami naukowymi (Pietras i in., 2002; Migdał i in., 2003; Piesza i in., 2003; Barowicz i in., 2003 b; Pietras i in., 2005). Kwas CLA zyskał popularność dzięki licznym właściwościom prozdrowotnym, w tym działaniu przeciwnowotworowemu, przeciwmiażdżycowemu, redukującemu tkankę tłuszczową, czy poprawiającemu działanie układu odpornościowego. Kwas CLA stanowi mieszaninę geometrycznych i pozycyjnych izomerów kwasu linolowego, przy czym najczęściej spotykanym i najbardziej aktywnym biologicznie izomerem kwasu CLA jest cis-9, trans-11. Kwasy CLA są syntezowane głównie w przewodzie pokarmowym zwierząt przeżuujących w enzymatycznym procesie biohydrogenacji z udziałem bytujących tam bakterii beztlenowych. Powstałe w ten sposób izomery CLA są następnie wbudowywane w tłuszcz zawarty w mleku, a w mniejszym stopniu również w mięśniach zwierząt.

Wiele danych wskazuje, że zawartość CLA w tkankach zwierzęcych koreluje z jego poziomem w spożywanej paszy, a zwierzęta otrzymujące CLA cechują się obniżoną zawartością tłuszczu w organizmie, jak również obniżoną syntezą tłuszczu w mleku. Z uwagi na fakt, że mleko stanowi najważniejszy pokarm w pierwszych tygodniach życia zwierząt, jego skład ma ogromne znaczenie dla ich prawidłowego wzrostu i rozwoju. Skład i zawartość poszczególnych składników pokarmowych mleka, w tym profil kwasów tłuszczowych, mogą być z kolei modyfikowane na drodze żywieniowej. Ponadto, jak wspomniano wcześniej, aktywność sekrecyjna tarczycy pozostaje pod silnym wpływem tłuszczu dostarczanego z pożywieniem.

Z uwagi na to Pietras i in. (2002) postanowili zbadać, w jakim stopniu dodatek CLA do diety loch w późnym okresie ciąży wpływa na poziom hormonów tarczycy i cholesterolu we krwi prosiąt. Uzyskane wyniki pokazały, że suplementacja diety loch 4% oleju CLA doprowadziła do istotnego wzrostu jego zawartości w ich siarze. W 8. dniu laktacji odnotowano spadek stężenia CLA w mleku w porównaniu z siarą, jednak jego poziom był wciąż trzykrotnie wyższy niż w grupie kontrolnej otrzymującej taką samą ilość dodatku oleju słonecznikowego (Pietras i in., 2002). Różnic w zawartości CLA w mleku pomiędzy grupami nie odnotowano natomiast w 21. dniu laktacji. Zmiany w poziomie CLA w siarze i mleku znalazły również odzwierciedlenie w stężeniach cholesterolu całkowitego, HDL i LDL w osoczu prosiąt, które były istotnie niższe w porównaniu do prosiąt karmionych przez lochy z grupy kontrolnej. Stężenie hormonów tarczycy, tyroksyny i trójiodotyroniny w osoczu 21-dniowych prosiąt były z kolei wyższe u zwierząt utrzymywanych przez lochy z grupy doświadczalnej (Pietras i in., 2002). Wyniki te sugerują, że CLA wykazuje silne działanie hipocholesterolemiczne, a różnice w poziomie cholesterolu mogły wynikać ze zmian aktywności tarczycy, która odgrywa ważną rolę w jego metabolizmie i wydaje się ulegać stymulacji pod wpływem działania CLA.

Siara oraz mleko nie tylko wpływają na wyniki odchowu prosiąt, ale pełnią także istotną rolę w kontekście rozwoju funkcji układu odpornościowego młodych zwierząt. Dlatego tylko mleko o najwyższej jakości może dostarczyć prosiętom wszystkie niezbędne składniki pokarmowe oraz energię potrzebną do prawidłowego wzrostu i walki ze stresem pourodzeniowym. Szczególnie ważna wydaje się być odpowiednia zawartość białek odpornościowych oraz PUFA, które regulują reakcje zapalne organizmu. Ich poziom w siarze i mleku zmienia się wraz z kolejnymi fazami laktacji i jest uzależniony od sposobu żywienia loch. Oprócz kwasów LA i ALA, które stanowią prekursorzy eikozanoidów, również CLA może prowadzić do wzrostu odporności zwierząt, szczególnie wobec toksyn bakteryjnych.

Określenie, czy dodatek oleju słonecznikowego i CLA do paszy loch wysokoprosnych będzie miał wpływ na skład chemiczny siary i mleka, było celem badań Migdała i in. (2003). Autorzy odnotowali wyższą zawartość suchej masy, białka i tłuszczu, obniżony poziom laktozy, a także korzystniejszą proporcję nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w przypadku siary w porównaniu do mleka pobranego w 8. i 21. dniu laktacji. Dodatek oleju CLA do paszy loch od 90. dnia prośności do porodu spowodował istotny wzrost stężenia CLA w siarze loch, a jego poziom wyraźnie spadł w późniejszych etapach laktacji w chwili zaprzestania suplementacji (Migdał i in., 2003). Co więcej, odnotowano także wzrost poziomu kwasu eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA) w siarze loch z grupy otrzymującej 4% dodatek oleju CLA w porównaniu do loch karmionych paszą z dodatkiem oleju słonecznikowego, choć odwrotna tendencja miała miejsce w grupie loch otrzymującej 2% dodatek oleju CLA. Suplementacja CLA spowodowała również korzystną zmianę proporcji PUFA z rodziny omega-6 do omega-3 w siarze (Migdał i in., 2003).

Kolejnym krokiem było zbadanie wpływu CLA na wybrane wskaźniki krwi loch w czasie laktacji (Pieszka i in., 2003). Suplementacja paszy izomerami CLA w ilości 1%, jak i 2% skutkowałą ograniczeniem ubytków masy ciała loch w okresie laktacji w porównaniu do grup kontrolnych otrzymujących taką samą ilość dodatku oleju słonecznikowego. Ponadto, w grupie loch otrzymujących 2% CLA odnotowano zwiększoną mleczność, choć nie wykazano różnic istotnych statystycznie (Pieszka i in., 2003). W przypadku parametrów morfologicznych krwi zaobserwowano istotny wzrost poziomu hemoglobiny i hematokrytu po zastosowaniu 1% dodatku CLA. W tej samej grupie zauważono także istotnie wyższe stężenie trójglicerydów oraz obniżone stężenie LDL we krwi loch. Zastosowanie 2% dodatku CLA nie spowodowało z kolei istotnych zmian w analizowanych parametrach morfologicznych i biochemicznych krwi (Pieszka i in., 2003).

W celu dalszej weryfikacji hipotezy o hipocholesterolemicznym działaniu CLA i jego zdolności do regulacji gospodarki tłuszczowej organizmu,

Barowicz i in. (2003 a) postanowili również określić, w jaki sposób suplementacja diety CLA wpływa na poziom leptyny i parametry lipidowe krwi tuczników w końcowym okresie tuczu. Grupa doświadczalna świń otrzymujących 2% dodatek CLA do dawki pokarmowej charakteryzowała się wyższą masą ciała i obniżonym współczynnikiem zużycia paszy w porównaniu od grupy kontrolnej karmionej 2% dodatkiem oleju słonecznikowego. Co więcej, w odpowiedzi na suplementację diety CLA zauważono również zmniejszone otłuszczenie tusz, w tym istotny spadek średniej grubości słoniny oraz wzrost mięsności tuszy (Barowicz i in., 2003 a). Kwas CLA spowodował także istotny wzrost poziomu cholesterolu całkowitego oraz HDL, a także wzrost stężenia leptyny we krwi tuczników. Wyniki te potwierdzają, że CLA jest ważnym czynnikiem regulującym metabolizm lipidów oraz sugerują, że leptyna może pośredniczyć w efektach działania CLA u świń.

W kolejnym doświadczeniu zbadano wpływ mieszaniny izomerów CLA podawanych w paszy na zawartość innego hormonu – kortyzolu we krwi tuczników (Pietras i in., 2005). Jak wiadomo, kortyzol produkowany przez korę nadnerczy sprzyja odkładaniu się tkanki tłuszczowej w organizmie, w tym także w tuszach świńskich, z kolei CLA może hamować namnażanie się adipocytów. W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono jednak istotnego statystycznie wpływu 0,5% dodatku mieszaniny CLA na poziom kortyzolu we krwi tuczników, choć stwierdzono istotny wpływ płci tuczników na poziom analizowanego hormonu, który był dwukrotnie wyższy u loszek w porównaniu do wieprzków (Pietras i in., 2005). Można przypuszczać, że stężenie kortyzolu we krwi regulowane jest przez wiele różnych czynników, w tym także genetycznych czy środowiskowych, dlatego też nie odnotowano istotnego wpływu zastosowanej suplementacji diety.

Podsumowanie

Obserwowany na przestrzeni ostatnich lat postęp w pracach selekcyjno-hodowlanych oraz naukach o żywieniu zwierząt spowodował wzrost produktywności świń, zarówno w odniesieniu do cech tucznych i rzeźnych, jak i użytkowości rozplodowej. Intensyfikacja hodowli wiąże się jednak z wysokimi wymaganiami fizjologicznymi zwierząt, generując podwyższone zapotrzebowanie organizmu na składniki pokarmowe i związki biologicznie czynne, których niedobór może prowadzić do wzmożonego katabolizmu, reakcji stresowych oraz osłabionych zdolności adaptacyjnych. Dlatego też, prowadząc badania ukierunkowane na poprawę parametrów produkcyjnych świń, należy pamiętać o możliwym wpływie danych czynników na stan fizjologiczny organizmu i ich ewentualnych konsekwencjach dla zdrowia i dobrostanu zwierząt.

Piśmiennictwo

- Barowicz T., Pietras M. (1996). Użytkowość tuczna i rzeźna świń linii 990 żywionych paszą z dodatkiem tyroksyny. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23 (3): 177–188.
- Barowicz T., Pietras M. (1998). Wpływ źródła nienasyconych kwasów tłuszczowych w dawce pokarmowej oraz płci zwierząt na wybrane wskaźniki lipidowe krwi i w mięśniu najdłuższym tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25: 83–97.
- Barowicz T., Pietras M., Gąsior R., Pieszka M. (1996). Wpływ poziomu tyroksyny w paszy na zawartość tłuszczu, białka oraz skład kwasów tłuszczowych w mięśniu najdłuższym tuczników linii 990. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23 (4): 169–179.
- Barowicz T., Pietras M., Gąsior R. (1997). Wpływ dodatku tyroksyny do paszy na użytkowość tuczną, rzeźną i jakość mięsa tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 1: 183–187.
- Barowicz T., Brzóska F., Pietras M. (2000). Hipocholesterolemiczny wpływ tłuszczu paszowego w postaci soli wapniowych kwasów tłuszczowych oleju lnianego i tłuszczu utylizacyjnego w diecie tuczników. *Med. Weter.*, 56: 746–749.
- Barowicz T., Pieszka M., Pietras M., Migdał W. (2003 a). Zmiany zawartości leptyny i wybranych wskaźników lipidowych krwi tuczników otrzymujących w diecie dodatek sprzężonego kwasu linolowego (CLA). *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 17: 25–28.
- Barowicz T., Pieszka M., Pietras M., Migdał W. (2003 b). Skład chemiczny siary i mleka loch otrzymujących w paszy w ostatnim okresie ciąży oraz podczas laktacji dodatek sprzężonego kwasu linolowego (CLA). *Rocz. Nauk. Zoot.*, 30 (2): 325–332.
- Migdał W., Pieszka M., Barowicz T., Pietras M. (2003). Skład chemiczny siary i mleka loch otrzymujących sprzężony kwas linolowy w paszy. *Med. Weter.*, 59 (4): 327–330.
- Pieszka M., Migdał W., Barowicz T., Pietras M. (2003). Wpływ sprzężonego kwasu linolowego (CLA) na wybrane wskaźniki krwi loch w okresie laktacji. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 17: 93–96.
- Pietras M., Barowicz T. (1997 a). The effect of post-refining fats on performance of gilts, mammary gland development and the growth of piglets. *Biotechnologia u stołarstwu*, 13 (5–6): 333–340.
- Pietras M., Barowicz T. (1997 b). Wpływ dodatku tłuszczu porafinacyjnego do dawek pokarmowych dla loszek we wczesnym okresie życia na wskaźniki rozwoju gruczołów mlekowych oraz poziom hormonów w surowicy krwi w czasie laktacji. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 24 (3): 141–155.
- Pietras M., Barowicz T., Brzóska F., Gąsior R. (1996). Wpływ dodatku tłuszczu porafinacyjnego do dawki na metabolizm i poziom hormonów u rosnących świń. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23 (2): 155–165.
- Pietras M., Barowicz T., Pieszka M. (2002). The effect of feeding sows conjugated linoleic acid (CLA) in late pregnancy on blood thyroid hormone and cholesterol levels in piglets. *J. Anim. Feed Sci.*, 11: 651–659.
- Pietras M., Pieszka M., Barowicz T., Janik A., Migdał W. (2005). Wpływ dodatku sprzężonego kwasu linolowego do paszy na poziom kortyzolu w surowicy krwi tuczników. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 22: 375–378.

Ocena efektywności materiałów paszowych jako źródła białka i innych składników pokarmowych w żywieniu drobiu

Sylwester Świątkiewicz, Witold Szczurek, Anna Arczewska-Włosek

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Prowadzona od kilkadziesiąt lat intensywna praca hodowlana w bardzo znacznym stopniu zwiększyła tempo przyrostu masy ciała, efektywność wykorzystania paszy i wydajność nieśną u drobiu. Jednym z podstawowych warunków wykorzystania tego potencjału genetycznego nowoczesnych krzyżówek (mieszanców towarowych) drobiu jest prawidłowe żywienie, polegające na dostarczeniu ptakom optymalnej ilości wysoko przyswajalnych składników pokarmowych. Białko i wchodzące w jego skład aminokwasy mają w tym względzie szczególne znaczenie, decydując o procesach przyrostu masy ciała i formowania jaja. Należy podkreślić, że wysokie zapotrzebowanie intensywnie użytkowanych ptaków na białko dotyczy nie tylko poziomu tego składnika w mieszance paszowej, ale przede wszystkim jego jakości, rozumianej przez optymalne zbilansowanie poszczególnych aminokwasów, również wyrażone w odpowiedniej proporcji na jednostkę energii. Białko takie powinno również charakteryzować się wysoką strawnością oraz dużą zawartością dobrze przyswajalnych aminokwasów z grupy niezbędnych (egzogen-nych).

Zawartość białka w ziarnie różnych gatunków zbóż jest zbyt niska, aby pokryć zapotrzebowanie wysokoprodukcyjnych krzyżówek drobiu na ten składnik pokarmowy. Mieszanki paszowe muszą być zatem bilansowane poprzez stosowanie znacznych ilości materiałów wysokobiałkowych. Wśród nich najważniejszą rolę odgrywa importowana poekstrakcyjna śruta sojowa, pochodząca z nasion soi zmodyfikowanej genetycznie (GM). Śruta sojowa jest paszą wysokobiałkową, zawierającą 44–48% białka ogólnego, charakteryzującego się dużą wartością biologiczną, odżywczą i strawnością aminokwasów. Ilość związków antyżywnieniowych w śrucie sojowej jest niewielka, dlatego materiał ten może być stosowany w mieszankach dla drobiu praktycznie bez ograniczeń.

Z uwagi na fizjologię przewodu pokarmowego ptaków, jak również ze względu na wysokie zapotrzebowanie drobiu na dobrej jakości białko o korzystnym składzie aminokwasowym całkowite zastąpienie poekstrakcyjnej śrutu sojowej jest bardzo trudne, zwłaszcza w mieszkankach paszowych dla rosnących kurcząt i indyków. Produkcja krajowego białka paszowego jest przy tym zdecydowanie za niska w stosunku do potrzeb produkcji drobiarskiej, które muszą być zaspokajane przez rosnący import materiałów wysokobiałkowych. Krajowy przemysł paszowy oraz produkcja drobiarska są więc uzależnione od poekstrakcyjnej śrutu sojowej importowanej z krajów obu Ameryk. Dywersyfikacja żywienia białkowego, w tym prowadzenie badań mających na celu określenie efektywności alternatywnych (krajowych) w stosunku do importowanej śrutu sojowej źródeł białka w żywieniu drobiu jest zatem głęboko uzasadniona. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie rezultatów badań z tego zakresu prowadzonych w Instytucie Zootechniki PIB w Krakowie (IZ PIB).

Wyniki badań Instytutu Zootechniki nad efektywnością źródeł białka paszowego i innych składników pokarmowych w żywieniu drobiu

Genetycznie zmodyfikowane materiały paszowe

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat nastąpił dynamiczny rozwój technik inżynierii genetycznej, co pozwoliło na wytworzenie wielu odmian roślin genetycznie zmodyfikowanych (GM). Są to rośliny z wbudowanym do genomu obcym gatunkowo fragmentem informacji genetycznej (tzw. transgenem). Inaczej niż w przypadku tradycyjnych metod pracy hodowlanej, wprowadzenie transgeny pozwala, poprzez syntezę nowego białka w organizmie, na szybkie uzyskanie roślin o pożądanych, z góry zaplanowanych właściwościach. Zdecydowaną większość uprawianych obecnie na skalę komercyjną roślin GM stanowią rośliny transgeniczne I generacji, to jest zmodyfikowane w celu uzyskania korzystnych cech agrotechnicznych, takich jak np. tolerancja na działanie herbicydów czy też odporność na insekty. Tego rodzaju transgeneza nie powoduje zmiany w składzie chemicznym i zawartości składników odżywczych w roślinach. Na rynku UE dopuszczone do obrotu są materiały paszowe z takich roślin GM pierwszej generacji, jak soja, kukurydza, bawełna i rzepak (Świątkiewicz i Koreleski, 2008 a). Rośliny transgeniczne II generacji charakteryzują się składem chemicznym istotnie zmienionym w stosunku do konwencjonalnych odmian rodzicielskich. Celem takiej transgenezy jest polepszenie własności odżywczych, np. zmiana profilu kwasów tłuszczowych, zwiększenie zawartości niektórych aminokwasów lub witamin w nasionach czy też zmniejszenie zawartości składników szkodliwych, np. kwasu fitynowego (Świątkiewicz i Arczewska-Włosek, 2011).

Stosowanie roślin transgenicznych jako materiałów paszowych nadal wywołuje duże kontrowersje krajowej opinii publicznej, związane m.in. z ich potencjalnym wpływem na bezpieczeństwo żywności i środowisko naturalne,

dlatego w IZ PIB we współpracy z Państwowym Instytutem Weterynaryjnym w Puławach podjęto stosowne badania. Objęto nimi materiały paszowe dopuszczone do obrotu w UE o największym praktycznym znaczeniu w produkcji zwierzęcej, to jest poekstrakcyjną śrutę sojową produkowaną z soi HT (odmiana MON-40-30-2, Roundup Ready) oraz ziarno kukurydzy Bt (MON 810, DKC 3421 YG). Jako materiały paszowe kontrolne (niezmodyfikowane) użyto poekstrakcyjną śrutę sojową i ziarno kukurydzy pochodzące z roślin konwencjonalnych. Celem badań było określenie wpływu stosowania materiałów paszowych GM w żywieniu kurcząt rzeźnych i kur nieśnych na uzyskiwane wskaźniki produkcyjne, status metaboliczny i zdrowotny organizmu, jakość uzyskiwanych produktów oraz transfer transgenicznego DNA w organizmie.

W badaniach na kurczętach rzeźnych, we wszystkich grupach doświadczalnych uzyskano dobre wskaźniki produkcyjne, zgodne z potencjałem genetycznym odchowywanych mieszańców, nie wykazując statystycznie istotnego wpływu badanych pasz GM na produkcyjność, jakość tuszki oraz skład chemiczny i wybrane parametry fizyczne mięśni (Świątkiewicz i in., 2010 c; Stadnik i in., 2011). Podobnie, w badaniach na kurach nieśnych analiza statystyczna nie wykazała wpływu badanych materiałów paszowych GM na wydajność nieśną, pobranie i wykorzystanie paszy w okresie od 25. do 54. tygodnia życia kur. Również parametry charakteryzujące jakość jaj, to jest wysokość białka, wartość jednostek Haugha, masa i barwa żółtka, indeks kształtu i ilość plam krwawych oraz względna masa, grubość, gęstość i wytrzymałość skorup kształtowały się na podobnym poziomie we wszystkich grupach doświadczalnych (Świątkiewicz i in., 2010 b). Badane transgeniczne materiały paszowe nie miały wpływu na strawność pozorną podstawowych składników pokarmowych oraz wyniki bilansu azotu, wapnia i fosforu u niosek.

Ważnym zadaniem w podjętych badaniach było określenie losów transgenicznego DNA w organizmie ptaków. W tym celu wykonano jego analizy w treści poszczególnych odcinków przewodu pokarmowego oraz w wybranych narządach, tkankach i produktach (krew, wątroba, płuca, śledziona, mięśnie, jaja). W żadnym przypadku nie stwierdzono obecności w badanych tkankach i narządach wykrywalnych fragmentów DNA transgenicznego, specyficznego dla danej modyfikacji (Świątkiewicz i in., 2010 d, 2011). Analizy dotyczyły fragmentów DNA o długości 172 i 170 par zasad, odpowiednio dla śruty sojowej HT i kukurydzy Bt. Spośród odcinków przewodu pokarmowego transgeniczny DNA występował jedynie w treści żołądka, a w pojedynczych przypadkach – w dwunastnicy. Brak wykrywalnych fragmentów transgenów już od początkowych odcinków jelit cienkich wskazuje na fakt, że kwasy nukleinowe, w tym również transgeniczny DNA są u ptaków efektywnie hydrolizowane przez odpowiednie enzymy (nukleazy) trzustkowe i jelitowe. Ogranicza to w dużym stopniu możliwość transportu czynnych fragmentów transgenicznego DNA przez barierę jelitową do organizmu, jak również ich prze-

chodzenie w formie niestrawionej przez jelita i wydalanie wraz kałem do środowiska.

Analiza statystyczna wyników oznaczeń biochemicznych krwi obwodowej ptaków (aktywność enzymów AST, ASP i ALP oraz poziom trójglicerydów, cholesterolu i białka ogólnego) nie wykazała istotnych różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi. Podobnie, nie stwierdzono wpływu transgenicznych materiałów paszowych na obraz morfologiczny krwi, w tym zawartość erytrocytów i leukocytów, hematokryt oraz poziom hemoglobiny. U ptaków żywionych mieszanką paszową opartą o kukurydzę GM, poekstrakcyjną śrutę sojową GM lub obydwie te komponenty jednocześnie nie obserwowano również żadnych zmian w obrazie białokrwinkowym krwi, to jest procentowym udziale heterofilów, bazofilów, eozynofilów, limfocytów i monocytów oraz w stosunku H/L (heterofile/limfocyty) w rozmazie, jak również kształtowaniu się poszczególnych subpopulacji limfocytów, to jest CD3⁺, CD4⁺ i CD8a⁺ (Bednarek i in., 2013). Nie odnotowano także wpływu materiałów transgenicznych na odporność humoralną organizmu, to jest stan odpowiedzi immunologicznej po szczepieniach profilaktycznych ptaków przeciw rzekomemu pomorowi drobiu (ND), zakaźnemu zapaleniu oskrzeli (IB) i chorobie Gumboro (IBD).

Badania histopatologiczne narządów wewnętrznych i tkanek pobranych od zwierząt doświadczalnych (wątroba, nerki, śledziona, trzustka, dwunastnica, jelito czcze, mięśnie szkieletowe, torba Fabrycjusza) również nie wykazały znaczących różnic pomiędzy poszczególnymi grupami doświadczalnymi. Stwierdzane w niektórych przypadkach odstępstwa od prawidłowego obrazu histologicznego (np. przekrwienie mięszu, ogniskowe nacieki komórek limfoidalnych) występowały we wszystkich grupach żywieniowych i nie były związane ze stosowaniem transgenicznych materiałów paszowych (Reichert i in., 2012).

Prezentowane rezultaty, jak i przegląd wyników innych autorów (Świątkiewicz i in., 2014) wskazują, że dopuszczone do obrotu materiały paszowe z roślin genetycznie zmodyfikowanych nie wykazują istotnego, negatywnego oddziaływania na parametry produkcyjne, jakość mięsa i jaj, jak również status fizjologiczny ptaków, tak więc mogą być bezpiecznie stosowane w żywieniu drobiu. Należy przy tym podkreślić, że badania przeprowadzone w IZ PIB miały duże znaczenie dla krajowej produkcji drobiarskiej, ponieważ zostały wykorzystane w parlamentarnych pracach legislacyjnych, stanowiąc uzasadnienie do przedłużenia moratorium na wejście w życie zakazu stosowania genetycznie zmodyfikowanych pasz w żywieniu zwierząt gospodarskich.

Makuch z soi konwencjonalnej (niezmodyfikowanej genetycznie)

Jednym ze sposobów zwiększenia produkcji krajowych wysokobiałkowych materiałów paszowych może być uprawa soi konwencjonalnej w Polsce. Pełnotłuste i nieogrzewane nasiona soi, ze względu na wysoką zawartość

oleju i aktywność czynników antyżywieniowych, nie powinny być stosowane w żywieniu drobiu. W warunkach krajowych dobrym rozwiązaniem może być natomiast produkcja makuchu sojowego (MS), to jest materiału uzyskiwanego poprzez mechaniczne usunięcie oleju z nasion soi metodą tłoczenia. W IZ PIB przeprowadzono badania, których celem było określenie możliwości zastąpienia poekstrakcyjnej śrutki sojowej przez ekstrudowany makuch sojowy produkowany z uprawianej w kraju soi niezmodyfikowanej genetycznie (Śliwa i Brzóska, 2018). Badany MS zawierał 37% białka ogólnego i 8,5% oleju, a do diet doświadczalnych wprowadzano go we wzrastających ilościach, zastępujących częściowo (w 25 lub 50%) albo całkowicie poekstrakcyjną śrutkę sojową. U kurcząt żywionych mieszankami zawierającymi MS odnotowano niższy przyrost masy ciała niż w grupie kontrolnej, przy czym ten negatywny wpływ rósł wraz ze zwiększającym się poziomem makuchu, natomiast nie obserwowano różnic w pobraniu i wykorzystaniu paszy. Za prawdopodobną przyczynę ujemnego oddziaływania MS na wskaźniki wzrostowe kurcząt uznano fakt, że jego wprowadzenie do diety zmniejszało strawność jelitową niektórych aminokwasów, w tym lizyny (Śliwa i Brzóska, 2018).

Produkty uboczne przerobu nasion rzepaku

W warunkach krajowych istotnym źródłem białka w paszach dla drobiu jest od dawna poekstrakcyjna śruta rzepakowa, a w ostatnim dziesięcioleciu również makuch rzepakowy. Obydwa te materiały paszowe to produkty uboczne przemysłu tłuszczowego, które pozostają po wydobyciu oleju z nasion rzepaku. Cechą charakterystyczną białka tych produktów jest duża zawartość takich egzogennych aminokwasów, jak metionina i treonina, przy jednocześnie niskim udziale lizyny. Przyswajalność aminokwasów może być przy tym obniżona ze względu na działanie temperatury w czasie ogrzewania nasion. Właściwością materiałów rzepakowych, ograniczającą ich wykorzystanie w żywieniu młodego drobiu, jest wysoka zawartość włókna i tym samym ich stosunkowo niska wartość energetyczna. W materiałach rzepakowych występują takie czynniki antyżywieniowe, jak glukozynolany i kwas erukowy, ale ich zawartość w nasionach rzepaku „00” została obniżona do bezpiecznych wartości. Poza tym, ogrzewanie nasion podczas ich przerobu unieczynnia enzym myrozynazę, która rozkłada glukozynolany do związków szkodliwych. Innym czynnikiem antyżywieniowym w rzepaku jest synapina. Produktem jej rozkładu w organizmie jest trójmetyloamina, związek mogący pogarszać cechy sensoryczne jaj u niosek znoszących jaja o brązowej skorupie.

Pod koniec lat 90. ubiegłego stulecia w Zakładzie Żywienia Zwierząt IZ wykonano serię eksperymentów produkcyjno-strawnościowych na kurczętach rzeźnych, poświęconych zagadnieniom wprowadzania dodatków enzymatycznych do pasz zawierających produkty uboczne uzyskiwane w procesach obróbki wysokotemperaturowej, powodującej możliwość trwałego uszkodzenia ich białka lub obniżenia jego jakości. Celem tych doświadczeń

było zbadanie zakresu poprawy wartości pokarmowej mieszanek pszenno-sojowych z udziałem przegrzanej w warunkach laboratoryjnych poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (7,5/15 lub 12,5/25%, odpowiednio w mieszankach typu starter/grower) przy stosowaniu preparatów o różnokierunkowej aktywności enzymatycznej. Wysoki poziom przegrzanej śruty rzepakowej (12,5/25%) miał istotny negatywny wpływ na wyniki produkcyjne kurcząt oraz wskaźniki wykorzystania energii i przemiany białkowej. Znaczące polepszenie wskaźników odchowu stwierdzono po uzupełnieniu tych diet jednoczesnym dodatkiem enzymu proteolitycznego i enzymów hydrolizujących polisacharydy nieskrobiowe (NSP), co korespondowało ze zwiększoną strawnością aminokwasów i substancji organicznej, wyższą retencją azotu i energii paszy oraz obniżeniem lepkości treści jelitowej (Szcurek, 1997; Szcurek i Koreleski, 1998; Szcurek i in., 2000). Wpływ dodatków enzymatycznych na wartość biologiczną (BV), strawność rzeczywistą (TD) oraz wartość pokarmową (NPU) białka przegrzanej śruty rzepakowej oceniano także bilansową metodą Thomasa-Mitchella w doświadczeniach na zwierzętach modelowych (szczurach laboratoryjnych). Wyniki wykazały znaczną skuteczność preparatu o aktywności proteolitycznej. Jego obecność w diecie powodowała istotną poprawę strawności białka zawartego w przegrzanej śrucie rzepakowej (Szcurek i in., 1998). W badaniach IZ PIB z tego okresu analizowano również potencjalne znaczenie problemu wysokiej zawartości siarki w mieszankach paszowych z dużym udziałem poekstrakcyjnej śruty PSR. Materiał ten może bowiem zawierać nawet do 1,60% siarki, w większości w formie nieorganicznej, co czterokrotnie przewyższa ilość znajdującą się w śrucie sojowej. Według niektórych danych piśmiennictwa naukowego, jest to jeden z czynników limitujących stosowanie PSR w żywieniu drobiu. W dwóch doświadczeniach na kurczętach rzeźnych, stosując diety o wysokim udziale PSR obniżono ilość siarki poprzez użycie fosforanu i premiksu mikroelementów nie zawierających tego makroelementu. Zabieg ten nie poprawił wyników produkcyjnych i bilansowych, co pozwoliło na sformułowanie wniosku, że wysoka zawartość siarki nie jest czynnikiem ograniczającym stosowanie PSR w mieszankach paszowych dla drobiu (Ernest i in., 2000).

W ostatnich latach podjęto w IZ PIB badania, których celem było określenie optymalnego poziomu makuchu rzepakowego (MR) w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów (Michalik-Rutkowska i in., 2017). Stosując wzrastający udział MR w dietach (do 11 i 16% w pierwszym i drugim okresie odchowu) jako częściowy zamiennik poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszance paszowej, wykazano jego negatywny wpływ na wskaźniki produkcyjne u kurcząt oraz strawność jelitową białka i niektórych aminokwasów egzogennych, w tym lizyny, metioniny i treoniny. W podsumowaniu stwierdzono, że maksymalny poziom tego materiału nie powinien przekraczać 4 i 8% mieszanki, odpowiednio w pierwszym (1–21 dzień życia) i drugim okresie odchowu brojlerów (22–42 dzień życia) (Michalik-Rutkowska i in., 2017).

Wykazano również, że dodatek odpowiednio dobranych zestawów enzymatycznych (proteaza i enzymy hydrolizujące NSP polisacharydy nie skrobiowe) korzystnie wpływa na wykorzystanie paszy i strawność jelitową aminokwasów u kurcząt żywionych dietami z wysokim udziałem MR (Brzóska i in., 2018).

W IZ PIB wykonano także badania nad efektywnością MR w żywieniu kur nieśnych (Świątkiewicz i in., 2010 a). Wykazano, że materiał ten, bez wpływu na wydajność nieśną oraz jakość treści jaja i skorupy, może być stosowany w ilości do 8% mieszanki paszowej. Przeprowadzona analiza organoleptyczna wykazała natomiast, że gotowane jaja pochodzące od kur żywionych mieszanką z 8% MR charakteryzują się nieco gorszym zapachem niż w pozostałych grupach. W przypadku takiego udziału MR w diecie odnotowano również pogorszenie stopnia wykorzystania wapnia i fosforu przez ptaki (Świątkiewicz i in., 2010 a). W badaniach na nioskach określono również przydatność gliceryny jako źródła energii w żywieniu niosek, to jest materiału ubocznego powstającego w procesie estryfikacji oleju rzepakowego przy produkcji tzw. biodiesla (Świątkiewicz i Koreleski, 2009). Stwierdzono, że 2, 4 lub 6% zawartość tego materiału w mieszance nie ma ujemnego wpływu na parametry produkcyjne, jak również jakość treści i skorupy jaj. Stosując równania regresji liniowej wykazano, że energia metaboliczna (AME_N) surowej gliceryny dla kur nieśnych wynosi 3970 kcal/kg (Świątkiewicz i Koreleski, 2009).

Najnowsze badania wykonane w IZ PIB nad wykorzystaniem poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (PSR) jako źródła białka w żywieniu kurcząt brojlerów dotyczyły m.in. możliwości poprawy efektywności mieszanek paszowych o znaczącym udziale tego materiału (11% w pierwszym i 18% w drugim okresie odchowu) poprzez zastosowanie dodatku enzymów paszowych (Brzóska i Śliwiński, 2018). Odnotowano, że stosowanie mieszanek paszowych z udziałem PSR istotnie obniżało przyrost masy ciała i pobranie paszy u kurcząt, jak również strawność jelitową większości aminokwasów. Dodatek preparatów enzymatycznych o aktywności ksylanazy, beta-glukanazy i proteazy serynowej nie miał wpływu na wskaźniki produkcyjne ptaków, natomiast zwiększał strawność jelitową niektórych aminokwasów.

Nasiona roślin bobowatych

Poziom białka ogólnego w nasionach roślin bobowatych, w tym grochu siewnego, bobiku oraz łubinów białego, żółtego i wąskolistnego jest dosyć zróżnicowany i waha się w granicach 23–38%. Z punktu widzenia żywienia drobiu istotnym problemem jest niezbilansowany skład aminokwasowy tego białka, odbiegający od zapotrzebowania ptaków. W stosunku do wzorca białka idealnego białko nasion bobowatych ma bowiem zbyt niską względną zawartość aminokwasów siarkowych (metioniny) i tryptofanu, a w przypadku nasion łubinu – również lizyny. Wykorzystanie nasion bobowatych w żywieniu

drobiu jest ograniczone przede wszystkim ze względu na obecność znacznych ilości substancji antyżywniowych, których efektem może być m.in. obniżenie strawności aminokwasów. Do najważniejszych substancji tego rodzaju należą alfa-galaktozydy, które pogorszą wykorzystanie składników pokarmowych i obniżają wartość energetyczną paszy. Innym związkiem obecnym w nasionach bobowatych są białkowe inhibitory enzymów proteolitycznych trzustki, powodujące zaburzenia w sekrecji enzymów i pogorszenie wykorzystania białka. W grochu i bobiku występują również taniny, których działanie w przewodzie pokarmowym polega na kompleksowaniu białek paszy i enzymów trawiennych, czego efektem jest zmniejszenie strawności białka. Hema-glutyniny (lektyny) są związkami występującymi w fasoli, a w mniejszych ilościach także w grochu i bobiku, a ich szkodliwe działanie może polegać na uszkodzeniu nabłonka jelitowego, aglutynacji czerwonych krwinek i zaburzeniu gospodarki hormonalnej organizmu. Czynnikiem antyżywniowym występującym w łubinach są natomiast alkaloidy. Ich podwyższony poziom może prowadzić do uszkodzeń w obrębie układu nerwowego i oddechowego, natomiast mniejsze ilości powodują zaburzenia w pracy przewodu pokarmowego, utratę apetytu, gorsze wykorzystanie paszy i zmiany w obrazie krwi. Glukozydy, takie jak wicyna i konwicyna występują w nasionach wyki i bobiku u niosek mogą prowadzić do zmniejszenia masy jaj oraz powstawania krwistych plam na żółtku. Nasiona krajowych roślin bobowatych są zatem materiałami białkowymi o ograniczonej przydatności w żywieniu intensywnie użytkowanego drobiu, szczególnie młodych ptaków rzeźnych, a ich konkurencyjność w stosunku do poekstrakcyjnej śrutki sojowej jest ograniczona.

Najnowsze badania prowadzone w Instytucie Zootechniki PIB nad przydatnością nasion roślin bobowatych w żywieniu drobiu polegały przede wszystkim na określeniu standaryzowanych współczynników jelitowej strawności aminokwasów w tych materiałach paszowych, również w zależności od wieku ptaków i zastosowania preparatu enzymatycznego (Szczurek i Szymczyk, 2015, 2016; Szczurek i in., 2019 a,b).

Suszony wywar zbożowy (DDGS)

Suszone wywary zbożowe (DDGS) są produktem ubocznym, powstającym w procesie fermentacji alkoholowej przy produkcji etanolu. Cechą charakterystyczną suszonych wywarów jest brak skrobi, która w czasie przerobu ziarna jest przekształcana w etanol. W związku z tym ilość pozostałych składników pokarmowych wzrasta około 2,5–3-krotnie w stosunku do surowca wyjściowego, to jest ziarna zbóż (Świątkiewicz i Koreleski, 2008 b). Wyjątkiem jest energia metaboliczna, której poziom obniża się ze względu na brak skrobi w wywarach. W żywieniu drobiu najbardziej popularny i przydatny jest DDGS kukurydziany, który zawiera około 28–30% białka ogólnego, 10% tłuszczu i 8% włókna surowego, a także jest cennym źródłem fosforu i związków aktywnych biologicznie, pochodzących z komórek drożdży stosowanych

w procesie fermentacji alkoholowej. Aminokwasami niedoborowymi w białku wywaru kukurydzianego są lizyna i tryptofan. Suszone wywary zbożowe stanowią przydatny materiał paszowy w żywieniu drobiu, a maksymalne (dopuszczalne) poziomy dobrej jakości DDGS, to jest o jasnym kolorze, suszonych w łagodnych warunkach temperaturowych, w mieszankach paszowych dla drobiu są nieco wyższe niż w przypadku materiałów rzepakowych. Należy jednak zaznaczyć, że do przerobu na alkohol, zwłaszcza stosowany jako dodatek do paliw (bioetanol), są niekiedy przeznaczane zboża znacznie skażone toksycznymi mykotoksynami, które po przerobieniu ziarna w całości pozostają w DDGS. Z tego powodu suszone wywary przeznaczone do żywienia zwierząt powinny posiadać świadectwo, poparte analizami chemicznymi, że są wolne od skażeń tymi szkodliwymi związkami.

W IZ PIB wykonano cykl badań, których celem było określenie optymalnego udziału suszonego wywaru z ziarna kukurydzy lub żyta w mieszankach paszowych dla kur nieśnych. Z uwagi na stosunkowo wysoką zawartość polisacharydów nieskrobiowych i możliwość obniżenia dostępności aminokwasów w wywarach podjęto próbę zwiększenia wartości pokarmowej mieszanek paszowych zawierających wywary poprzez dodatek enzymów paszowych i aminokwasów krystalicznych. Nioski żywiono mieszankami paszowymi zawierającymi 0, 5, 10, 15 lub 20% DDGS kukurydzianego albo żytniego. Mieszanki zawierające 20% wywarów uzupełniano dodatkiem enzymów paszowych rozkładających NSP (o aktywności ksylanazy i beta-glukanazy) oraz zwiększonym dodatkiem aminokwasów krystalicznych DL-metioniny i L-lizyny (Świątkiewicz i Koreleski, 2006, 2007). Wykazano, że stosowanie DDGS z kukurydzy w ilości 5, 10 lub 15% mieszanki paszowej nie ma ujemnego wpływu na wskaźniki produkcyjne za cały okres nieśności, to jest od 26. do 68. tygodnia życia. Dopiero przy 20% DDGS w paszy odnotowano pogorszenie produktywności. Oprócz tego, stosowanie DDGS kukurydzianego korzystnie oddziaływało na barwę żółtek jaj. Maksymalną zawartością DDGS żytniego, która nie powodowała obniżenia wyników produkcyjnych był natomiast 10% jego udział w mieszance. Nie wykazano wpływu wywarów na jakość treści i skorupy oraz cechy smakowo-zapachowe jaj. Zastosowanie enzymów paszowych, a zwłaszcza jednoczesne użycie enzymów i zwiększonego dodatku krystalicznej lizyny i metioniny do paszy z wysokim (20%) udziałem DDGS, poprawiało wyniki produkcyjne. Były one jednak nadal gorsze niż w grupie kontrolnej, w której nioski żywiono dietą bez udziału DDGS (Świątkiewicz i Koreleski, 2006, 2007). We wcześniejszym doświadczeniu na kurczętach brojlerach oceniano natomiast przydatność paszową DDGS starszej generacji, wytwarzanego przy działaniu wyższej temperatury obniżającej przyswajalność aminokwasów, przede wszystkim lizyny. Uzyskane rezultaty wskazują, że optymalny udział tego rodzaju DDGS gorszej jakości w diecie dla brojlerów wynosi 5% (Świątkiewicz i Koreleski, 2003).

Białko z owadów

Możliwość stosowania mączek z owadów jako źródeł białka w żywieniu zwierząt wzbudza w UE coraz większe zainteresowanie, co przekłada się na rosnącą ilość badań dotyczącą tej problematyki. Ich wyniki są ostatnio systematycznie publikowane w czasopismach naukowych, potwierdzając wysoką wartość odżywczą i przydatność tego materiału w żywieniu drobiu, dla których owady są naturalnym składnikiem diety. Do gatunków owadów, które mogą być efektywnie wykorzystywane do produkcji mączek należą: mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*), mucha domowa (*Musca domestica*), mucha „Black soldier fly” (*Hermetia illucens*), jak również niektóre gatunki należące do rzędu *Orthoptera* (np. świerszcz kubański, świerszcz bananowy, karaczan turecki). Mączki owadzie są paszą wysokobiałkową, zawierającą 40–65% białka ogólnego, charakteryzującego dużą wartością biologiczną, odżywczą i strawnością aminokwasów (Józefiak i in., 2016). Należy podkreślić, że w przeciwieństwie do materiałów roślinnych mączki owadzie nie zawierają czynników antyżywniowych, takich jak polisacharydy nieskrobiowe, związki antytrypsynowe i fityniany. Zwiększa to istotnie ich wartość odżywczą, szczególnie w żywieniu rosnących kurcząt i indyków rzeźnych. Celem badań wykonanych ostatnio w IZ PIB było określenie możliwości zastąpienia w pełnoporcjowej mieszance typu grower dla kurcząt brojlerów importowanej śruty sojowej kombinacją nasion łubinu żółtego (L) z mączką uzyskaną z larw mącznika młynarka (TM), larw drewnojada (ZM) lub poczwarek jedwabnika (BM). Uzyskane wyniki badań wskazują, że całkowita substytucja śruty sojowej kombinacją L + TM nie ma ujemnego wpływu na wyniki odchovu i jakość sensoryczną mięsa kurcząt (Orczewska-Dudek i in., 2019).

W badaniach prowadzonych we współpracy z Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu określano natomiast możliwość stosowania tłuszczu owadziego w żywieniu kurcząt brojlerów (Kierończyk i in., 2018, 2019). Stwierdzono, że z powodzeniem może on zastępować w mieszankach paszowych olej sojowy, nie wpływając na wskaźniki produkcyjne i strawność składników pokarmowych, natomiast zmieniając w sposób korzystny z dietetycznego punktu widzenia profil kwasów tłuszczowych lipidów mięśni piersiowych i wątroby. Wykazano także, że niewielki dodatek (0,05–0,2%) pełnotłustych mączek z niektórych gatunków owadów może mieć korzystny wpływ na skład mikroflory jelitowej u kurcząt rzeźnych (Józefiak i in., 2018).

Odpady z ryb bałtyckich

Materiały produkowane z ryb, w tym mączki rybne stanowią cenny materiał paszowy, będąc dobrym źródłem białka, aminokwasów i składników mineralnych dla kur rzeźnych i nieśnych. W IZ PIB prowadzono badania nad możliwością zagospodarowania w żywieniu drobiu odpadów z ryb bałtyckich, które wykorzystano do produkcji suszonych koncentratów roślinno-rybnych. Wykazano, że koncentrat pszenno-rybny oraz pszenno-rzepakowo-rybny są

przydatnym materiałem paszowym, który może stanowić, bez negatywnego wpływu na wskaźniki produkcyjne, częściowy zamiennik poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszankach dla brojlerów i niosek (Koreleski i in., 1997, 1998, 2000). W przypadku niosek stosowanie koncentratów roślinno-rybnych korzystnie wpływało na profil kwasów tłuszczowych w lipidach żółtek jaj. Z uwagi na cechy sensoryczne mięsa wskazane było wycofanie koncentratów roślinno-rybnych ze składu mieszanki paszowej dla kurcząt rzeźnych w okresie kilku ostatnich dni odchowu.

Ziarno żyta

Tradycyjnie, ziarno żyta jest uważane za zboże typowo chlebowe o niskiej przydatności, w porównaniu z innymi gatunkami zbóż, w żywieniu zwierząt gospodarskich. Właśnie w kierunku przydatności do wypieku pieczywa skierowana była w dużej mierze praca hodowlana dotycząca tego gatunku. Jako przyczyny znacznych ograniczeń w stosowaniu ziarna żyta w żywieniu drobiu podaje się zazwyczaj: możliwy negatywny wpływ na wskaźniki produkcyjne, zwiększenie lepkości treści pokarmowej, zmniejszenie tempa przepływu treści i strawności składników odżywczych, występowanie biegunek oraz podwyższenie wilgotności ściółki, co z efekcie może prowadzić do ujemnych następstw w zakresie statusu zdrowotnego i dobrostanu ptaków, zwłaszcza młodych kurcząt rzeźnych (Bederska-Łojewska i in., 2017). W ostatnich latach są jednak wprowadzane na rynek również hybrydowe odmiany żyta, które oprócz polepszonych cech agrotechnicznych mają także zmniejszoną zawartość substancji antyżywniowych, przede wszystkim arabinoksylianów.

W IZ PIB wykonano badania nad wartością pokarmową ziarna żyta hybrydowego jako źródła białka i energii metabolicznej w żywieniu drobiu. Przyjęto hipotezę badawczą, że zastosowanie enzymu paszowego o aktywności ksylanazy pozwoli na wprowadzenie znaczących poziomów ziarna żyta hybrydowej odmiany Brassetto do mieszanek paszowych dla kurcząt rzeźnych i kur nieśnych. Celem doświadczenia było zatem określenie wpływu rosnącego udziału ziarna żyta w mieszance paszowej i dodatku ksylanazy na wskaźniki produkcyjne brojlerów i niosek. Na podstawie wyników badań prowadzonych na kurczętach rzeźnych stwierdzono, że wysoki poziom żyta w mieszance paszowej (do 20%) może być stosowany, bez negatywnego wpływu na wskaźniki produkcyjne, w growerowo-finišerowym okresie odchowu (Arczewska-Włosek i in., 2019). U młodszych ptaków (1–21 dzień życia) wprowadzenie ziarna żyta do diety miało natomiast negatywny wpływ na przyrost masy ciała. W przypadku mieszanek zawierających ziarno żyta odnotowano pozytywny wpływ dodatku ksylanazy, polegający na obniżaniu lepkości treści jelitowej i poprawie wskaźników produkcyjnych, zwłaszcza u młodszych kurcząt (Arczewska-Włosek i in., 2019). Na podstawie rezultatów doświadczenia prowadzonego na kurach nieśnych stwierdzono natomiast, że pomimo nieznacznego pogorszenia wydajności nieśnej (bez wpływu na masę znoszonych

jaj i wykorzystanie paszy) ziarno żyta może być z powodzeniem stosowane w żywieniu niosek, a jego udział w mieszance paszowej może wynosić do 25% (Bederska-Łojewska i in., 2019). Dodatek preparatu enzymatycznego (ksylanazy) nie miał wpływu na wskaźniki produkcyjne kur, ale jego stosowanie pozwoliło na obniżenie lepkości treści jelitowej ptaków żywionych mieszanką paszową z wysokim udziałem ziarna żyta.

Podsumowanie

Doświadczenia dotyczące oceny wartości pokarmowej materiałów paszowych, będących źródłem białka, aminokwasów i innych składników dla kurcząt brojlerów i kur nieśnych, są ważnym elementem badań na drobiu prowadzonych w Instytucie Zootechniki PIB. Tego rodzaju badaniami objęto różne źródła białka paszowego, które mają istotne znaczenie dla krajowej produkcji drobiarskiej, stanowiąc m.in. potencjalny, częściowy zamiennik importowanej, poekstrakcyjnej śruty sojowej. W przeprowadzonych w IZ PIB badaniach analizowano m.in. skutki wprowadzenia tego rodzaju materiałów do diet doświadczalnych w zakresie wskaźników produkcyjnych i fizjologicznych organizmu, określając optymalne i maksymalne ich udziały w mieszankach paszowych dla kurcząt rzeźnych i kur nieśnych.

Piśmiennictwo

- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S., Bederska-Łojewska D., Orczewska-Dudek S., Szczurek W., Boros D., Fraś A., Tomaszewska E., Dobrowolski P., Muszyński S., Kwiecień M., Schwarz T. (2019). The efficiency of xylanase in broiler chickens fed with increasing dietary levels of rye. *Animals*, 9 (2): 46.
- Bederska-Łojewska D., Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Schwarz T. (2017). Rye non-starch polysaccharides: their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices—a review. *Ann. Anim. Sci.*, 17: 351–369.
- Bederska-Łojewska D., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S., Orczewska-Dudek S., Schwarz T., Puchała M., Krawczyk J., Boros D., Fraś A., Micek P., Rajtar P. (2019) The effect of different dietary levels of hybrid rye and xylanase addition on the performance and egg quality in laying hens. *Brit. Poultry Sci.*, 60, 4: 423–430.
- Bednarek D., Dudek K., Kwiatek K., Świątkiewicz M., Świątkiewicz S., Strzetelski J. (2013). Effect of a diet composed of genetically modified feed components on the selected immune parameters in pigs, cattle, and poultry. *Bull. Vet. Inst. Puławy*, 57: 209–217.
- Brzóska F., Śliwinski B. (2018). Wpływ enzymów paszowych na produktywność, jakość tuszek oraz strawność jelitową aminokwasów u kurcząt brojlerów żywionych dietami zawierającymi poekstrakcyjną śrutę rzepakową. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 45: 25–48.

- Brzóska F., Szczurek W., Śliwiński B., Bederska-Łojewska D., Pietras M. (2018). Wpływ enzymów paszowych na wyniki chowu oraz pozorną strawność jelitową aminokwasów u brojlerów żywionych dietami zawierającymi makuch rzepakowy. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 45: 219–242.
- Ernest T., Koreleski J., Świątkiewicz S. (2000). The effect of sulphur content in rape-seed meal diets on the performance and balance indices in chicken broilers. *Ann. Anim. Sci.*, 27: 129–147.
- Józefiak D., Józefiak A., Kierończyk B., Rawski M., Świątkiewicz S., Długosz J., Engberg R.M. (2016). Insects – a natural nutrient source for poultry – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 16: 297–313.
- Józefiak A., Kierończyk B., Rawski M., Mazurkiewicz J., Benzertiha A., Gobbi P., Nogales-Merida S., Świątkiewicz S., Józefiak D. (2018). Full-fat insect meals as feed additive – the effect on broiler chicken growth performance and gastrointestinal tract microbiota. *J. Anim. Feed Sci.*, 27: 131–139.
- Kierończyk B., Rawski M., Józefiak A., Mazurkiewicz J., Świątkiewicz S., Siwek M., Bednarczyk M., Szumacher-Strabel M., Cieślak M., Benzertiha A., Józefiak D. (2018). Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 240: 170–183.
- Kierończyk B., Sypniewski J., Rawski M., Czekala W., Świątkiewicz S., Józefiak D. (2020). From waste to sustainable feed material: the effect of *Hermetia illucens* oil on the growth performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphometry of broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 20, 1: 157–177; doi.org/10.2478/aoas-2019-0066.
- Koreleski J., Świątkiewicz S., Bykowski P. (1997). Zastosowanie pasz roślinnych wzbogaconych odpadami rybnymi w żywieniu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 24: 213–230.
- Koreleski J., Świątkiewicz S., Bykowski P., Kubicz M. (1998). Próba użycia zwiększonej ilości koncentratów roślinno-rybnych w okresie żywienia kurcząt brojlerów mieszankami typu starter. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25: 145–158.
- Koreleski J., Świątkiewicz S., Kuchta M. (2000). Wpływ koncentratów roślinno-rybnych na jakość tuszek brojlerów i jaj spożywczych. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 6 (Supl.): 340–344.
- Michalik-Rutkowska O., Brzóska F., Pietras M., Śliwiński B. (2017). Wpływ zamiany poekstrakcyjnej śrutu sojowej makuchem rzepakowym w dietach dla kurcząt brojlerów na masę ciała, jakość tuszek i pozorną strawność jelitową aminokwasów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 44: 223–246.
- Orczewska-Dudek S., Pietras M., Szczurek W., Pieszka M. (2019). Effect of yellow lupine seeds (*Lupinus luteus* L.) and *Tenebrio molitor* larvae meal in the diet for broiler chickens on production parameters and sensory quality of the meat. 22nd European Symposium on Poultry Nutrition (ESPN), Gdańsk, 10–13 June 2019. Conference proceedings, p. 166.; ISBN: 978-83-942760-6-5.
- Reichert M., Kozaczyński W., Karpińska T.A., Bocian Ł., Jasik A., Kycko A., Świątkiewicz M., Świątkiewicz S., Furgał-Dierżuk I., Arczewska-Włosek A., Strzetelski J., Kwiatek K. (2012). Histopathological study of internal organs of experimental animals fed with genetically modified corn and soybean meal. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 56: 617–622.

- Stadnik J., Karwowska M., Dolatowski Z.J., Świątkiewicz S., Kwiatek K. (2011). Effect of genetically modified, insect resistant corn (MON 810) and glyphosate tolerant soybean meal (Roundup ready) on physico-chemical properties of broilers' breast and thigh muscles. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 55: 541–546.
- Szczurek W. (1997). Wstępna ocena skuteczności enzymów paszowych w żywieniu kurcząt rzeźnych mieszkanką z wysokim udziałem przegrzanej śruty rzepakowej. *Zesz. Nauk. PTZ – Chów i Hodowla Drobiu*, 32: 341–342.
- Szczurek W., Koreleski J. (1998). Wpływ różnego udziału przegrzanej śruty rzepakowej 00 i obecności preparatów enzymatycznych w mieszankach paszowych na wyniki odchowu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25: 193–212.
- Szczurek W., Szymczyk B. (2015). Effects of chicken age and dietary protease on ileal digestibility of amino acids in narrow-leafed lupin seeds. XXVII International Poultry Science Symposium PB WPSA, Bydgoszcz, Poland, 14–16.09.2015. Conference proceedings, pp. 198–199.
- Szczurek W., Szymczyk B. (2016). Effects of chicken age and serine protease on amino acid ileal digestibility in *Lupinus luteus* L. var. Mister seeds. XXVIII International Poultry Science Symposium PB WPSA, Licheń Stary, Poland, 14–16.09.2016. Conference proceedings, pp. 92–93.
- Szczurek W., Szymczyk B., Hanczakowski P. (1998). The effect of enzyme supplementation on protein value of overheated rapeseed meal and meat meal in rats. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25: 127–134.
- Szczurek W., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2019 a). Effects of broiler chicken age and dietary protease on the standardised ileal digestibility of amino acids in *Pisum sativum ssp. arvense* var. Milwa seeds. XLVIII Scientific Session of Group of Animal Nutrition KNZiA PAN, Poznań, 13–14 June, 2019. Conference proceedings, p. 60.
- Szczurek W., Szymczyk B., Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A. (2019 b). Standardised ileal digestibility of amino acids in pea seeds of the white-flowered variety for broilers as affected by bird age and protease supplementation. XLVIII Scientific Session of Group of Animal Nutrition KNZiA PAN, Poznań, 13–14 June, 2019. Conference proceedings, p. 61.
- Szczurek W., Koreleski J., Hanczakowski P., Szymczyk B. (2000). The effects of enzyme supplements on protein utilization and energy metabolizability in broiler chickens fed a diet containing heat treated rapeseed meal as the main source of protein. *Ann. Anim. Sci.*, 27: 233–246.
- Śliwa J., Brzóška F. (2018). Wpływ mieszanek paszowych zawierających ekstrudowany makuch soi niezmodyfikowanej genetycznie na masę ciała, jakość tuszek i strawność aminokwasów u brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 45: 59–87.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A. (2011). Prospects for the use of genetically modified crops with improved nutritional properties as feed materials in poultry nutrition. *World's Poultry Sci. J.*, 67: 631–642.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2003). Zastosowanie suszonego wywaru z kukurydzy jako komponentu mieszanek paszowych dla kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 30: 367–379.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2006). Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. *J. Anim. Feed Sci.*, 15: 253–260.

- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2007). Effect of dietary level of maize- and rye distiller dried grains with solubles on nutrient utilization and digesta viscosity in laying hens. *J. Anim. Feed Sci.*, 16: 668–677.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2008 a). Genetically modified plants in poultry nutrition. *Med. Weter.*, 64: 1379–1383.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2008 b). The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. *World's Poultry Sci. J.*, 64: 257–266.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2009). Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. *Poultry Sci.*, 88: 615–619.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Włosek A. (2010 a). Egg performance, egg quality, and nutrient utilization in laying hens fed diets with different levels of rapeseed expeller cake. *Agricult. Feed Sci.*, 19: 233–239.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Włosek A., Twardowska M. (2010 b). Poekstrakcyjna śruta sojowa i ziarna kukurydzy z genetycznie zmodyfikowanych roślin w żywieniu kur nieśnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 544: 11–18.
- Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Koreleski J., Kwiatek K. (2010 c). Nutritional efficiency of genetically modified, insect resistant corn (MON810) and glyphosate tolerant soybean meal (Roundup Ready) for broilers. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 54: 43–48.
- Świątkiewicz S., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Sieradzki Z., Kwiatek K. (2010 d). Fate of transgenic DNA from Bt corn and Roundup Ready soybean meal in broilers fed GMO feed. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 54: 237–242.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz M., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Sieradzki Z., Kwiatek K. (2011). Detection of transgenic DNA from Bt maize and herbicide tolerant soybean soybean meal in tissues, eggs and contents of segments of digestive tract in laying hens fed diets containing genetically modified plants. *Ann. Anim. Sci.*, 11: 413–424.
- Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Arczewska-Włosek A., Józefiak D. (2014). Genetically modified feeds and their effect on the metabolic parameters of food-producing animals: A review of recent studies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 198: 1–19.

Badania nad dodatkami paszowymi stosowanymi w celu poprawy statusu zdrowotnego i fizjologicznego organizmu ptaków

**Sylwester Świątkiewicz, Anna Arczewska-Włosek, Witold Szczurek,
Sylwia Orczewska-Dudek**

*Institut Zootechniki PIB, Zakład Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Dodatki paszowe można zdefiniować jako substancje inne niż materiał paszowy, które są stosowane w żywieniu zwierząt w celu uzyskania: korzystnego wpływu na właściwości paszy, właściwości produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego, zaspokojenia potrzeb pokarmowych zwierząt, uzyskania poprawy wskaźników produkcyjnych, statusu zdrowotnego i dobrostanu zwierząt, zmniejszenia negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko lub wykazania kokcydiostatycznego albo histomonostaticznego oddziaływania (Official Journal of the European Union, 2003). Cytowane powyżej rozporządzenie Unii Europejskiej wprowadza podział dodatków paszowych na kilka kategorii, wśród których szczególnie istotną są zootechniczne dodatki paszowe. Zalicza się do nich szereg popularnych na rynku paszowym dodatków, m.in.: enzymy paszowe, kwasy organiczne, pre- i probiotyki, ekstrakty ziołowe i aktywne składniki ścian komórkowych drożdży.

Prawny zakaz stosowania antybiotyków paszowych, obowiązujący w krajach Unii Europejskiej od 14 lat, spowodował wzrost zainteresowania dodatkami paszowymi, zwłaszcza naturalnego pochodzenia. Preparaty takie są coraz powszechniej stosowane w praktyce drobiarskiej, wykazując w wielu przypadkach korzystne działanie w organizmie ptaków, co może pozytywnie przekładać się również na wskaźniki produkcyjne i jakość uzyskiwanych produktów. Ponadto, pełne wykorzystanie potencjału genetycznego wysokoprodukcyjnych zestawów kurcząt rzeźnych i kur nieśnych wymaga nie tylko zaspokojenia wszystkich potrzeb pokarmowych organizmu, lecz również optymalnego działania układu odpornościowego i utrzymania równowagi mikrobiologicznej w przewodzie pokarmowym. Odpowiednio dobrane zootechniczne dodatki paszowe mogą pozytywnie wpływać na te procesy. W niniejszym opracowaniu omówiono wyniki badań prowadzonych w Instytucie Zootechniki PIB (IZ PIB) nad efektywnością stosowania zootechnicznych dodatków paszowych w żywieniu drobiu.

Wyniki badań IZ PIB nad efektywnością dodatków paszowych w żywieniu drobiu

Enzymy paszowe

Preparaty enzymatyczne są źródłem enzymów, które nie są produkowane w układzie pokarmowym drobiu lub których aktywność jest zbyt niska do pełnego wykorzystania (przyswojenia) składników odżywczych zawartych w paszy. W produkcji drobiarskiej najczęściej stosowanymi enzymami paszowymi są karboksydazy (ksylanaza i β -glukanaza) oraz fitaza. W ostatnich latach wzrasta również zainteresowanie, szczególnie przy stosowaniu niektórych alternatywnych źródeł białka paszowego, enzymami o aktywności proteaz.

Enzymy hydrolizujące polisacharydy nieskrobiowe

Surowce paszowe pochodzenia roślinnego, w tym ziarno krajowych gatunków zbóż, to jest pszenicy, jęczmienia, żyta, pszenżyta i owsa, zawierają znaczne ilości polisacharydów nieskrobiowych (NSP), do których zalicza się pentozany (ksylany i arabiniany) oraz heksozany (β -glukan, mannany i galaktany). Wysoka zawartość NSP w mieszankach paszowych dla zwierząt monogastrycznych może niekorzystnie wpływać na ich produktywność, zwłaszcza zwierząt młodych, np. kurcząt rzeźnych poniżej 3. tygodnia życia. Efekt ten jest szczególnie widoczny w przypadku rozpuszczalnych w wodzie frakcji NSP, których roztwory zwiększają lepkość treści jelita cienkiego, negatywnie wpływając na wydajność procesów trawienia i przyswajania składników pokarmowych. Mechanizm oddziaływania wysokiej lepkości na procesy trawienne polega przede wszystkim na zwiększeniu szybkości przechodzenia treści pokarmowej przez jelita, jak również zmniejszeniu szybkości dyfuzji składników pokarmowych w kierunku błony śluzowej jelit. Oprócz bezpośredniego wpływu na przebieg trawienia, NSP stanowią substrat dla bakterii, mogą powodować nadmierny wzrost ilości patogennej mikroflory jelitowej i nasilenie procesów fermentacji, jak również zwiększać zawartość wody w odchodach i ściółce.

Skutecznym sposobem zmniejszenia ujemnego wpływu NSP jest wprowadzenie dodatku preparatów enzymatycznych o aktywności karboksydaz do mieszanek paszowych o znaczącym udziale śrut zbożowych. Do najczęściej stosowanych karboksydaz należą ksylanaza, β -glukanaza, celulaza i pektynaza, rozkładające poszczególne frakcje NSP. Często stosowana jest zwłaszcza ksylanaza, która stanowi dodatek do mieszanek z dużą zawartością śrut pszennej i żytniej, oraz β -glukanaza – stosowana przy dużym udziale ziarna jęczmienia. Korzystne działanie wymienionych enzymów polega na obniżaniu lepkości treści pokarmowej, zmniejszeniu ilości substratów dostępnych do fermentacji przez mikroorganizmy jelitowe, poprawie wykorzystania składników pokarmowych i zwiększaniu wartości energetycznej paszy, a w końcowym efekcie – poprawie wskaźników produkcyjnych.

W IZ PIB wykonano badania, których celem było określenie wpływu dodatku enzymów hydrolizujących NSP do mieszanek z dużym udziałem ziarna zbóż na lepkość treści jelit i wskaźniki produkcyjne kurcząt brojlerów (Szcurek i in., 2000). W cyklu trzech doświadczeń na kurczętach rzeźnych stosowano mieszanki zawierające znaczne ilości ziarna pszenicy, jęczmienia, żyta i pszenżyta. Czynnikiem doświadczalnym był dodatek preparatów enzymatycznych o aktywności karboksydaz. Analiza otrzymanych rezultatów wykazała ujemną korelację pomiędzy lepkością treści a masą ciała kurcząt w 42. dniu życia. Odnotowano też dużą efektywność ksylanazy i β -glukanazy, co polegało na istotnym obniżeniu lepkości treści jelitowej i poprawie wskaźników produkcyjnych (Szcurek i in., 2000). W kolejnych doświadczeniach realizowanych w IZ PIB, wprowadzając do mieszanki paszowej znaczną ilość śruty jęczmiennej kilku odmian, charakteryzujących się zróżnicowanym poziomem β -glukanu i skrobi, nie stwierdzono jednoznacznego wpływu odmiany na lepkość treści jelitowej i rezultaty produkcyjne kurcząt brojlerów, natomiast dodatek preparatu enzymatycznego o aktywności ksylanazy i β -glukanazy pozytywnie oddziaływał na wskaźniki wzrostowe kurcząt oraz wykorzystanie azotu i energii z mieszanek paszowych (Koreleski i in., 2000).

W badaniach IZ PIB podjęto próbę poprawy wskaźników produkcyjnych drobiu żywionego mieszankami paszowymi z wysokim udziałem suszonych wywarów zbożowych (DDGS) poprzez zastosowanie enzymów paszowych hydrolizujących NSP. W doświadczeniach na nioskach wykazano, że dodatek ksylanazy i β -glukanazy do diet zawierających 20% DDGS może korzystnie wpływać na wydajność nieśną (Świątkiewicz i Koreleski, 2006; Świątkiewicz i in., 2013). W badaniach na kurczętach rzeźnych, stosując mieszanki zawierające 12 i 18% DDGS w pierwszym i drugim okresie odchowu stwierdzono, że jednoczesny dodatek ksylanazy i fitazy poprawia wskaźniki produkcyjne, zwiększa strawność suchej masy, masy organicznej i substancji bezazotowych wyciągowych oraz retencję wapnia i fosforu, wpływa również pozytywnie na biomechaniczne parametry kości udowych (Świątkiewicz i in., 2014 a).

W wykonanych ostatnio badaniach na kurczętach brojlerach i nioskach określano wpływ dodatku enzymu paszowego o aktywności ksylanazy do mieszanek paszowych o wysokim udziale ziarna żyta hybrydowej odmiany Brassetto. W doświadczeniu na brojlerach obserwowano pozytywny wpływ dodatku ksylanazy do mieszanek zawierających do 20% żyta, polegający na obniżaniu lepkości treści jelitowej i poprawie wskaźników produkcyjnych, zwłaszcza u młodszych kurcząt (Arczewska-Włosek i in., 2019). U dorosłych ptaków, to jest kur nieśnych pozytywny wpływ dodatku ksylanazy był mniej widoczny i polegał na obniżeniu lepkości treści jelitowej ptaków żywionych mieszanką paszową z wysokim udziałem ziarna żyta (25%) bez efektów w zakresie wskaźników produkcyjnych (Bederska-Łojewska i in., 2019).

Fitaza

Szacuje się, że około 60–70% fosforu w ziarnie zbóż i śrutach poekstrakcyjnych występuje w formie fitynowej. Fosfor fitynowy jest w niewielkim zakresie wykorzystywany przez zwierzęta monogastryczne z powodu niedostatecznej ilości w przewodzie pokarmowym fitazy, to jest enzymu rozkładającego fityny do nieorganicznych fosforanów i inozytolu. U drobiu wykorzystanie P fitynowego nie przekracza 50%, a oprócz tego kwas fitynowy może tworzyć nieprzyswajalne połączenia z innymi składnikami pokarmowymi, np. mikroelementami, pogarszając w ten sposób ich wchłanianie. W IZ PIB, we współpracy z Uniwersytetem Rolniczym w Krakowie wykonano cykl badań nad skutecznością stosowania preparatu enzymatycznego fitazy jako sposobu zmniejszenia negatywnego wpływu związków fitynowych w przewodzie pokarmowym drobiu. W badaniach *in vitro* i *in vivo* na kurczętach rzeźnych wykazano m.in. możliwość istotnego zwiększenia defosforylacji fitynianów w dietach pszenno-sojowych poprzez równoczesny dodatek fitazy i ksylanazy (Żyła i in., 1999 a,b), jak również fosfatazy, pektynazy i kwasu cytrynowego (Żyła i in., 2000 a,b).

W kolejnych doświadczeniach dotyczących tego zagadnienia określano wpływ różnych rodzajów fitazy A (3- lub 6-fitaza) oraz fitazy B (kwaśna fosfataza) na stopień konwersji i defosforylacji fitynianów paszy. W badaniach na brojlerach żywionych niskofosforową mieszanką kukurydziano-sojową odnotowano odmienny sposób działania obu rodzajów fitazy A, stwierdzając m.in., że w obecności kwaśnej fosfatazy 3-fitaza ma korzystniejszy wpływ na wyniki produkcyjne, natomiast 6-fitaza zwiększa zatrzymanie wapnia w organizmie (Żyła i in., 2004). Stwierdzono przy tym, że czynnikiem istotnie oddziałującym na efektywność działania obu fitaz A oraz fitazy B jest zawartość Ca w diecie. Wykazano również, że fitaza istotnie zwiększa bio przyswajalność cynku, zwłaszcza przy stosowaniu w żywieniu kurcząt rzeźnych mieszanek paszowych niedoborowych w ten mikroelement (Świątkiewicz i in., 2001 a). W kolejnych badaniach, stosując mieszankę paszową dla brojlerów o obniżonej o około 40% zawartości fosforanu paszowego, uzupełnioną dodatkiem fitazy i aktywnej formy witaminy D₃ (25-hydrokso-cholekalcyferol) nie odnotowano pogorszenia rezultatów produkcyjnych i jakości kości kończyn dolnych w porównaniu z grupą kontrolną (Świątkiewicz i in., 2006). Ważnym aspektem stosowania fitazy w żywieniu drobiu jest możliwość zmniejszenia wydalania fosforu w odchodach, co ogranicza negatywny wpływ towarowej produkcji drobiarskiej na środowisko. W doświadczeniu przeprowadzonym w IZ PIB wykazano, że odpowiednio dobrany zestaw enzymatyczny (fitaza + kwaśna fosfataza) pozwala na stosowanie u brojlerów mieszanki paszowej o znacznie zmniejszonej zawartości fosforu (bez dodatku fosforanu paszowego). Takie żywienie wpłynęło na obniżenie wydalania fosforu w odchodach aż o około 50%, co udało się osiągnąć bez negatywnego oddziaływania na wskaźniki produkcyjne kurcząt (Żyła i in., 2001).

W badaniach na kurach nieśnych odmienny wpływ 3- i 6-fitazy A na wyniki produkcyjne i wytrzymałość mechaniczną skorup jaj obserwowano przy niskim stopniu konwersji fitynianów, natomiast po zastosowaniu dodatku fitazy B efekt ten był znacznie słabszy (Żyła i in., 2005). Wykazano również, że dodatek fitazy pozwala nie tylko na obniżenie udziału fosforu w diecie dla niosek, ale również wapnia, białka ogólnego, aminokwasów i energii metabolicznej, co może mieć wpływ na obniżenie kosztów paszy, jak również na zmniejszenie wydalania N i P w odchodach (Świątkiewicz i in., 2001 b). Wyniki kolejnych badań stały się podstawą do stwierdzenia, że dzięki dodatkowi fitazy zastąpienie w mieszankach mączek zwierzęcych przez roślinne komponenty białkowe nie musi oznaczać wzrostu zużycia fosforanów paszowych w żywieniu niosek (Świątkiewicz i Koreleski, 2002).

Kwasy organiczne

Krótkołańcuchowe kwasy organiczne, takie jak: propionowy, mrówkowy, sorbowy, cytrynowy, fumarowy, octowy, malonowy, mlekowy, jabłkowy i winowy, często uzupełniane kwasem nieorganicznym, jakim jest fosforowy wchodzi w skład zakwaszaczy paszowych. W paszy przechowywanej kwasy te hamują namnażanie się bakterii i rozwój pleśni. Ich działanie polega również na zmniejszaniu buforujących własności pasz, głównie mineralnych oraz obniżaniu pH mieszanki paszowej i treści przewodu pokarmowego, dzięki czemu tworzą się warunki sprzyjające rozwojowi korzystnych bakterii kwasu mlekowego. W żołądku preparaty zakwaszające wspomagają działanie kwasu solnego w przemianie pepsynogenu do aktywnej pepsyny. W badaniach IZ PIB wykazano przydatność kwasu mrówkowego i fumarowego w żywieniu kurcząt brojlerów, odnotowując ich pozytywny wpływ na skład mikroflory jelitowej i wskaźniki produkcyjne (przyrost masy ciała i wykorzystanie paszy) u ptaków (Brzóska, 2007). W późniejszych badaniach stwierdzono, że wieloskładnikowy preparat zakwaszający, zawierający m.in. kwas propionowy i masłowy, korzystnie oddziałuje na przyrost masy ciała brojlerów, bez wpływu na wykorzystanie paszy, rezultaty analizy rzeźnej, skład chemiczny mięsa i wybrane parametry biochemiczne krwi (Brzóska i in., 2013).

Wyniki niektórych badań wskazują, że kwasy organiczne mogą również korzystnie oddziaływać na wykorzystanie składników mineralnych u drobiu (Świątkiewicz i Arczewska-Włosek, 2012 a; Świątkiewicz i in., 2015). Mechanizm takiego działania jest związany m.in. z obniżeniem pH treści jelitowej, co wpływa na efektywniejsze działanie enzymów trawiennych, a także zwiększenie rozpuszczalności makro- i mikroelementów oraz ich wchłanianie. W IZ PIB wykonano cykl doświadczeń nad wpływem dodatku kwasów organicznych do mieszanki paszowej na wykorzystanie składników mineralnych u drobiu, wykazując m.in. ich korzystny wpływ na jakość skorup jaj i kośćca u kur nieśnych (Świątkiewicz i in., 2010 a,b) oraz jakość kośćca i wykorzystanie wapnia u kurcząt rzeźnych (Świątkiewicz i Arczewska-Włosek, 2012 b).

Prebiotyki

Prebiotyki definiuje się jako składniki diety nie ulegające trawieniu enzymami własnymi w przewodzie pokarmowym zwierząt monogastrycznych, które stymulują wzrost lub aktywność korzystnej mikroflory bakteryjnej jelit, korzystnie wpływając na status zdrowotny organizmu gospodarza (Alloui i in., 2013). Szczególnie silnymi właściwościami prebiotycznymi charakteryzują się fruktany, do których zalicza się inulinę, oligofruktozę i fruktooligosacharydy (FOS). Inulina jest wielocukrem zapasowym, szeroko rozpowszechnionym w świecie roślinnym. Związek ten jest polimerem liniowym jednostek β -D-fruktozy połączonych wiązaniami β -1–2-glikozydowymi. Głównym źródłem pozyskiwania inuliny jest cykoria odmiany korzeniowej (*Cichorium intybus*). Oligofruktozę produkuje się w procesie częściowej hydrolizy inuliny z użyciem enzymu endoinulazy. Fruktooligosacharydy są z kolei krótkołańcuchowymi oligosacharydami, syntetyzowanymi na skalę przemysłową z sacharozy przy wykorzystaniu odpowiednich preparatów enzymatycznych. Inulina, oligofruktoza i fruktooligosacharydy spełniają kryteria, na podstawie których można je zaliczyć do prebiotyków, tak więc nie są trawione ani wchłaniane w jelitach cienkich gospodarza, natomiast ulegają selektywnej i szybkiej fermentacji bakteryjnej w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego, stymulując wzrost pałeczek kwasu mlekowego, głównie z rodzaju *Bifidobacterium*. Mechanizm „efektu bifidogenego” jest związany z selektywną fermentacją fruktanów przez bifidobakterie, które syntetyzują β -fruktozydazę, enzym rozkładający wiązania β -1–2-glikozydowe inuliny i oligofruktozy.

Skutkiem „efektu bifidogenego” jest zmiana składu mikroflory bakteryjnej jelit, polegająca na obniżeniu ilości bakterii patogennych. Ich wzrost jest hamowany przez bifidobakterie, które produkując krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (KKT) i obniżając pH treści jelit stwarzają niekorzystne dla patogenów warunki. Do gatunków, których wzrost jest obniżany przez różne szczepy bifidobakterii należą m.in.: *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter jejuni* i *Clostridium perfringens*. W wyniku fermentacji bakteryjnej fruktanów produkowane są KKT, a w szczególności kwasy octowy, propionowy, mlekowy i masłowy. Kwasy te wykazują korzystny wpływ na metabolizm ogólnoustrojowy, odżywiają komórki jelit, obniżają pH treści, pod ich wpływem zwiększa się długość kosmków jelitowych i liczba komórek nabłonkowych przypadających na poszczególne kosmki. Fruktanom przypisywane jest również działanie immunostymulujące, co wyraża się korzystnym wpływem na rozwój i czynność systemu immunologicznego błony śluzowej jelita (tzw. GALT).

Inną z właściwości przypisywanych fruktanom jest działanie zwiększające dostępność składników mineralnych (Świątkiewicz i Arczewska-Włosek, 2012 a). Mechanizm takiego wpływu jest dość złożony i obejmuje wiele elementów. Jednym z istotniejszych jest działanie produktów fermentacji fruktanów, jakimi są KKT, polegające na obniżaniu pH treści jelit ślepych, co

zwiększa rozpuszczalność makro- i mikroelementów oraz podwyższa pulę składników zjonizowanych, a tym samym ich wchłanianie. Oprócz tego, KKT mogą tworzyć kompleksy ze składnikami mineralnymi, zwiększając ich wchłanianie przez nabłonek jelitowy, jak również stymulować nabłonek jelitowy i zwiększać jego zdolność absorpcyjną na drodze transportu pasywnego. W cyklu doświadczeń dotyczących wpływu fruktanów na gospodarkę mineralną organizmu ptaków stwierdzono m.in., że związki te, zwłaszcza stosowane z jednoczesnym dodatkiem kwasów organicznych, mają korzystny wpływ na jakość skorupy jaj (Świątkiewicz i in., 2010 a; Świątkiewicz i in., 2013), biomechaniczne parametry kości długich (Świątkiewicz i in., 2010 b) oraz wykorzystanie (retencję) wapnia i fosforu u kur nieśnych (Świątkiewicz i in., 2010 c). W badaniach przeprowadzonych na kurczętach brojlerach nie obserwowano natomiast pozytywnego oddziaływania inuliny i oligofruktozy na parametry wytrzymałościowe kości udowych i piszczelowych (Świątkiewicz i in., 2011).

Prebiotyczne właściwości posiadają także oligosacharydy mannanu (MOS) pozyskiwane ze ścian komórkowych drożdży piekarniczych *Saccharomyces cerevisiae*. Istotnym efektem MOS jest redukcja stopnia zasiedlenia jelit przez mikroorganizmy patogenne poprzez zapobieganie adhezji bakterii do nabłonka jelitowego (Świątkiewicz i in., 2014 b). Do bakterii, których wzrost jest ograniczony przez MOS należą m.in. *E. coli* i *Salmonella*, posiadające fimbrie typu 1, które umożliwiają im przyłączanie się do mannanozależnych receptorów jelitowych. Część autorów wskazuje również na immunostymulujące właściwości MOS, związane prawdopodobnie z ich zdolnością do aktywacji niektórych populacji leukocytów, w tym makrofagów. Pozytywne wyniki może dawać zwłaszcza jednoczesne stosowanie MOS i innych dodatków paszowych. Przykładem są badania wykonane w IZ PIB, których celem było określenie jednoczesnego dodatku MOS i probiotyku lub MOS, probiotyku i kwasu fumarowego w żywieniu kurcząt brojlerów (Brzóska i in., 2007). Równoczesne stosowanie wymienionych dodatków pozwoliło na uzyskanie znacznie lepszych wyników produkcyjnych, podobnych jak przy dodatku antybiotyków paszowych i znacznie korzystniejszych niż w grupie kontrolnej negatywnej. Badane dodatki miały też pozytywny wpływ na mikroflorę bakteryjną jelit.

Ptaki nie są w stanie skutecznie trawić laktozy (LAC) do składowych cukrów prostych, a nierozłożona LAC pozostająca w jelitach może powodować zatrzymanie w nich wody, objawiające się rozwolnieniem odchodów. W dolnych odcinkach przewodu pokarmowego ptaków dwucukier ten jest jednak metabolizowany przez część endogennej mikroflory bakteryjnej z wytworzeniem krótkołańcuchowych kwasów organicznych – substancji o działaniu zakwaszającym i bakteriostatycznym względem niekorzystnych mikroorganizmów. Badania na kurczętach brojlerach poświęcono wykorzystaniu suszonej serwatki jako źródła LAC w diecie, a także efektem jednoczesnego dodatku

LAC i bakterii z rodzaju *Lactobacillus* (LAB), które mogą wykorzystywać ten disacharyd jako prebiotyczny substrat, stymulując korzystne warunki w przewodzie pokarmowym ptaków. W pierwszym etapie badań wykazano, że 2- i 3-procentowy udział LAC w mieszance paszowej zmniejszył liczebność bakterii z grupy coli w jelitach ślepych, zwiększając jednocześnie liczebność populacji bakterii typu LAB. Stwierdzono także korzystny efekt długotrwałego żywienia dietami z 1% i 2% udziałem LAC, odzwierciedlony wyższymi przyrostami masy ciała i lepszą efektywnością wykorzystania paszy w czasie 6-tygodniowego odchowu w systemie klatkowym (Alloui i Szczurek, 2017). Wskaźniki produkcyjne stwierdzone po 42-dniowym odchowcie ściółkowym nie potwierdziły jednak obserwowanego w pierwszym eksperymencie tego korzystnego wpływu 2% udziału LAC w paszy, a połączenie laktozy z dodatkiem preparatu *Lactobacillus agilis* nie wpłynęło istotnie na zmianę tych parametrów. Stwierdzono natomiast pozytywny efekt dodatku 2% LAC na wartości siły łamania oraz udział popiołu surowego w kościach udowych. Potęgowanie przez dodatek *L. agilis* korzystnego wpływu LAC serwatkowej (efekt synbiotyczny) na wskaźniki badane w tym doświadczeniu odnotowano jako istotny spadek liczebności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz gatunku *Clostridium perfringens*, a także wzrost stężenia kwasu masłowego w treści jelit ślepych (Szczurek i in., 2018).

Probiotyki

Probiotyki są to żywe mikroorganizmy dodawane do paszy lub żywności, które korzystnie wpływają na status zdrowotny gospodarza poprzez modulację jego endogennej równowagi mikrobiologicznej. Do probiotyków zalicza się szczepy bakterii fermentacji mlekowej, m.in. *Lactobacillus acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *Bifidobacterium bifidum* i inne. Po zasiedleniu środowiska jelit bakterie kwasu mlekowego mają korzystny wpływ na funkcje fizjologiczne i status zdrowotny organizmu gospodarza, obniżając poprzez produkcję kwasów organicznych pH treści jelit, wykazując działanie immunomodulujące, hamując namnażanie bakterii patogennych (poprzez produkcję substancji bakteriobójczych) i zwiększając dostępność składników pokarmowych (Alloui i in., 2013). Wymienione właściwości probiotyków mogą przekładać się na poprawę wskaźników produkcyjnych, jednak ich efektywność w tym zakresie jest u drobiu zmienna i zależy od wielu czynników, w tym od warunków utrzymania ptaków.

W IZ PIB przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu bakterii kwasu mlekowego (*L. acidophilus*, *Streptococcus saecium faecrum*), dodawanych do mieszanki paszowej bez antybiotyku na wskaźniki produkcyjne oraz obraz morfologiczny, immunologiczny i biochemiczny krwi, jak również jakość mięsa u kurcząt brojlerów (Pietras i Skraba, 2000; Pietras, 2001). Stosowanie preparatu probiotycznego istotnie obniżyło pH treści jelita cienkiego i jelit ślepych, istotnie zwiększyło zawartość erytrocytów

we krwi, a także spowodowało nieznaczne obniżenie liczby sztuk padłych. Pomiedzy grupą kontrolną a grupą, w której wprowadzono probiotyk, nie obserwowano jednak różnic w przyrostach masy ciała, wykorzystaniu paszy i masach gruczołów limfoidalnych (Pietras i Skraba, 2000). W kolejnych badaniach wykonanych w IZ PIB na brojlerach wykazano wysoką efektywność stosowania preparatu złożonego z *L. paracasei* i *L. rhamnosus*, podawanego łącznie z kwasem fumarowym i oligosacharydem mannanu (Brzóska i Stecka, 2007). Stwierdzono również, że dodatek bakterii probiotycznych (*Lactobacillus salivarius*) korzystnie wpływa na wskaźniki produkcyjne i strawność składników pokarmowych u kurcząt żywionych mieszankami paszowymi z wysokim udziałem wywarów zbożowych (Świątkiewicz i in., 2014 a). Wyniki niektórych doświadczeń wykonanych w IZ PIB nie potwierdziły jednak pozytywnego oddziaływania preparatów probiotycznych na parametry produkcyjne, to jest przyrost masy ciała oraz pobranie i wykorzystanie paszy u kurcząt brojlerów (Brzóska i in., 2010, 2012).

Ekstrakty ziołowe oraz wyciągi i oleje z owoców

Rośliny zawierają wiele aktywnych substancji o charakterze wtórnych metabolitów, które wykazują korzystne działanie na organizm zwierzęcy. Oddziaływanie to obejmuje szeroki zakres w zależności od rodzaju substancji czynnej zawartej w danej roślinie. Można tu wymienić: stymulujący wpływ na wydzielanie enzymów trawiennych i łaknienie (np. mentol zawarty w mięcie pieprzowej), działanie bakteriostatyczne, przywracające korzystną równowagę mikroflory bakteryjnej poprzez redukcję patogenów (np. karwakrol z lebidki pospolitej, tymol z tymianku), hamujący wpływ na rozwój pasożytów *Eimeria* wywołujących kokcydiozę (np. składniki czynne aloesu), czy też działanie przeciwutleniające (np. aldehyd cynamonowy).

W IZ PIB przeprowadzono badania, w których celem była ocena właściwości przeciwutleniających wybranych ekstraktów ziołowych (Koreleski i Świątkiewicz, 2007 a,b). Wykonane doświadczenia miały na celu modyfikację profilu kwasów tłuszczowych w lipidach mięśnia piersiowego kurcząt oraz wzbogacanie mięsa w witaminę E, przy jednoczesnym zapobieganiu procesom przyspieszonego utlenienia tłuszczów w czasie przechowywania. Określono wpływ tłuszczu rybnego, a także dodatku octanu α -tokoferylu na skład kwasów tłuszczowych w lipidach mięśni piersiowych u kurcząt oraz na zawartość witaminy E i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBA-RS) w mięsie krótko lub długo przechowywanym w zamrożeniu. Oceniono również przydatność wybranych dodatków paszowych o charakterze przeciwutleniaczy (suchy ekstrakt z szalwii, tymianku lub jeżówki, ksantofile aksamitki) w zakresie zapobiegania procesom utleniania lipidów w długo przechowywanych w zamrożeniu mięśniach piersiowych. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że wprowadzenie tłuszczu rybnego do mieszanki paszowej zwiększyło zawartość długołańcuchowych, nienasyconych kwasów

tłuszczowych i polepszyło stosunek kwasów szeregu $n-6$ do $n-3$ w mięsie kurcząt bez pogorszenia cech jakościowych mięsa. Oceniając stosowane dodatki ziołowe stwierdzono m.in., że ekstrakt z szałwii wpływa korzystnie na zwiększenie sumy kwasów nienasyconych oraz stosunek kwasów $6-n:3-n$ w mięsie piersi kurcząt otrzymujących tłuszcz rybny, natomiast żaden z użytych ekstraktów nie miał wpływu na procesy oksydacyjne zachodzące w mięśniach piersiowych (Koreleski i Świątkiewicz, 2007 a,b). Badania wykonane w IZ PIB na kurach nieśnych miały natomiast na celu określenie wpływu mieszaniny ekstraktów ziołowych (*Taraxaci siccum*, *Urticae siccum* i *Salviae siccum*) na wykorzystanie składników mineralnych zawartych w mieszance paszowej z wysokim udziałem DDGS. Uzyskane rezultaty pozwoliły na stwierdzenie, że stosowana mieszanina może zwiększać wytrzymałość mechaniczną kości piszczelowych i udowych u kur nieśnych (Świątkiewicz i in., 2014 c).

W świetle najnowszych badań, wytloki z owoców bądź ekstrakty z nich otrzymane mogą stanowić obiecującą alternatywę dla syntetycznych antyutleniaczy, skutecznie chroniąc przewód pokarmowy oraz tkanki przed szkodliwym działaniem procesów oksydacji, jak również mogą działać stymulująco na rozwój prawidłowej mikroflory jelit. Ponadto, związki polifenolowe zawarte w tych dodatkach wykazują właściwości antybakteryjne. W badaniach przeprowadzonych w IZ PIB stwierdzono korzystny wpływ suszonych wytloków z owoców lub oleju z nasion tych owoców jako komponentu mieszanek paszowych na wyniki produkcyjne i zdrowotność kurcząt brojlerów (Orczewska-Dudek i Pietras, 2017; Orczewska-Dudek i in., 2018). Wprowadzenie do diety kurcząt brojlerów 3% udziału olejów z nasion truskawek (*Fragaria ananassa Duchesne*) lub malin (*Rubus idaeus* L.), albo 3% suszonych wytloków z owoców truskawek lub malin wpłynęło korzystnie na efektywność wykorzystania paszy (Orczewska-Dudek i Pietras, 2017). Taki pozytywny efekt mógł być związany z zawartością w tych owocach naturalnych antyoksydantów, takich jak tokoferole i witamina C oraz innych związków biologicznie aktywnych, do których należą polifenole, które wpływają korzystnie na zdrowotność kurcząt, głównie poprzez hamowanie namnażania bakterii patogennych. Ponadto, olej z nasion truskawek, jak również wytloki z owoców malin istotnie obniżyły poziom cholesterolu w plazmie kurcząt, jak również powodowały wzrost poziomu T3 w osoczu (bez wpływu na poziom T4) (Orczewska-Dudek i Pietras, 2017). Otrzymane wyniki wskazują na zwiększoną konwersję T4 do aktywnej metabolicznie T3 lub do jej formy nieaktywnej rT3. Przypuszcza się, że witamina E wpływa pozytywnie na funkcjonowanie tarczycy poprzez wpływ na procesy dejodynacji pierścienia zewnętrznego T4 w tkankach obwodowych.

Wprowadzenie do mieszanki dla kurcząt brojlerów 3% udziału suszonych wytloków z rokitnika (*Hippophaea rhamnoides*) lub 3% udziału wytloków z aronii (*Aronia melanocarpa*) w drugim okresie odchowu korzystnie wpłynęło na poprawę wyników produkcyjnych oraz status zdrowotny ptaków

(Orczewska-Dudek i in., 2018). Kurczęta brojlery żywione paszą z udziałem tych materiałów cechowały się niższym wskaźnikiem wykorzystania paszy i brakiem padnięć. Suszone wyłoki z rokitnika i aronii zawierały znaczną ilość naturalnych antyutleniaczy, głównie z grupy tokoferoli, witaminę C oraz polifenole, antocyjaniny, które wykazują działanie antibakteryjne i antygrzybiczne. Wyłoki z wymienionych owoców wykazują także działanie prebiotyczne, wpływając korzystnie na skład flory bakteryjnej przewodu pokarmowego i produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych.

Badania nad wykorzystaniem dodatków paszowych jako żywieniowej metody prewencji kokcydiozy drobiu

Kokcydioza jest szeroko rozpowszechnioną pasożytniczą chorobą ptaków powodowaną przez pierwotniaki z rodzaju *Eimeria*, powodującą duże straty finansowe w produkcji drobiarskiej. W IZ PIB przeprowadzono cykl badań, do których bezpośrednią przesłanką było planowane wycofanie w Unii Europejskiej kokcydiostatyków z programu profilaktyki kokcydiozy, co powodowało konieczność poszukiwania alternatywnych sposobów kontroli tej choroby. Wykorzystanie metod żywieniowych jako rozwiązania opcjonalnego lub wspomagającego względem szczepień nabiera coraz większego znaczenia w kontroli kokcydiozy. Z uwagi na takie pozytywne aspekty stosowania ziół, jak: brak okresu karencji i ich bezpieczeństwo dla konsumentów przy pozyskiwaniu produktów odzwierzęcych, szeroki zakres dawkowania i tolerancji organizmu, obecność w roślinach wielu związków czynnych o szerokim zakresie działania, brak przypadków uodparniania się patogenów na te substancje, czy też możliwość ich równoczesnego użycia z immunoprofilaktyką, w podjętych badaniach przyjęto założenie, że wybrane ekstrakty ziołowe będą wykazywały działanie hamujące rozwój kokcydiozy, a ich odpowiednio dobrany zestaw będzie mógł stanowić zamiennik kokcydiostatyków paszowych w mieszankach dla kurcząt brojlerów. Celem badań było zatem określenie skuteczności wybranych ekstraktów ziołowych oraz ich zestawu, stosowanego także w połączeniu z innymi naturalnymi dodatkami paszowymi (pre- i probiotyki, kwasy organiczne, chityna, oligosacharyd mannanu) w prewencji kokcydiozy jelit u kurcząt brojlerów zarażanych oocystami kokcydiów. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że ekstrakty z czosnku, szałwii, tymianku, lebidki (oregano) i jeżówki wykazują łagodzące działanie w przebiegu kokcydiozy, co wyrażało się korzystnym wpływem na parametry produkcyjne kurcząt brojlerów zarażonych kokcydiozą (Arczewska-Włosek i Świątkiewicz, 2013). Wykazano również, że ziołowy zestaw własny, tj. mieszanina ekstraktów z czosnku, szałwii, tymianku, lebidki i jeżówki, stosowany także w połączeniu z oligosacharydem mannanu, może stanowić skuteczną ochronę kurcząt brojlerów przed zachorowaniem w warunkach umiarkowanej ekspozycji organizmu na kokcydia, jak również łagodzić przebieg

choroby przy silnej inwazji pierwotniaków (Arczewska-Włosek i Świątkiewicz, 2012, 2015).

W poszukiwaniu nowych metod prewencji kokcydiozy drobiu coraz więcej uwagi poświęca się stosowaniu szczepień. Najbardziej skuteczne są żywe szczepionki, które wprowadzają do przewodu pokarmowego ptaków niewielką liczbę oocyst *Eimeria*, wytwarzając po przejściu kilku cykli rozwojowych stałą odporność organizmu na infekcje. Niektóre pozycje piśmiennictwa naukowego opisują jednak negatywny wpływ szczepień na wskaźniki produkcyjne, takie jak przyrost masy ciała i wykorzystanie paszy, co może być rezultatem wystąpienia w organizmie ptaków stanu lekkiej (subklinicznej) kokcydiozy (Arczewska-Włosek i Świątkiewicz, 2014). W IZ PIB przeprowadzono badania, których celem było określenie efektu łącznego zastosowania immunoprofilaktyki i wybranych dodatków paszowych o właściwościach antyoksydacyjnych, antybakteryjnych, przeciwwirusowych i immunomodulujących (ekstrakty ziołowe, w tym zestaw ekstraktów testowany w pierwszym etapie badań, probiotyk, kwas masłowy, chitozan) na parametry odchowu oraz wskaźniki statusu zdrowotnego kurcząt. Uzyskane wyniki potwierdziły, że zaszczepienie kurcząt żywą szczepionką może negatywnie wpływać na parametry produkcyjne w pierwszym okresie odchowu. Wykazano, że niekorzystny wpływ szczepień na parametry produkcyjne, bez negatywnego wpływu na proces cyrkulacji oocyst szczepionkowych, może być ograniczony przez zastosowanie zestawu ekstraktów ziołowych, w skład którego wchodzi ekstrakty z czosnku, szaflwii, tymianku, lebidki i jeżówki (Arczewska-Włosek i in., 2017), probiotyku, chitozanu, ekstraktu z czosnku z probiotykiem lub ekstraktu z czosnku z probiotykiem i kwasem masłowym. Stwierdzono również, że szczepienie przeciwko kokcydiozie jest czynnikiem stresogennym dla kurcząt, o czym świadczył podwyższony przez stosunkowo długi okres (16 dni) stosunek heterofili do limfocytów (H/L) we krwi. Zastosowanie wyższego poziomu białka w diecie oraz dodatku zestawu ekstraktów ziołowych istotnie obniżyło stosunek H/L, ograniczając stres poszczepienny u ptaków (Arczewska-Włosek i in., 2018).

Podsumowanie

Stosowanie różnego rodzaju dodatków paszowych stało się powszechną praktyką w nowoczesnej produkcji drobiarskiej, zwłaszcza po wprowadzeniu zakazu stosowania antybiotyków paszowych. Do najbardziej popularnych należą dodatki zwiększające strawność składników pokarmowych (enzymy paszowe), stabilizujące mikroflorę jelitową (kwasy organiczne, pre- i probiotyki, składniki ścian komórkowych drożdży, ekstrakty roślinne, enzymy paszowe), stymulujące procesy odpornościowe organizmu (fruktooligosacharydy, pre- i probiotyki, składniki ścian komórkowych drożdży, ekstrakty roślinne), poprawiające jakość produktów drobiarskich (substancje o charakterze przeciwtleniającym, np. ekstrakty ziołowe) oraz ograniczające

negatywny wpływ produkcji zwierzęcej na środowisko (enzymy paszowe, aminokwasy krystaliczne, biopleksy mikroelementów). W Instytucie Zootechniki PIB wykonano szereg badań, które pozwoliły na określenie efektywności stosowania różnych dodatków paszowych u drobiu, analizując ich wpływ na wskaźniki produkcyjne i fizjologiczne, zarówno u ptaków zdrowych, jak i zarażanych kokcydiozą. Wykazano, między innymi, że odpowiednio dobrana mieszanina ekstraktów ziołowych może stanowić skuteczną ochronę kurcząt brojlerów przed zachorowaniem w warunkach umiarkowanej ekspozycji organizmu na kokcydia, jak również łagodzić przebieg zachorowania przy silnej inwazji pierwotniaków.

Piśmiennictwo

- Alloui M.N., Szczurek W. (2017). Effects of different dietary levels of whey lactose as a prebiotic disaccharide on the productive performances and selected indices of the caecal micro-environment in broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 17: 1107–1122.
- Alloui M.N., Szczurek W., Świątkiewicz S. (2013). The usefulness of prebiotics and probiotics in modern poultry nutrition: A review. *Ann. Anim. Sci.*, 13: 17–32.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2012). The effect of a dietary herbal extract blend on the performance of broilers challenged with *Eimeria* oocysts. *J. Anim. Feed Sci.*, 21: 133–142.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2013). Improved performance due to dietary supplementation with selected herbal extracts of broiler chickens infected with *Eimeria* spp. *J. Anim. Feed Sci.*, 22: 257–263.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2014). Nutrition as a modulatory factor of the efficacy of live anticoccidial vaccines in broiler chickens. *World's Poultry Sci. J.*, 70: 81–92.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2015). The efficacy of selected feed additives in the prevention of broiler chicken coccidiosis under natural exposure to *Eimeria* spp. *Ann. Anim. Sci.*, 15: 725–735.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S., Kowal J., Józefiak D., Długosz J. (2017). The effect of increased crude protein level and/or dietary supplementation with herbal extract blend on the performance of chickens vaccinated against coccidiosis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 229: 65–72.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S., Ognik K., Józefiak D. (2018). Effect of dietary crude protein level and supplemental herbal extract blend on selected blood variables in broiler chickens vaccinated against coccidiosis. *Animals*, 8 (11): 208.
- Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S., Bederska-Łojewska D., Orczewska-Dudek S., Szczurek W., Boros D., Fraś A., Tomaszewska E., Dobrowolski P., Muszyński S., Kwiecień M., Schwarz T. (2019). The efficiency of xylanase in broiler chickens fed with increasing dietary levels of rye. *Animals*, 9 (2): 46.
- Bederska-Łojewska D., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S., Orczewska-Dudek S., Schwarz T., Puchała M., Krawczyk J., Boros D., Fraś A., Micek P., Rajtar

- P. (2019) The effect of different dietary levels of hybrid rye and xylanase addition on the performance and egg quality in laying hens. *Brit. Poultry Sci.*, 60, 4: 423–430.
- Brzóska F. (2007). Effectivity of organic acids and synbiotics in broiler feeding. *Med. Weter.*, 63: 831–835.
- Brzóska F., Stecka K. (2007). Effect of probiotic, prebiotic, and acidifier on the body weight of broiler chickens, feed conversion, and carcass and meat composition. *Ann. Anim. Sci.*, 7: 279–288.
- Brzóska F., Buluchevskij S., Stecka K., Śliwiński, B. (2007). The effects of lactic acid bacteria and mannan oligosaccharide, with or without fumaric acid, on chicken performance, slaughter yield and digestive tract microflora. *J. Anim. Feed Sci.*, 16: 241–251.
- Brzóska F., Pieszka M., Stecka K., Migdał W., Węsierska E., Walczycka M., Krzysztoforski K., Michalik-Rutkowska O. (2010). Effect of *Pediococcus* spp. in feed instead of antibiotic on broiler chicken body weight, mortality, slaughter traits and meat quality. *Ann. Anim. Sci.*, 10: 167–177.
- Brzóska F., Śliwiński B., Stecka K. (2012). Effect of *Lactococcus lactis* vs. *Lactobacillus* spp. bacteria on chicken body weight, mortality, feed conversion and carcass quality. *Ann. Anim. Sci.*, 12: 549–559.
- Brzóska F., Śliwiński B., Michalik-Rutkowska O. (2013). Effect of dietary acidifier on growth, mortality, post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 13: 85–96.
- Koreleski J., Świątkiewicz S. (2007 a). Dietary supplementation with plant extracts, xanthophylls and synthetic antioxidants: Effect on fatty acid profile and oxidative stability of frozen stored chicken breast meat. *J. Anim. Feed Sci.*, 16: 463–471.
- Koreleski J., Świątkiewicz S. (2007 b). Effect of coneflower, thyme and sage extracts in the diet on changes of chicken white meat quality during storage. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 57: 303–307.
- Koreleski J., Świątkiewicz S., Hadula E. (2000). Wpływ poziomu ziarna jęczmienia o zróżnicowanej zawartości skrobi i cukrów nieskrobiowych w paszy oraz dodatku enzymów na wyniki produkcyjne kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 27: 161–178.
- Official Journal of the European Union (2003). Regulation (EC) No. 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. *Official Journal of the European Union*, L 268: 29–43.
- Orczewska-Dudek S., Pietras M. (2017). Wpływ mieszanek paszowych z udziałem olejów z nasion truskawek lub malin oraz wyłoków z tych owoców na wyniki produkcyjne, profil biochemiczny krwi i wybrane parametry jakości mięsa kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 44: 265–283.
- Orczewska-Dudek S., Pietras M., Nowak J. (2018). The effect of amaranth seeds, sea buckthorn pomace and black chokeberry pomace in feed mixtures for broiler chickens on productive performance, carcass characteristics and selected indicators of meat quality. *Ann. Anim. Sci.*, 18: 501–523.
- Pietras M. (2001). The effect of probiotics on selected blood and meat parameters of broiler chickens. *J. Anim. Feed Sci.*, 10 (Suppl. 2): 297–302.

- Pietras M., Skraba B. (2000). Wpływ preparatu probiotycznego na wskaźniki odporności i wyniki odchowu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 6 (Supl.): 357–361.
- Szczurek W., Koreleski J., Świątkiewicz S. (2000). Wpływ obniżenia lepkości treści jelita cienkiego na wskaźniki produkcyjne u kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 27: 247–264.
- Szczurek W., Alloui M.N., Józefiak D. (2018). The effects of dietary whey lactose and *Lactobacillus agilis* bacteria on the growth performance, physicochemical conditions of the digestive tract and the caecal microbial ecology of broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 18: 483–500.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A. (2012 a). Prebiotic fructans and organic acids as feed additives improving mineral availability. *World's Poultry Sci. J.*, 68: 269–279.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A. (2012 b). Bone quality characteristics and performance in broiler chickens fed diets supplemented with organic acids. *Czech J. Anim. Sci.*, 57: 193–205.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2002). Efektywność żywieniowa mieszanek paszowych bez udziału składników pochodzenia zwierzęcego u kur nieśnych. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 16 (Supl.): 279–284.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2006). Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. *J. Anim. Feed Sci.*, 15: 253–260.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Dai Qiu Zhong (2001 a). The availability of zinc from inorganic and organic sources in broiler chickens as affected by addition of phytase. *J. Anim. Feed Sci.*, 10: 317–328.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Goetz M., Kubicz M. (2001 b). Fitaza jako czynnik umożliwiający obniżenie zawartości składników pokarmowych w mieszance paszowej dla kur nieśnych. *Zesz. Nauk. PTZ, Chów i hodowla drobiu*, 57: 246–248.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Kopowski J. (2006). Wpływ fitazy i 25-hydroksycholekalcyferolu na wyniki odchowu i jakość kośćca kurcząt brojlerów. *Med. Weter.*, 62: 81–84.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska A. (2010 a). Laying performance and egg-shell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech J. Anim. Sci.*, 55: 294–306.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska A. (2010 b). Effect of organic acids and prebiotics on bone quality in laying hens fed diets with two levels of calcium and phosphorus. *Acta Vet. Brno*, 79: 185–193.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Włosek A. (2010 c). Effect of prebiotic fructans and organic acids on mineral retention in laying hens. *Acta Agricult. Scand., Section A*, 60: 125–128.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Włosek A. (2011). Effect of inulin and oligofructose on performance and bone characteristics of broiler chickens fed on diets with different concentrations of calcium and phosphorus. *Brit. Poultry Sci.*, 52: 483–491.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Krawczyk J., Puchała M., Józefiak D. (2013). Effects of selected feed additives on the performance of laying hens

- given a diet rich in maize dried distiller's grains with solubles (DDGS). *Brit. Poultry Sci.*, 54: 478–485.
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Józefiak, D. (2014 a). Feed enzymes, probiotic, or chitosan can improve the nutritional efficacy of broiler chicken diets containing a high level of distillers dried grains with solubles. *Livest. Sci.*, 163: 110–119.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Józefiak D. (2014 b). Immunomodulatory efficacy of yeast cell products in poultry: a current review. *World's Poultry Sci. J.*, 70: 57–68.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Józefiak D. (2014 c). Bones quality indices in laying hens fed diets with a high level of DDGS and supplemented with selected feed additives. *Czech J. Anim. Sci.*, 59: 61–68.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A., Krawczyk J., Puchała M., Józefiak, D. (2015). Dietary factors improving eggshell quality: an updated review with special emphasis on microelements and feed additives. *World's Poultry Sci. J.*, 71: 83–94.
- Żyła K., Gogol D., Koreleski J., Świątkiewicz S., Ledoux D.R. (1999 a). Simultaneous application of phytase and xylanase to broiler feeds based on wheat: *in vitro* measurements of phosphorus and pentose release from wheat and wheat-based feeds. *J. Sci. Food Agricult.*, 79: 1832–1840.
- Żyła K., Gogol D., Koreleski J., Świątkiewicz S., Ledoux D.R. (1999 b). Simultaneous application of phytase and xylanase to broiler feeds based on wheat: feeding experiment with growing broilers. *J. Sci. Food Agricult.*, 79: 1841–1848.
- Żyła K., Koreleski J., Świątkiewicz S., Wikiera A., Kujawski M., Piironen J., Ledoux D.R. (2000 a). Effects of phosphorolytic and cell wall-degrading enzymes on the performance of growing broilers fed wheat-based diets containing different calcium levels. *Poultry Sci.*, 79: 66–76.
- Żyła K., Wikiera A., Koreleski J., Świątkiewicz S., Piironen J., Ledoux D.R. (2000 b). Comparison of the efficacies of a novel *Aspergillus niger* mycelium with separate and combined effectiveness of phytase, acid phosphatase, and pectinase in dephosphorylation of wheat-based feeds fed to growing broilers. *Poultry Sci.*, 79: 1434–1443.
- Żyła K., Koreleski J., Świątkiewicz S., Ledoux D.R., Piironen J. (2001). Influence of supplemental enzymes on the performance and phosphorus excretion of broilers fed wheat-based diets to 6 weeks of age. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 89: 113–118.
- Żyła K., Mika M., Stodolak B., Wikiera A., Koreleski J., Świątkiewicz S. (2004). Towards complete dephosphorylation and total conversion of phytates in poultry feeds. *Poultry Sci.*, 83: 1175–1186.
- Żyła K., Mika M., Koreleski J., Świątkiewicz S. (2005). Degree of phytate conversion and type of phytase modify production parameters and egg shell quality of laying hens. *J. Anim. Feed Sci.*, 14 (Suppl. 1): 515–518.

Badania nad efektywnością systemu strawnych aminokwasów w żywieniu kurcząt brojlerów i oznaczaniem standaryzowanej strawności jelitowej aminokwasów białka materiałów paszowych

Witold Szczurek

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Zawartość białka, traktowanego w ścisłym ujęciu jako źródło tworzących je aminokwasów (AA), jest – obok koncentracji energii metabolicznej – podstawowym wyznacznikiem żywieniowej wartości materiałów paszowych dla drobiu. Wartość odżywcza białka paszowego determinuje zarówno ilość, jak i dostępność biogennych AA – związków niezbędnych do procesów proteinogenezy, odnowy tkankowej, a także syntezy szeregu substancji pośredniczących w przemianach metabolicznych. Na (bio)dostępność AA składają się trzy zasadnicze procesy: trawienie (hydroliza enzymatyczna) białek paszy do di-, tripeptydów lub do pojedynczych AA, wchłanianie tych produktów przez błonę śluzową jelita oraz wykorzystanie AA (retencja w postaci białek ciała i metabolitów). Chociaż nie zawsze wszystkie AA wchłonięte w jelicie cieniłym mogą zostać włączone do procesów biosyntezy (przyswojone) jest oczywiste, że niewolnione z białek i/lub niewchłonięte AA, tj. te, które opuściły jelito cienkie ptaka i zostały wydalone w odchodach, nie mogą zostać wykorzystane w organizmie. Dlatego też przyjmuje się założenie, że u drobiu dostępność AA jest uzależniona przede wszystkim od wydajności procesów hydrolizy białka i stopnia jelitowej absorpcji jej produktów. Badając dostępność AA z poszczególnych materiałów paszowych w testach strawnościowych na żywych osobnikach (*in vivo*), oznacza się współczynniki strawności – wartości liczbowe (zwykle % od 0 do 100) charakteryzujące pulę AA wchłoniętych, po ich uwolnieniu z białek, w stosunku do AA pobranych. Tak określana „strawność” aminokwasów jest charakterystyką białka danego materiału, która pozwala z dostatecznie dużą precyzją szacować ilość poszczególnych AA w formie potencjalnie możliwej do wykorzystania w procesach anaboliźmu tkankowego (Ravindran i Bryden, 1999). Dla oceny strawności AA materiałów paszowych u drobiu służyły początkowo eksperymenty bilansowe na dorosłych, przymusowo żywionych kogutach (metoda Sibbalda), w których współczynniki **strawności całkowitej** (*excreta digestibility*) tych związków

oznacza się na podstawie różnicy między ilością pobraną i wydaloną w odchodach (Sibbald, 1987). Uśrednione wyniki uzyskiwane w tego typu testach intensywnie publikowano od połowy lat 90. XX w. w formie zestawień tabelarycznych lub włączano do specjalnych programów komputerowych udostępnianych głównie przez duże międzynarodowe firmy wytwarzające dodatki paszowe. Dane te stały się podstawą pierwszych prób wprowadzenia do praktyki systemu żywienia białkowego kurcząt rzeźnych, opartego na bilansowaniu strawnych AA. Warto w tym miejscu podać, że Instytut Zootechniki był pierwszą w Polsce placówką naukową, w której w 2000 r. podjęto tę tematykę badawczą w kontekście zarówno oczekiwanego wówczas zakazu stosowania mączek utylizacyjnych (zwierzęcych) w mieszankach dla drobiu, jak i rosnącej podaży poekstrakcyjnej śruty rzepakowej na krajowym rynku surowców paszowych.

Od początku obecnego stulecia, po szerokiej dyskusji metodologicznej kwestionującej miarodajność oznaczeń na podstawie analizy odchodów, dominuje pogląd, że najbardziej wiarygodnym sposobem szacowania strawności AA u rosnącego drobiu jest określanie **strawności jelitowej** (*ileal digestibility*). Polega ono na analizie zawartości AA w treści pobranej z jelita biodrowego (końcowego odcinka jelita cienkiego – *i. ileum*) i odniesieniu uzyskanych wyników do wielkości pobrania AA z testowanym materiałem wprowadzonym do diety wraz z niestrawną substancją wskaźnikową. Co istotne, dokładność oznaczeń faktycznej puli AA uwolnionych z białek dostarczonych w paszy i wchłoniętych do krwiobiegu implikuje potrzebę korekty współczynników, uwzględniającą obecność w treści jelitowej AA pozapaszowych (tzw. endogennych), tj. pochodzących ze związków wydzielanych do przewodu pokarmowego z sokami trawiennymi, złuszczonej komórki nabłonka i mikroflory zasiedlającej jelita. Współczynniki jelitowej strawności korygowane na wartość podstawowego (niezwiązanego ze specyficznym działaniem konkretnej paszy) przepływu jelitowego endogennych AA (*basal flow*) określa się mianem współczynników standaryzowanych (**SIDAA** – *standardised ileal digestibility of amino acids*).

W porównaniu z tradycyjnym szacowaniem zawartości AA „ogólnych”, tj. jedynie w oparciu o analizy chemiczne składu aminokwasowego, przejście na ocenę poszczególnych komponentów paszowych według udziału strawnych AA (zawartość analityczna × współczynnik strawności dla danego AA) daje możliwość porównania różnych materiałów według ich realnej wartości białkowej. Praktyczna efektywność tego systemu wymaga jednak nagromadzenia precyzyjnych danych o strawności poszczególnych AA biogennych w określonych rodzajach materiałów paszowych.

Skuteczność stosowania w żywieniu kurcząt pasz pełnoporcjowych bilansowanych według udziału strawnych aminokwasów (strawność całkowita) – wyniki badań Instytutu Zootechniki z lat 2000–2007

W podjętych badaniach główną uwagę skupiono na praktycznych efektach wykorzystania systemu strawnych aminokwasów w układaniu receptur mieszanek pełnoporcjowych, zawierających krajowe zboża i alternatywne względem śrutę sojowej materiały białkowe, których udział w paszy dla kurcząt brojlerów podlega zwykle ograniczeniom. Ich celem było sprawdzenie, czy reakcja ptaków na bilansowanie zawartości AA takich mieszanek z uwzględnieniem ich strawności pozwoli na poprawę wyników odchowu i wskaźników poubojowych w stosunku do wartości uzyskanych przy bilansowaniu metodą tradycyjną (AA ogólne). Podstawą obliczeń zawartości strawnych AA w stosowanych materiałach były tabelaryczne współczynniki strawności całkowitej opublikowane w okresie 1993–2001 przez zagraniczne ośrodki badawcze (Szczurek, 2004 a). W kolejnych doświadczeniach przyjęto wspólne elementy metodyczne, w tym opracowanie receptur mieszanek doświadczalnych w dwóch wersjach bilansowania udziału niezbędnych AA: w formie ogólnej (TAA) lub strawnej (DAA), uzupełnianie diet paszowymi dodatkami AA krystalicznymi (przyjmując ich strawność = 100%) oraz określenie wartości energetycznej komponentów paszowych według analiz składu chemicznego.

W sześciotygodniowym doświadczeniu na kurczętach Cobb stosowano pasze zawierające poekstrakcyjną śrutę rzepakową, nasiona bobiku i jęczmień (do 15%) lub poekstrakcyjną śrutę rzepakową (do 15%) i mączkę mięsno-kostną (do 10% w mieszance). Końcowe wyniki odchowu (masa ciała w 42. dniu, wykorzystanie paszy) na tych dietach w wersji TAA były istotnie gorsze, a przy bilansowaniu w oparciu o udział DAA – podobne do odnotowanych u ptaków otrzymujących pasze zestawione wyłącznie z „typowych” składników (kukurydza, pszenica, śruta sojowa). Ten ogólny korzystny efekt (DAA > TAA) był jednak uzyskany głównie w rezultacie istotnej poprawy wykorzystania paszy w drugim okresie żywienia (22–42 dzień). Brak podobnej reakcji u młodszych ptaków (1–21 dzień) sugerował m.in., że współczynniki szacowane na dorosłych osobnikach niewystarczająco dokładnie odzwierciedlają ilość AA uwalnianych/wchłanianych w przewodzie pokarmowym młodych, rosnących kurcząt, lub że przyjęte wartości zapotrzebowania na strawne AA u ptaków w pierwszych trzech tygodniach życia były mało precyzyjne (Szczurek, 2002).

Wykluczenie mączek zwierzęcych ze ssaków z krajowego wykazu środków dopuszczonych do produkcji pasz drobiowych (listopad 2003 r.) wywołało potrzebę skoncentrowania się na materiałach pochodzenia roślinnego. W tym kontekście na uwagę zasługują wyniki kolejnego eksperymentu przeprowadzonego na 800 kurczętach Starbro w wieku od 22. do 42. dnia życia, z zastosowaniem diety zbożowo-sojowej zawierającej 8% mączki mięsno-

kostnej (MMK) lub diety kukurydziano-sojowej z wysokim udziałem poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (15%) oraz nasion bobiku (12%). Przy stosowaniu mieszanki bez mączki w wersji DAA stwierdzono istotne polepszenie przyrostów masy ciała, do poziomu uzyskanego na paszy zawierającej MMK. Stosowanie obu mieszanek bilansowanych w oparciu o zawartość DAA poprawiło również wskaźniki wykorzystania paszy i sprzyjało ograniczeniu wydania azotu w odchodach ptaków. Szczegółowa analiza wyników tego doświadczenia sugerowała jednak, że powyższe zależności mogły być także częściowo związane z wyższym stosunkiem metioniny do lizyny w przypadku wersji DAA w porównaniu z wzajemną proporcją tych aminokwasów w dietach w wersji TAA (Szczurek, 2003 a,b; 2004 a).

Ocenę skutków bilansowania według strawnych AA wieloskładnikowych roślinnych mieszanek typu grower-finisz (22–42 dzień) wykonano także na kurczętach brojlerach o zróżnicowanych predyspozycjach genetycznych: szybki wzrost (ISA 215) lub wysoki udział mięśni piersiowych (Ross 308). Dodatkowym celem tej części badań było porównanie zakresu poprawy wskaźników produkcyjnych i ubojowych w wyniku bilansowania diet według DAA w stosunku do efektów zastosowania dodatku enzymatycznego. Ptaki otrzymywały diety jęczmienno-kukurydziane z udziałem nasion grochu, bobiku i łubinu, różniące się koncentracją energii i rodzajem wprowadzonego składnika rzepakowego (15% w diecie): pełnotłuste nasiona (mieszanka I) lub śruta poekstrakcyjna (mieszanka II). Każdą z wersji mieszanek podawano bez dodatku lub z dodatkiem kompleksu enzymów (beta-glukanaza, celulaza, ksy lanaza, amylaza, proteaza). Mimo iż kurczęta Ross okazały się bardziej wrażliwe na zastosowane warunki żywienia, uzyskując gorsze wskaźniki wzrostu i wykorzystania paszy niż ISA, przy stosowaniu mieszanek w wersji DAA odnotowano istotną poprawę wyników odchowu u ptaków obu zestawów genetycznych w porównaniu z wersją TAA, pozwalającą na obniżenie obciążenia kosztami paszowymi uzyskanej produkcji (Szczurek, 2004 b). Zarówno wprowadzenie enzymów, jak i użycie mieszanek w wersji DAA przyniosło znaczne zwiększenie umięśnienia tuszek (Szczurek, 2005). Zakres tej poprawy w wyniku działania enzymów był jednak niższy niż efekt uzyskany przy bilansowaniu strawnych AA. Interesujących danych dostarczyła analiza porównawcza wpływu badanych zabiegów (sposób bilansowania AA vs dodatek enzymatyczny) na skład chemiczny mięśni piersiowych kurcząt odchowywanych na mieszance II. U brojlerów ISA wzrósł udział tłuszczu w mięśniach ptaków żywionych tą dietą w wersji DAA. Kurczęta Ross zareagowały natomiast zwiększeniem zawartości białka i suchej masy (Szczurek, 2008).

Oznaczanie standaryzowanej strawności jelitowej dla oceny efektywności wykorzystania przez rosnące kurczęta brojlery aminokwasów rodzimych roślinnych materiałów białkowych oraz zbóż – wyniki badań Instytutu Zootechniki PIB z lat 2008–2019

W kolejnych latach w Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa kontynuowano tematykę poświęconą zastosowaniu koncepcji strawnych aminokwasów w formułowaniu składu diet dla kurcząt rzeźnych, realizując zadania badawcze IZ PIB oraz projekt finansowany przez MNiSW. Wcześniejszy zakres prac (doświadczenia wzrostowo-bilansowe) poszerzono o oznaczanie standaryzowanej strawności jelitowej AA różnych materiałów paszowych u dwu- i czterotygodniowych ptaków. Pierwotny utylitarny cel tych badań przewidywał uzyskanie danych, które miały ułatwić podejmowanie decyzji o wyborze danego materiału paszowego, jego udziale w strukturze pasz pełnoporcjowych dla kurcząt brojlerów w kolejnych fazach odchowu, a także wspomóc dostosowanie tych decyzji do zmieniającej się sytuacji rynkowej (podaż, cena materiałów paszowych). Wiek kurcząt użytych do oznaczeń SIDAA był także ważnym elementem poznawczym przedmiotowych prac. Niska sekrecja enzymatyczna w stosunku do szybko wzrastającego pobrania paszy to jeden z powodów sprawiających, że trawienie składników pokarmowych u kurcząt we wczesnym okresie wzrostu nie jest procesem tak wydajnym jak u starszych osobników. Przeprowadzenie testów strawnościowych oparto na metodologii obejmującej określanie zawartości AA w treści dystalnego odcinka jelita biodrowego pobranej od ptaków poddanych ubojowi (eutanazji), natomiast wielkość przepływu AA pochodzenia endogennego u kurcząt w danym wieku określano z wykorzystaniem żywienia dietą bezbiałkową (Ravindran i in., 2017). W badaniach założono m.in., że szczegółowe poznanie strawności jelitowej AA zawartych w białku materiałów rzepakowych, wywaru DDGS z kukurydzy, nasion bobiku, różnych podgatunków grochu siewnego i gatunków łubinu może przyczynić się do zwiększenia efektywności użycia tych materiałów w mieszankach paszowych dla kurcząt w kolejnych okresach żywienia. Stąd też, część prac poświęcono weryfikacji oznaczonych wartości SIDAA w eksperymentach żywieniowych z wykorzystaniem systemu bilansowania diet według udziału strawnych AA, wyrażonego zalecanymi wzorcami, tj. proporcjami AA egzogennych (niezbędnych) w stosunku do lizyny (Świątkiewicz i Szczurek, 2018).

W teście na kurczętach w wieku 14 dni oznaczono współczynniki SID aminokwasów zawartych w produktach ubocznych: makuchu rzepakowym z wytlaczenia oleju na zimno (RSC1), makuchu z nasion płatkowanych/kondycjonowanych i tłoczonych w temperaturze 90°C (RSC2), śrucie rzepakowej z klasycznej technologii przerobu nasion z tostowaniem śruty w końcowym etapie procesu (RSM) oraz DDGS z kukurydzy. Oznaczenia wykonano także dla pełnotłustych nasion rzepaku, ziarna kukurydzy i pszenicy oraz poekstrakcyjnej śruty sojowej (SBM). Stwierdzono, że dostępność AA odzwierciedlona

wartością SIDAA szereguje oceniane produkty uboczne w następującej kolejności: makuch RSC1 > makuch RSC2 > śruta RSM > wywar DDGS, a możliwości wykorzystania lizyny i metioniny z makuchu rzepakowego RSC1 oraz RSC2 przez kurczęta w wieku 14 dni są relatywnie duże i zbieżne z wykorzystaniem tych AA z SBM. Wyniki wykazały także, że aminokwasy niezbędne zawarte w DDGS z kukurydzy, szczególnie lizynę i treoninę, charakteryzuje niska wartość SID, zarówno w porównaniu ze śrutą sojową, jak i produktami przetwarzania rzepaku (Szczurek, 2010 a). Praktyczna weryfikacja tych wyników wykazała, że przy wykorzystaniu SID pięciu aminokwasów (Met, Cys, Lys, Thr, Trp) zawartych w stosowanych materiałach paszowych możliwe jest wprowadzenie do składu diet typu starter (1–14 dzień) – 10% oraz grower (15–28 dzień) – 15% makuchu, poekstrakcyjnej śruty rzepakowej lub wywaru DDGS z kukurydzy w ilościach wprowadzających do diety odpowiednio do 15 i 24% białka ogólnego, a także uzyskanie efektów odchowu porównywalnych z żywieniem opartym na mieszankach zawierających śrutę sojową jako jedyne oprócz zbóż źródło białka paszowego. Co więcej, lepsze wykorzystanie białka diet bilansowanych w oparciu o zawartość AA strawnych skutkowało istotnym ograniczeniem N wydalonego w stosunku do N pobranego w paszy (Szczurek, 2010 b).

W badaniach przeprowadzonych na 30-dniowych kurczętach Ross 308 określono współczynniki SID aminokwasów białka śruty rzepakowej, uzyskanej w klasycznej technologii ekstrakcji makuchu rzepakowego otrzymanego w identycznej technologii jak RSC2 (*vide supra*), wywaru (DDGS) z kukurydzy, poekstrakcyjnej śruty sojowej, nasion rzepaku (FRS), bobiku i grochu oraz ziarna kukurydzy i pszenicy. Wyrażona uśrednioną wartością współczynników SID dostępność najważniejszych AA u kurcząt w wieku 30 dni szeregowała badane materiały w następującej kolejności – zboża: kukurydza > pszenica, nasiona: bobik = groch > rzepak, produkty uboczne: śruta sojowa > makuch rzepakowy > śruta rzepakowa > DDGS. Stwierdzono, że przy ocenie ziarna kukurydzy i pszenicy jako źródeł dostępnych AA siarkowych dla 4-tyg. brojlerów należy uwzględnić niską „strawność” cysteiny pochodzącej z kukurydzy, a w porównaniu z grochem i bobikiem – pełne nasiona rzepaku (FRS) mogą stanowić bogate źródło strawnej metioniny dla kurcząt w danym wieku (Szczurek, 2009). Wyniki doświadczenia wzrostowego wykazały, że bilansowanie diet pszennych z niewielkim udziałem poekstrakcyjnej śruty sojowej (10%) oraz łączną ilością materiałów białkowych (nasion strączkowych, wywaru DDGS i komponentów rzepakowych – śruty lub makuchu lub nasion), wprowadzającą do 48% całkowitej zawartości białka ogólnego diety, z uwzględnieniem SIDAA tych komponentów oznaczonej u 30-dniowych ptaków, sprzyja utrzymaniu wysokiej efektywności żywienia kurcząt brojlerów w okresie od 22. do 42. życia, zwłaszcza w odniesieniu do wykorzystania paszy oraz umięśnienia tuszek (Szczurek, 2010 c).

Włączając się w nurt krajowych prac związanych z określeniem możliwości zwiększonego użycia roślin strączkowych w żywieniu drobiu w celu zastąpienia lub uzupełnienia importowanej śruty sojowej, w Instytucie Zootechniki PIB podjęto badania dotyczące nasion łąbinów i grochów. Głównym celem tych badań była ocena, na podstawie współczynników SIDAA, ewentualnych różnic w wykorzystaniu przez kurczęta brojlerzy w wieku 14 i 28 dni AA zawartych w nasionach rodzimych odmian łąbinu wąskolistnego (LA) i łąbinu żółtego (LL) oraz grochu białokwiatowego i barwnie kwitnącego. Dla wyjaśnienia zasadności stosowania w paszach z wysokim udziałem nasion tych strączkowych enzymów paszowych, których deklarowana efektywność polega na bezpośredniej poprawie trawienia białka roślinnego, diety testowe stosowano bez dodatku lub z dodatkiem paszowego preparatu proteazy serynowej. Wyniki dotyczące łąbinów wskazały na znacząco lepsze wykorzystanie AA z nasion LA (odm. Sonet) przez kurczęta w wieku 28 dni niż przez kurczęta 14-dniowe, natomiast u kurcząt w wieku 14 i 28 dni strawność AA nasion LL (odm. Mister), poza cysteiną, nie różniła się istotnie. Stwierdzono, że oba gatunki łąbinu są dla 28-dniowych kurcząt równie cenne pod względem strawności AA niezbędnych, a dla 14-dniowych ptaków łąbin LL jest bogatszym źródłem strawnych AA niż łąbin LA. Wykazano, że zastosowana proteaza serynowa może istotnie poprawiać strawność niektórych AA nasion łąbinu LA, w tym treoniny, waliny, glicyny i proliny oraz szeregu niezbędnych AA nasion łąbinu LL (Szczurek i Szymczyk, 2015, 2016). Dla nasion różowokwiatowej odmiany grochu siewnego (Milwa) uzyskano dane świadczące o istotnie niższej dostępności AA u młodszych kurcząt. Stwierdzono natomiast, że u kurcząt obu grup wiekowych standaryzowana strawność jelitowa AA nasion grochu białokwiatowego (odm. Tarchalska), z wyjątkiem treoniny, glicyny i argininy, nie różniła się znacząco. Porównanie SIDAA w układzie ten sam wiek kurcząt vs różne odmiany grochu pozwoliło stwierdzić, że groch odmiany Tarchalska jest bogatszym źródłem strawnej Met i Cys niż groch Milwa, zarówno dla 14-, jak i 28-dniowych kurcząt brojlerów. Wykazano ponadto, że niezależnie od wieku kurcząt zastosowana proteaza może istotnie poprawiać dostępność treoniny, leucyny, lizyny, argininy i cysteiny z nasion grochu odmiany Tarchalska oraz niwelować różnice w dostępności AA grochu odmiany Milwa spowodowane różnym wiekiem ptaków (Szczurek i in., 2019 a,c).

Chociaż podstawową funkcją ziarna zbóż jest dostarczenie energii, w strukturze receptur typowych mieszanek pełnoporcjowych dla brojlerów kurzych udział białka zbóż w łącznej zawartości białka w diecie dochodzi do 40%. W tej sytuacji nie można pomijać roli zbóż jako istotnego źródła AA w paszach przeznaczonych dla tej grupy drobiu. Do badań strawnościowych wykonanych w IZ PIB na 14- i 28-dniowych brojlerach wybrano ziarno pszenicy ozimej, pszenżyta ozimego oraz jęczmienia jarego typu pastewnego. Współczynniki SIDAA oznaczano żywiąc ptaki dietami testowymi, w których

ziarno (94% diety) stanowiło jedyne źródło białka (AA). Uzyskane wyniki sugerują, że przy porównywaniu stopnia dostępności AA z białka tych zbóż (uśrednionego dla grupy niezbędnych AA) można oczekiwać następującej gradacji związanej z wiekiem ptaków: pszenica – 14 = 28 dzień; pszenżyto i jęczmień – 14 < 28 dzień. Porównanie uwzględniające ten sam wiek kurcząt pozwoliło określić następującą gradację w obrębie badanych zbóż: 14 dni – jęczmień < pszenżyto = pszenica; 28 dni – jęczmień = pszenica < pszenżyto. Wyniki te wskazują, że współczynniki SIDAA dla pszenżyta i jęczmienia oznaczone w testach na starszych ptakach nie pozwalają na precyzyjne szacowanie dostępności aminokwasów z białka tych zbóż dla młodych kurcząt (Szczurek i in., 2019 b).

Podsumowanie

Wysoki potencjał genetyczny oraz krótki okres żywienia współczesnych kurcząt brojlerów (rzeźnych) wymaga dostarczenia w diecie niezbędnych aminokwasów w ilościach dostosowanych do potrzeb ptaków związanych z szybkim przyrostem masy ciała. Obecnie nie ulega wątpliwości, że bilansowanie pasz z udziałem nietypowych (innych niż poekstrakcyjna śruta sojowa) materiałów białkowych na podstawie AA ogólnych jest obciążone dużym błędem. System strawnych AA przewiduje uwzględnianie w bilansowaniu pasz pełnoporcjowych dla brojlerów tylko tej części całkowitej (ogólnej) ilości aminokwasów, która została uwolniona z białek i wchłonięta z jelita cienkiego, a znajomość współczynników strawności AA zawartych w poszczególnych komponentach mieszanek pozwala określać ilość tych związków faktycznie możliwą do wykorzystania na cele produkcyjne. Przedstawione w niniejszym opracowaniu badania Instytutu Zootechniki PIB wykazały m.in., że system ten oferuje lepszą gwarancję osiągnięcia założonych celów produkcyjnych (wskaźników ilościowych i/lub jakościowych) odchovu kurcząt brojlerów z wykorzystaniem alternatywnych dla śruty sojowej miejscowych komponentów białkowych, redukując przy tym negatywne skutki środowiskowe utrzymania stad brojlerów kurzych. Należy również podkreślić, że Instytut jest krajowym prekursorem oznaczeń standaryzowanej strawności jelitowej AA u kurcząt w różnym wieku, co wydaje się szczególnie ważne wobec preferowanego obecnie wielofazowego sposobu żywienia tej grupy drobiu mięsnego. Oprócz artykułów i doniesień naukowych przytoczonych w poniższym piśmiennictwie, wyniki przedmiotowych badań były upowszechniane w formie broszur informacyjnych i publikacji w specjalistycznej prasie, a także uwzględnione w najnowszym wydaniu podręcznika pt. „Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla drobiu” z 2018 r.

Piśmiennictwo

- Ravindran V., Bryden W.L. (1999). Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements. *Aust. J. Agric. Res.*, 50: 889–908.
- Ravindran V., Adeola O., Rodehutsord M., Kluth H., van der Klis J.D., van Eerden E., Helmbrecht A. (2017). Determination of ileal digestibility of amino acids in raw materials for broiler chickens – Results of collaborative studies and assay recommendations. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 225: 62–72.
- Sibbald I.R. (1987). Estimation of bioavailable amino acids in feedingstuffs for poultry and pigs – a review with emphasis on balance experiments. *Can. J. Anim. Sci.*, 67: 221–330.
- Szczurek W. (2002). Wpływ bilansowania mieszanek paszowych według aminokwasów ogólnych lub strawnych na wskaźniki odchowu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 16: 269–272.
- Szczurek W. (2003 a). The potential for the improvement of meat yields of broilers by formulating diets containing plant protein sources on a digestible amino acid basis. *Ann. Anim. Sci., Suppl.*, 2: 231–235.
- Szczurek W. (2003 b). A note on the performance and nitrogen output in broiler chickens fed diets with and without meat-and-bone meal formulated to total or digestible amino acid requirements. *J. Anim. Feed Sci.*, 12: 813–819.
- Szczurek W. (2004 a). Bilansowanie białka mieszanek paszowych dla kurcząt rzeźnych na podstawie strawnych aminokwasów. *Wiad. Zoot.*, 42 (2): 33–40.
- Szczurek W. (2004 b). Wpływ sposobu bilansowania składu aminokwasowego i obecności dodatku enzymatycznego w mieszkach paszowych na wyniki odchowu kurcząt brojlerów różnego pochodzenia. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 20: 267–271.
- Szczurek W. (2005). Digestible amino acids and feed enzymes in broiler diets: effects on carcass composition of two broiler strains. *J. Anim. Feed Sci.*, 14 (Suppl. 1): 487–490.
- Szczurek W. (2008). Effects of formulating diets with digestible amino acids and enzyme supplementation on the chemical composition of breast muscles in two broiler genotypes. *J. Anim. Feed Sci.*, 17: 202–214.
- Szczurek W. (2009). Standardized ileal digestibility of amino acids from several cereal grains and protein-rich feedstuffs in broiler chickens at the age of 30 days. *J. Anim. Feed Sci.*, 18: 662–676.
- Szczurek W. (2010 a). Standardized ileal digestibility of amino acids in some cereals, rapeseed products and maize DDGS for broiler chickens at the age of 14 days. *J. Anim. Feed Sci.*, 19: 73–81.
- Szczurek W. (2010 b). Performance and nitrogen output in young broilers fed diets containing different plant by-products and formulated with predetermined ileal digestible amino acid values. *Ann. Anim. Sci.*, 10 (3): 285–298.
- Szczurek W. (2010 c). Practical validation of efficacy of the standardized ileal digestible amino acid values in diet formulation for broiler chickens. *J. Anim. Feed Sci.*, 19: 590–598.
- Szczurek W., Szymczyk B. (2015). Effects of chicken age and dietary protease on ileal digestibility of amino acids in narrow-leafed lupin seeds. *Proc. 27th Int. Poultry Sci. Symp. PB WPSA, Bydgoszcz, Poland*, pp. 198–199.

- Szczurek W., Szymczyk B. (2016). Effects of chicken age and serine protease on amino acid ileal digestibility in *Lupinus luteus* L. var. Mister seeds. Proc. 28th Int. Poultry Sci. Symp. PB WPSA, Licheń Stary, Poland, pp. 92–93.
- Szczurek W., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2019 a). Effects of broiler chicken age and dietary protease on the standardised ileal digestibility of amino acids in *Pisum sativum* ssp. arvense var. Milwa seeds. Proc. 48th Sci. Session of Group of Anim. Nutr. KNZiA PAN, Poznań, Poland, p. 60.
- Szczurek W., Szymczyk B., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz S. (2019 b). Apparent and standardised ileal digestibility of amino acids in wheat, triticale and barley for broiler chickens at two different ages. Brit. Poultry Sci., DOI: 10.1080/00071668.2019.1673317.
- Szczurek W., Szymczyk B., Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A. (2019 c). Standardised ileal digestibility of amino acids in pea seeds of the white-flowered variety for broilers as affected by bird age and protease supplementation. Proc. 48th Sci. Session of Group of Anim. Nutr. KNZiA PAN, Poznań, p. 61.
- Świątkiewicz S., Szczurek W. (2018). Zalecenia żywienia kur. W: Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla drobiu. Podręcznik, S. Smulikowska, A. Rutkowski (red.), ss. 30–49; IFiŻZ PAN i PO WPSA, ISBN 978-83-951612-1-6.

Kształtowanie wartości dietetycznej oraz właściwości prozdrowotnych mięsa drobiowego i jaj na drodze modyfikacji żywieniowej

Beata Szymczyk, Sylwia Orczewska-Dudek

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywnienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Produkty zwierzęce zajmują ważne miejsce w globalnym bilansie żywnościowym, nie ulega więc wątpliwości, że całkowite wyeliminowanie ich z diety nie jest wskazane. Istotne jest jednak, aby nie stanowiły one czynnika ryzyka w rozwoju chorób cywilizacyjnych, takich jak schorzenia układu krążenia, nowotworowe czy otyłość. Podstawową metodą zapobiegania wspomnianym chorobom powinny być zmiany w sposobie żywienia, tj. obniżenie ogólnego spożycia energii, cholesterolu i kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA) na rzecz wyższego udziału w tłuszczu kwasów jednonienasyconych (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA), niezbędnych dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmu (Bederska-Łojewska i in., 2013). W tym kontekście przedmiotem wielu badań prowadzonych aktualnie na drobiu jest nie tylko zwiększenie efektywności produkcji oraz zmiana stosunku tłuszczowo-mięsnego w tuszach zwierząt, ale uzyskiwanie produktów o zmodyfikowanym składzie, odpowiadającym współczesnym zaleceniom żywieniowym i wymaganiom konsumentów. Jest to przede wszystkim poprawa wartości odżywczej i zdrowotnej uzyskiwanych produktów (mięsa, jaj), czyli ich cech funkcjonalnych. Jak już wspomniano, efekt ten można uzyskać m.in. poprzez obniżenie zawartości cholesterolu, podwyższenie udziału kwasów wielonienasyconych, szczególnie z grupy $n-3$ oraz poprawę stosunku kwasów z grup $n-6/n-3$, czy zwiększenie ilości witaminy E w mięsie i żółtkach jaj. W celu wzbogacenia produktów drobiarskich w PUFA można stosować jako dodatek do mieszanek paszowych oleje roślinne, produkty rybne (oleje, mączki), pełne nasiona lnu, wiesiołka, rzepaku oraz mączki z glonów morskich. Spośród olejów roślinnych na uwagę zasługują: olej z alg morskich, lnianki (*Camelina sativa*) i lniany, szczególnie zasobne w kwas α -linolenowy, a także rzepakowy o bardzo korzystnym stosunku kwasów tłuszczowych $n-6/n-3$, wynoszącym 2:1. W grupie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych interesująca wydaje się również możliwość wzbogacania produktów drobiar-

skich w izomery sprzężonego kwasu linolowego – C18:2 *n*-6 (CLA), wykazujące udokumentowane oddziaływanie prozdrowotne: związki te zmniejszają zagrożenie otyłością dzięki repartycji białka i tłuszczu w organizmie, przeciwdziałają miażdżycy naczyń (chorobom układu krążenia) i zmianom nowotworowym, a także stymulują układ immunologiczny. Kwasy tłuszczowe ze sprzężonymi wiązaniami podwójnymi występują nie tylko w produktach pochodzenia zwierzęcego, jak np. CLA, lecz także w nasionach roślin, głównie jako trieny (CLnA) oraz tetraeny. Bogatym źródłem CLnA (40–80% sumy KT) są m.in. oleje: tungowy z przepętkli ogórkowatej, z nasion – granatu, katalpy i kareli. Istotną cechą izomerów CLnA jest to, że w organizmie zwierząt monogastrycznych w dużym stopniu ulegają one przekształceniu w izomery CLA (Szymczyk i Szczurek, 2015 a).

Z zagadnieniem efektywności wzbogacania produktów drobiarskich w wielonienasycone kwasy tłuszczowe przy zastosowaniu wysokich poziomów olejów roślinnych, rybnych oraz izomerów CLA i CLnA w paszy wiąże się zwiększona podatność tłuszczu o zmodyfikowanym składzie na utlenianie, co w efekcie obniża trwałość uzyskanych produktów i może negatywnie wpływać na ich ocenę sensoryczną. Wynikiem zmniejszonej stabilności oksydacyjnej tłuszczu jest powstawanie wolnych rodników oraz nadtlenu kwasów tłuszczowych. Szczególnie niebezpieczne jest utlenianie nienasyconych kwasów tłuszczowych. Ich nadtlenuki mają również własności utleniające, więc następuje wzmocnienie tych niekorzystnych reakcji. Produkty utleniania kwasów tłuszczowych akumulują się w mięsie i wywierają niekorzystny wpływ na jego teksturę, barwę, wartość odżywczą oraz bezpieczeństwo żywieniowe (Orczewska-Dudek i in., 2012). Ponadto, produkty utleniania lipidów wpływają na zwiększenie częstości występowania przypadków nagłych padnięć (Młodkowski i in., 2003), co przynosi dodatkowe straty dla producentów. Dlatego, zwiększanie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w produktach drobiarskich na drodze żywieniowej wymaga włączania do paszy związków antyoksydacyjnych, takich jak: witaminy E, C, β -karoten oraz selen (Pisulewski i in., 2001). Witaminy C i β -karoten wykazują działanie ochronne w stosunku do witaminy E. Również selen regeneruje witaminę E w układach biologicznych i zwiększa efektywność wzbogacania tkanki mięśniowej w α -tokoferol (Pisulewski, 2005). Produkty zwierzęce pozyskane od zwierząt żywionych mieszankami paszowymi wzbogaconymi w większe dawki witaminy E mogą stanowić dodatkowe źródło tej witaminy w diecie człowieka. Stosowanie syntetycznych przeciwutleniaczy budzi jednak wiele zastrzeżeń i obaw konsumentów ze względu na ich możliwe działanie kancerogenne oraz toksyczność niektórych z nich (Orczewska i Dudek i in., 2012). Ponadto, niektóre syntetyczne antyoksydanty, takie jak na przykład syntetyczny ksantofil, wpływają negatywnie na jakość sensoryczną mięsa kurcząt brojlerów. Wykazano, że naturalna witamina E posiada wyższą aktywność niż jej syntetyczny odpowiednik i wpływa korzystniej na trwałość i jakość mięsa

oraz wartość dietetyczną (Koreleski i Świątkiewicz, 2007, 2008). Bogatym naturalnym źródłem tej witaminy są oleje roślinne, szczególnie z lnianki (Pietras i in., 2012), nasion truskawek lub malin (Pieszka i in., 2013), jak również wytloki – z lnianki (Orczewska-Dudek i Pietras, 2019), z owoców truskawek, malin i aronii (*Aronia melanocarpa*) czy rokitnika zwyczajnego (*Hippophae rhamnoides*) (Pieszka i in., 2015).

Współczesne metody modyfikowania składu produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego na drodze żywieniowej pozwalają również na uzyskanie pożądanego składu mineralnego produktu, m.in. podwyższenie zawartości jodu w jajach kurzym, co stwarza warunki do produkcji wzbogaconych jaj dla mieszkańców rejonów z niedoborem tego pierwiastka (Ryś i in., 1996 b). Tak zmodyfikowane produkty nie tylko pokrywają w większym stopniu potrzeby pokarmowe organizmu, ale również pozytywnie oddziałują na stan ogólny zdrowia konsumenta i zmniejszają ryzyko zmian chorobowych (tzw. „żywność funkcjonalna”). Żywność taka jest w pełni naturalna, w związku z tym nie wymaga specjalnego oznakowania dotyczącego zastosowanych dodatków.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki wybranych badań przeprowadzonych w Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Instytutu Zootechniki PIB, poświęconych żywieniowym metodom modyfikowania wartości dietetycznej i właściwości prozdrowotnych produktów drobiarskich – mięsa i jaj.

Modyfikacja składu kwasów tłuszczowych w mięsie drobiowym

Tłuszcz drobiowy w porównaniu z tłuszczem wieprzowym posiada nieco odmienny, korzystniejszy dla konsumenta skład kwasów tłuszczowych. Wynika to ze zdolności organizmu ptaków do przedłużania łańcucha węglowego (elongacja) i zwiększania w nim ilości miejsc nienasyconych (desaturacja), w wyniku czego mogą one syntetyzować jednonienasycony kwas oleinowy (C18:1) z nasyconego kwasu stearynowego (C18:0), czy też z kwasu α -linolenowego – ALA (C18:3 *n*-3) wytwarzać kwas eikozapentaenowy – EPA (C20:5 *n*-3), dokozapentaenowy DPA (C22:5 *n*-6) i dokozaheksaenowy – DHA (C22:6 *n*-3). Dlatego też, modyfikacja składu kwasów tłuszczowych w tłuszczu drobiowym ma na celu nie tylko zmianę proporcji kwasów nasyconych (SFA) i długołańcuchowych kwasów nienasyconych (PUFA), ale przede wszystkim optymalizację stosunku kwasów z grupy *n*-6 do *n*-3, który w diecie człowieka nie powinien być szerszy niż 10:1, a najkorzystniejszy jest 5:1. Modyfikowanie składu kwasów tłuszczowych w tuszkach brojlerów na drodze żywieniowej daje dobre efekty ze względu na istnienie korelacji pomiędzy zawartością kwasów tłuszczowych w mieszkach paszowych i tłuszczu w tuszy. W badaniach Pietrasa i in. (2000) wprowadzenie do mieszanek bogatych źródeł kwasów z grupy *n*-3 – nasion lnu (15%) lub oleju lnianego (6%) istotnie zwiększyło w mięśniach kurcząt zawartość ALA, EPA i DHA,

przy czym w mięśniach nóg stwierdzono wyższą zawartość ALA, a mniejszą EPA i DHA niż w mięśniach piersiowych. Wynika to z faktu, że ALA znajduje się we frakcji triacylglicerolowej lipidów, która występuje głównie w mięsie ciemnym, w jasnym przeważa natomiast frakcja fosfolipidowa, związana przede wszystkim z EPA i DHA. W innych badaniach zastosowanie dodatku 20% oleju rzepakowego do mieszanek zawierających tłuszcz zwierzęcy istotnie zmniejszyło udział SFA, podwyższając udział PUFA (szczególnie z grupy $n-3$) w tłuszczu sadełkowym (Młodkowski i in., 2003). W kolejnych latach Koreleski i Świątkiewicz (2005, 2006) w celu wzbogacenia tłuszczu drobiowego w kwasy z grupy $n-3$ zastosowali w żywieniu brojlerów dodatek 0,8% oleju rybnego. Autorzy nie stwierdzili negatywnego wpływu dodatku na wskaźniki produkcyjne, natomiast uzyskali istotny wzrost zawartości w tłuszczu mięśni piersiowych EPA, przy równoczesnym spadku ilości kwasów z grupy $n-6$ i poprawie stosunku kwasów $n-6/n-3$ bez negatywnego wpływu na ocenę sensoryczną mięsa. W 1999 r. Instytut Zootechniki jako pierwszy ośrodek naukowy w Polsce podjął badania mające na celu wzbogacenie na drodze żywieniowej produktów drobiarskich w izomery sprzężonego kwasu linolowego (CLA). W efekcie przeprowadzonego cyklu badań stwierdzono, że żywienie kurcząt brojlerów paszą z dodatkiem CLA stanowi efektywną metodę wzbogacania mięsa drobiowego w ten związek, przy równoczesnym zwiększeniu zawartości białka i redukcji ilości tłuszczu w tuszy. Autorzy zaobserwowali jednak, że dodatek CLA zwiększa względny udział SFA kosztem kwasów jednonienasyconych (MUFA), bez redukcji udziału PUFA i dodatkowo – przy wyższych poziomach dodatku (1,0 i 1,5%) – pogarsza jakość mięsa (Szymczyk i in., 2000, 2001; Szymczyk i Pisulewski, 2003, 2005). Wyniki kolejnych badań wykazały, że bardziej skuteczną metodą wzbogacenia produktów drobiarskich w izomery CLA, jednak bez niekorzystnego wzrostu udziału SFA, przy zachowaniu wysokich cech jakościowych mięsa jest zastosowanie w żywieniu kurcząt brojlerów dodatku (0,5; 1,0; 1,5%) oleju z pestek granatów, zasobnego w sprzężone trieny kwasu linolenowego (CLnA). Włączenie oleju lnianego do mieszanek paszowych zawierających olej z pestek granatów zwiększało jeszcze udział PUFA z grupy $n-3$ i poprawiało stosunek kwasów $n-6/n-3$ w mięsie drobiowym, korzystnie wpływając na jego jakość (Szymczyk i Szczurek, 2015 a). Kolejnym efektywnym sposobem na wzbogacenie tłuszczu drobiowego w kwasy z grupy $n-3$ jest stosowanie w żywieniu drobiu dodatku oleju z lnianki siewnej (*Camelina sativa*). W cyklu badań poświęconych temu zagadnieniu wykazano, że zastosowanie oleju z lnianki w ilości 3, 6 lub 10% jako źródła PUFA $n-3$ w mieszance paszowej dla kurcząt brojlerów istotnie zwiększyło PUFA $n-3$ w lipidach mięśni piersiowych oraz zmniejszyło stosunek PUFA $n-6/n-3$ (Pietras i Orczewska-Dudek, 2013; Orczewska-Dudek i Pietras, 2019). Autorzy zaobserwowali również tendencję do obniżania się udziału tłuszczu sadełkowego w tuszce. Olej z lnianki w ilości

zarówno 3, jak i 6% w mieszance paszowej dla kurcząt w drugim okresie odchowu nie pogorszył jakości sensorycznej gotowanego mięsa. Dodatek oleju z lnianki na poziomie 4% wpłynął korzystnie na poprawę soczystości i smakowitości mięsa, podczas gdy wytloki z lnianki nieznacznie obniżyły parametry sensoryczne. Tuszki kurcząt żywionych paszą z udziałem wytlóków z lnianki siewnej charakteryzowały się niższym udziałem mięśni piersiowych (Pietras i Orczewska-Dudek, 2013; Orczewska-Dudek i Pietras, 2019). W innych badaniach Orczewska-Dudek i in. (2018) badali wpływ różnych niekonwencjonalnych komponentów roślinnych bogatych w antyoksydanty na jakość mięsa drobiowego. Wykazano, że wprowadzenie do mieszanki dla kurcząt brojlerów 8% nasion amarantusa, 3% suszonych wytlóków z rokitnika zwyczajnego lub suszonych wytlóków z aronii w połączeniu z 3% udziałem oleju lnianego zwiększyło udział PUFA z grupy $n-3$ oraz obniżyło stosunek PUFA $n-6/n-3$. Dodatek nasion amarantusa wpłynął na podwyższenie udziału mięśni piersiowych w tuszce, jak również na redukcję otłuszczenia w porównaniu z kurczętami z grupy kontrolnej oraz żywionymi z dodatkiem 3% suszonych wytlóków z rokitnika lub aronii. Badane dodatki paszowe nie wpłynęły negatywnie na właściwości fizykochemiczne mięśni piersiowych.

Modyfikacja składu kwasów tłuszczowych lipidów żółtka jaja kurzego

Jak już wspomniano, przedmiotem modyfikacji żywieniowej składu jaja kurzego są przede wszystkim: profil lipidów żółtka, zawartość cholesterolu, jak również skład mineralny i witaminowy jaja. Profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtka jest stosunkowo łatwy do modyfikacji na drodze żywieniowej i podobnie jak w przypadku tłuszczu kurcząt brojlerów jest zależny od profilu kwasów tłuszczowych w paszy. Największe zainteresowanie budzi jednak zmiana stosunku kwasów $n-3$: $n-6$, niekorzystnie przesuniętego na rzecz kwasu linolowego (C18:2 $n-6$) i jego metabolitów. W wielu badaniach poświęconych temu zagadnieniu wykorzystuje się w żywieniu kur niosek m.in. oleje roślinne bogate w kwas α -linolenowy, np. olej lniany, olej z lnianki oraz oleje pozyskiwane z ryb morskich, mączki rybne oraz niezwykle zasobne w EPA i DHA glony morskie. Podobnie jak w przypadku mięsa drobiowego, również i tu na uwagę zasługują dodatki do paszy stanowiące źródło izomerów CLA i CLnA, wykazujących dużą aktywność biologiczną w organizmie.

Efekty podejmowanych przez pracowników Instytutu Zootechniki badań, dotyczących modyfikowania składu kwasów tłuszczowych lipidów w żółtku jaja zostały zaprezentowane w szeregu prac naukowych. Koreleski i in. (1998), stosując dodatek 0,2% tłuszczu rybnego (tranu) do paszy dla niosek uzyskali wzrost udziału DHA we frakcji lipidowej żółtka jaja oraz korzystne zwężenie stosunku kwasów $n-6/n-3$. W innych badaniach Krawczyk i in. (2012), żywiąc kury nieśne mieszanką paszową z dodatkiem wywaru gorzelnianego (DDGS) z kukurydzy uzyskali wzrost ilości kwasów oleinowego

i linolowego w lipidach żółtek jaj, przy równoczesnym zwiększeniu zawartości białka w jaj. Pietras i in. (2012) stwierdzili, że tak 1,5% jak i 3% udział oleju z lnianki w mieszance paszowej dla kur niosek nie wpływają negatywnie na parametry jakości skorupy i białka oraz walory smakowo-zapachowe jaj gotowanych. Olej z lnianki siewnej w ilości 3% spowodował zwiększenie zawartości PUFA *n-3*, głównie pożądanego kwasu dokozaheksaenowego (DHA) i jego prekursora kwasu α -linolenowego (ALA) w lipidach żółtek jaj przy jednoczesnym korzystnym obniżeniu stosunku kwasów PUFA *n-6/n-3*. Badania Szymczyk i Pisulewskiego (2005) wykazały, że dodatek izomerów CLA do paszy dla kur niosek stanowi skuteczną metodę wzbogacania żółtek jaj w ten związek, powoduje jednak niekorzystny wzrost udziału nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i spadek udziału kwasów jednonienasyconych (MUFA) w lipidach jaj, bez negatywnego wpływu na udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA). Dodatek wyższy niż 0,5% pogarsza również teksturę jaj gotowanych na twardo (Kostogrys i in., 2017). Przy zastosowaniu preparatu CLA łącznie z olejem rzepakowym można uzyskać lepszy skład frakcji lipidowej w jaj niż w przypadku kombinacji z oliwą z oliwek. W przeciwieństwie do wyników uzyskanych w przypadku preparatu CLA, stosowanie w żywieniu niosek dodatku oleju z pestek granatów zasobnego w izomery CLnA okazało się skuteczniejszym sposobem na wzbogacenie tłuszczu drobiowego w izomery CLA, bez niekorzystnych z punktu widzenia konsumenta zmian w profilu kwasów tłuszczowych (Szymczyk i Szczurek, 2015 a). Zastosowanie oleju z pestek granatów łącznie z olejem lnianym (2%) w mieszankach dla kur nieśnych dodatkowo zwiększyło udział kwasów z grupy *n-3* i poprawiło stosunek kwasów *n-6/n-3* w żółtkach jaj. Nie uległy też pogorszeniu wskaźniki produkcyjne i parametry oceny jakościowej jaj surowych i tekstura jaj gotowanych na twardo (Kostogrys i in., 2017). W ramach wzbogacania jaj w kwasy tłuszczowe z grupy *n-3* prowadzi się aktualnie w IZ badania, których celem jest ocena wpływu oleju z alg morskich na gospodarkę mineralną u kur nieśnych oraz wartość dietetyczną i jakość jaj. Uważa się, że efektywność preparatów uzyskiwanych z glonów morskich jako bezpośrednich źródeł kwasów z grupy *n-3*, w szczególności EPA i DHA, może być wyższa niż olejów rybnych, nie powodując niekorzystnych zmian cech sensorycznych jaj.

Redukcja poziomu cholesterolu w żółtkach jaj

Cholesterol jest organicznym związkiem chemicznym zaliczanym do steroidów. Jest prekursorem innych steroidów, takich jak: estrogeny i androgeny, progesteron, kortykoidy, 7-dehydrocholesterol (powstaje z niego witamina D₃) oraz kwasy żółciowe, pełniących ważne funkcje w organizmie zwierząt. Jest także składnikiem błon komórkowych w organizmie. Uważa się, że zaburzenia gospodarki lipidowej, których miarą jest wzrost stężenia cholesterolu w surowicy krwi, są istotnym czynnikiem ryzyka wystąpienia miażdżycy i chorób układu sercowo-naczyniowego, takich jak: choroba wieńcowa, zawał

serca, udar mózgu i miażdżyca. Stąd, powszechne dążenie do ograniczenia ilości spożywanego cholesterolu. Średniej wielkości jajo kurze zawiera około 212 mg tego związku. Stwierdza się, rozpatrując efektywność żywieniowych metod modyfikacji zawartości cholesterolu w jaju, że wzbogacenie żółtka jaja kurzego w cholesterol jest stosunkowo łatwe, natomiast uzyskanie efektu przeciwnego wiąże się z poważnymi trudnościami, ponieważ wspólnym nośnikiem cholesterolu, triacylgliceroli i fosfolipidów są lipoproteidy o bardzo małej gęstości – VLDL, co uniemożliwia selektywną eliminację transportu cholesterolu. Należy także pamiętać, że określona ilość cholesterolu jest niezbędna dla prawidłowego rozwoju zarodka, dlatego organizm noski broni się przed nadmiernym spadkiem poziomu tego związku. We wczesnych badaniach prowadzonych w Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa IZ, przy zastosowaniu dodatku siekanej cebuli, czosnku oraz mączki z kryla antarktycznego do mieszanki paszowej dla kur nieśnych zdołano obniżyć udział cholesterolu w żółtku jaja o 8–10%, przy czym miazga cebulowa miała największą skuteczność (Ryś i in., 1996 a, 1988). Uzyskany efekt nie był jednak trwały – po kilku tygodniach zawartość cholesterolu w jaju wracała do normy. Inna próba zmniejszenia poziomu cholesterolu w żółtku poprzez dodatek do paszy oleju rybnego (Koreleski i in., 1998), czy późniejsze badania z zastosowaniem zasobnych w pektyny suszonych wyłoków jabłecznych (Świątkiewicz i Koreleski, 2003) również nie przyniosły pożądaných i trwałych efektów. Istotny spadek zawartości cholesterolu w żółtkach jaj udało się natomiast uzyskać przy zastosowaniu w żywieniu niosek dodatku chitosanu w ilości 100 mg/kg paszy (Świątkiewicz i in., 2018). Równie skutecznym sposobem na obniżenie poziomu cholesterolu w żółtkach jaj okazał się dodatek do paszy dla niosek sprzężonego kwasu linolowego – CLA na poziomie 0,5; 1,0 i 1,5% (Szymczyk i Pisulewski, 2003). Także rosnący dodatek do paszy (0,5; 1,0; 1,5%) zasobnego w sprzężone trieny kwasu linolenowego – ClnA oleju z pestek granatów powodował sukcesywną redukcję zawartości cholesterolu w żółtkach jaj (Szymczyk i Szczurek, 2015 b).

Zwiększanie potencjału antyoksydacyjnego mięsa drobiowego i jaj

Żywieniowe metody modyfikowania mięsa drobiowego i jaj służą również do zwiększenia stabilności oksydacyjnej wzbogacanych w nienasycone kwasy tłuszczowe produktów poprzez dodatek do paszy antyoksydantów. Akumulacja tych związków w produktach zwierzęcych jest zależna od ich koncentracji w paszy. Potwierdziły to liczne badania prowadzone w IZ w latach 2003–2019. Młodkowski i in. (2003), wzbogacając w witaminę E (5, 20 i 50 mg/kg paszy) mieszanki paszowe dla kurcząt brojlerów, zawierające tłuszcz zwierzęcy z dodatkiem lub bez 10 lub 20% oleju rzepakowego, wykazali istotny wpływ ilości witaminy E w paszy na stabilność oksydacyjną tłuszczu sadełkowego, przy zachowaniu dobrych parametrów oceny organolep-

tycznej mięsa. W innych badaniach włączenie owsa nagiego, szczególnie zasobnego w naturalne przeciwutleniacze (tokoferole, katechiny i kwasy fenolowe) do mieszanek dla kurcząt brojlerów zwiększyło stabilność oksydacyjną mięsa, czego wyrazem był istotnie niższy niż w grupie nie otrzymującej owsa poziom aldehydu malonowego w mięsie (wskaźnik TBA) po 6 miesiącach przechowywania w temperaturze -20°C (Szymczyk i in., 2007). Dodatek 150 lub 300 mg witaminy E w postaci octanu α -tokoferolu do paszy o różnej zawartości olejów rzepakowego i rybnego zwiększył poziom α -tokoferolu w przechowywanym mięsie i obniżył wartość TBA (Koreleski i Świątkiewicz, 2006). W kolejnych badaniach poświęconych temu zagadnieniu autorzy określali skuteczność różnych źródeł antyoksydantów, m.in. ekstraktu z szalwii (*Salvia officinalis*), tymianku (*Thymus vulgaris*) i jeżówki purpurowej (*Echinacea purpurea* L.), luteiny z aksamitki (*Tagetes* L.), octanu α -tokoferolu, dodawanych do mieszanek dla kurcząt brojlerów w zwiększaniu stabilności oksydacyjnej mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych w temperaturze -20°C . Żaden ze stosowanych dodatków nie wpłynął istotnie na stopień utlenienia lipidów, którego wskaźnikiem była wartość TBA w mięsie, jednak witamina E zastosowana w ilości 150 mg/kg paszy spowodowała blisko czterokrotny wzrost zawartości α -tokoferolu w mięsie w stosunku do grupy bez dodatku (Koreleski i Świątkiewicz, 2007). Interesujące wyniki uzyskano stosując dodatek oleju z nasion lub wytloki z owoców malin i truskawek w żywieniu kurcząt brojlerów (Orczewska-Dudek i Pietras, 2017.) Olej z nasion truskawek lub malin, jak również wytloki z tych owoców wpłynęły na zwiększenie naturalnych antyoksydantów – tokoferoli i tokotrienoli w paszy. Najwyższy poziom α - i γ -tokoferolu stwierdzono w mieszance paszowej z 3% udziałem wytlóków z truskawek lub malin. Żywienie kurcząt brojlerów z udziałem oleju z nasion malin lub wytlóków z owoców malin lub truskawek skutecznie opóźniło procesy utleniania lipidów (niższy wskaźnik utleniania lipidów – TBA), jednakże wpłynęło na pogorszenie parametrów sensorycznych mięśni piersiowych, szczególnie zapachu i kruchości, bez negatywnego wpływu na jakość technologiczną mięsa (Orczewska-Dudek i Pietras, 2017). Stosując witaminę E jako dodatek do mieszanek paszowych dla kur nieśnych należy jednak pamiętać, że w nadmiarze, w ilości większej niż 75 $\mu\text{g/g}$ żółtka może ona wykazywać działanie prooksydacyjne. Przy zawartości do 75 $\mu\text{g/g}$ żółtka, uzyskanej po wzbogaceniu paszy o 120 mg α -tokoferolu można przyjąć, że w średniej wielkości jaju uzyska się zawartość około 1,2 mg (Koreleski i Świątkiewicz, 2008). We wcześniejszych badaniach (Koreleski i in., 2003), wzbogacając żółtka jaj w kwasy z grupy $n-3$ przy zastosowaniu oleju rybnego i dodatku octanu α -tokoferolu w ilości 50 mg/kg paszy, również wykazano istotny wzrost zawartości α -tokoferolu w żółtkach oraz wzrost stabilności oksydacyjnej lipidów. Wykazano, że witamina C jest mniej skutecznym antyoksydantem niż witamina E i przeciwutleniacze syntetyczne BHT, BHA i EQ (Świątkiewicz i in., 2002). Szymczyk i Pisulewski (2005), żywiąc kury nieśne

paszą z dodatkiem izomerów CLA oraz witaminy E w ilości 150 lub 300 mg na kg paszy zaobserwowali sukcesywny wzrost zawartości α - tokoferolu w żółtkach oraz zmniejszenie podatności lipidów jaj na utlenianie. Stwierdzili również korzystny wpływ dodatku witaminy E do diet zawierających CLA na cechy jakościowe jaj surowych i teksturę jaj gotowanych na twardo. Najlepszą kombinacją dodatku CLA, witaminy E i olejów roślinnych, pozwalającą na uzyskanie jaj wzbogaconych w izomery CLA i α -tokoferol, przy zachowaniu wysokich wskaźników produkcyjnych, korzystnego profilu kwasów tłuszczowych i właściwych cech jakościowych stanowiło: 0,5% CLA, 150 mg/kg witaminy E oraz mieszanina olejów lnianego z rzepakowym (Franczyk-Żarów i in., 2019).

Podsumowanie

Żywność pochodzenia zwierzęcego zajmuje ważne miejsce w globalnym bilansie żywnościowym i ograniczenie jej spożycia w najbliższej przyszłości wydaje się mało prawdopodobne. Szybkie zwiększanie wydajności produkcji drobiarskiej oraz obniżanie jej kosztów spowodowało wprawdzie zwiększenie produkcji i spożycia mięsa drobiowego na świecie, ale równocześnie wpłynęło na pogorszenie jego cech jakościowych. W tym kontekście przedmiotem wielu badań prowadzonych aktualnie na drobiu jest poprawa wartości odżywczej i zdrowotnej uzyskiwanych produktów (mięsa, jaj), czyli ich cech funkcjonalnych. Jest to wyrazem rosnącej świadomości żywieniowej producentów i konsumentów żywności, zwłaszcza w odniesieniu do relacji pomiędzy spożyciem tłuszczu i cholesterolu a stanem zdrowia ludzi. Przytoczone powyżej wyniki badań potwierdzają efektywność metod żywieniowych w procesie modyfikowania wartości dietetycznej i zdrowotnej produktów drobiarskich zgodnie z oczekiwaniami współczesnego konsumenta. Mowa tu o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych, obniżonej zawartości cholesterolu, pożądanym składzie mineralnym, zwiększonej zawartości witamin, a także wyższej stabilności oksydacyjnej zmodyfikowanych produktów.

Zaprezentowane rezultaty wskazują jednoznacznie, że żywieniowe metody wzbogacania produktów pochodzenia zwierzęcego w składniki prozdrowotne nie mają charakteru mechanicznego wprowadzania dodatków do żywności. Przeciwnie, efekty stosowanych zabiegów, obok oczekiwanych, mogą przynosić również zmiany niepożądane, będące wypadkową działania szeregu czynników fizjologicznych. Poznanie tych czynników oraz zdefiniowanie optymalnych warunków uzyskiwania produktów drobiarskich najwyższej jakości, spełniających oczekiwania konsumentów stanowiło cel zaprezentowanych badań przeprowadzonych w Instytucie Zootechniki PIB w Krakowie.

Piśmiennictwo

- Bederska-Łojewska D., Orczewska-Dudek S., Pieszka M. (2013). Metabolism of arachidonic acids, its concentration in animal products and influence on inflammatory processes in the human body: a review. *Ann. Anim. Sci.*, 13 (2): 177–194.
- Franczyk-Żarów M., Szymczyk B., Kostogryś R. (2019). Effects of dietary conjugated linoleic acid and selected vegetable oils or vitamin E on fatty acid composition of hen egg yolks. *Ann. Anim. Sci.*, 19 (1): 173–188.
- Koreleski J., Świątkiewicz S. (2005). Effect of fish oil and vitamin E on fatty acid composition of breast meat in broiler chicken. *J. Anim. Feed Sci.*, 14: 459–462.
- Koreleski J., Świątkiewicz S. (2006). The influence of dietary fish oil and vitamin E on fatty acid profile and oxidative stability of frozen chicken breast meat. *J. Anim. Feed Sci.*, 15: 631–640.
- Koreleski J., Świątkiewicz S. (2007). Dietary supplementation with plant extracts xanthophylls and synthetic antioxidants: Effect on fatty acid profile and oxidative stability of frozen stored chicken breast meat. *J. Anim. Feed Sci.*, 16: 463–471.
- Koreleski J., Świątkiewicz S. (2008). Effect of dietary supplementation of vitamin E, antioxidants and synthetic carotenoid on changes in chicken meat quality during storage. *Ann. Anim. Sci.*, 8 (2): 167–174.
- Koreleski J., Kuchta M., Sieradzka A. (1998). Obserwacje nad zawartością DHA i cholesterolu w żółtku oraz wartością smakową jaj u kur otrzynujących w paszy tłuszcz rzepakowy lub rybny. *Rośliny Oleiste*, XIX: 679–683.
- Koreleski J., Świątkiewicz S., Iwanowska A. (2003). Lipid fatty acid composition and oxidative susceptibility in eggs of hens fed a fish fat diet supplemented with vitamin E, C, or synthetic antioxidant. *J. Anim. Feed Sci.*, 12: 561–572.
- Kostogryś R., Filipiak-Florkiewicz A., Dereń A., Drahn A., Czyżyńska-Cichoń I., Cieślak E., Szymczyk B., Franczyk-Żarów M. (2017). Effect of dietary pomegranate seed oil on laying hen performance and physicochemical properties of eggs. *Food Chem.*, 221: 1096–1103.
- Krawczyk J., Sokołowicz Z., Świątkiewicz S., Koreleski J., Szefer M. (2012). Performance and egg quality of hens from conservation flocks fed a diet containing maize distillers dried grain with solubles (DGGS). *Ann. Anim. Sci.*, 12 (2): 247–260.
- Młodkowski M., Świątkiewicz S., Koreleski J., Kubicz M. (2003) The effect of supplemental vitamin E and dietary rape seed oil level on broiler performance, meat and fat quality. *J. Anim. Feed Sci.*, 12, 1: 121–132.
- Orczewska-Dudek S., Pietras M. (2017). Wpływ mieszanek paszowych z udziałem olejów z nasion truskawek lub malin oraz wytlóków z tych owoców na wyniki produkcyjne, profil biochemiczny krwi i wybrane parametry jakości mięsa kurecząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 44 (2): 265–283.
- Orczewska-Dudek S., Pietras M. (2019). The effect of dietary *Camelina sativa* oil or cake in the diets of broiler chickens on growth performance, fatty acid profile, and sensory quality of meat. *Animals*, 9, 10: 734; <https://doi.org/10.3390/ani9100734>

- Orczewska-Dudek S., Bederska-Łojewska D., Pieszka M., Pietras M. (2012). Cholesterol and lipid peroxides in animal products and health implications – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 12 (1): 25–52.
- Orczewska-Dudek S., Pietras M., Nowak J. (2018). The effect of amaranth seeds, sea buckthorn pomace and black chokeberry pomace in feed mixtures for broiler chickens on productive performance, carcass characteristics and selected indicators of meat quality. *Ann. Anim. Sci.*, 18 (2): 501–523.
- Pieszka M., Tombarkiewicz B., Roman A., Migdał W., Niedziółka J. (2013). Effect of bioactive substances found in rapeseed, raspberry and strawberry seed oils on blood lipid profile and selected parameters of oxidative status in rats. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 36 (3): 1055–1062.
- Pieszka M., Gogol P., Pietras M.P., Pieszka M. (2015). Valuable components of dried pomaces of chokeberry, black currant, strawberry, apple and carrot as a source of natural antioxidants and nutraceuticals in the animal diet. *Ann. Anim. Sci.*, 15 (2): 475–491.
- Pietras M.P., Orczewska-Dudek S. (2013). The effect of dietary *Camelina Sativa* oil on quality of broiler chicken meat”. *Ann. Anim. Sci.*, 13 (4): 869–882.
- Pietras M., Barowicz T., Gąsior R. (2000). The effect of vegetable fat supplements on carcass quality and fatty acid profile of meat in broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 27, 4: 209–219.
- Pietras M.P., Orczewska-Dudek S., Gąsior R. (2012). Wpływ diety z udziałem oleju z lniarki siewnej (*Camelina sativa*) na wyniki produkcyjne kur niosek, skład chemiczny lipidów żółtka oraz jakość sensoryczną jaj. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 39 (2): 273–286.
- Pisulewski P.M. (2005). Nutritional potential for improving meat quality in poultry. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 4: 303–315.
- Pisulewski P.M., Kowalski Z.M., Szymczyk B. (2001). Żywieniowe metody modyfikowania składu i kształtowania własności funkcjonalnych produktów pochodzenia zwierzęcego (mleka, mięsa, jaj). *Post. Nauk Rol.*, 2: 59–72.
- Ryś R., Wir-Konas E., Pyska H., Kuchta M. (1996 a). The effect of different types and levels of iodine additives in feed on iodine deposition in eggs. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23 (3): 187–197.
- Ryś R., Kuchta M., Koreleski J., Zegarek Z. (1996 b). Wpływ czynników żywieniowych na zawartość cholesterolu w żółtku jaja kurzego. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23 (2): 167–186.
- Ryś R., Koreleski J., Kuchta M., Sieradzka A., Zegarek Z. (1998). The influence of marine originated fat in diet for hens on the polyunsaturated fatty acids in egg yolk and cholesterol content in blood serum. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25: 1, 75–90.
- Szymczyk B., Pisulewski P.M. (2003). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *Br. J. Nutr.*, 90: 93–99.
- Szymczyk B., Pisulewski P.M. (2005). Effects of dietary conjugated linoleic acid isomers and vitamin E on fatty acid composition and cholesterol content of egg yolks. *J. Anim. Feed Sci.*, 14: 109–123.

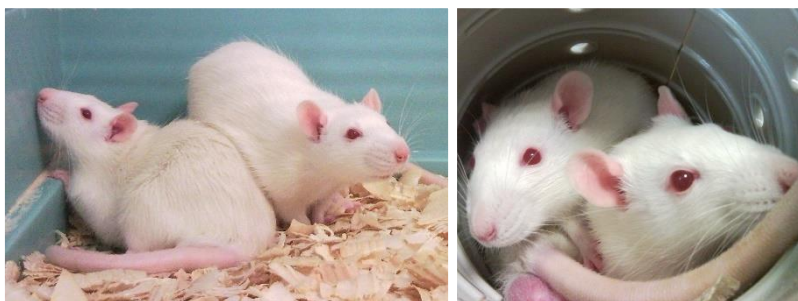
- Szymczyk B., Szczurek W. (2015 a). Effect of dietary pomegranate seed oil and linseed oil on broiler chickens performance and the fatty acid profile of the meat. *J. Anim. Feed Sci.*, 25 (1): 37–44.
- Szymczyk B., Szczurek W. (2015 b). The fatty acid profile and cholesterol content of the egg yolks from hens fed diets with pomegranate seed oil. XXVII International Poultry Symposium PB WPSA, Bydgoszcz, 2015: 208–209.
- Szymczyk B., Pisulewski P.M., Hanczakowski P., Szczurek W. (2000). The effect of conjugated linoleic acid (CLA) on rat growth performance, serum lipoproteins and subsequent lipid composition of selected rat tissues. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 1553–1558.
- Szymczyk B., Pisulewski P.M., Szczurek W., Hanczakowski P. (2001). Effects of conjugated linoleic acid (CLA) on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 85: 465–473.
- Szymczyk B., Hanczakowski P., Szczurek W., Frys-Żurek M. (2007). Effect of naked oat and enzymes in diets for broiler chickens on quality, fatty acid profile and oxidative stability of breast muscle. *Pol. J. Nutr. Sci.*, 57 (4): 541–545.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2003). Próba zastosowania suszonych wyłoków jabłecznych jako dodatku dietetycznego w żywieniu kur nieśnych. *Pol. Drob.*, 4: 11–13.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Drozd. A. (2002). Jakość jaj żywionych mieszanką paszową zawierającą tłuszcz utylizacyjny i różne rodzaje przeciwutleniacza. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1/4: 27–38.
- Świątkiewicz S., Arczewska A., Krawczyk J., Szczurek W., Puchała M., Józefiak D. (2018). Effect of selected feed additives on egg performance and eggshell quality in laying hens fed a diet with standard or decreased calcium content. *Ann. Anim. Sci.*, 18 (1): 167–183.

Wykorzystanie szczurów laboratoryjnych jako zwierząt modelowych w określaniu wartości odżywczej białka materiałów paszowych oraz wpływu wybranych czynników żywieniowych na organizm

Beata Szymczyk

*Instytut Zootechniki PIB, Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Znacząca część dostępnej wiedzy medycznej, biologicznej czy zootechnicznej opiera się na wynikach badań przeprowadzonych na konkretnym modelu biologicznym, który dostarcza pośrednio wielu cennych informacji na temat stanu procesów fizjologicznych czy podstawowych funkcji biologicznych innego organizmu. Stąd też, podstawą modelu jest zazwyczaj organizm modelowy, który cechuje podobieństwo do innego organizmu (np. człowieka) (Wierzbicki, 2014). Najczęściej stosowanym modelem zwierzęcym w badaniach naukowych, również ze względów ekonomicznych, są gryzonie, a w szczególności szczury (*Rattus norvegicus*) i myszy (*Mus musculus*), cechujące się niewielkim rozmiarem osobników dorosłych, dużą płodnością i szybkim rozwojem w krótkim cyklu życiowym. Szczury, choć mniej podatne na manipulacje genetyczne ze względu na nieco większą niż u myszy masę ciała, są chętniej wykorzystywane do badań. Niektóre aspekty ludzkich chorób (m.in. funkcje serca, dróg oddechowych, nadciśnienie, metabolizm, wiek, różnice związane z płcią) są dobrze odwzorowywane tylko u szczurów. W Zakładzie Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Instytutu Zootechniki od wielu lat do oceny wartości pokarmowej białka oraz wpływu składników materiałów paszowych na status zdrowotny organizmu są używane szczury szczepów wsobnych Wistar o umaszczeniu białym, które są modelem przede wszystkim do badań fizjologicznych, farmakologicznych, toksykologicznych, żywieniowych i behawioralnych.



Fot. 1 i 2. Szczury szczepu Wistar (fot. B. Szymczyk)

Określanie wartości odżywczej białka materiałów paszowych w doświadczeniach bilansowych na szczurach

Wartość odżywczą białka pokarmów w żywieniu ludzi we współczesnej literaturze anglojęzycznej określa się najczęściej jako „jakość białka” (*nutritive value*), zdefiniowaną jako „zdolność białka pokarmu do zaspokojenia metabolicznego zapotrzebowania organizmu na aminokwasy i azot, oceniana na podstawie składu aminokwasowego i strawności białka oraz biodostępności poszczególnych aminokwasów”. Wszystkie metody oceny białka polegają na sprawdzeniu w sposób pośredni lub bezpośredni tej właśnie zdolności. Metody chemiczne polegają na ocenie białka przy pomocy wskaźników obliczonych na podstawie składu aminokwasowego, czyli zawartości aminokwasów niezbędnych (nie produkowanych przez organizm zwierząt) w białku: wskaźnika aminokwasu ograniczającego – CS albo AAS (*Chemical* albo *Amino Acid Score*) zaproponowanego przez Blocka i Mitchella (1946) oraz wskaźnika aminokwasów niezbędnych EAAI (*Essential Amino Acid Index*) według Osera (1951). Do metod chemicznych można także zaliczyć wskaźnik C-PER obliczany na podstawie zawartości aminokwasów niezbędnych oraz DC-PER, uwzględniający dodatkowo strawność białka oznaczoną enzymatycznie. Do biologicznych należą m.in. metody wzrostowe i bilansowe. Do najczęściej stosowanych metod wzrostowych, opartych na pomiarze retencji azotu, należy oznaczenie wskaźnika wydajności wzrostowej PER (*Protein Efficiency Ratio*), wyrażającego przyrost masy ciała rosnących szczurów uzyskany z 1 g spożytego białka. Z metodą bilansową Thomasa-Mitchella związany jest wskaźnik Protein Digestibility – *Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS), uwzględniający strawność białka i dostępność aminokwasów w badanych surowcach. Jest to wartość CS dla danego białka uzyskana w ocenie chemicznej, pomnożona przez strawność rzeczywistą (TD) oznaczaną w testach na szczurach. Wskaźnik PDCAAS informuje, w jakim stopniu pokryte jest zapotrzebowanie na aminokwas ograniczający, tj. będący w największym niedoborze przy założeniu, że jego strawność równa jest strawności rzeczywistej ocenianego białka (Pastuszewska i in., 2016). Wspomniane metody chemiczne,

wzrostowe i metoda bilansowa Thomasa-Mitchella stosowane były od wielu lat w IZ do oceny wartości pokarmowej białka różnych materiałów paszowych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, zarówno konwencjonalnych jak i nowych, nie stosowanych wcześniej w przemyśle paszowym.

Jak wiadomo, wysoki poziom frakcji włóknistej w zielonkach sprawia, że pozostałe składniki pokarmowe są słabo dostępne dla zwierząt monogastrycznych. Fakt ten stał się punktem wyjścia do cyklu badań prowadzonych przez szereg lat, mających na celu uzyskanie nieobciążonego włóknem wartościowego białka z zielonek poprzez mechaniczne oddzielenie frakcji białkowej od substancji antyżywniowych, m.in. fenoli i glikozydów. W doświadczeniach bilansowych na szczurach badano wartość pokarmową białka koncentratów, ale również wpływ na ich wartość odżywczą stosowanych przy ekstrakcji zabiegów chemicznych, np. w celu odtłuszczenia. W ramach tej tematyki badawczej określano przydatność barszczu (*Heracleum*), różnych odmian kapusty pastewnej, liści buraczanych, zielonki z łubinu, rzęsy wodnej (*Lemna minor* L.), łątów ziemniaczanych, koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense*), lucerny (*Medicago sativa*), rajgrasu włoskiego (życica wielokwiatowa – *Lolium multiflorum*) do produkcji koncentratów białkowych. Oprócz badań nad koncentratami białkowymi z zielonek prowadzono doświadczenia nad ekstrakcją białka z nasion roślin motylkowych: bobiku, grochu, peluszki i łubinu, w celu uzyskania wartościowego produktu białkowego do produkcji preparatów mlekozastępczych (Hanczakowski, 1976; Hanczakowski i Lutyńska, 1976; Hanczakowski i in., 1977, 1981, 1991; Pisulewska i in., 1991; 1995; Szymczyk i in., 1995 a i b, 1996).

Przez szereg lat, we współpracy z Katedrą Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Rolniczej w Krakowie przeprowadzano ocenę wartości pokarmowej i przydatności w żywieniu zwierząt monogastrycznych nasion nowych odmian roślin strączkowych i roślin zbożowych. W ramach oceny nasion roślin strączkowych badano rodzime odmiany soi i lędźwianu (Pisulewska i in., 1997), soczewicy, łubinu i grochu (Koreleski i in., 1987; Maciejewicz-Ryś i Ślusarczyk, 2001), wyki (Szymczyk i in., 2000 a) oraz bobiku – również po wzbogaceniu diet dla szczurów syntetyczną metioniną (Maciejewicz-Ryś i in., 2000; Pisulewska i in., 1996 a, 2001). Spośród roślin zbożowych testowano m.in. nowe odmiany pszenicy, żyta, pszenżyta (Pisulewska i in., 1996). Przebadano wiele odmian owsa zwyczajnego żółtego i brązowego (*Avena sativa* L.) oraz owsa nagoziarnistego (*Avena sativa* var. *nuda*) (Brzóska i in., 2017; Maciejewicz-Ryś i Sokół, 1999 a). Określano również wpływ L-lizyny lub preparatu enzymatycznego na wartość pokarmową białka owsa nagoziarnistego i oplewionego wykazując, że dodatek 0,25% lizyny poprawiał wartość biologiczną białka (BV) tylko najuboższej w ten aminokwas odmiany owsa (Maciejewicz-Ryś i Sokół, 1999 b). W innym doświadczeniu badano wpływ dodatków enzymatycznych (enzymu proteolitycznego i enzymów hydrolizu-

jących polisacharydy nieskrobiowe) na wartość pokarmową białka przegrzanej poekstrakcyjnej śruty rzepakowej. Wyniki wykazały znaczną skuteczność preparatu o aktywności proteolitycznej. Jego obecność w diecie powodowała istotną poprawę strawności rzeczywistej białka (TD) zawartego w przegrzanej śrucie (Szczurek i in., 1998).

Wśród niekonwencjonalnych materiałów paszowych, których wartość pokarmową testowano na szczurach, na uwagę zasługują nasiona pszczeniaka mołdawskiego (*Dracocephalum moldavica* L.) oraz wytloki z nasion wiesiołka dwuletniego (*Oenothera biennis* L.), będące produktem ubocznym przy produkcji szczególnie zasobnego w kwas γ -linolenowy oleju. Badania wykazały, że wysoka zawartość włókna oraz substancji antytrypsynowych i garbników w dużym stopniu ogranicza możliwość wykorzystania nasion wiesiołka w żywieniu zwierząt monogastrycznych (Hanczakowski i in., 1993). Białko nasion pszczeniaka mołdawskiego charakteryzuje się natomiast korzystnym składem aminokwasowym oraz wysoką wartością odżywczą (zwłaszcza odmiana niebieska) i może być wykorzystane w żywieniu zwierząt bez dalszych zabiegów technologicznych (Hanczakowski i in., 2009). Aktualnie w IZ w testach na szczurach określana jest wartość odżywcza białka gotowanego mięsa z partii worka trzewiowego i nogi ślimaków: winniczka (*Helix pomatia*), ślimaka małego szarego (*Helix aspersa aspersa*) i ślimaka dużego szarego (*Helix aspersa Maxima*).



Fot. 3 i 4. Klatki bilansowe dla szczurów (fot. B. Szymczyk)

Badanie wpływu wybranych czynników żywieniowych na organizm szczurów

Cholesterol jest organicznym związkiem chemicznym zaliczanym do steroidów. Jest prekursorem innych steroidów, takich jak: estrogeny i androgeny, progesteron, kortykoidy, 7-dehydrocholesterol (powstaje z niego witamina D₃) oraz kwasów żółciowych. Uważa się, że zaburzenia gospodarki lipidowej, których miarą jest wzrost stężenia cholesterolu w surowicy krwi, są istotnym czynnikiem ryzyka wystąpienia miażdżycy i chorób układu sercowo-naczyniowego, takich jak: choroba wieńcowa, zawał serca, udar mózgu i miażdżycy. Za bezpieczną granicę stężenia cholesterolu we krwi człowieka uważa się 200 mg/dl, czyli 5,2 mmol w litrze. Jedną z metod zapobiegających wspomnianym chorobom są zmiany w sposobie żywienia, tj. obniżenie ogólnego spożycia energii, cholesterolu i kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA) na rzecz wyższego udziału w tłuszczu kwasów jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA), niezbędnych dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmu. Jak wykazały dotychczasowe badania, nie tylko tłuszcz – jego ilość i skład kwasów tłuszczowych, ale i inne składniki pożywienia, takie jak białko i złożone węglowodany (w tym włókno) mogą mieć wpływ na przemiany lipidów w organizmie. Temu zagadnieniu poświęcono cykl zbliżonych tematycznie badań, przeprowadzonych na szczurach laboratoryjnych szczepu Wistar.

Cykl zapoczątkowały badania, w których porównywano różne źródła białka roślinnego (soja, rzepak, łubin) i zwierzęcego (mączka mięsna, kazeina) w półsyntetycznych dietach beztłuszczowych. U szczurów otrzymujących w diecie białka zwierzęce poziom tzw. „złego” cholesterolu frakcji LDL był niższy niż w przy zastosowaniu diet z roślinnymi źródłami białka (Hanczakowski i Szymczyk, 1999; Hanczakowski i in., 2003). Nie udało się powiązać tych zmian ze strawnością czy składem aminokwasowym białek. Wyniki te nie były zgodne z wieloma danymi w literaturze, co zainspirowało autorów do dalszych badań nad innymi składnikami pokarmowymi. W badaniach wzorowanych na poprzednich doświadczeniach diety dla szczurów zawierały kazeinę lub izolat białka sojowego w kombinacji z czterema rodzajami włókna: celulozą oraz trzema włóknami rozpuszczalnymi, stosowanymi w przemyśle spożywczym – preparatem z soi „Fibrim”, gumą guarową i pektyną z jabłek. Najwyższy poziom cholesterolu całkowitego (TC), jego obu frakcji (HDL i LDL) oraz triacylgliceroli (TG) stwierdzono we krwi szczurów żywionych dietami zawierającymi celulozę. Tym razem wpływ rodzaju białka był nieistotny (Hanczakowski i in., 2001 b). Innym składnikiem pożywienia mogącym mieć wpływ na poziom lipidów we krwi jest skrobia. W kolejnym doświadczeniu szczurom podano dawki zawierające jako źródło białka kazeinę lub izolat białka sojowego w kombinacji z trzema rodzajami skrobi: pszenną, ryżową i kukurydzianą. Wpływ skrobi okazał się znacznie silniejszy od białka. Skrobia pszenna istotnie podniosła poziom TC i TG we krwi szczurów, jednak

poziom frakcji LDL w tym przypadku był najniższy (Hanczakowski i in., 2004 a). Składnikiem żywności często obwinianym za wysoki poziom cholesterolu we krwi jest tłuszcz, a raczej wysoki w nim udział nasyconych kwasów tłuszczowych. W doświadczeniu o analogicznym układzie jak w badaniach z białkiem, skrobią i włóknem porównywano tłuszcze roślinne (olej lniany, olej z wiesiołka, oliwa z oliwek) i zwierzęcy (masło). Pomimo dużych różnic w składzie kwasów tłuszczowych użytych tłuszczów nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami w poziomie TC we krwi szczurów. Źródło białka i tłuszczu miało natomiast wpływ na poziom TG – w przypadku białka sojowego i oliwy był on najwyższy (Hanczakowski i in., 2001 a). Na zakończenie tego cyklu badań, w celu sprawdzenia, czy hipercholesterolemiczne działania poszczególnych składników diety sumują się przygotowano dwie diety, zawierające źródła białka, skrobi, tłuszczu i włókna, które w poprzednich doświadczeniach najbardziej obniżały i najbardziej podwyższały poziom cholesterolu we krwi szczurów. Dieta potencjalnie hipercholesterolemiczna rzeczywiście podwyższała poziom TC i TG, jednak jedynie w przypadku frakcji LDL różnice były istotne statystycznie (Hanczakowski i Szymczyk, 2004 a, b). Zagadnienia związane z wpływem nasyconych kwasów tłuszczowych na profil lipidów we krwi były przedmiotem badań, w których olej lniany i oliwę wzbogacono syntetycznymi nasyconymi kwasami: mirystynowym (C 14:0), palmitynowym (C16:0) i stearynowym (C 18:0). Wykazano, że jedynie kwas mirystynowy wpłynął na podwyższenie poziomu TC, frakcji HDL i TG we krwi szczurów. Wszystkie dodane kwasy spowodowały istotny wzrost masy ciała szczurów, tym większy, im dłuższy był łańcuch węglowy kwasu (Hanczakowski i Szymczyk, 2004 i 2006; Hanczakowski i in., 2004). W innych badaniach dotyczących przyswajalności tłuszczów naturalnych (oleju lnianego, rybnego, oliwy i łoju wołowego) stwierdzono niewielkie, lecz istotne różnice w strawności tłuszczu. Najwyższą strawność zanotowano w przypadku oliwy, najniższą – łoju wołowego. Najwięcej tłuszczu zawierały natomiast całe tuszki szczurów w grupie z dodatkiem oliwy, najmniej – oleju lnianego (Hanczakowski i Szymczyk, 2007).

Szymczyk i in. (2001), pozostając przy problematyce wpływu składników pokarmowych na przemiany lipidów w organizmie, określali wpływ różnych poziomów magnezu w dawce zawierającej białko pochodzenia zwierzęcego (kazeina) lub roślinnego (izolat białka sojowego) na zawartość frakcji lipidowych w surowicy krwi i wątrobach szczurów żywionych bez i z dodatkiem cholesterolu. Wykazano, że w przypadku izolatu białka sojowego wzrost wielkości dodatku magnezu do paszy powodował spadek poziomu TC, frakcji LDL, TG i lipidów całkowitych. Kazeina spowodowała wzrost poziomu frakcji HDL i obniżenie poziomu frakcji LDL oraz TG.

W kolejnych doświadczeniach badano aktywność hipocholesterolemiczną w organizmie szczura izomerów sprzężonego kwasu linolowego – C18:2 *n*-6 (CLA), które to związki wykazują udokumentowane oddziaływanie

prozdrowotne: zmniejszają zagrożenie otyłością, przeciwdziałają miażdżycy naczyń i zmianom nowotworowym, a także stymulują układ immunologiczny. Zastosowanie dodatku CLA do diet dla szczurów okazało się nie tylko efektywną metodą wzbogacania ich tkanek w ten związek, ale potwierdziło hipocholesterolemiczne działanie CLA, czego wyrazem było podwyższenie poziomu frakcji HDL i zwiększenie jej udziału w TC (Szymczyk i in., 2000 b). W kolejnym doświadczeniu określano wpływ spożycia produktu wzbogaconego w CLA na drodze żywieniowej na profil lipidów w surowicy krwi. W grupie otrzymującej jako jedyne źródło białka 20% zliofilizowanych wzbogaczonych w CLA żółtek jaj stwierdzono istotny spadek udziału szkodliwej frakcji LDL w TC, przy równoczesnym wzroście poziomu pożądanej frakcji HDL w surowicy krwi, zarówno w stosunku do grupy żywionej z dodatkiem żółtek jaj standardowych, jak i grupy kontrolnej z kazeiną (Szymczyk i Pisulewski, 2002). Oleje z nasion rzepaku, truskawek i malin są bogatym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i przeciwutleniaczy, takich jak: tokoferole, bioflawonoidy i fitosterole. Żywienie szczurów przez okres 5 tygodni dietami z dodatkiem wspomnianych olejów nie wpłynęło istotnie na poziom TC, frakcji HDL i LDL oraz TG we krwi zwierząt. Zmniejszona aktywność dysmutazy ponadtlenkowej i peroksydazy glutationowej u szczurów otrzymujących oleje z malin i truskawek sugeruje, że te oleje mogą poprawiać stabilność oksydacyjną w organizmie (Pieszka i in., 2013).

Jedyną udowodnioną metodą przedłużającą życie różnych organizmów, w tym ssaków, jest ograniczenie kalorii w diecie – CR (z ang. *Calorie Restriction*). Wiadomo, że CR wywołuje w organizmie złożoną odpowiedź, powodując zmiany metaboliczne, neuroendokrynne i apoptotyczne o różnym nasileniu w różnych tkankach. Fizjologiczne działanie CR przypisuje się głównie białkom zwanym sirtuinami, które regulują produkcję glukozy i insuliny, metabolizm tłuszczów i wpływają na przeżywalność komórek. Również α -ketoglutaran (AKG), metabolit cyklu Krebsa, może naśladować działanie CR poprzez zmniejszenie produkcji ATP. Związkiem, który najsilniej naśladuje efekty CR jest resveratrol (RESV), który w komórkach ssaków wywołuje zależne od sirtuiny działanie, poprawiające funkcje komórkowe i status zdrowotny organizmu. W badaniach przeprowadzonych przez Szczurka i in. (2016) postawiono hipotezę, że RESV i AKG stosowane jako dodatek do diety mogą wpłynąć na metabolizm i zapewnić korzyści zdrowotne bez zmniejszonego spożycia kalorii. Szczury karmione dietą wysokotłuszczową (HF) wykazały objawy oporności na insulinę i zaburzenia metaboliczne prowadzące do otyłości. Dodatek AKG lub RESV nie wywołał żadnych korzystnych zmian zdrowotnych u szczurów karmionych dietą HF.

W ramach badania bezpieczeństwa pasz GM w żywieniu zwierząt przeprowadzono w IZ szereg badań, mających na celu ocenę wartości odżywczej oraz wpływu na metabolizm i zdrowotność zwierząt modelowych materiałów paszowych: śrut poekstrakcyjnych z soi zmodyfikowanej w kierunku

tolerancji na herbicydy MON 40-3-2, MON 89788 i A2704-12 oraz ziarna kukurydzy MON 810, zmodyfikowanej pod kątem odporności na owada szkodnika z rodziny łuskoskrzydłych – omacnicę prosowiankę. Nie stwierdzono negatywnego wpływu modyfikacji genetycznych na wartość pokarmową białka badanych materiałów z roślin GM (doświadczenia bilansowe). Nie wykazano również negatywnego wpływu pasz GM na parametry charakteryzujące status metaboliczny i zdrowotny organizmu szczurów (doświadczenia 90-dniowe). Brak obecności transgenicznego DNA w narządach wewnętrznych, krwi i tkance mięśniowej szczurów świadczył o wysokiej efektywności jego trawienia oraz braku możliwości transportu wykrywalnych fragmentów transgenów przez barierę jelitową do organizmu zwierząt (Świątkiewicz i in., 2012; Szymczyk i in., 2013; 2018 a,b).

Podsumowanie

Zwierzęta laboratoryjne pełnią istotną rolę w rozwoju nauk medycznych, biologicznych i zootechnicznych. Konkretny model biologiczny dostarcza pośrednio wielu cennych danych na temat stanu procesów fizjologicznych czy podstawowych funkcji biologicznych innego organizmu. Uzyskane w badaniach prowadzonych w Dziale Żywienia Zwierząt IZ PIB wyniki były wykorzystywane w pracach selekcyjnych nad doskonaleniem nowych rodzimych ras i odmian już uprawianych i w poszukiwaniu nowych, atrakcyjnych z punktu widzenia paszowego gatunków roślin. Były pomocne w określaniu przydatności nowych niekonwencjonalnych źródeł białka paszowego oraz bezpieczeństwa stosowania materiałów paszowych z roślin modyfikowanych genetycznie w żywieniu zwierząt. Dostarczyły również wielu cennych informacji o wartości prognostycznej dla człowieka na temat wpływu czynników żywieniowych na metabolizm szczura jako organizm modelowy.

Piśmiennictwo

- Brzóska F., Szymczyk B., Szólkowska A., Śliwiński B., Pietras M. (2017). Skład aminokwasowy, profil kwasów tłuszczowych i wartość pokarmowa odmian i ras ziarna owsa. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 44 (2): 247–264.
- Hanczakowski P. (1976). Skład i wartość pokarmowa białka ekstrahowanego z czterech odmian kapusty pastewnej nawożonych różnymi dawkami azotu. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 4 (1): 227–235.
- Hanczakowski P., Lutyńska R. (1976). Ekstrakcja białka z liści barszczu (*Heracleum Sosnowskyi*) nawożonego różną ilością azotu. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 3 (1): 107.
- Hanczakowski P., Szymczyk B. (1999). Influence of various dietary proteins in low-fat diets on plasma cholesterol level in rats. *Ann. Anim. Sci.*, 26, 4: 317–328.
- Hanczakowski P., Szymczyk B. (2003 a). The effect of potentially hypo- and hypercholesterolemic diets on serum lipids profile in rats. *Ann. Anim. Sci.*, 3: 109–114.

- Hanczakowski P., Szymczyk B., (2003 b). Effect of main components of feed on cholesterol level in rats. *Ann. Anim. Sci.* 2: 265–268.
- Hanczakowski P., Szymczyk B. (2004). Wpływ syntetycznych kwasów tłuszczowych na przyrosty oraz zawartość cholesterolu i trójglicerydów we krwi szczurów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 20: 97–101.
- Hanczakowski P., Szymczyk B. (2006). The effect of olive oil or linseed oils supplemented with pure saturated fatty acids on serum cholesterol level in rats. *J. Anim. Feed Sci.*, 15, 2: 287–294.
- Hanczakowski P., Szymczyk B. (2007). Digestibility of different fats and FAT deposition in rats. *Ann., Anim., Sci.*, 7 (2): 289–294.
- Hanczakowski P., Krasnodędska I., Zima J. (1977). Skład i wartość pokarmowa białka ekstrahowanego z nasion peluski i łubinu. *Acta agr. Silv., Ser. Zoot.*, XVII (1–2): 3–11.
- Hanczakowski P., Skraba B., Młodkowski M. (1981). Nutritive value of leaf protein concentrate from potato haulm for rats and chicks. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 6: 413–419.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Skraba B. (1991). Composition and nutritive value of native and modified green fraction of leaf protein from lucerne (*Medicago sativa*). *J. Sci. Food Agric.*, 56: 495–501.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Wolski T. (1993). The nutritive value of the residues remaining after oil extraction from seeds of evening primrose (*Oenothera biennis* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 63: 375–376.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Wawrzyński M. (1995). Composition and nutritive value of sewage-grown duckweed (*Lemna minor* L.) for rats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 52: 339–343.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Furgał-Dierżuk I. (2001 a). Effect of various dietary fats and proteins on serum cholesterol level in rats. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 263–266.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Szczurek W. (2001 b). Effect of different dietary fibre and protein on serum cholesterol level in rats. *Ann. Anim. Sci.*, 1: 113–119.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Furgał-Dierżuk I. (2003). The effect of soybean or casein protein and different fats on cholesterol and triacylglycerol level in rats. *Ann. Anim. Sci.*, 3: 301–309.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Furgał Dierżuk I. (2004 a). The effect of different starches and proteins on serum lipid profile in the rat. *Ann. Anim. Sci.*, 4 (1): 155–161.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Szczurek W. (2004 b). The effect of pure saturated fatty acids on cholesterol and triacylglycerol level in rats. *Ann. Anim. Sci.*, 4, 1: 145–153.
- Hanczakowski P., Szymczyk B., Kwiatkowski S., Wolski T. (2009). Skład i wartość pokarmowa białka nasion pszczałnika mołdawskiego (*Dracocephalum moldavica* L.). *Rocz. Nauk. Zoot.*, 36, 1: 55–61.
- Koreleski J., Ryś R., Kubicz M. (1987). Nasiona nowych krajowych odmian łubinu, grochu i soi w żywieniu kurcząt rzeźnych i szczurów. *Rocz. Nauk. Zoot., Monogr. Rozpr.*, 25: 221–244.

- Maciejewicz-Ryś J., Sokół K. (1999 a). Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa L.*) i nagoziarnistego (*Avena sativa var. nuda*). *Żywność*, 1, 18, Suppl.: 273–278.
- Maciejewicz-Ryś J., Sokół K. (1999 b). Wpływ L-lizyny lub preparatu enzymatycznego na wartość pokarmową białka owsa nagoziarnistego (*Avena sativa var. nuda*) i oplewionego (*Avena sativa L.*). *Żywność, Technologia, Jakość, Supl.*, 9, 1 (18): 267–272.
- Maciejewicz-Ryś J., Ślusarczyk K. (2001). Skład chemiczny i wartość odżywcza białka nowych odmian grochu (*Pisum sativum L.*). *Rocz. Nauk. Zoot.*, 28 (2): 227–236.
- Maciejewicz-Ryś J., Ślusarczyk K., Ernest T. (2000). Wpływ dodatku metioniny na wartość odżywczą białka krajowych odmian bobiku. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 27 (1): 319–329.
- Pastuszczyńska B., Tuśnio A., Taciak M. (2016). Wartość odżywcza białka w żywieniu ludzi i zwierząt monogastrycznych. Monografia. Wyd. IFiŻŻ PAN Jabłonna, ISBN 978-83-945-468.
- Pieszka M., Tombarkiewicz B., Roman A., Migdał W., Niedziółka J. (2013). Effect of bioactive substances found in rapeseed, raspberry and strawberry seed oils on blood lipid profile and selected parameters of oxidative status in rats. *Environ. Toxicol. Phar.*, 36, 3 (11): 1055–1062.
- Pisulewska E., Hanczakowski P., Pisulewski P.M., Szymczyk B. (1991). The changes of the yield, composition and nutritive value of leaf protein extracted from vetch and cereal mixtures during three years cultivation. *J. Sci. Food Agric.*, 55: 197–205.
- Pisulewska E., Hanczakowski P., Szymczyk B., Ernest T., Kulig B. (1996 a). Porównanie składu chemicznego, zawartości substancji antyżywnościowych i wartości pokarmowej nasion dziewięciu odmian bobiku (*Vicia faba L.*) uprawianego w dwóch sezonach wegetacyjnych. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 23 (2): 253–266.
- Pisulewska E., Szymczyk B., Pisulewski P.M. (1996 b). Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego na skład chemiczny oraz wartość pokarmową ziarna ozimych odmian pszenicy i żyta. *Acta Agr. Silv., Ser. Agr.*, XXIV: 105–114.
- Pisulewska E., Hanczakowski P., Szymczyk B., Dziamba S. (1997). Porównanie składu chemicznego oraz wartości biologicznej nasion trzech form lędźwianu siewnego, zróżnicowanych pod względem masy tysiąca nasion. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 446: 349–353.
- Pisulewska E., Szymczyk B., Polaszczuk Sz. (2001). Wpływ stosowania retardantów wzrostu na wartość pokarmową nasion zróżnicowanych morfologicznie odmian bobiku. *Acta Agr. Silv.*, XXXIX: 149–156.
- Szczurek W., Szymczyk B., Hanczakowski P. (1998). The effect of enzyme supplementation on protein value of overheated rapeseed meal and meat meal in rats. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25, 4: 127–134.
- Szczurek P., Pieszka M., Orczewska-Dudek S., Pietras M. (2016). Effects of resveratrol and α -ketoglutarate on food intake factors in rats fed a high-fat diet. *Mat. VII Międz. Symp. Nauk. z zakresu rolnictwa dla doktorantów, studentów oraz młodych naukowców: Innowacyjne badania w rolnictwie i na rzecz rozwoju obszarów wiejskich, Bydgoszcz, 2016.*

- Szymczyk B., Pisulewski P.M. (2002). Feeding conjugated linoleic acid-enriched egg yolks alters serum lipid profile in adult rats *Ann. Anim. Sci.*, 2 (1): 171–178.
- Szymczyk B., Gwiazda S., Hanczakowski P. (1995 a). Nutritive value for rats of unextracted and defatted green fractions of leaf protein concentrate from red clover. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 56: 169–175.
- Szymczyk B., Gwiazda S., Hanczakowski P. (1995 b). The effect of leaf protein concentrate from red clover on plasma cholesterol level in rats. *J. Sci. Food Agric.*, 67: 299–301.
- Szymczyk B., Gwiazda S., Hanczakowski P. (1996). The nutritive value for rats and chicks of unextracted and defatted leaf protein concentrates from red clover and Italian ryegrass. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 63: 297–303.
- Szymczyk B., Hanczakowski P., Pisulewska E. (2000 a). Skład i wartość pokarmowa nasion polskich odmian wyki (*Vicia sativa* i *Vicia villosa*). *Acta Agr. Silv.*, ser. Zoot., XXVIII: 93–100.
- Szymczyk B., Pisulewski P.M., Szczurek W., Hanczakowski P. (2000 b). The effect of feeding conjugated linoleic acid (CLA) on rat growth performance, serum lipoproteins and subsequent lipid composition of selected rat tissues. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 1553–1558.
- Szymczyk B., Hanczakowski P., Furgał-Dierzuk L., Szczurek W. (2001). The effect of magnesium intake on serum lipids in rats fed casein or soy protein isolate. *Ann. Anim. Sci.*, 1 (2): 113–122.
- Szymczyk B., Szczurek W., Świątkiewicz S. (2013). Wielopokoleniowe skutki stosowania pasz GM w żywieniu zwierząt (referat). XXX Konferencja Naukowo-Techniczna. Materiały i dodatki paszowe – aktualne wymagania. Zamość, 25–26.04.2013. *Pasze Przem.*, 1: 8–10.
- Szymczyk B., Szczurek W., Świątkiewicz S., Kwiatek K., Sieradzki Z., Mazur M., Bednarek D., Reichert M. (2018 a). Results of a 16-week safety assurance study with rats fed genetically modified Bt maize: effect on growth and health parameters. *J. Vet. Res.*, 62, 4: 555–561.
- Szymczyk B., Szczurek W., Kwiatek K., Sieradzki Z., Mazur M., Bednarek D., Reichert M. (2018 b). Effect of 20-months feeding with diets containing soybean meal from genetically modified or conventional soybean on health status of rats. XLVII Scientific Session of Group of Animal Nutrition KNZiA PAN, Kraków, 27–29 June 2018. *Conf. proc.*, pp. 194–195.
- Świątkiewicz S., Szymczyk B., Brzóska F., Świątkiewicz M., Arczewska-Włosek A., Strzetelski J., Furgał-Dierzuk L., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Sieradzki Z., Pejsak Z., Tomczyk G., Minta Z., Bednarek D., Kozaczyński W., Reichert M., Kwiatek K. (2012). Genetycznie zmodyfikowane materiały paszowe w żywieniu zwierząt – rezultaty badań krajowych. *Prz. Hod.*, 7–9: 9–14.
- Wierzbicki M. (2014). Modele zwierzęce w badaniach medycznych, biologicznych i zootechnicznych. *Prz. Hod.*, 6: 26–28.

Efekty realizacji zadań laboratorium referencyjnego przez Krajowe Laboratorium Pasz

**Waldemar Korol, Grażyna Bielecka, Jolanta Rubaj,
Sławomir Walczyński**

*Institut Zootechniki PIB, Dział Analityki Laboratoryjnej,
Krajowe Laboratorium Pasz w Lublinie, ul. Chmielna 2, 20-079 Lublin*

Krajowe Laboratorium Pasz (KLP) realizuje zadania laboratorium referencyjnego na podstawie rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) z dnia 20 lutego 2004 r. w sprawie wykazu laboratoriów referencyjnych właściwych do prowadzenia badań środków żywienia zwierząt (Dz. U. Nr 40, poz. 371 z późn. zm.). W rozporządzeniu określono kierunki badań KLP obejmujące składniki pokarmowe, w tym składniki mineralne, dodatki paszowe, w tym witaminy, aminokwasy, mikroelementy, enzymy i barwniki, wybrane pasze GMO (soja i kukurydza), niektóre substancje niepożądane, jak azotyny i fluor oraz homogeniczność pasz.

Zadania krajowych laboratoriów referencyjnych zostały określone w art. 33 ust. 2 rozporządzenia Nr 882/2004 w sprawie urzędowych kontroli żywności i pasz (Dz. Urz. UE L165/1 z 30.04.2004) i uaktualnione w art. 101 obecnie obowiązującego rozporządzenia 2017/625 (Dz. Urz. UE L95/1 z 7.4.2017). Współpracę unijnego laboratorium referencyjnego ds. dodatków paszowych z krajowymi laboratoriami referencyjnymi reguluje rozporządzenie Komisji (WE) nr 378/2005 (Dz. Urz. UE L 59/8 z 5.03.2005 z późn. zm.). W oparciu o cytowane przepisy KLP realizuje od 2004 r. zadania krajowego laboratorium referencyjnego w następujących zakresach: (I) współpraca z unijnymi laboratoriami referencyjnymi, (II) koordynacja działania laboratoriów urzędowych odpowiedzialnych za analizę próbek, (III) organizacja badań porównawczych pomiędzy krajowymi laboratoriami urzędowymi oraz zapewnienie odpowiednich późniejszych zastosowań wyników takich badań porównawczych, (IV) rozpowszechnianie informacji przekazanych przez unijne laboratorium referencyjne do Inspekcji Weterynaryjnej (IW) i Zakładów Higieny Weterynaryjnej (ZHW), (V) zapewnienie wsparcia naukowego i technicznego dla IW w zakresie wykonania skoordynowanych planów kontroli. Podstawowym celem jest zapewnienie bezpieczeństwa i jakości pasz poprzez wspomaganie urzędowego nadzoru paszowego realizowanego przez IW

i laboratoria ZHW upoważnione do wykonywania badań pasz. Kontrole urzędowe i inne czynności urzędowe powinny być prowadzone w oparciu o metody analiz, badań i diagnostyki, które spełniają najnowocześniejsze standardy naukowe oraz zapewniają miarodajne i porównywalne wyniki w całej Unii Europejskiej (UE). W związku z tym należy nieustannie doskonalić metody stosowane przez laboratoria urzędowe, jak również jakość i jednolitość używanych w ich wyniku danych analitycznych. Zadania w tym zakresie realizują laboratoria referencyjne krajów Unii Europejskiej. Celem pracy było przedstawienie wybranych efektów realizacji zadań krajowego laboratorium referencyjnego przez KLP w latach 2004–2019.

Efekty współpracy z unijnymi laboratoriami referencyjnymi

KLP współpracuje z dwoma z unijnymi laboratoriami referencyjnymi – Laboratorium Referencyjnym UE ds. Dodatków Paszowych (EURL-FA), IRMM, Geel (Belgia) i Laboratorium Referencyjnym UE ds. GMO, Ispra (Włochy). W pracy przedstawiono efekty współpracy tylko z laboratorium EURL-FA i z krajowymi laboratoriami referencyjnymi ds. dodatków paszowych (NRL).

Zakres współpracy obejmował uczestnictwo w badaniach biegłości (PT) organizowanych przez EURL lub NRL. W latach 2004–2019 KLP uczestniczyło w 6 PT organizowanych przez JRC EURL-FAC (zakres: kokcydiostatyki, karotenoidy, mocznik, kobalt, selen w paszach), w 9 PT zorganizowanych przez Austriacką Agencję Zdrowia i Bezpieczeństwa Żywności AGES w Wiedniu – IAG-Feedingstuffs (zakres: podstawowe składniki pokarmowe, składniki mineralne, witaminy A i E, aminokwasy, fitaza), w 5 PT organizowanych przez Krajowy Instytut Kontroli Jakości Produktów Rolnych, Budapeszt (Węgry) (zakres podobny do PT AGES, IAG-Feedingstuffs), w 5 PT organizowanych przez LGC Standards (witaminy A, B₁, B₂, C, E, azotyny) i 40 PT organizowanych przez uznanego organizatora badań biegłości Bipea (Francja). Wyniki PT zostały wykorzystane do potwierdzania kompetencji KLP do wykonywania zadań krajowego laboratorium referencyjnego w ramach corocznych ocen dokonywanych przez MRiRW, rozszerzania zakresu akredytacji metod badań pasz przez KLP (certyfikat akredytacji PCA nr AB 856), szacowania niepewności pomiarów w badaniach pasz przy zastosowaniu podejścia doświadczalnego, wykorzystującego wyniki PT i odtwarzalność wewnątrzlaboratoryjną metody w laboratorium. Sprawdzenie praktycznych podejść zalecanych przez Eurolab (Eurolab TR No. 1/2007) i Nordtest (TR 537, Version 3, 2008) oraz określenie kryteriów wykorzystania wyników PT do szacowania niepewności pomiarów było przedmiotem publikacji (Korol i in., 2017).

Współpraca z laboratoriami referencyjnymi EU ds. dodatków paszowych EURL-FA i laboratoriami krajowymi NRL oraz normalizacją europej-

ską CEN dotyczyła również opracowania norm europejskich i międzynarodowych na potrzeby badania pasz w ramach nadzoru paszowego. KLP uczestniczyło w licznych badaniach międzylaboratoryjnych organizowanych przez CEN, Komitet Techniczny nr 327 ds. Pasz oraz przez ISO, Komitet Techniczny SC 10 ds. Pasz, których celem było określenie parametrów precyzji metod badania pasz, stanowiących integralną część każdej normy: kokcydiostatyk dekokwinat (EN 16126:2012), fluorki (EN 16279:2012), teobromina (EN 17270), kwasy organiczne (EN 17294:2019), kwasy benzoesowy i sorbowy (EN 17298:2019), witaminy A, E i D (pr No. 0327115), włókno ADF i ADL (ISO 13906:2008), lizyna, treonina i metionina (ISO 180:2013), tryptofan (ISO 13904:2016).

KLP uczestniczyło w licznych warsztatach naukowych Eurachem w zakresie walidacji metod, szacowania niepewności pomiaru, organizacji i oceny wyników PT. Podczas tych warsztatów prezentowano wyniki badań własnych w postaci doniesień. Niektóre z tych badań były przedmiotem publikacji. Przykładem jest publikacja parametrów walidacji metody oznaczania aminokwasów w paszach metodą ultrasprawną chromatografii cieczowej UPLC i wykazanie, że otrzymane wyniki badań są porównywalne do wyników badań aminokwasów w paszach uzyskanych oficjalną metodą chromatografii jonowymiennej IEC-VIS wg rozporządzenia 152/2009 (Szkudzińska i in., 2017). Praca spotkała się z zainteresowaniem, o czym świadczą dane dotyczące jej cytowań.

Badanie trudnych matryc paszowych będących mieszaniną składników mineralno-organicznych, jak niektóre mieszanki paszowe uzupełniające (MPU) i problemy z powtarzalnością wyników badań dodatków paszowych, zwłaszcza pierwiastków śladowych, spowodowały potrzebę oceny wpływu przygotowania próbki (podział próbki laboratoryjnej, rozdrobnienie próbki) na końcowy wynik badania i niepewność pomiaru. Stwierdzono potrzebę uwzględniania niepewności przygotowania próbki w budżecie niepewności metody na etapie walidacji, a wyniki badań opublikowano w uznanym czasopiśmie (Korol i in., 2015). Zagadnienie to było następnie przedmiotem prezentacji na konferencjach naukowych i szkoleniach pracowników laboratoriów urzędowego nadzoru i zostało wykorzystane w badaniach zawartości mikroelementów w paszach (Korol i in., 2013).

Koordinacja działań laboratoriów urzędowych, sprawdzanie i walidacja metod badania pasz

Prace badawcze w zakresie walidacji i sprawdzania metod badania pasz realizowano we współpracy z laboratoriami urzędowego nadzoru. Prace te dotyczyły wszystkich metod badania pasz stosowanych w urzędowej kontroli pasz w ramach rocznych planów urzędowej kontroli dostępnych na stronie: www.wetgiw.gov.pl. Potrzeba realizacji prac badawczych w tym zakresie

wynikała z braku oficjalnych metod badania składników pasz, braku parametrów walidacji oficjalnych metod badania pasz w rozporządzeniu 152/2009, potrzeby sprawdzenia parametrów walidacji metod oficjalnych lub normatywnych. W latach 2004–2019 sprawdzano parametry walidacyjne oficjalnych metod badania pasz w zakresie podstawowych składników pokarmowych, skrobi i cukrów, w tym laktozy, mikroelementów (żelazo, mangan, cynk i miedź), witamin A i E, aminokwasów oznaczanych metodą IEC-VIS, tryptofanu metodą HPLC, fosforu i mocznika oraz gossypolu oznaczanych metodą spektrofotometryczną. W przypadku makroelementów sprawdzono metodę płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS) oznaczania wapnia, magnezu, sodu i potasu wg PN-EN ISO 6869. Do badania przeciwutleniacza etoksyquin (EQ) w paszach zaadaptowano i sprawdzono metodę HPLC wg AOAC Official Method 996.13.

Na potrzeby badania pasz stosowanych w ramach odwoławczych badań eksperckich sprawdzono spektrofotometryczną metodę oznaczania aktywności fitazy wg PN-EN ISO 30024:2008, metodę oznaczania inhibitorów trypsyny w produktach sojowych wg PN-EN ISO 14902:2005, oznaczanie indeksu rozpuszczalności dyspersyjnej białka w śrucie sojowej wg normy AOCS Ba 10a-05, oznaczanie włókna surowego metodą Sharrera wg ISO 6541:1981, oznaczanie białka strawnego wg PN-ISO 6655:2000.

Pełną walidację przeprowadzono w przypadku metod badania jodu, kobaltu, molibdenu, selenu, fluoru i azotanów (III), stosowanych w urzędowej kontroli pasz, a także w przypadku metod stosowanych w badaniach eksperckich takich dodatków paszowych, jak hydroksyanalog metioniny (MHA), witamina C (kwas askorbinowy, jego sole i fosforan askorbylu), witaminy D₃ i K₃ oraz kwasy tłuszczowe.

Metody, w przypadku których opracowano oryginalne procedury badawcze, a następnie sprawdzono w postępowaniach walidacyjnych były przedmiotem publikacji. Dotyczy to metod HPLC oznaczania tiaminy i ryboflawiny w premiksach i mieszankach paszowych (Rubaj i in., 2008 a,b). Zostały one umieszczone w bazie metod badania dodatków paszowych CIRCA BC prowadzonej przez EURL-FA i zalecone w badaniach urzędowych. Podobnie pozytywnie oceniono metodę HPLC oznaczania kantaksantyny w premiksach i mieszankach paszowych (Rubaj i in., 2009). Z kolei, metoda chromatografii jonowej z detekcją konduktometryczną IC-CD oznaczania kwasów organicznych w preparatach, premiksach i mieszankach paszowych (Zniszczyńska i in., 2011) znalazła szerokie zastosowanie również w badaniach kwasów organicznych w kiszonkach (w tym kwasu masłowego), a nawet w produktach żywnościowych (tortilla – kwas propionowy). O trafności wyboru metody IC-CD do oznaczania kwasów organicznych w paszach świadczy zalecenie jej do badań pasz w wydanej ostatnio normie EN 17294:2019. KLP aktywnie współpracowało z prowadzącym projekt tej normy instytutem AGES (Wiedeń, Austria).

Wymienione powyżej metody były poddawane badaniom biegłości i porównaniom międzylaboratoryjnym z udziałem laboratoriów ZHW i innych laboratoriów upoważnionych do badań pasz w ramach urzędowej kontroli.

Organizowanie międzylaboratoryjnych badań porównawczych z udziałem krajowych laboratoriów urzędowych oraz wykorzystanie wyników takich badań

Uczestnictwo w badaniach biegłości (PT) i porównaniach międzylaboratoryjnych (ILC) służy przede wszystkim ocenie metody badawczej i laboratorium. Daje możliwość porównania własnych wyników z wynikami uzyskanymi przez inne laboratoria oraz potwierdzenia kompetencji, co jest istotne dla każdego laboratorium i wymagane normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 w przypadku laboratoriów akredytowanych oraz ubiegających się o akredytację. Wyniki badań pasz prowadzonych przez laboratoria ZHW i inne upoważnione laboratoria w ramach urzędowego nadzoru sprawowanego przez Inspekcję Weterynaryjną (IW) służą do potwierdzenia wymagań określonych w przepisach i stanowią podstawę podejmowania decyzji przez powiatowego lekarza weterynarii. Badania powinny być wykonywane rzetelnie, a wyniki badań – miarodajne. W tabelach 1 i 2 zamieszczono informację o PT/ILC organizowanych przez KLP w latach 2004–2019. Badania PT/ILC prowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 17043.

W ocenianym okresie przeprowadzono 48 PT i 46 ILC, w których badano 160 próbek pasz, wykonując około 16,5 tys. analiz. Do oceny jakości i precyzji PT/ILC przyjęto wskaźnik Horwitza (HorRat, H) (Horwitz i Albert, 2006). W przypadku, gdy wartość wskaźnika HorRat mieściła się w granicach $0,5 < H < 2$, uznawano oceniane PT/ILC za wystarczająco precyzyjne. W sytuacji, gdy $H > 2$, wyniki PT/ILC nie były uwzględniane do szacowania niepewności pomiaru. Na podstawie odchylenia standardowego S_{pt} badanego składnika pokarmowego, dodatku paszowego lub substancji niepożądaney i szkodliwej obliczano niepewność rozszerzoną ($U = 2 \cdot S_{pt}$), zgodnie z wytycznymi EA-04/16 (www.pca.gov.pl).

Takie podejście do szacowania niepewności jest stosowane od dawna przez niemieckie laboratoria VDLUFA upoważnione do wykonywania urzędowych badań pasz, co sprzyja budowaniu spójnego systemu oceny i interpretacji wyników badań. W systemie niemieckim niepewność pomiarów (tolerancje analityczne) dla danych metod, matryc i stężeń oblicza się jako podwójne odchylenie standardowe z PT/ILC z udziałem upoważnionych laboratoriów (https://www.vdlufa.de/Dokumente/Fachgruppen/FG6/ASR_Version_11_2018.pdf).

Tabela 1. Badania biegiłości (PT) wykonane w latach 2004–2019

Lp.	Symbol PT/ILC, rok	Badane składniki, substancje	Liczba		
			lab.	próbek	analiz
1	PT Pasze 2004–2012, 9 PT	Wilgotność, popiół surowy, popiół nierozp. w HCl, białko ogólne, włókno surowe, tłuszcz surowy, tłuszcz surowy po hydrolizie, skrobia, cukry, chlorki, fosfor, wapń, magnez, sód, potas, żelazo, mangan, cynk, miedź, aNDF, ADF i ADL w materiałach i mieszankach paszowych	201	17	4308
2	PT Pasze 2013–2019, 7 PT	Wilgotność, białko ogólne, włókno surowe, tłuszcz surowy/ tłuszcz po hydrolizie, popiół surowy, skrobia, cukry, energia metaboliczna w materiałach paszowych/ mieszankach paszowych dla drobiu	147	7	962
3	PT Premiks 2008–2012, 4 PT	Wilgotność, witaminy A, E, B ₂ (2008) wapń, chlorki (jako Cl ⁻), fosfor, magnez, sód, potas, żelazo, mangan, cynk, miedź, selen, jod, kobalt, arsen, fluor, kadm, ołów w premiksach	86	6	1281
4	PT Mineral 2013–2019, 7 PT	Wilgotność, popiół surowy, popiół nierozp. w HCl, chlorki (Cl ⁻), wapń, magnez, sód, potas, miedź, żelazo, mangan, cynk, selen, jod, fluor, arsen, kobalt, molibden, kadm i ołów w materiałach i mieszankach paszowych oraz premiksach	144	8	1633
5	PT Homo 2005–2019, 15 PT	Badanie homogeniczności na podstawie zawartości: chlorków, wapnia, cynku i miedzi w mieszankach paszowych (30 próbek seryjnych, 166 próbek pierwotnych)	215	30s 166p	6626
6	PT AA 2012–2013, 2 PT	Aminokwasy (18) w paszach	13	3	252
7	PT Witaminy, 2012, 2013, 2 PT	Witaminy A, B1, B2, D3, E w premiksach i mieszankach paszowych	16	4	107
8	PT Azotany (III), 2008, 2017, 2 PT	Azotany (III) w mączkach mięsnych	15	2	15
		Razem 48 PT	837	77	15184

Tabela 2. Porównania międzylaboratoryjne (ILC)
wykonane w latach 2004–2019

Lp.	Symbol ILC, rok	Badane składniki, substancje	Liczba		
			lab.	próbek	analiz
1	ILC Wit 2006–2019, 11 ILC	Witaminy A, E (octan tokoferolu), B ₁ , B ₂ , D ₃ , EQ w mieszankach paszo- wych i premiksach	67	20	299
2	ILC Try 2006–2019, 11 ILC	Aminokwasy (w tym tryptofan) w paszach	51	14	630
3	ILC Se 2006–2018, 3 ILC	Selen w preparatach i premiksach	22	6	44
4	ILC Mocznik 2007–2019, 8 ILC	Mocznik w materiałach i mieszan- kach paszowych	64	21	167
5	ILC Jod 2007	Jod w paszach	2	2	4
6	ILC EM 2007	EM w mieszance dla drobiu (białko, tłuszcz, skrobia, cukry)	8	1	44
7	ILC Fluor 2006–2007, 2 ILC	Fluor w fosforanach paszowych	8	3	12
8	ILC Azotany (III) 2010–2011, 2 ILC	Azotany (III) w materiałach paszo- wych	15	2	15
9	ILC Gossypol 2010	Gossypol w nasionach bawełny	5	1	5
10	ILC Tłuszcze 2012–2018, 2 ILC	Liczba kwasowa i nadtlenkowa w tłuszczach	9	4	36
11	ILC Węglany 2016	Węglany w paszach metodą gazome- tryczną	2	3	6
12	ILC Zan. Fiz. 2016–2019, 3 ILC	Pozostałości opakowań i zanieczysz- czenia fizyczne w produktach piekar- niczych i paszach	15	6	30
		Razem 46 ILC	268	83	1292
Razem PT i ILC (tab. 1 i 2) 94			1105	160	16476

Tabela 3. Porównanie niepewności pomiarów składników pokarmowych i dodatków paszowych, obliczonych na podstawie wyników badań porównawczych (PT) urzędowych laboratoriów polskich, niemieckich i węgierskich, niepewności pomiaru w % ($U = 2 \cdot S_{pi}$)

Rodzaj badania	Zawartość średnia	Polska* (± %)	Niemcy (± %)	Węgry (± %)
Wilgotność (g/100 g)	9,9	4,4	3,1	8,0
Popiół surowy (g/100 g)	9,2	5,3	5,4	8,0
Popiół nierozp. w HCl (g/100 g)	3,6	11,6	12,9	10,0
Białko ogólne (g/100 g)	19,4	2,7	5,0	4,0
Tłuszcz surowy A (g/100 g)	5,0	10,4	12,0	8,0
Włókno surowe (g/100 g)	12,3	8,4	10,0	10,0
Skrobia (g/100 g)	39,3	5,8	5,1	5,1
Cukry (g/100 g)	2,8	14,9	35,7	10,0
Chlorki (g/kg)	12,5	10,0	18,0	24,0
Wapń (g/kg)	21,1	10,6	10,0	10,0
Fosfor (g/kg)	7,5	7,4	9,0	13,3
Sód (g/kg)	3,1	13,4	14,0	12,5
Magnez (g/kg)	2,6	9,4	13,0	12,5
Potas (g/kg)	9,8	10,8	11,0	12,5
Żelazo (mg/kg)	439	19,0	18,6	15,0
Mangan (mg/kg)	123	13,0	19,0	15,0
Cynk (mg/kg)	234	11,4	16,0	15,0
Miedź (mg/kg)	45	14,4	22,0	30,0
Kobalt (mg/kg)	0,77	30,7	39,0	30,0
Selen (mg/kg)	0,48	21,4	50,0	30,0
Jod (mg/kg)	2,0	26,4	37,0	25,0
Witamina A (j.m./kg)	62865	24,4	30,0	12,5
Witamina E (mg/kg)	305	16,4	16,0	15,0
Lizyna (g/kg)	20,8	7,6	13,0	10,0
Metionina (g/kg)	6,5	11,7	13,0	15,0
Mocznik (g/100 g)	4,3	8,4	13,0	15,0

* lata 2004–2017

W tabeli 3 porównano niepewności rozszerzone obliczone na podstawie danych z krajowych PT/ILC ($U = 2 \cdot S_{pi}$) z niepewnościami obliczonymi na podstawie tego samego podejścia i stosowanymi przez urzędowe laboratoria niemieckie VDLUFA oraz laboratoria węgierskie, wykonujące badania w ramach urzędowej kontroli pasz. Stwierdzono zgodność wyników badań i porównywalny poziom kompetencji.

Rozpowszechnianie informacji przekazywanych przez unijne laboratorium referencyjne dla krajowych laboratoriów urzędowych

W ramach tego zadania organizowano warsztaty szkoleniowe związane z wdrażaniem nowych metod badania pasz, oceną metod stosowanych w urzędowej kontroli, rozwiązywaniem problemów analitycznych związanych z badaniem nowych, nietypowych matryc paszowych (np. MPU). Podczas szkoleń omawiane były wyniki prowadzonych w danym roku PT i ILC w zakresach podanych w tabelach 1 i 2. Oprócz oceny wyników PT/ILC na podstawie uznanych wskaźników (*z-score*), oceniana była także niepewność pomiarów, ważny parametr wykorzystywany do oceny zgodności. Ponadto, prezentowane były możliwości wykorzystania wyników PT do szacowania niepewności pomiarów. Warsztaty szkoleniowe odbywały się w IV kwartale każdego roku, tak aby możliwe było przekazywanie aktualnych informacji pozyskiwanych corocznie z EURL-FA, dotyczących metod badania dodatków paszowych, interpretacji wyników, zmian przepisów wynikających z potrzeby rozwiązywania problemów w zakresie bezpieczeństwa i jakości pasz. Przykładem informacji przekazywanej na szkoleniach może być sposób obliczania niepewności szacowania EM mieszanek paszowych dla drobiu na podstawie równania regresji (tab. 4). Przedstawiony sposób obliczania niepewności przy szacowaniu EM opiera się na prawie propagacji niepewności, analogicznym do prawa propagacji błędów Gaussa. Przyjęto jednocześnie założenie, że składowe, odpowiadające niepewności pomiaru poszczególnych składników, tworzą budżet niepewności tylko w części odpowiadającej stosunkowi EM danego składnika do wartości EM badanej paszy, zgodnie z równaniem [1] na przykładzie danych liczbowych z tabeli 4.

Tabela 4. Sposób obliczenia niepewności EM mieszanek dla drobiu szacowanych z równania regresji wg rozporządzenia 152/2009 (Bielecka i in., 2010)

EM (MJ/kg)	Zawartość składników (%)	EM (MJ/kg)	Udział EM składnika w sumie	u (%)
0,1551 x BO +	19,99	3,10	0,264	2,0
0,3431 x TS +	3,12	1,07	0,091	2,0
0,1669 x S +	42,1	7,03	0,599	1,5
0,1301 x C =	4,05	0,53	0,045	3,0
Razem (MJ/kg)		11,73		

BO – białko ogólne; TS – tłuszcz surowy po hydrolizie; S – skrobia; C – cukry (jako sacharoza); u – standardowa niepewność oznaczania BO, TS, S i C.

$$u = \sqrt{(0,264 \cdot u_{BO})^2 + (0,091 \cdot u_{TS})^2 + (0,599 \cdot u_S)^2 + (0,045 \cdot u_C)^2}$$

[1]

Wykorzystując prawo propagacji niepewności obliczono z powyższego wzoru [1] standardową niepewność złożoną u , która wyniosła 1,07% (0,13 MJ/kg). Niepewność rozszerzona $U = 2 \cdot u$ wyniosła 2,14% (0,26 MJ/kg) i mieściła się w zakresie akceptowanych wartości. Proponowane podejście może być stosowane do obliczania niepewności badania EM pasz dla innych zwierząt (świnie, bydlę, zwierzęta domowe) przy wykorzystaniu zalecanych równań regresji.

Współpraca z Inspekcją Weterynaryjną i współtworzenie krajowych planów urzędowej kontroli pasz

KLP składa corocznie informację Głównemu Lekarzowi Weterynarii (GLW) z realizacji zadań laboratorium referencyjnego za ostatni rok i współpracy z organami IW, w tym oceny kompetencji laboratoriów ZHW do wykonywania badań w ramach urzędowej kontroli pasz na podstawie wyników PT/ILC, wyników audytów w laboratoriach ZHW i innych laboratoriach upoważnionych. Przedstawiane są instrukcje na potrzeby IW opracowane w danym roku. KLP współpracuje z IW w tworzeniu planów urzędowej kontroli pasz (PUKP), odpowiadając za zakres związany głównie z jakością handlową pasz. Uzgodnienia dotyczące PUKP są podejmowane podczas szkoleń i konsultacji z organami IW: Głównym Inspektorem Weterynarii (GIW), inspektoratami wojewódzkimi i podległymi inspektoratom wojewódzkim ZHW oraz powiatowymi inspektoratami weterynarii. PUKP umieszczony jest na stronie GIW (www.wetgiw.gov.pl).

W latach 2006–2019 opracowano 38 instrukcji, zawierających głównie metody badania pasz w przypadku braku metod oficjalnych i normatywnych, które były wdrażane w laboratoriach ZHW, sprawdzane w porównaniach międzylaboratoryjnych (PT/ILC), włączane w zakresy akredytacji laboratoriów ZHW, a następnie wykorzystywane w urzędowej kontroli pasz. Przykładem może być instrukcja badania homogeniczności pasz, wydana jako Instrukcja GLW nr GIWpr-02010-4/2018 z dnia 28 marca 2018 r. Zastosowano w niej nowatorskie podejście do badania homogeniczności pasz na podstawie własnych doświadczeń i wieloletnich PT (Walczyński, 2016). W nowym podejściu uwzględniono zmienność metody badania składnika, za pomocą którego dokonuje się szacowania homogeniczności. Obliczony współczynnik zmienności homogeniczności został pomniejszony o zmienność metody badania danego składnika. Ponadto, zwiększono do sześciu liczbę próbek pierwotnych w próbce seryjnej, przy jednoczesnym obniżeniu masy próbki do 100 g, co pozwoliło na uzyskanie pełniejszego obrazu stanu mieszaniny. Zwrócono szczególną uwagę na właściwe przygotowanie próbek do badań, zwłaszcza ich właściwe rozdrobnienie, aby uniknąć błędów w ocenie homogeniczności mieszanek paszowych.

Piśmiennictwo

- Bielecka G., Rubaj J., Korol W. (2010). Niepewność szacowania energii metabolicznej na podstawie równań regresji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 544: 147–154.
- Horwitz W., Albert R. (2006). The Horwitz Ratio (HorRat). A useful index of method performance with respect to precision. *J. AOAC International*, 89: 1095–1109.
- Korol W., Rubaj J., Bielecka G. (2013). Zawartość selenu, kobaltu i molibdenu w krajowych mieszankach paszowych. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 40 (1): 55–64.
- Korol W., Bielecka G., Rubaj J., Walczyński S. (2015). Uncertainty from sample preparation in the laboratory on the example of various feeds. *Accred. Qual. Assur.*, 20: 61–66.
- Korol W., Rubaj J., Bielecka G., Walczyński S., Reszko-Zygmunt J., Dobrowolski R. (2017). Criteria for using proficiency test results for estimation of measurement uncertainty: feed analysis example. *Accred. Qual. Assur.*, 22, 2: 83–89.
- Rubaj J., Bielecka G., Korol W., Kwiatek K. (2008 a). Determination of riboflavin in premixture and compound feed by liquid chromatography method. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 52, 619–624.
- Rubaj J., Korol W., Bielecka G., Kwiatek K. (2008 b). Determination of thiamine in premixture and compound feed by liquid chromatography method. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 52: 435–440.
- Rubaj J., Bielecka G., Korol W., Kwiatek K. (2009). Determination of canthaxanthin in premixture and compound feed by liquid chromatography method. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 53 (4): 707–712.
- Szkudzińska K., Smutniak I., Rubaj J., Korol W., Bielecka G. (2017). Method validation for determination of amino acids in feed by UPLC. *Accred. Qual. Assur.*, 22: 247–252.
- Zniszczyńska A., Rubaj J., Bielecka G., Korol W., Kwiatek K. (2011). Determination of organic acids in compound feed by ion chromatography method. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 55 (1): 107–110.
- Walczyński S. (2016). Kompetencje laboratoriów urzędowej kontroli w zakresie badania jednorodności produktów paszowych. *Tech. Agrar.*, 15 (3–4): 25–34.

Laboratoryjne i doświadczalne metody oceny jakości i wartości pokarmowej pasz

Zakres badań i efekty realizacji zadań przez Centralne Laboratorium

Robert Gašior

*Instytut Zootechniki PIB, Centralne Laboratorium w Aleksandrowicach,
32-083 Balice k. Krakowa*

W wyniku reorganizacji Instytutu Zootechniki w 2001 r. utworzono Centralne Laboratorium. Powstało ono z połączenia laboratoriów Zakładu Żywienia Zwierząt oraz Zakładu Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego. Złożyły się na nie trzy zaplecza analityczno-badawcze, które do tej pory mieściły się w Krakowie, przy ul Sarego 2, w Brzeziu i Aleksandrowicach. Nieocenione zasługi w tworzeniu fundamentów przyszłego laboratorium chemicznego oddali profesorowie: Franciszek Brzóska, Jerzy Koreleski, Piotr Hanczakowski i Anna Antoniewicz. Siedzibą Centralnego Laboratorium stały się dotychczasowe pomieszczenia Zakładu Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego w Aleksandrowicach. Utworzenie Centralnego Laboratorium zbiegło się z decyzją o rozbudowie i unowocześnieniu zaplecza laboratoryjnego. Adaptacja i budowa nowych pomieszczeń laboratoryjnych, nowoczesnych dygestoriów wraz z pozostałym wyposażeniem umożliwiły rozpoczęcie procesu akredytacji w Polskim Centrum Akredytacji w Warszawie. Od 29.12.2017 r. Centralne Laboratorium funkcjonuje w ramach Działu Analityki Laboratoryjnej.

Akredytacja

Od 19.08.2004 r. Centralne Laboratorium jest laboratorium akredytowanym i posiada certyfikat akredytacji PCA, nr AB 512, potwierdzający, że laboratorium pracuje w systemie jakości zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025 pt.: „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”.

Obecnie laboratoriami Instytutu spełniającymi wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025 są: Centralne Laboratorium, Krajowe Laboratorium Pasz w Lublinie i Krajowe Laboratorium Pasz w Lublinie – Pracownia w Szczecinie (Dział Analityki Laboratoryjnej) oraz Laboratorium Genetyki Molekularnej. Kierownicy tych laboratoriów mają zapewniony dostęp do dyrektora Instytutu w sprawach systemu zarządzania i dotyczących realizacji polityki jakości, a w zakresie działalności naukowo-badawczej współpracują z zastępcą dyrektora ds. nauki.

Laboratoria akredytowane posiadają wysoko kwalifikowaną kadre badawczą, wyspecjalizowaną w analizie produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. Zgodnie z systemem zarządzania, spełniającym wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025, w strukturze personelu wyróżnia się określone funkcje, co przedstawiono poniżej.

W laboratoriach pracujących z wdrożonym systemem zarządzania istotną rolę pełnią kierownicy ds. jakości (czasem wyróżnia się też specjalistów ds. audytów jako osoby wspierające kierownika ds. jakości). Odpowiadają oni bezpośrednio przed kierownikami właściwych laboratoriów oraz przed dyrektorem Instytutu. Mają do swoich przełożonych nieograniczony dostęp w sprawach dotyczących realizacji polityki jakości na poziomie danego laboratorium. Do zadań kierownika ds. jakości należy podejmowanie działań zmierzających do utrzymania i ciągłego doskonalenia systemu zarządzania, zapewniających wysoką jakość wykonywanych badań i obsługi klienta. Kierownik ds. jakości współpracuje z kierownikiem właściwego laboratorium, członkami kierownictwa technicznego oraz pozostałym personelem laboratorium, spośród którego wyznacza osoby odpowiedzialne za realizację zadań związanych z systemem zarządzania.

Z kierownikami ds. jakości wszystkich akredytowanych laboratoriów współpracuje pełnomocnik ds. jakości. Nadzoruje on wdrażanie systemu zarządzania w laboratoriach zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025. Ponadto, pełnomocnik ds. jakości koordynuje działania w zakresie utrzymania systemu zarządzania w laboratoriach, nadzoruje oraz zarządza głównymi dokumentami dotyczącymi systemu jakości w celu zachowania ich spójności i zgodności z powyższą normą oraz koordynuje działania w zakresie wzajemnego przeprowadzania audytów. W zakresie swojej działalności podlega bezpośrednio dyrektorowi Instytutu. Ma do niego nieograniczony dostęp w sprawach dotyczących wdrażania systemu zarządzania w laboratoriach i realizacji w nich polityki jakości.

Bardzo istotną rolę w laboratoriach akredytowanych pełni kierownictwo techniczne. Ponosi pełną odpowiedzialność za techniczną i merytoryczną działalność oraz wyposażenie laboratoriów. Inicjuje działania korygujące i zapobiegawcze i przeprowadza szkolenia wewnętrzne personelu laboratorium w zależności od bieżących potrzeb. Ponadto, kierownictwo techniczne odpowiada za zachowanie zgodności z normą PN-EN ISO/IEC 17025, w tym: planowanie sposobu realizacji poszczególnych badań i zapewnienie właściwej jakości metod badań; kontrolę i sterowanie jakością wyników badań; nadzorowanie badań i oprogramowania tworzonego w laboratorium; nadzorowanie zapisów z badań; opracowywanie, modyfikowanie i przeprowadzanie walidacji metod analitycznych; ustalenie przyczyny niezgodności w zakresie działań technicznych i jej wpływu na wyniki analiz i zarządzanie rozpoczęcia działań korygujących lub korekcyjnych; a także planowanie i nadzorowanie działań korygujących w ww. zakresie i działań zapobiegawczych. Ważną rolę pełnią

również osoby zajmujące się wyposażeniem i jego kontrolą, tzw. specjaliści ds. technicznych.

Kierownikiem Centralnego Laboratorium Instytutu Zootechniki jest obecnie dr hab. inż. Robert Gąsior, a jego zastępcą i kierownikiem ds. jakości dr Krystyna Ślusarczyk. W Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki struktura personelu wygląda następująco:

- kierownik Centralnego Laboratorium,
- zastępca kierownika Centralnego Laboratorium,
- kierownik ds. jakości,
- zastępca kierownika ds. Jakości,
- specjalista ds. audytów,
- specjaliści ds. technicznych,
- kierownictwo techniczne,
- personel techniczny.

Skład osobowy

Obecny skład osobowy Centralnego Laboratorium jest następujący: dr hab. inż. Robert Gąsior – kierownik, dr Krystyna Ślusarczyk – zastępca kierownika i kierownik ds. jakości, mgr inż. Anna Iwanowska – specjalista ds. audytów, mgr inż. Wojciech Wróblewski i mgr inż. Grzegorz Zięba – specjaliści ds. technicznych. Pozostali pracownicy to: mgr Dorota Garcarz, mgr inż. Angelika Odrzywolska, Alicja Sobczyk, dr inż. Krzysztof Wojtycza, Dominika Woźniak, mgr inż. Wojciech Wróblewski, Irena Zyguła (ryc. 1). Kierownictwo techniczne sprawujące opiekę merytoryczną nad analizami stanowią: Robert Gąsior, Anna Iwanowska, Angelika Odrzywolska, Krystyna Ślusarczyk, Krzysztof Wojtycza, Wojciech Wróblewski i Irena Zyguła.



Ryc. 1. Zespół pracowników Centralnego Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego

Certyfikat akredytacji

Centralne Laboratorium posiada Certyfikat Akredytacji nr AB 512, wydany przez Polskie Centrum Akredytacji, w zakresie analiz: aminokwasów w paszach i jajach liofilizowanych; witamin A i E w żółtkach jaj, mięsie i jego przetworach, paszach, serach, mleku, płynnych przetworach mlecznych i sokach owocowo-warzywnych; wybranych składników mineralnych, w tym jodu, w wybranych produktach roślinnych i zwierzęcych; azotu ogólnego w środkach żywienia zwierząt i mięsie; cholesterolu w wybranych materiałach zwierzęcych; energii metabolicznej, wilgotności/suchej masy, tłuszczu surowego, popiołu surowego i włókna surowego w paszach. Szczegółowy zakres analiz akredytowanych jest dostępny na życzenie w laboratorium lub na stronie internetowej Polskiego Centrum Akredytacji.

Okres ważności certyfikatu akredytacji wynosi 4 lata i po tym czasie jest on odnawiany po przeprowadzeniu w laboratorium audytu przez jednostkę akredytującą, jaką jest Polskie Centrum Akredytacji w Warszawie. W ramach utrzymania systemu jakości w laboratorium na właściwym poziomie przeprowadzane są również przez tę samą jednostkę zewnętrzną coroczne audyty w nadzorze. Obecnie, certyfikat Centralnego Laboratorium jest ważny do 18.08.2020 r. (ryc. 2).

Ryc. 2. Certyfikat akredytacji Centralnego Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego



Aparatura i system zarządzania

Aparatura

System Zarządzania Centralnego Laboratorium, zgodnie ze wspomnianą normą, obejmuje prace realizowane w budynku w Aleksandrowicach. Czynności związane z badaniami są wykonywane w wydzielonych pomieszczeniach i w taki sposób, aby nie dochodziło do zanieczyszczeń przygotowywanych próbek. W celu zapewnienia prawidłowego przeprowadzania badań, laboratoria posiadają odpowiednie warunki lokalowe (ryc. 3–4).



Ryc. 3. Pracownia analiz białka



Ryc. 4. Pokój wagowy i magazyn pasz

Laboratorium posiada wyposażenie do analiz podstawowych, a także chromatografy gazowe (GC, GC/MS) i cieczowe (HPLC), analizator aminokwasów, spektrofotometry, spektrometr absorpcji atomowej (AAS), spektrometr do analiz w bliskiej podczerwieni (NIRS). Urządzenia te są przeznaczone do badań pasz, produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego na zawartość m.in. aminokwasów, kwasów tłuszczowych, witamin, mikro- i makroelementów. Zakres akredytacji obejmował początkowo analizy: pasz i jaj liofilizowanych na zawartość aminokwasów oraz pasz, jaj, mięsa, jego przetworów na zawartość witamin A i E. Później, wskutek stałych działań doskonalących, laboratorium sukcesywnie powiększało zakres swojej działalności badawczej i usługowej. W 2005 r. i latach następnych zakres analiz został poszerzony o oznaczenia podstawowych makro- i mikroelementów metodą AAS, azotu i białka ogólnego metodą Kjeldahla oraz oznaczenia podstawowych składników pokarmowych, takich jak sucha masa, tłuszcz surowy i włókno surowe. Poszerzono również zakres oznaczanych materiałów, m.in. o mleko, sery i soki. W 2008 r. system zarządzania obejmował analizy: pasz i jaj liofilizowanych na zawartość aminokwasów; jaj, mięsa i jego przetworów, konserw mięsno-warzywnych i warzywno-mięsnych, pasz, serów, mleka, płynnych przetworów mlecznych i soków owocowo-warzywnych na zawartość witamin A i E; pasz, mięsa i jego przetworów na zawartość wapnia, magnezu, sodu, potasu; pasz na zawartość miedzi, manganu, żelaza, cynku; pasz, mięsa, kości, kału i kałomoczy na zawartość fosforu; mięsa i pasz na zawartość azotu i białka ogólnego; pasz w zakresie następujących parametrów: wilgotności/suchej masy, tłuszczu surowego i włókna surowego. W 2009 r. Centralne Laboratorium poszerzyło zakres akredytacji o analizy pasz, premiksów, żywności i krwi na zawartość jodu; pasz i odchodów na zawartość chromu (na potrzeby prowadzonych w Instytucie badań strawnościowych) oraz pasz na zawartość popiołu nierozpuszczalnego w kwasie solnym. Wszystkie wymienione analizy zostały zwalidowane zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025. Główne elementy wyposażenia Centralnego Laboratorium przedstawiają ryciny 5–13.



Ryc. 5. Aparat Kjeldahla do oznaczania białka



Ryc. 6. Aparat Teator do oznaczania włókna

Ryc. 7. GC – Chromatograf gazowy



Ryc. 8. GC/MS – Chromatograf gazowy ze spektrometrem mas

Ryc. 9. HPLC – wysokosprawny chromatograf ciekowy



Ryc. 10. AAS – spektrometr absorpcji atomowej – oznaczanie składników mineralnych

Ryc. 11. Analizator aminokwasów





Ryc. 12. Spektrofotometr – oznaczanie jodu

Ryc. 13. NIRS – spektrometr do analiz w bliskiej podczerwieni



System zarządzania

Centralne Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego nie tylko wdrożyło system jakości zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025, ale również podejmuje działania zmierzające do utrzymania i stałego doskonalenia systemu zarządzania. Cele te laboratorium realizuje poprzez właściwą politykę jakości, obejmującą m.in. własne audyty, działania korygujące i zapobiegawcze, statystyczną kontrolę wyników analiz oraz zewnętrzne i wewnętrzne szkolenia. Centralne Laboratorium bierze również udział w licznych krajowych i międzynarodowych badaniach biegłości i porównaniach międzylaboratoryjnych. Wyniki tych badań potwierdzają kompetencje, jakie posiada laboratorium w zakresie wykonywanych analiz. Utrzymanie i doskonalenie systemu jest corocznie potwierdzane pozytywnymi wynikami audytów prowadzonych przez audytorów Polskiego Centrum Akredytacji.

Historia działalności

Laboratoria, które weszły w skład Centralnego Laboratorium, od początku swojej działalności brały udział w badaniach naukowych prowadzonych w Instytucie Zootechniki. W prowadzonych przez nich pracach można wyróżnić trzy zagadnienia:

- badania żywieniowe, strawnościowe i produkcyjne z udziałem kiszonek i badania procesów fermentacji;
- badania żywieniowe związane z poprawą jakości produktów pochodzenia zwierzęcego i wydajności produkcji zwierzęcej;
- zagadnienia dotyczące walidacji metod analitycznych i szacowania niepewności.

Badania żywieniowe, strawnościowe i produkcyjne z udziałem kiszonek i badania procesów fermentacji

Zarówno laboratoria Zakładu Żywienia Zwierząt oraz Zakładu Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego, jak i później powstałe Centralne Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB zajmowały się zagadnieniem badań żywieniowych i procesów fermentacji oraz produkcyjnych z udziałem kiszonek. Zakres prowadzonych badań obejmował również zagadnienia możliwości sterowania procesami fermentacji podczas zakiszania zielonek i roślin pastewnych. Badania i analizy przeprowadzone w laboratoriach wykazały, że kiszonki z traw zbieranych w fazie rozwoju wegetatywnego poprzedzającego kłoszenie, z traw zakiszanych z dodatkiem konserwantów oraz z traw podsuszonych do zawartości około 30% suchej masy cechowała najlepsza jakość fermentacyjna. Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań wykazały również obniżenie intensywności fermentacji na skutek podsuszenia zielonki z traw przed jej zakiszeniem, a także pozytywny wpływ dodatku bakterii kwasu mlekowego do zakiszania na wydajność mleczną i produkcję składników zawartych w mleku. Poza tym stwierdzono, że podsuszenie pozytywnie wpływa na smakowość, strawność, bilans azotu i pobranie kiszonek przez przeżuwacze. Realizowanym w laboratoriach zagadnieniem związanym z jakością kiszonek jest tematyka procesów rozkładu składników pokarmowych w trakcie zakiszania, a szczególnie rozkładu białka do amin biogennych, takich jak: tyramina, histamina, putrescyna oraz kadaweryna. Zmodyfikowana w laboratorium Zakładu Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego metoda, oparta na reakcji ninhydrynowej, służąca do oznaczania tych związków w produktach spożywczych, pozwoliła na wykonanie badań nad procesami proteolitycznymi zachodzącymi podczas fermentacji. Podczas tych badań wykazano, że na ograniczenie produkcji tych niepożądanych związków silny wpływ ma podsuszenie oraz dodatek do zakiszanych zielonek kwasu mrówkowego, co ograniczało produkcję amin nawet o 55%.

Badania żywieniowe związane z poprawą jakości produktów pochodzenia zwierzęcego i wydajności produkcji zwierzęcej

Inna tematyka, z jaką związane były laboratoria, dotyczyła wpływu żywienia na skład kwasów tłuszczowych w produktach pochodzenia zwierzęcego.

Niepożądanym składnikiem w żywności spożywanej przez człowieka jest nadmierna ilość tłuszczu o wysokim udziale kwasów nasyconych, a niskim nienasyconych. Na skład kwasów tłuszczowych w produktach pochodzenia zwierzęcego może wpływać technologia żywienia oraz dodatek do pasz kwasów tłuszczowych w postaci tłuszczów, soli kwasów tłuszczowych, olejów i nasion roślin oleistych. Stwierdzono, że dodatek różnych źródeł nienasyconych kwasów tłuszczowych poprawia wartość dietetyczną mięsa. Zbyt duży dodatek do pasz olejów i nasion roślin oleistych może jednak wpłynąć niekorzystnie na wartości sensoryczne produktów zwierzęcych. Wyniki przeprowadzonych w laboratoriach analiz pokazały pozytywny efekt dodatku tłuszczów nienasyconych na skład wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym kwasu α -linolenowego, bez ujemnego wpływu na produktywność. Wykazały to również wspólne doświadczenia na krowach i kurczętach brojlerach. Wskazały także na istotną rolę w metabolizmie świń nienasyconych kwasów tłuszczowych, które przyczyniły się do intensyfikacji przyrostu masy ciała.

Centralne Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB wykonało również walidację i przystosowało do badań produktów zwierzęcych metodę chromatograficzną dotyczącą analizy cholesterolu. To ważny składnik organizmu, który jest wykorzystywany głównie do syntezy hormonów sterydowych i kwasów żółciowych, pełniących ważną rolę w trawieniu tłuszczów, ale jego nadmiar, powodowany zarówno czynnikami genetycznymi, jak i żywieniowymi, jest szkodliwy i w skrajnych przypadkach niebezpieczny dla zdrowia i życia. Centralne Laboratorium uczestniczyło w badaniach nad skutecznością obniżania poziomu cholesterolu w mleku i mięsie pod wpływem dodatku do pasz nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Centralne Laboratorium brało również udział w badaniach, które dotyczyły potencjalnej możliwości wykorzystania produktów tłoczenia olejów z nasion owoców. Oleje te i wytloki stanowią w żywieniu zwierząt potencjalne źródło wielonienasyconych kwasów tłuszczowych oraz tokoferoli i tokotrienoli, i wpływają na jakość dietetyczną produktów pochodzenia zwierzęcego. W tym zakresie w Centralnym Laboratorium wykonano walidację chromatograficznej metody oznaczania tokoferoli i tokotrienoli w ziarnie zbóż, a dodatkowo, opracowano w oparciu o nią metodę oznaczania tych substancji w olejach roślinnych i nasionach owoców. Centralne Laboratorium wykonywało również w celach badawczych analizy w zakresie poprawy jakości mięsa na skutek dodawania do pasz witaminy E oraz nasion roślin oleistych zawierają-

cych nienasycone kwasy tłuszczowe. Centralne Laboratorium wdrożyło również metodę analizy zawartości tłuszczu śródmięśniowego w schabie metodą bliskiej podczerwieni (NIRS). Istotą aplikacji jest niska cena i szybkość analizy, przy zachowaniu wystarczająco wysokiej dokładności oznaczeń. Umożliwia to podejmowanie właściwych decyzji dotyczących selekcji zwierząt hodowlanych na podstawie oceny prowadzonej w Stacjach Kontroli Użytkowości Rzeźnej Trzody Chlewnej (SKURTCh) zlokalizowanych w Zakładach Doświadczalnych Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego w Pawłowicach i Chorzelowie.

Zagadnienia dotyczące walidacji metod analitycznych i szacowania niepewności

Jednym z najbardziej istotnych aspektów działalności Centralnego Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB jest jakość i dokładność analiz chemicznych oraz ich wpływ na wiarygodność opartych na nich wyników badań naukowych. Centralne Laboratorium zajęło się problematyką związaną z opracowaniem metod oraz ich doskonaleniem. Ważnym elementem jego działalności stały się zagadnienia dotyczące walidacji metod analitycznych i szacowania niepewności. Doskonaleniu metod analitycznych pomagały prace nad wdrożeniem w Centralnym Laboratorium systemu jakości zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025 pt.: „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. Efektem tego było uzyskanie w 2004 r. certyfikatu akredytacji PCA nr AB 512, który potwierdzał wdrożenie systemu jakości. Dodatkowo, w ramach funkcjonującego w Centralnym Laboratorium systemu zarządzania bierze ono regularnie udział w porównaniach międzylaboratoryjnych i badaniach biegłości, które potwierdzają jego kompetencje.

Celem kierownika Centralnego Laboratorium było opracowanie coraz lepszych i bardziej wiarygodnych metod analitycznych, stosowanych w naukach rolniczych. Walidacja nie tylko polegała na weryfikacji, że dana metoda spełnia określone wymagania i jest właściwa do zamierzonego zastosowania, ale również na określeniu sposobów szacowania niepewności, traktowanej jako przedział, w którym z określonym prawdopodobieństwem można usytuować prawdziwą wartość wielkości mierzonej. Wyznaczenie tego opisującego rozrzut wartości parametru, a szczególnie poznanie jego składowych pomaga określić obszary, w których można poprawić procedurę analityczną.

Pierwsze badania przeprowadzone w Centralnym Laboratorium dotyczące zagadnienia walidacji i niepewności zostały opublikowane w pracach dotyczących metod oznaczania α -tokoferolu, aminokwasów i witamin A i E w mięsie. W Centralnym Laboratorium zwraca się dużą uwagę na podejście do określania błędu analiz. W wielu bowiem pracach błąd analiz jest określony w warunkach powtarzalności, które nie obejmują wielu składowych błędów towarzyszących całej analizie, a jest ograniczony do tych czynników, które są

związane tylko z pewną częścią procedury analitycznej. Doświadczenie analityków laboratoryjnych wskazuje, że rzeczywisty błąd analiz to ten, który jest oparty na odtwarzalności, która obejmuje wszystkie najważniejsze składowe niepewności towarzyszące całej analizie (niepewność oparta na odtwarzalności), a nie tylko części procedury (niepewność oparta na powtarzalności). Efektem skupienia się pracowników laboratorium zajmujących się jakością analiz na aspektach związanych z walidacją i niepewnością metod analitycznych jest wykazanie w sposób udokumentowany, że niepewności analiz podstawowych (metody wagowe i miareczkowe) są względnie małe (wartości wynoszące do około 5% względnych) w porównaniu z innymi analizami, w tym z bardziej złożonymi technikami instrumentalnymi (wartości wynoszące do około 15–25% względnych – chromatografia, spektrometria absorpcji atomowej).

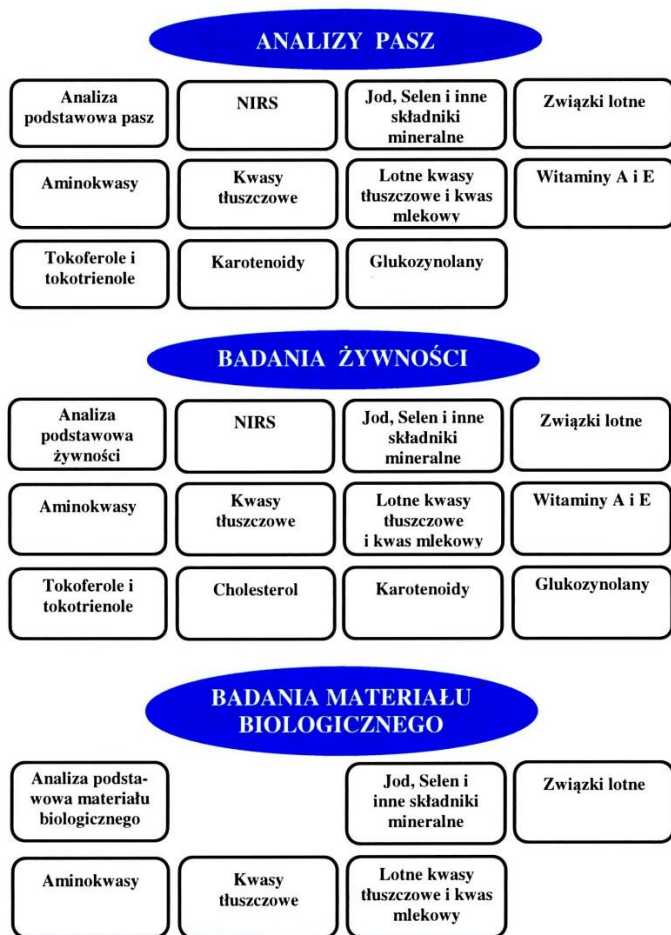
Zdobywanie doświadczeń

Pracownicy Centralnego Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB zdobywali doświadczenie w zakresie różnych technik analitycznych. Duże znaczenie w pracy laboratorium miał pobyt na stażach z zakresu chromatografii gazowej w ośrodku szkoleniowym Varian International AG w Zug w Szwajcarii (1992), z zakresu produkcji i zarządzania produkcją zwierzęcą w Izraelu na Uniwersytecie Hebrajskim w Jerozolimie, na Wydziale Rolniczym, Żywności i Jakości Środowiska (1992) (Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agricultural, Food & Environmental Quality Sciences), a także z zakresu technik laboratoryjnych stosowanych w naukach rolniczych i zootechnicznych w Bawarskim Krajowym Instytucie Hodowli Zwierzęcej (1996) (Bayerische Landwirtschaft für Tierzucht) w Grub koło Monachium w Niemczech. Wiedza nabyta na stażu w Szwajcarii została wykorzystana w pracy nad oznaczeniami zawartości długołańcuchowych kwasów tłuszczowych i lotnych kwasów tłuszczowych w materiałach pochodzenia zwierzęcego oraz w paszach, a doświadczenie zdobyte na stażu w Izraelu pozwoliło ostatecznie na opracowanie praktycznej i nowoczesnej metody HPLC oznaczania kwasu mlekowego w kiszonkach i przewodzie pokarmowym. Uzyskaną w Niemczech wiedzę dotyczącą różnych technik instrumentalnych, w tym techniki w bliskiej podczerwieni, Centralne Laboratorium wykorzystało w późniejszej pracy naukowej. Również ważna, z punktu widzenia rozwijania technik instrumentalnych i doskonalenia jakości w pracy laboratoryjnej, była wiedza zdobyta w firmie farmaceutycznej Norbrook Laboratories w Irlandii Północnej (2007), wykorzystana w Centralnym Laboratorium w zakresie kontroli jakości analiz.

Obecna działalność

Kategorie analiz

W Centralnym Laboratorium wykonuje się szereg oznaczeń, poczynając od analiz podstawowych składników pokarmowych, a kończąc na bardziej złożonych analizach chromatograficznych i spektrometrycznych. Analizuje się materiały pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, takie jak pasze roślinne i zwierzęce, mleko, sery, jaja, mięso, krew, a także treść żwacza i treść jelitowa. Analizy są wykonywane zarówno na potrzeby badań prowadzonych w Instytucie Zootechniki PIB, jak i podmiotów zewnętrznych. Kategorie analiz, jakie są obecnie wykonywane w Centralnym Laboratorium przedstawia ryc. 14.



Ryc. 14. Kategorie analiz wykonywanych w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB

Działania w ramach oceny jakości kulinarnej

Coraz ważniejszym obszarem działalności Centralnego Laboratorium są analizy związane z jakością produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego. Działania w tym zakresie są zgodne ze Strategią na rzecz Zrównoważonego Rozwoju Wsi, Rolnictwa i Rybactwa (projekt z 2 kwietnia 2019 r.), dla którego jednym z priorytetowych zadań jest rozwój sektora żywności wysokiej jakości, który został zaliczony do listy 10 sektorów strategicznych polskiej gospodarki, mających szansę stać się jej przyszłymi motorami. Według założeń tej Strategii, priorytetem jest bezpieczeństwo żywnościowe, w ramach którego jednym z najważniejszych zadań jest wytwarzanie wysokiej jakości, bezpiecznych dla konsumentów produktów rolno-spożywczych.

Coraz bardziej powszechna staje się świadomość ekologiczna konsumentów, która wzmacnia coraz większą tendencję do spożywania produktów spożywczych od zwierząt utrzymywanych w naturalnych i bezstresowych warunkach, mających swobodny dostęp do otwartych terenów i łąk oraz otrzymujących paszę ekologiczną. Stąd wynika rosnące zapotrzebowanie na wysokiej jakości organiczne produkty żywnościowe, w tym pochodzące od ras rodzimych. Dlatego, działania tego typu będą sprzyjać promocji żywności tradycyjnej i systemów produkcji rolniczej, a także systemów jakości żywności i jej kontroli, zapewniających nadzór nad całym procesem „od pola do stołu”. Z tego względu istotna staje się ocena produktów żywnościowych pod względem cech smakowo-zapachowych, które są kształtowane przez obecność związków lotnych. Są to substancje, które charakteryzują się względnie niską masą cząsteczkową, zazwyczaj nieprzekraczającą 350 daltonów, a także niską temperaturą wrzenia i niską prężnością par w warunkach otoczenia. Wpływają one na kulinarną jakość żywności, głównie mięsa, mleka, serów i ich przetworów oraz kształtują ich smakowość. Analiza związków lotnych jest wykonywana w Centralnym Laboratorium przez wykwalifikowany personel, który wykorzystuje do tego celu nowoczesne techniki chromatograficzne i spektrometrię mas. Szczegółowo wykonujemy w tym zakresie następujące analizy:

- analiza związków lotnych jako profil lotnych związków z zastosowaniem technik izolacji i zatężania SPME (*Solid Phase MicroExtraction* – mikroekstrakcja do fazy stałej), SAFE (*Solvent Assisted Flavor Evaporation* – destylacji związków zapachowych wspomaganą rozpuszczalnikiem) w jednowymiarowej technice chromatografii gazowej (GC-MS),
- możliwe prowadzenie badań w technice dwuwymiarowej chromatografii gazowej 2D-GC (tzw. *heart cutting*),
- oznaczenia ilościowe wybranych związków lotnych,
- analiza kluczowych związków zapachowych techniką chromatografii gazowej i olfaktometrii (GC-O-FID),

- opracowanie statystyczne uzyskanych wyników (poszukiwanie markerów, budowa modeli klasyfikacyjnych itp.).

W ostatnich latach Centralne Laboratorium przeprowadziło w Zootechnicznym Zakładzie Doświadczalnym w Kołudzie Wielkiej badania z tego zakresu na gęsiach kołudzkich (ryc. 15–20). Gęś Biała Kołudzka® to cenioma marka, która od 2001 r. jest opatrzona zastrzeżonym w Urzędzie Patentowym znakiem towarowym słowno-graficznym, której właścicielem jest Instytut Zootechniki PIB w Krakowie. Związki lotne były również oznaczane w mięsie brojlerów, kogutków, kapłonów, owiec, kóz, bydła, królików, nutrii, a także w podrobach, mleku i serach.

Ryc. 15. Doświadczenie na gęsiach kołudzkich – pobieranie próbek



Ryc. 16. Doświadczenie na gęsiach kołudzkich – transport próbek w suchym lodzie z Kołudy Wielkiej do Aleksandrowic

Ryc. 17. Doświadczenie na gęsiach kołudzkich – pieczenie próbek do analiz związków lotnych



Ryc. 18. Doświadczenie na gęsiach kołudzkich – przygotowanie próbek techniką SAFE – analizy związków lotnych

Ryc. 19. Doświadczenie na gęsiach kołudzkich – zagęszczanie próbek do analiz związków lotnych



Ryc. 20. Doświadczenie na gęsiach kołudzkich – analiza olfaktometryczna związków zapachowych



Działania w ramach urzędowej kontroli pasz

Działania Centralnego Laboratorium, oprócz wcześniej omówionych zakresów badań, na potrzeby których wykonuje się analizy, dotyczą również obszaru analiz pasz w ramach urzędowej kontroli. Centralne Laboratorium jest jednostką zatwierdzoną do wykonywania badań w ramach nadzoru paszowego, m.in. w zakresie oznaczania podstawowych składników pokarmowych, jak np.: białko ogólne, sucha masa, włókno surowe, popiół surowy, tłuszcz surowy oraz makro- i mikroelementy, np.: wapń, magnez, sód, potas, miedź, mangan, żelazo, cynk, jod, fosfor. Obecnie, w ramach działań w nadzorze paszowym, Centralne Laboratorium wykonuje analizy zawartości lizyny i metioniny oraz jodu w paszach i premiksach. Te dwie grupy analiz stanowią ważną pozycję w działalności Centralnego Laboratorium. Aminokwasy są przede wszystkim materiałem budulcowym, ale pełnią również kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu komórek. Analiza aminokwasów jest ważna z punktu widzenia właściwego bilansowania dawki pokarmowej. Odpowiedni skład aminokwasowy paszy wpływa bowiem przede wszystkim na produktywność i zdrowie zwierząt, a także na środowisko. Z kolei, jod jest jednym z najważniejszych pierwiastków regulujących przemianę materii, a jego poziom ma szczególne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania tarczycy. Właściwy poziom jodu w paszach i premiksach wpływa na zdrowie zwierząt i zapobiega problemom wynikającym z niedoboru jodu w populacji ludzkiej.

Działalność normalizacyjna

W ramach działalności normalizacyjnej w Polskim Komitecie Normalizacyjnym Centralne Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB bierze udział w opracowywaniu polskich norm dotyczących metod analizy pasz. W latach 2010–2019 opracowano i zatwierdzono z udziałem kierownika Centralnego Laboratorium 30 norm z tego zakresu.

Działania popularyzujące naukę

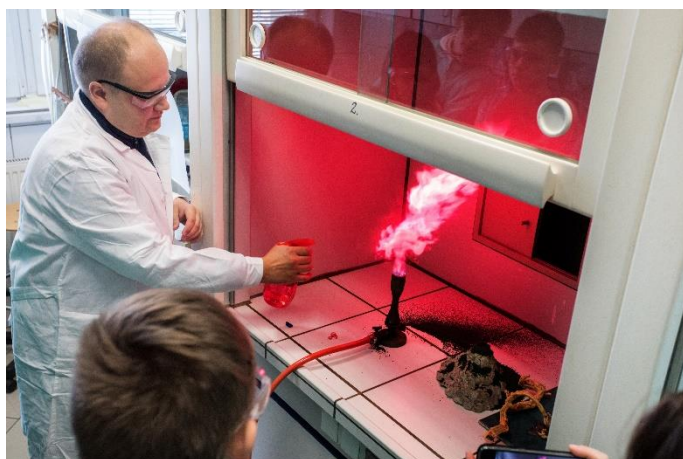
Wykonywane są również działania na rzecz popularyzacji wiedzy i badań prowadzonych w Instytucie Zootechniki i działającym w jego obrębie Centralnym Laboratorium. Działania te polegają m.in. na prezentacji badań i analiz wykonywanych w laboratorium oraz pokazach ciekawych doświadczeń chemicznych dla dzieci i młodzieży szkolnej (ryc. 21–24).



Ryc. 21. Pokaz doświadczeń chemicznych – barwy roztworów – pH



Ryc. 22. Pokaz doświadczeń chemicznych – roztwory chemiczne i chromatografia bibułowa



Ryc. 23. Pokaz doświadczeń chemicznych – fotometria płomieniowa



Ryc. 24. Pokaz doświadczeń chemicznych – chromatografia – olfaktometria

Przyszłe zamierzenia badawcze

Prace Centralnego Laboratorium będą podążały w kierunku analiz dotyczących jakości surowców i produktów pochodzenia zarówno roślinnego, jak i zwierzęcego, ze szczególnym uwzględnieniem mięsa, serów, mleka i jaj oraz z wykorzystaniem zaawansowanych technik badawczych. Laboratorium zamierza kontynuować działania w zakresie analiz związków lotnych i kłuczowych związków zapachowych w surowcach i produktach pochodzenia

zwierzęcego. Analizy te pozwolą na pełniejszą kulinarną charakterystykę produktów pochodzenia zwierzęcego i wpłyną na rozwój badań, które przyczynią się do poprawy jakości produktów zwierzęcych i jej kontrolowania. Będą również sprzyjać promocji produktów regionalnych o określonych walorach konsumpcyjnych i cechach charakterystycznych dla żywności funkcjonalnej, pochodzącej od zwierząt ras rodzimych. Możliwe będą też analizy lotnych związków organicznych w badaniach zanieczyszczeń środowiska (np. woń odchodów w otoczeniu ferm hodowlanych). Laboratorium w dalszym ciągu będzie doskonalić metody analityczne, dotyczące wartości dietetycznej surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego oraz oceny ich jakości. Będzie również poszerzać zakres i doskonalić procedury badawcze w odniesieniu do pasz i ich komponentów wpływających korzystnie na produktywność zwierząt i prozdrowotne walory produktów zwierzęcych. Prace Centralnego Laboratorium będą również podążały w kierunku intensyfikacji współpracy z innymi laboratoriami, w tym z Krajowym Laboratorium Pasz, w zakresie jakości i właściwości zdrowotnych pasz, zgodnie z zatwierdzeniem Centralnego Laboratorium jako laboratorium przeznaczonego do wykonywania badań w ramach nadzoru paszowego na podstawie ustawy z dnia 29 stycznia 2004 r. o Inspekcji Weterynaryjnej (Dz. U. z 2007 r. Nr 121, poz. 842).

Nagrody i wyróżnienia

Kierownik Działu Analityki Laboratoryjnej i Centralnego Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, dr hab. inż. Robert Gąsior, postanowieniem z dnia 15.06.2005 r. został odznaczony przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Brązowym Krzyżem Zasługi, postanowieniem z dnia 28.09.2010 r. Srebrnym Krzyżem Zasługi, a postanowieniem z dnia 30.04.2015 r. Złotym Krzyżem Zasługi.

Publikacje

W ciągu dziewięciu lat od utworzenia Centralnego Laboratorium jego pracownicy wydali łącznie 152 publikacje, wśród których jest 71 oryginalnych prac naukowych, 75 doniesień na konferencje naukowe i 6 instrukcji wdrożeniowych. Wykonali również 6 opracowań i ekspertyz. Wykaz wybranych publikacji przedstawiono poniżej.

Piśmiennictwo

- Barowicz T., Brzóska F., Pietras M., Gąsior R. (1997). Hipocholesteremiczny wpływ pełnych nasion lnu w diecie tuczników. *Med. Weter.*, 53 (3): 164–167.
- Borys B., Borys A., Gąsior R. (2004). Effect of feeding rapeseed and linseed diets and their supplementation with vitamin E on health quality of lamb meat. *Arch. Tierz.*, SI 47: 189–197.

- Brzóska F., Gąsior R., Brejta W. (1999 a). Effect of fermentation inhibitor, effluent absorbents or wilting the clover-grass mixture on bulls fattening efficiency, carcass quality and meat composition. *Ann. Anim. Sci. – Rocz. Nauk. Zoot.*, 26, (4): 227–238.
- Brzóska F., Gąsior R., Sala K., Zyzak W. (1999 b). Effect of linseed oil fatty acid calcium salts and vitamin E on milk yield and composition. *J. Anim. Feed Sci.*, 8: 367–378.
- Calik J., Krawczyk J., Świątkiewicz S., Gąsior R., Wojtycza K., Połtowicz K., Obrzut J., Puchała M. (2017). Comparison of the physicochemical and sensory characteristics of Rhode Island Red (R-11) capons and cockerels. *Ann. Anim. Sci.*, 17 (3): 903–917; DOI: 10.1515/aoas-2015-0047.
- Gąsior R. (2012). Walidacja spektrofotometrycznej metody oznaczania jodu w moczu. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 39 (2): 287–294.
- Gąsior R., Brzóska F. (1999 a). Effect of formic acid and biological additives on the quality of silage made from grass and ground barley, on protein and fibre degradation during fermentation, and digestion *in sacco*. *Ann. Anim. Sci.*, 26, (4): 353–364.
- Gąsior R., Brzóska F. (1999 b). The effect of formic acid and biological additives on the quality of grass silages, protein and fibre degradation during fermentation, and on the dry matter and N-degradation in the rumen. *Ann. Anim. Sci. – Rocz. Nauk. Zoot.*, 26 (4): 339–351.
- Gąsior R., Brzóska F. (2000 a). The effect of biological preparations and ground barley addition, on silage quality, digestibility, rumen degradation, and on dairy cattle performance. *Ann. Anim. Sci. – Rocz. Nauk. Zoot.*, 27 (4): 143–154.
- Gąsior R., Brzóska F. (2000 b). The effects of wilting and additives on silage quality, protein degradation in the silo and in the rumen, and dairy cattle productivity. *Ann. Anim. Sci. – Rocz. Nauk. Zoot.*, 27 (4): 129–141.
- Gąsior R., Brzóska F. (2001). Influence of adding different levels of formic acid and biological preparations on the fermentation, biogenic amines content and protein degradation in grass silages. *Ann. Anim. Sci.*, 1, (2): 123–135.
- Gąsior R., Brzóska F. (2002). Aminy biogenne w kiszonkach paszowych. *Post. Nauk Rol.*, 2/296, XLIX/LIV: 115–128.
- Gąsior R., Pieszka M. (2006). Evaluation of vitamins A and E level in meat by HPLC. *Anim. Sci., Suppl.*, 1: 88–89.
- Gąsior R., Pieszka M. (2007). Validation of a rapid method for simultaneous determination of vitamins A and E in milk using HPLC. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57 (4A): 151–155.
- Gąsior R., Pietras M. (2013). Validation of a method for determining cholesterol in egg yolks. *Ann. Anim. Sci.*, 13 (1): 143–153.
- Gąsior R., Szczypuła M. (2010). Walidacja metody oznaczania jodu w żywności i materiale biologicznym. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 37 (1): 63–73.
- Gąsior R., Wojtycza K. (2016). Sense of smell and volatile aroma compounds and their role in the evaluation of the quality of products of animal origin – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 16 (1): 3–31; DOI: 10.1515/aoas-2015–0047.
- Gąsior R., Wróblewski W. (2018). Doskonalenie metod oznaczania zawartości jodu w paszach i premiksach (ang. *Improvement of methods for determination of iodine in feed and premixes*). *Pasze Przem.*, 4: 3–10; ISBN 978-83-7607-300-2.
- Gąsior R., Ślusarczyk K., Szczypuła M. (2005). Validation of a method for determining amino acids in acid hydrolysates of feeds. *Ann. Anim. Sci.*, 5 (1): 181–197.

- Gąsior R., Pieszka M., Brzóska F. (2009). Validation of a method for simultaneous determination of tocopherols and tocotrienols in sereals using Normal Phase HPLC. *J. Anim. Feed Sci.*, 18: 173:192.
- Gąsior R., Kawęcka A., Wojtycza K., Sikora J., Odrzywolska A. (2018 a). The Volatile Compounds Composition of the Polish Carpathian Goat using HS-SPME-GC/MS – Chemometric Classification Based on Age. *KRMIVA: Review for animal feeding, production and feed technology*, 60: 25–34; ISSN 1848-901X.
- Gąsior R., Wróblewski W., Połtowicz K. (2018 b). Using Chemometrics and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Discrimination of Poultry Meat and Prediction of Cholesterol Content. *KRMIVA: Review for animal feeding, production and feed technology*, 60: 9–16; ISSN 1848-901X.
- Kamińska B.Z., Gąsior R., Skraba B. (2001). Modification of polyunsaturated fatty acid contents in yolk lipids using various cereals and blended animal fat in hens' diets. *J. Anim. Feed Sci.*, 10, Suppl., 2: 255–260.
- Pieszka M., Gąsior R., Barowicz T. (2002). Evaluation of HPLC method for the rapid and simple determination of α -tocopherol acetate in feed premixes. *J. Anim. Feed Sci.*, 11: 527–536.
- Pieszka M., Migdał W., Gąsior R., Rudzińska M., Bederska-Łojewska D., Pieszka M., Szczurek P. (2015). Native Oils from Apple, Blackcurrant, Raspberry, and Strawberry Seeds as a Source of Polyenoic Fatty Acids, Tocochromanols, and Phytosterols: A Health Implication. *J. Chem.*, ID 659541, 8 pp.
- Pluta-Kubica A., Domagała J., Gąsior R., Wojtycza K. (2017). Związki kształtujące bukiet zapachowy sera ementalskiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 24, 4 (113): 5–16; DOI: 10.15193 /zntj/2017/113/206.
- Wróblewski W., Gąsior R. (2019). Szacowanie metodą NIRS poziomu zafałszowania białka w surowcach paszowych za pomocą melaminy, mocznika i siarczanu (VI) amonu (*Estimation of the level of protein adulteration by melamine, urea, and ammonium sulphate (VI) in feed raw materials using NIRS method*). *Pasze Przem.*, 3 (4): 11–15.

Instrukcje wdrożeniowe

- Gąsior R. (2011). Metoda oznaczania zawartości jodu w moczu metodą katalityczno-kolorymetryczną po mineralizacji w nadsiarczanie amonu. *Instr. wdroż.*, i-3/2011, IZ PIB, Kraków.
- Gąsior R., Szczypuła M. (2011). Metoda oznaczania zawartości jodu w mleku metodą katalityczno-kolorymetryczną po mineralizacji w nadsiarczanie amonu. *Instr. wdroż.*, i-1/2011, IZ PIB, Kraków.
- Gąsior R., Wojtycza K. (2008). Walidacja metod oznaczania składników mineralnych. Cu, Mn, Fe, Zn w paszach. *Instr. wdroż.*, i-2/2008, IZ PIB, Kraków.
- Gąsior R., Wojtycza K. (2008). Walidacja metod oznaczania składników mineralnych. Ca, Mg, Na, K w mięsie, podrobach i ich przetworach. *Instr. wdroż.*, i-3/2008, IZ PIB, Kraków.
- Gąsior R., Wojtycza K. (2008). Walidacja metod oznaczania składników mineralnych. Fosfor w paszach, mięsie, kościach, kale, kałomoczach. *Instr. wdroż.*, i-4/2008, IZ PIB, Kraków.
- Gąsior R., Wojtycza K., Siermontowska-Kryszczak E., Szczypuła M. (2008). Walidacja metod oznaczania składników mineralnych. Ca, Mg, Na, K w paszach. *Instr. wdroż.*, i-1/2008, IZ PIB, Kraków.