

dr hab. Tomasz Niemiec, prof. SGGW
Katedra Hodowli i Żywienia Zwierząt
Instytut Nauk o Zwierzętach
SGGW w Warszawie

Warszawa, 04.09.2026 r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej pt.:

„Czy odpowiedź immunologiczna i oksydoredukcyjna organizmu na zastosowanie nanocząstek miedzi zależy od zróżnicowanych funkcji fizjologicznych błonnika pokarmowego?”

Podstawa prawna i zakres recenzji

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Biochemii i Toksykologii Wydziału Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Katarzyny Ognik i promotora pomocniczego dr hab. Bartosza Fotschki. Podstawę formalno-prawną sporządzenia niniejszej recenzji stanowi Uchwała nr 6/ RDZiR/2026 Rady Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 25czerwca 2026 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów w postępowaniu o nadanie lek. wet. Aleksandrze Agnieszce Marzec stopnia naukowego doktora, podpisana przez prof. dr hab. Brygidę Ślaską, Przewodniczącą Rady Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo UP w Lublinie.

Problem naukowy i znaczenie badań

Podstawowym zagadnieniem analizowanym w pracy jest zależność od dawki, dwoiste działanie miedzi: z jednej strony jako niezbędnego pierwiastka uczestniczącego w licznych procesach metabolicznych, z drugiej – jako czynnika zdolnego do nasilania procesów oksydacyjnych w układach biologicznych w warunkach zwiększonej dostępności lub kumulacji. Zastosowanie nanocząstek metalicznej miedzi (CuNPs) dodatkowo komplikuje tę zależność ze względu na odmienną biodostępność i dystrybucję w porównaniu z konwencjonalnymi źródłami nieorganicznymi.

Na szczególną uwagę zasługuje potencjalny wymiar aplikacyjny badań. Autorka rozpatruje nanocząstki pierwiastków jako potencjalną alternatywę dla tradycyjnych źródeł mineralnych, a uzyskane wyniki odnosi do możliwości opracowania bezpieczniejszych i bardziej efektywnych strategii suplementacji mineralnej u zwierząt gospodarskich. Przy tej okazji należy zaznaczyć, że zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 1831/2003 stosowanie dodatków paszowych wymaga ich uprzedniego dopuszczenia. Określone związki miedzi zostały dopuszczone jako dodatki należące do kategorii „dodatki dietetyczne” i grupy funkcjonalnej „związki pierwiastków śladowych”, m.in. na podstawie rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2018/1039. W przypadku materiału występującego w rozmiarach „nano” ocena bezpieczeństwa musi dodatkowo uwzględniać jego właściwości nanospecyficzne, zgodnie z aktualnymi wytycznymi EFSA dotyczącymi oceny ryzyka nanomateriałów stosowanych w łańcuchu żywnościowym i paszowym. Wyniki rozprawy należy zatem traktować przede wszystkim jako materiał poznawczy i przedregulacyjny, wskazujący możliwy kierunek dalszych badań nad zastosowaniem CuNPs w żywieniu zwierząt, a nie jako bezpośrednią podstawę do ich praktycznego stosowania.

Istotnym elementem koncepcji rozprawy jest uwzględnienie błonnika pokarmowego jako czynnika mogącego modyfikować biologiczne skutki stosowania CuNPs. Zastosowanie czterech źródeł błonnika o odmiennych właściwościach fizykochemicznych i fizjologicznych — celulozy, inuliny, pektyny oraz dodatku psyllium — pozwoliło ocenić, czy odpowiedź organizmu na nanocząstki miedzi zależy tylko od ich dawki, czy również od charakteru grupy składników obecnych w diecie. Tak sformułowany problem ma wyraźne znaczenie poznawcze, a ze względu na potencjalne wykorzystanie nanoform pierwiastków również możliwy wymiar aplikacyjny, wymagający jednak odrębnej oceny bezpieczeństwa i uwarunkowań regulacyjnych.

Opis i ocena pracy

Forma rozprawy, wykaz publikacji i kompletność dokumentacji

Ocenianą rozprawę stanowi cykl pięciu powiązanych tematycznie oryginalnych prac naukowych, uzupełniony tekstem integrującym przygotowanym w języku polskim:

1. Cholewińska E., Marzec A., Sołek P., Fotschki B., Listos P., Ognik K., Juśkiewicz J. 2023. The Effect of Copper Nanoparticles and a Different Source of Dietary Fibre in the Diet on the Integrity of the Small Intestine in the Rat. *Nutrients* 15, 7: 1588.
2. Marzec A., Fotschki B., Napiórkowska D., Fotschki J., Cholewińska E., Listos P., Juśkiewicz J., Ognik K. 2024. The Effect of Copper Nanoparticles on Liver Metabolism Depends on the Type of Dietary Fiber. *Nutrients* 16, 21: 3645.
3. Marzec A., Cholewińska E., Fotschki B., Juśkiewicz J., Ognik K. 2025. Inulin Improves the Redox Response in Rats Fed a Diet Containing Recommended Copper Nanoparticle (CuNPs) Levels, While Pectin or Psyllium in Rats Receive Excessive CuNPs Levels in the Diet. *Antioxidants* 14, 6: 695.
4. Marzec A., Cholewińska E., Fotschki B., Juśkiewicz J., Stępniewska A., Ognik K. 2025. Are the Biodistribution and Metabolic Effects of Copper Nanoparticles Dependent on Differences in the Physiological Functions of Dietary Fibre? *Annals of Animal Science* 25, 1:175–187.
5. Marzec A., Fotschki B., Cholewińska E., Dworzański W., Juśkiewicz J., Ognik K. 2026. Is the Impact of Copper Nanoparticles on the Immune System of Rats Dependent on the Diverse Physiological Functions of Dietary Fibre? *Journal of Animal and Feed Sciences*, 35(3): e32.

Cykl publikacji został uzupełniony zwartym opracowaniem integrującym, obejmującym streszczenie, wstęp, hipotezę badawczą i cele badań, opis materiału i metod, omówienie wyników wraz z dyskusją, wnioski oraz bibliografię. Dokument zawiera ponadto wykaz skrótów i akronimów, kopie publikacji wchodzących w skład cyklu oraz oświadczenia Doktorantki i współautorów dotyczące udziału w przygotowaniu prac. Prace wchodzące w skład cyklu zostały opublikowane w czasopismach indeksowanych w Journal Citation Reports (JCR). Łączna wartość IF publikacji tworzących rozprawę wynosi 20.1, a suma punktów ministerialnych 620. Doktorantka jest pierwszą autorką czterech z pięciu publikacji, natomiast w pierwszej pracy zajmuje drugą pozycję autorską. Wszystkie publikacje wynikają z jednego, wspólnego projektu doświadczalnego i dotyczą komplementarnych aspektów biologicznego działania nanocząstek miedzi w zależności od rodzaju zastosowanego błonnika pokarmowego.

Dokumentacja rozprawy jest kompletna w zakresie niezbędnym do jej oceny. Szczegółowe wyniki tkankowe MDA, SOD i CAT w publikacji dotyczącej odpowiedzi oksydoredukcyjnej przedstawiono w tabelach S1–S3. Materiały te nie zostały włączone bezpośrednio do dokumentacji rozprawy, jednak w publikacji podano aktywny odsyłacz umożliwiający ich pobranie ze strony wydawcy. Zasadnicza treść publikacji pozwala ocenić kierunek i istotność zmian, natomiast pełna weryfikacja wartości liczbowych wymaga sięgnięcia do suplementu.

Tytuł, problem badawczy, hipoteza i cele badań

Tytuł rozprawy jest adekwatny, choć określenie „różnicowane funkcje fizjologiczne” ma częściowo charakter interpretacji, ponieważ eksperymentalnie porównywano cztery źródła włókna pokarmowego, a nie poszczególne funkcje jako niezależne czynniki. W odniesieniu do terminu „błonnik pokarmowy” bardziej właściwe dla nomenklatury stosowanej w żywieniu zwierząt byłoby określenie „włókno pokarmowe”; w dalszej części recenzji zachowuję jednak terminologię przyjętą przez Autorkę.

Problem badawczy został przedstawiony logicznie i dobrze uzasadniony. Autorka wskazuje na dwoisty charakter działania CuNPs oraz możliwość modulowania ich efektów przez różne źródła błonnika pokarmowego. Hipoteza jest spójna z układem doświadczenia i pozwala ocenić zależność odpowiedzi organizmu od dawki CuNPs oraz rodzaju błonnika. Uzyskane wyniki dobrze wspierają zaproponowany mechanizm działania, choć powiązania pomiędzy mikrobiotą, biodostępnością miedzi, statusem redoks i odpowiedzią immunologiczną mają częściowo charakter interpretacji. Cele badań są zgodne z zakresem cyklu i obejmują przewód pokarmowy, biodostępność i dystrybucję miedzi, metabolizm wątrobowy, status oksydoredukcyjny oraz odpowiedź immunologiczną.

Projekt doświadczenia i analiza statystyczna

Układ doświadczenia należy uznać za właściwie dostosowany do głównego problemu rozprawy, tj. oceny, czy biologiczne działanie CuNPs zależy od ich dawki i rodzaju zastosowanego błonnika. Osiem grup otrzymujących CuNPs tworzy pełny układ 2×4 , umożliwiający ocenę obu efektów głównych oraz ich interakcji. Zastrzeżenie dotyczy natomiast części dodatkowych porównań z grupami otrzymującymi CuCO_3 . Konwencjonalne źródło miedzi zastosowano wyłącznie w dietach zawierających celulozę, dlatego wpływ samej formy miedzi można bezpośrednio oceniać przede wszystkim w porównaniach grup otrzymujących CuCO_3 i CuNPs przy tej samej dawce miedzi i niezmiennym źródle błonnika, tj. C vs CN (6,5 mg Cu/kg; celuloza) oraz CH vs CNH (13 mg Cu/kg; celuloza). Porównania grup CuNPs z pektyną, inuliną lub psyllium z kontrolami C lub CH dotyczą natomiast wariantów różniących się jednocześnie formą miedzi i rodzajem błonnika. Szczególnie wyraźnie problem ten występuje w publikacji 5, gdzie w streszczeniu stwierdzono, że „W dietach zawierających celulozę, inulinę lub psyllium zastąpienie CuCO_3 nanocząstkami miedzi przy dawce 6,5 mg Cu/kg obniżało stężenie immunoglobuliny A (IgA)”, mimo że w doświadczeniu nie zastosowano wariantów zawierających CuCO_3 odpowiadających grupom z inuliną i psyllium. Obserwowanych różnic w tych grupach nie można zatem jednoznacznie przypisać zmianie formy miedzi. Zastosowanie dwuczynnikowej analizy wariancji pozostaje natomiast właściwe dla oceny wpływu dawki CuNPs, rodzaju błonnika oraz ich interakcji w obrębie ośmiu grup otrzymujących CuNPs.

Charakterystyka publikacji będących podstawą ocenianej pracy doktorskiej

Publikacja 1. *“The Effect of Copper Nanoparticles and a Different Source of Dietary Fibre in the Diet on the Integrity of the Small Intestine in the Rat”.*

Publikacja dotyczy istotnego dla całego cyklu zagadnienia wpływu CuNPs oraz rodzaju błonnika na funkcjonowanie jelita cienkiego. Jej mocną stroną jest szeroki zakres analiz, obejmujący charakterystykę treści jelit, aktywność oksydazy diaminowej (DAO) i stężenie kwasu mlekowego, markery uszkodzenia i naprawy DNA, aktywność kaspaz, ekspresję genów związanych z barierą jelitową oraz ocenę histologiczną. Tak szeroki panel oznaczeń pozwolił na wielopoziomą ocenę zmian zachodzących w jelicie pod wpływem zastosowanych czynników doświadczalnych.

Uzyskane wyniki wskazują na złożony i niejednorodny charakter tej odpowiedzi. Obok zmian potencjalnie korzystnych, obejmujących zmniejszenie poziomu części wskaźników apoptozy oraz zależne od rodzaju błonnika zmiany parametrów związanych z naprawą DNA i funkcjonowaniem bariery jelitowej, stwierdzono również nasilenie oksydacyjnego uszkodzenia DNA. Ponadto przy dawce 13 mg CuNPs/kg we wszystkich grupach obserwowano liczne uszkodzenia wierzchołkowych części kosmków, przy czym były one najbardziej nasilone w grupie z celulozą. Z tego względu końcowe stwierdzenie o ochronnym działaniu błonnika wobec potencjalnie szkodliwych efektów CuNPs należy uznać za częściowo uzasadnione, ale wymagające ostrożniejszego sformułowania.

Odrębne zastrzeżenie dotyczy charakterystyki zastosowanego nanomateriału. W publikacji podano przede wszystkim deklarowane przez producenta parametry CuNPs, odwołując się jednocześnie do wcześniejszej szczegółowej charakterystyki tego materiału przez zespół badawczy. Pewnym ograniczeniem obecnego doświadczenia pozostaje brak niezależnego potwierdzenia właściwości fizykochemicznych konkretnej partii CuNPs zastosowanej w eksperymencie.

Publikacja 2. *The Effect of Copper Nanoparticles on Liver Metabolism Depends on the Type of Dietary Fiber*

Publikacja stanowi rozwinięcie cyklu i koncentruje ocenę biologicznego działania CuNPs na wątrobie jako jednym z kluczowych narządów metabolizmu miedzi i przemian metabolicznych. Zakres badań obejmował parametry biochemiczne osocza i wątroby, metabolizm lipidów, ekspresję genów związanych z regulacją gospodarki lipidowej (*PPAR- α* , *PPAR- γ* , *SREBP-1c*) oraz odpowiedzi zapalnej (*COX-2*), a także ocenę histologiczną, co umożliwiło wielopoziomą ocenę wpływu rodzaju błonnika na odpowiedź metaboliczną wątroby na CuNPs.

Najbardziej spójny profil zmian stwierdzono po zastosowaniu psyllium, które wiązało się z obniżeniem zawartości cholesterolu i triglicerydów w wątrobie oraz korzystnymi zmianami części parametrów enzymatycznych i ekspresji genów związanych z metabolizmem lipidów. Wyniki przekonująco wskazują, że rodzaj zastosowanego błonnika istotnie modyfikował odpowiedź metaboliczną wątroby na CuNPs. Interpretując część zmian metabolicznych, należy zatem uwzględnić również odmienne właściwości fizykochemiczne i fermentacyjne zastosowanych dodatków błonnika oraz towarzyszące im różnice w pobraniu paszy. Autorzy wiążą zmniejszone pobranie diety po zastosowaniu psyllium z jego właściwościami żelującymi, natomiast część efektów inuliny odnoszą do jej właściwości prebiotycznych i produkcji SCFA.

Publikację oceniam jako wartościowy i dobrze wpisujący się w koncepcję rozprawy element cyklu. Jej najważniejszym osiągnięciem jest wykazanie, że rodzaj błonnika istotnie modyfikuje odpowiedź metaboliczną wątroby na CuNPs, przy czym najbardziej konsekwentny profil korzystnych zmian stwierdzono dla psyllium.

Publikacja 3. *Inulin Improves the Redox Response in Rats Fed a Diet Containing Recommended Copper Nanoparticle (CuNPs) Levels, While Pectin or Psyllium in Rats Receive Excessive CuNPs Levels in the Diet*

Publikacja dotyczy jednego z głównych zagadnień rozprawy i obejmuje szeroki panel wskaźników statusu oksydoredukcyjnego oznaczanych w osoczu oraz licznych tkankach. Jej mocną stroną jest równoległa ocena enzymatycznej obrony antyoksydacyjnej, peroksydacji lipidów, uszkodzeń białek i DNA, mechanizmów naprawy DNA oraz apoptozy, co umożliwia wielopoziomową ocenę odpowiedzi organizmu i uwidacznia jej wyraźnie narządowo swoisty charakter. Szczególnie interesujący jest wynik dotyczący inuliny przy dawce 6,5 mg CuNPs/kg, dla której stwierdzono obniżenie MDA w wielu analizowanych tkankach. Obraz ten nie był jednak jednolicie korzystny, ponieważ w tej samej grupie obserwowano m.in. wzrost 8-OHdG w osoczu oraz obniżenie APE-1. Przy wyższej dawce CuNPs odpowiedź na pektynę i psyllium była jeszcze bardziej zróżnicowana – obok zmian potencjalnie korzystnych występowało zwiększenie MDA lub innych wskaźników uszkodzeń w wybranych narządach. Szczególną wartością pracy jest wykazanie licznych interakcji dawka CuNPs × rodzaj błonnika. Dotyczyły one nie tylko peroksydacji lipidów i enzymatycznej obrony antyoksydacyjnej, lecz również wybranych mechanizmów odpowiedzi komórkowej na uszkodzenia oksydacyjne.

Publikację oceniam jako wartościowy i ważny element cyklu. Jej najważniejszym osiągnięciem jest wykazanie, że odpowiedź oksydoredukcyjna na CuNPs zależy nie tylko od rodzaju błonnika, ale również od dawki nanocząstek i badanego narządu, przy czym liczne interakcje pomiędzy tymi czynnikami stanowią mocne wsparcie dla głównej koncepcji rozprawy.

Publikacja 4. *Are the Biodistribution and Metabolic Effects of Copper Nanoparticles Dependent on Differences in the Physiological Functions of Dietary Fibre?*

Publikacja koncentruje się na biodostępności, wykorzystaniu i dystrybucji miedzi, a więc na ważnym zagadnieniu pozwalającym interpretować dalsze efekty biologiczne CuNPs. Mocną stroną pracy jest zastosowanie ICP-MS, wykorzystanie certyfikowanego materiału odniesienia oraz analityczne oznaczenie rzeczywistej zawartości Cu w dietach, co zwiększa wiarygodność danych i pozwala na bardziej precyzyjną ocenę gospodarki Cu w organizmie.

Wyjaśnienia wymaga stwierdzenie, że zwiększonemu wydalaniu Cu po zastosowaniu pektyny, inuliny i psyllium nie towarzyszył negatywny wpływ na jego strawność i wykorzystanie. Stwierdzenie to jest uzasadnione w odniesieniu do kontroli otrzymującej CuCO₃, natomiast w obrębie grup otrzymujących 13 mg CuNPs/kg wartości obu wskaźników były istotnie niższe przy pektynie, inulinie i psyllium niż przy celulozie. Interpretacja tego wniosku zależy zatem od przyjętego punktu odniesienia. Dodatkowego wyjaśnienia wymaga interpretacja dystrybucji Cu w mięśniach. Przy dawce 6,5 mg CuNPs/kg inulina wiązała się ze zmniejszeniem zawartości Cu w tej tkance, natomiast przy dawce 13 mg/kg obserwowano efekt przeciwny – zwiększenie zawartości Cu. Tymczasem w dyskusji zmniejszenie stężenia Cu w mięśniu przypisano połączeniu inuliny z wyższą dawką CuNPs (strona 184 publikacji). Występuje więc niespójność między danymi tabelarycznymi, a ich interpretacją w dyskusji. Tym samym wniosek o ograniczaniu przez inulinę nadmiernej akumulacji Cu w mięśniu nie jest w pełni uzasadniony przedstawionymi wynikami.

Publikację oceniam jako wartościowy i istotny element cyklu, ponieważ dostarcza bezpośrednich danych potwierdzających, że rodzaj błonnika wpływa na bilans i biodostępność Cu przy stosowaniu CuNPs.

Publikacja 5. *Is the Impact of Copper Nanoparticles on the Immune System of Rats Dependent on the Diverse Physiological Functions of Dietary Fibre?*

Publikacja bezpośrednio realizuje immunologiczny aspekt celu rozprawy. Zakres oznaczeń obejmował szeroki panel parametrów hematologicznych, stężenia immunoglobulin klas IgA, IgG i IgM oraz wybranych mediatorów odpowiedzi immunologicznej i zapalnej (IL-2, IL-6, TNF-α i CRP). Szczególnie istotne jest wykazanie interakcji dawka CuNPs × rodzaj błonnika dla IgM, IgG, IgA, IL-2, TNF-α i CRP, wskazujących, że kierunek zmian tych parametrów zależał od konkretnego połączenia obu czynników.

Wyniki dobrze dokumentują modulowanie wybranych parametrów odpowiedzi immunologicznej przez rodzaj błonnika, jednak ostrożności wymaga określenie biologicznego znaczenia części obserwowanych zmian. Obniżenie stężenia cytokin prozapalnych, takich jak IL-6 i TNF-α, może świadczyć o ograniczeniu odpowiedzi zapalnej. Zmniejszenie stężenia immunoglobulin IgA, IgM lub IgG może wskazywać na osłabienie wybranych elementów

odpowiedzi humoralnej i nie powinno być automatycznie traktowane jako efekt korzystny. Bez funkcjonalnej oceny odporności trudno jednoznacznie rozstrzygnąć, czy obserwowane zmiany odpowiadają korzystnemu ograniczeniu zwiększonej aktywacji immunologicznej, czy częściowej supresji odpowiedzi immunologicznej. Zbyt daleko idąca jest natomiast interpretacja zmian wskaźników układu czerwono krwinkowego i płytkowego po zastosowaniu psyllium z wysoką dawką CuNPs jako wskazujących na łagodną niedokrwistość hemolityczną i reaktywną trombopoezę. Stwierdzono wprawdzie zmniejszenie średniej masy hemoglobiny w erytrocycie (MCH) oraz wzrost wskaźnika zróżnicowania objętości erytrocytów (RDWc) i średniej objętości płytek krwi (MPV), jednak zmianom tym nie towarzyszyło obniżenie liczby erytrocytów (RBC), stężenia hemoglobiny (HGB) ani hematokrytu (HCT). Nie wykazano również wzrostu liczby płytek krwi ani nie oznaczano bezpośrednich wskaźników hemolizy. Uzyskane wyniki wskazują zatem na zmiany wybranych parametrów erytrocytarnych i płytkowych, ale nie stanowią wystarczającej podstawy do wnioskowania o niedokrwistości hemolitycznej ani reaktywnej trombocytozie. Publikację oceniam jako wartościowy element cyklu, przede wszystkim ze względu na wykazanie, że wpływ CuNPs na szereg parametrów immunologicznych jest modyfikowany przez rodzaj błonnika i zależy od dawki nanocząstek.

Indywidualny wkład Doktorantki w powstanie publikacji tworzących cykl

Doktorantka jest pierwszą autorką czterech spośród pięciu publikacji tworzących cykl, tj. publikacji 2–5, natomiast w publikacji 1 zajmuje drugą pozycję autorską. Zgodnie z oświadczeniem zawartym w załączniku 7, w publikacji 1 jej udział obejmował wykonanie analiz, opracowanie wyników oraz zatwierdzenie ostatecznej wersji pracy. W publikacjach 2–5 zakres udziału był znacznie szerszy i obejmował opracowanie koncepcji badań, nadzór nad doświadczeniem, wykonanie analiz, opracowanie wyników oraz napisanie publikacji. Przedstawiona dokumentacja wskazuje zatem na zasadniczy udział Doktorantki w kolejnych etapach realizacji badań i przygotowania większości publikacji tworzących cykl oraz potwierdza jej istotny indywidualny wkład w powstanie rozprawy.

Elementy nowatorskie i potencjał aplikacyjny

Istotny element oryginalności cyklu publikacji stanowi połączenie badań nad biologicznym działaniem CuNPs z systematyczną oceną rodzaju błonnika jako czynnika modyfikującego ich działanie. Na tle piśmiennictwa przywołanego w rozprawie i publikacjach cyklu nie wskazano wcześniejszego analogicznego doświadczenia obejmującego dwie dawki CuNPs, równoległe porównanie czterech rodzajów włókna oraz ocenę interakcji dawka $\times$ błonnik na kilku poziomach organizacji biologicznej. Za szczególnie wartościowy poznawczo rezultat uznaję wykazanie, że kierunku biologicznego działania CuNPs nie można przewidywać wyłącznie na podstawie ich dawki, ponieważ istotnym czynnikiem modyfikującym pozostaje skład diety. Oryginalność pracy oceniam wysoko przede wszystkim w zakresie koncepcji biologicznej, kompleksowości podejścia, rzetelności badań oraz uzyskanych wyników. Praca posiada potencjał aplikacyjny przede wszystkim jako źródło danych do projektowania dalszych badań nad bezpiecznym wykorzystaniem nanocząstek pierwiastków śladowych w żywieniu zwierząt. Najważniejszym wnioskiem praktycznym jest wykazanie, że rodzaj błonnika może istotnie zmieniać biodostępność i biologiczne skutki działania CuNPs, co wskazuje, że ocena takiej formy miedzi powinna uwzględniać nie tylko jej dawkę, lecz także skład całej diety. Ograniczeniem bezpośredniej aplikacyjności jest fakt, że metaliczna miedź Cu (0) w postaci CuNPs nie należy do źródeł miedzi objętych zezwoleniami wskazanymi dla dodatków paszowych m.in. w rozporządzeniu wykonawczym Komisji (UE) 2018/1039, które obejmuje określone nieorganiczne i chelatowane związki miedzi. Zgodnie z art. 3 i 4 rozporządzenia (WE) nr 1831/2003 praktyczne zastosowanie nowej postaci miedzi jako dodatku paszowego wymagałoby uzyskania odrębnego zezwolenia w procedurze obejmującej złożenie dossier, ocenę EFSA i decyzję Komisji, przy czym dla nanomateriałów ocena powinna dodatkowo uwzględniać wymagania nanomateriałowe określone w aktualnych wytycznych EFSA.

Ocena formalna rozprawy

Piśmiennictwo zostało właściwie dobrane do zakresu rozprawy i wykorzystane zarówno do uzasadnienia problemu badawczego, jak i interpretacji uzyskanych wyników. Zachowano spójny sposób cytowania i sporządzania bibliografii, jednak występują pojedyncze błędy wymagające korekty. Większej uwagi wymagają jednak nieścisłości w rozdziale „Materiał i metody”. Na s. 15, w części przypisanej publikacji Cholewińska i in. (2023), zapisano m.in.: „stężenia krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA) w treści jelita ślepego”, „aktywności enzymatycznej mikrobioty jelitowej”, „ekspresję genów [...] NF- κ B oraz TLR-4” oraz „poziom globalnej metylacji DNA”. Zakres analiz przedstawiony w samej publikacji Cholewińska i in. (2023) nie obejmuje jednak tych oznaczeń w takiej postaci; publikacja dotyczyła m.in. parametrów treści jelita, DAO, kwasu mlekowego, markerów uszkodzenia i naprawy DNA,

kaspaz, ekspresji genów związanych z barierą jelitową oraz histologii jelita. Oznacza to, że na s. 15 tekstu integrującego część analiz została błędnie przypisana tej publikacji.

Analogiczny problem występuje na s. 16. W opisie publikacji Marzec i in. (2025b) podano, że oznaczano „poziom zredukowanego glutationu (GSH)”. Tymczasem w metodach samej publikacji wymieniono SOD, CAT, ceruloplazminę, TAS, MDA, 3-nitrotyrozinę, karbonylowe pochodne białek, 8-OHdG, APE-1, OGG1, kaspazy oraz globalną metylację DNA, ale nie GSH. Również ten zapis należy więc traktować jako błąd w opisie zakresu analiz przypisanych konkretnej publikacji. Stronę formalną dysertacji oceniam pozytywnie. Układ pracy jest czytelny, a dokumentacja cyklu kompletna. Wskazane uchybienia nie podważają wysokiej wartości naukowej rozprawy, ale wymagają odnotowania, ponieważ dotyczą zgodności tekstu integrującego z rzeczywistym zakresem opublikowanych badań.

Ocena końcowa

Przedstawiony cykl pięciu powiązanych tematycznie publikacji tworzy spójne osiągnięcie naukowe i dostarcza nowych danych dotyczących zależności pomiędzy rodzajem błonnika pokarmowego a biologicznym działaniem nanocząstek miedzi. Wskazane w recenzji zastrzeżenia wymagają wyjaśnienia podczas publicznej obrony, nie podważają jednak wysokiej wartości naukowej rozprawy ani oryginalności uzyskanego osiągnięcia.

Recenzowana rozprawa doktorska, w ocenie recenzenta spełnia wymagania określone w art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.). W związku z powyższym przedkładam Radzie Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo UP w Lublinie wniosek o dopuszczenie lek. wet. Aleksandry Agnieszki Marzec do dalszych etapów postępowania mającego na celu nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika i rybactwo.

