

dr hab. Anna Arczewska-Włosek
Instytut Zootechniki PIB
Zakład Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa
ul. Krakowska 1
32-083 Balice

Kraków, 18.11.2024r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Rameshy Nirmali Wishna Kadawarage
pt. „*In ovo stimulation as a tool to improve gut health of broiler chickens*”
(tł. „Stymulacja *in ovo* jako narzędzie do poprawy zdrowia jelit kurcząt brojlerów”)**

Podstawą formalną sporządzenia niniejszej recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, dr. hab. inż. Jakuba Bieska, prof. PBŚ, informujące o moim powołaniu na recenzenta w postępowaniu doktorskim mgr Rameshy Nirmali Wishna Kadawarage pt. „*In ovo stimulation as a tool to improve gut health of broiler chickens*” (tł. „Stymulacja *in ovo* jako narzędzie do poprawy zdrowia jelit kurcząt brojlerów”). Decyzję tę podjęła Rada Naukowa Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich podczas posiedzenia w dniu 30 sierpnia 2024 r.

Podstawą prawną oceny są zapisy ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023 poz. 742 ze zm.).

Oceniana rozprawa została wykonana przez Doktorantkę w Katedrze Biotechnologii i Genetyki Zwierząt, Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt, Politechniki Bydgoskiej, pod kierunkiem promotora głównego, prof. dr hab. inż. Marii Siwek-Gapińskiej, oraz promotora pomocniczego, dr Rity M. Hickey z Teagasc Food Research Centre w Moorepark, Fermoy, Irlandia. Badania zostały sfinansowane w ramach programu Unii Europejskiej Horyzont 2020 na podstawie umowy grantowej nr 955374.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska zatytułowana „*In-ovo stimulation as a tool to improve gut health of broiler chickens*” (tł. „Stymulacja *in ovo* jako narzędzie do poprawy zdrowia jelit kurcząt brojlerów”) została przygotowana w oparciu o cykl trzech oryginalnych, opublikowanych artykułów naukowych powiązanych tematycznie:

1. Ramesha N. Wishna-Kadawarage, Martin Jensen, Szymon Powalowski, Rita M. Hickey and Maria Siwek, In-vitro screening of compatible synbiotics and (introducing) “prophibiotics” as a tool to improve gut health, *International Microbiology* (Springer), 2024, 27, 645–657, <https://doi.org/10.1007/s10123-023-00417-2>, MNiSW points 2024 : 40, Impact Factor 2023 : 2.3

2. Ramesha N. Wishna-Kadawarage, Rita M. Hickey and Maria Siwek, In-vitro selection of lactic acid bacteria to combat *Salmonella enterica* and *Campylobacter jejuni* in broiler chickens, *World Journal of Microbiology and Biotechnology* (Springer), 2024, 40, 133,

AAJ

<https://doi.org/10.1007/s11274-024-03946-8>, MNiSW points 2024 : 70, Impact Factor 2023 : 4.0

3. Ramesha N. Wishna-Kadawarage, Katarzyna Połtowicz, Agata Dankowiakowska, Rita M. Hickey and Maria Siwek, Prophybiotics for in ovo stimulation; validation of effects on gut health and production of broiler chickens, Poultry Science (Elsevier), 2024, 103, 4, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103512>, MNiSW points 2024 : 140, Impact Factor 2023 : 3.8

Przedstawione w cyklu prace opublikowano w czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR), takich jak International Microbiology, World Journal of Microbiology and Biotechnology oraz Poultry Science. Współczynnik Impact Factor (IF) tych czasopism wynosił odpowiednio: 2,3, 4,0 oraz 3,8. Wartość punktów MEiN za publikacje to odpowiednio: 40, 70 oraz 140. Łączny Impact Factor cyklu publikacji wynosi 10,1, a suma uzyskanych punktów ministerialnych to 250. Prace zostały opublikowane w 2023 i 2024 roku, a łączna liczba cytowań wynosi 9 wg bazy Google Scholar.

Wszystkie prace są współautorskie, przy czym we wszystkich Doktorantka jest zarówno pierwszym, jak i korespondencyjnym autorem. W przedstawionym oświadczeniu Doktorantka wskazała swój znaczący wkład w przygotowanie publikacji, obejmujący współudział w zaprojektowaniu doświadczeń i ich przeprowadzenie, zbieranie danych doświadczalnych, analizę laboratoryjną i statystyczną, pisanie manuskryptów oraz wprowadzanie poprawek podczas procesu recenzyjnego. Tak szeroki zakres zaangażowania podkreśla jej kluczową rolę w realizacji badań oraz w opracowywaniu wyników przedstawionych w cyklu publikacji.

Rozprawa doktorska stanowi opracowanie przygotowane w języku angielskim zawierające wprowadzenie do tematyki badań, listę artykułów naukowych stanowiących jej podstawę oraz uzasadnienie spójności tematycznej cyklu publikacji. Uwzględniono w niej listę skrótów, symboli i stosowanych jednostek, przedstawiono hipotezę badawczą, cele i zakres badań, szczegółowy opis materiałów i metod, wyniki oraz ich omówienie na tle literatury naukowej. Opracowanie kończy się podsumowaniem głównych wniosków, bibliografią, streszczeniami w języku angielskim i polskim, a także załącznikami, które obejmują kopie artykułów naukowych oraz oświadczenia autorów. Opracowanie liczy łącznie 59 stron bez abstraktu w języku polskim i załączników.

Ocena merytoryczna

We wprowadzeniu Doktorantka podjęła próbę zdefiniowania pojęcia zdrowia jelit („gut health”), które, mimo rosnącego zainteresowania tą tematyką, nadal nie ma jednoznacznej definicji. Przytoczono opis zaproponowany przez Staudacher i Loughman (2021), określający zdrowe jelita jako stan charakteryzujący się brakiem objawów i chorób układu pokarmowego, a także brakiem niekorzystnych zjawisk, takich jak zwiększona przepuszczalność jelit, stan zapalny błony śluzowej czy zaburzenia w poziomie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Podkreślono również, że zdrowie jelit jest powiązane z funkcjonowaniem innych narządów, takich jak wątroba, mózg, gonady, płuca, skóra czy oczy, co świadczy o jego złożoności i kluczowym znaczeniu dla organizmu.

Następnie Doktorantka odniosła się skrótowo do stanu wiedzy na temat zdrowia jelit brojlerów, podkreślając specyficzne wyzwania towarzyszące ptakom w warunkach produkcji komercyjnej, takie jak opóźniona kolonizacja jelit korzystną mikrobiotą oraz podatność na

patogeny, takie jak *Salmonella* i *Campylobacter*. Wymieniła dostępne strategie poprawy zdrowia jelit metodami *in vivo*, a także innowacyjne podejścia *in ovo*. W ramach tych ostatnich wyróżniła stymulację *in ovo*, polegającą na podaniu substancji bioaktywnych do jaja w 12. dniu inkubacji, poprzez wkłucie do komory powietrznej jaja, co pozwala na transport substancji do zarodka przez silnie unaczynioną błonę kosmówkowo-omoczniową. Metoda ta wspiera rozwój naturalnej mikrobioty jelitowej i wzmacnia układ odpornościowy zarodka. Z kolei żywienie *in ovo*, wykonywane w 17.–18. dniu inkubacji, obejmuje iniekcję substancji do płynu owodniowego, co umożliwia zarodkowi ich spożycie przed wykluciem. Celem tej metody jest uzupełnienie potencjalnych niedoborów żywieniowych, wspieranie przejścia z odżywiania żółtkiem do pobierania paszy po wykluciu oraz poprawa rozwoju jelit i mikrobioty. Obie metody mają kluczowe znaczenie dla poprawy zdrowia jelit i efektywności produkcji brojlerów. Wskazano jednakże na mniejsze ryzyko uszkodzeń zarodka i pogorszenie parametrów charakteryzujących wylęgowość w przypadku stymulacji. Rozdział ten kończy się sprecyzowaniem nadrzędnego celu badań jakim było opracowanie skutecznego protokołu stymulacji *in ovo*, obejmującego selekcję najefektywniejszych substancji bioaktywnych w badaniach *in vitro* oraz ocenę ich działania w warunkach *in vivo*, w celu poprawy zdrowia jelit oraz efektywności produkcji brojlerów. W mojej ocenie ta część rozprawy, przygotowana jako wprowadzenie do problematyki prezentowanych badań, jest poprawna, jednak miejscami zbyt ogólna i lakoniczna. Brakuje w niej wyraźnego nakreślenia luki w istniejącym stanie wiedzy, która mogłaby stanowić uzasadnienie podjęcia przedstawionych badań. Ponadto, uważam, że w tym rozdziale należałoby bardziej szczegółowo uzasadnić wybór początkowego panelu substancji bioaktywnych.

Rozdział „Hipoteza, cele i zakres badań” prezentuje jasno sformułowaną hipotezę badawczą, cel główny i cele szczegółowe, a także zakres badań. Hipoteza badawcza zakłada, że stymulacja *in ovo* brojlerów starannie dobranymi substancjami bioaktywnymi może wpłynąć na przeprogramowanie mikrobioty jelitowej i wzmocnienie układu odpornościowego, prowadząc do skutecznej eliminacji patogenów i długotrwałych korzyści zdrowotnych bez konieczności stosowania dodatków paszowych w trakcie odchowu. Głównym celem badań było zatem opracowanie protokołu *in ovo* do programowania mikrobioty jelitowej brojlerów, charakteryzującego się udokumentowanym działaniem antypatogennym i skutecznym wspieraniem zdrowia jelit. Cele szczegółowe, zgodne z głównym założeniem, obejmowały następujące etapy: identyfikację skutecznych substancji bioaktywnych o właściwościach antypatogennych (przeciwdrobnoustrojowych, skierowanych przeciw bakteriom *Campylobacter* i *Salmonella*), określenie ich optymalnych dawek do zastosowania w stymulacji *in ovo* oraz ocenę ich działania w badaniach *in vivo*. Taka struktura celów badawczych odzwierciedla logiczną i konsekwentną ścieżkę realizacji badań.

W ramach przeprowadzonych badań Doktorantka zrealizowała trzy eksperymenty, które bezpośrednio odpowiadały na cele szczegółowe i wspierały główną hipotezę badawczą. Wyniki poszczególnych doświadczeń zostały opublikowane w trzech artykułach naukowych i przedstawione w sposób spójny z założeniami rozprawy.

W pierwszym eksperymencie, opisanym w pierwszej publikacji, Doktorantka skoncentrowała się na identyfikacji kompatybilnych kombinacji bioaktywnych substancji. Zbadano sześć szczepów probiotycznych, oraz trzy prebiotyki lub trzy fitobiotyki, analizując ich wzajemną kompatybilność i wpływ na wzrost probiotyków w warunkach *in vitro*.

Stwierdzono, że prebiotyki mają selektywne działanie stymulujące wzrost określonych szczepów probiotycznych, podczas gdy fitobiotyki, przy odpowiednich dawkach (ekstrakty z kurkumy i czosnku), nie wykazują działania hamującego na szeroką gamę probiotyków. Wyniki wskazały na potencjał kombinacji fitobiotyków z probiotykami (profitobiotyki) jako bardziej efektywnej strategii niż klasyczne synbiotyki. Na tej podstawie Doktorantka skoncentrowała dalsze badania na profitobiotykach, wybierając ekstrakt z czosnku w stężeniu 0,5% jako optymalnego kandydata do potencjalnej formułacji profitobiotycznej, bowiem ekstrakt w tym stężeniu wykazał brak działania hamującego na wszystkie analizowane szczepy probiotyczne.

W drugim eksperymencie, którego wyniki opublikowano w drugiej pracy, Doktorantka zbadała właściwości antypatogenne sześciu wyselekcjonowanych probiotyków wobec patogenów: *Salmonella enterica* i *Campylobacter jejuni*, będących jednymi z najczęstszych patogenów przenoszonych przez brojlery. W badaniach wykorzystano różnorodne metody mikrobiologiczne, jak test punktowy, dyfuzja w studziencie, ko-kultura i ko-agregacja, w celu określenia skuteczności poszczególnych szczepów probiotycznych w hamowaniu wzrostu wymienionych patogenów. Na podstawie uzyskanych wyników, w oparciu o ogólną aktywność przeciwko *Salmonella* i *Campylobacter*, szczep *Leuconostoc mesenteroides* B/00288 (LM) został wybrany spośród testowanych jako probiotyk o najsilniejszych właściwościach antypatogennych.

W trzecim eksperymencie, przedstawionym w trzeciej publikacji, Doktorantka przeprowadziła badania *in vivo*, mające na celu walidację skuteczności optymalnego protokołu stymulacji *in ovo*. Stymulację *in ovo* przeprowadzono z zastosowaniem formułacji zawierających *Leuconostoc mesenteroides* w dawce 10^6 CFU/jajo lub *Leuconostoc mesenteroides* (PB) w połączeniu z 0,5% wodnym ekstraktem z czosnku (PPB). Wyselekcjonowane substancje bioaktywne w optymalnych dawkach podano do jaj w 12. dniu inkubacji, a następnie oceniono ich wpływ na wylęgowość, jakość piskląt, mikrobiom jelitowy (oznaczenia wykonano w kałomoczu i treści jelita ślepego), ekspresję genów związanych z odpowiedzią immunologiczną (w błonie śluzowej jelita ślepego), histomorfologię (w jelicie ślepym) wraz z niektórymi parametrami produkcyjnymi kurcząt brojlerów ROSS 308 odchowywanych do 35 dnia życia (masa ciała, współczynnik konwersji paszy, jakość tuszy i jakość mięsa). Badania wykazały, że grupy poddane stymulacji *in-ovo* (PB i PPB) charakteryzowały się wyższą masą ciała w pierwszych dwóch tygodniach życia w porównaniu do grup kontrolnych, co wskazuje na korzystny wpływ zabiegu w kluczowym wczesnym okresie życia. Chociaż różnice w masie ciała zanikały w późniejszych etapach odchowu, grupy PB i PPB wykazały pozytywne zmiany w mikrobiocie jelitowej, w tym zwiększoną liczebność *Bifidobacterium* i *Faecalibacterium* we wczesnym okresie życia oraz zmniejszoną *Escherichia coli* pod koniec okresu produkcyjnego. W treści jelit ślepych stwierdzono również większą liczebność *Akkermansia sp.*, co może świadczyć o długoterminowych korzyściach stymulacji *in-ovo* dla zdrowia jelit. Dodatkowo, zastosowanie formułacji PPB skutkowało podwyższoną ekspresją genów związanych z odpornością, takich jak Avian beta-defensin 1 (AVBD1), receptor wolnych kwasów tłuszczowych (FFAR2) oraz mucyna 6 (MUC6), co podkreśla jej potencjał we wspieraniu mechanizmów obronnych organizmu. W tej grupie zaobserwowano również zwiększoną głębokość krypt w jelicie ślepym. Z kolei w grupie PB odnotowano wyższą głębokość krypt oraz tendencję do zwiększenia ekspresji genu MUC6. Nie zaobserwowano

istotnych różnic w ekspresji innych genów związanych z prozapalnymi i przeciwzapalnymi cytokinami (IL1- β , IL2, IL4, IL6, IL8 czy IL10), ani genów kodujących komponenty bariery jelitowej (CLDN czy CATHL2). Wyniki te sugerują, że stymulacja *in ovo* za pomocą probiotyków i prophybiotyków nie powoduje nadmiernej stymulacji układu odpornościowego, co mogłoby prowadzić do niepożądanych efektów, takich jak stan zapalny i w konsekwencji zmniejszenie wydajności wzrostu. Wyniki histomorfologiczne tkanki jelita ślepego wykazały zmiany w strukturze kosmków jelitowych oraz głębsze krypty i obniżony stosunek wysokości kosmków do głębokości krypt w grupie PPB, co, jak sugeruje Doktorantka, może być interpretowane jako efekt adaptacyjny. Powyższe wyniki wskazują na pewne różnice w mechanizmach działania obu formułacji, przy czym PPB wykazuje bardziej wszechstronne efekty.

Rozdział „Podsumowanie” zawiera zarówno podsumowanie uzyskanych wyników, jak i wnioski z przeprowadzonych badań. Jakkolwiek obecny tytuł rozdziału nie wskazuje na sekcję „Wnioski”, sugeruję, by opis uzyskanych wyników przeformułować w formę konkretnych, zwięzłych wniosków, które jasno uwypuklałyby kluczowe osiągnięcia pracy. Taka zmiana nie tylko zwiększyłaby czytelność tej części rozprawy, ale także skuteczniej podkreśliłaby znaczenie badań, ich innowacyjność oraz potencjalny wpływ na rozwój technologii stymulacji *in-ovo*. Dodatkowo, w mojej opinii warto jednoznacznie wskazać na wyższą efektywność formułacji opartej na profitobiotyku w porównaniu do probiotyku. Uważam, że warto uwzględnić tę informację, aby wnioski wyraźniej akcentowały przewagę tej innowacyjnej strategii.

Spis literatury w rozprawie doktorskiej obejmuje około 80 anglojęzycznych pozycji, które stanowią przegląd aktualnego stanu wiedzy związanego z tematem pracy. Większość cytowanych publikacji pochodzi z ostatnich lat, w szczególności z lat 2015–2024, co podkreśla aktualność wykorzystanych źródeł.

Z obowiązku recenzenta przedstawiam poniżej pytania i sugestie, które, w mojej ocenie, warto poruszyć w trakcie obrony pracy doktorskiej. Nie mają one na celu podważania poprawności metodyki badań ani wnioskowania, lecz stanowią próbę pogłębienia dyskusji na temat pewnych zagadnień.

1. Proszę przedstawić uzasadnienie wyboru początkowego panelu substancji bioaktywnych.
2. Czy przeprowadzono analizę preparatów fitobiotycznych pod kątem zawartości wiodących substancji aktywnych?
3. W doświadczeniu *in vivo* do zakończenia testu wzrostowego analizowano różnice między czterema grupami, natomiast w wynikach analiz na materiale poubojowym pominięto grupę kontrolną negatywną. Choć domyślam się powodu takiego podejścia, w publikacji zabrakło szczegółowego opisu tej decyzji w części metodycznej oraz uzasadnienia jej zastosowania. Proszę o wyjaśnienie tego aspektu.

4. Czy w ramach projektowania doświadczenia *in vivo* rozważano uwzględnienie dodatkowej grupy doświadczalnej, w której stosowano by jedynie iniekcję ekstraktu z czosnku? Być może takie podejście pozwoliłoby lepiej ocenić indywidualny wpływ tego składnika *in vivo*.

5. Sugeruję, by w przyszłych badaniach rozważyć podział piskląt z grupy doświadczalnej na powtórzenia utrzymywane w osobnych boksach. Pozwoliłoby to na przeprowadzenie pełnej analizy statystycznej wszystkich parametrów produkcyjnych ptaków. Zwracam również uwagę, że w publikacji 3. zabrakło informacji o liczebności ptaków w grupach doświadczalnych, choć dane te zawarto w opracowaniu.

6. W przyszłych badaniach warto uwzględnić w analizie histomorfologicznej odcinki jelita cienkiego. Analiza tych struktur mogłaby dostarczyć dodatkowych danych, które łatwiej będzie powiązać z parametrami wzrostowymi, gdyż to właśnie w jelicie cienkim zachodzą główne procesy absorpcji składników pokarmowych.

7. Czy, zdaniem Doktorantki, stosowanie opracowanej formułacji do stymulacji *in ovo* może wpływać na efektywność szczepień podawanych tą samą drogą?

8. W treści abstraktów brakuje wniosku dotyczącego wyższej skuteczności formułacji opartej na profitobiotyku w teście *in vivo*. Uważam, że warto uwzględnić tę informację, gdyż podkreśla ona znaczenie i potencjał tego podejścia w kontekście przeprowadzonych badań.

Podsumowanie

Pomimo pewnych niedociągnięć, dysertację oceniam bardzo pozytywnie. Badania Doktorantki uznaję za istotne i odpowiadające na kluczowe wyzwania dla dyscypliny zootechnika i rybactwo, jakimi są zagadnienia poprawy zdrowia jelit, rozwój odporności i zrównoważona produkcja, poszerzając wiedzę z tego zakresu. Dzięki wczesnemu programowaniu mikrobioty jelitowej oraz wzmocnieniu układu odpornościowego poprzez zastosowanie stymulacji *in ovo*, metoda ta oferuje możliwość skuteczniejszego przygotowania piskląt do wyzwań środowiskowych już od pierwszych dni życia. W kontekście globalnych trendów w produkcji drobiarskiej, które zmierzają w kierunku ograniczenia stosowania antybiotyków, prace Doktorantki są szczególnie wartościowe. Zaproponowane rozwiązania wspierają bowiem naturalne mechanizmy obronne ptaków, redukując podatność kurcząt na choroby, co może przyczynić się do ograniczenia konieczności stosowania interwencji terapeutycznych z wykorzystaniem antybiotyków. Istotnym aspektem jest również fakt, że metoda opiera się na zastosowaniu substancji pochodzenia naturalnego, uznanych za bezpieczne, dzięki czemu nie występuje ryzyko akumulacji pozostałości szkodliwych substancji w mięsie, co odpowiada na coraz większe oczekiwania rynku w zakresie produkcji zdrowej i bezpiecznej żywności. Badania należy uznać za pionierskie i nowatorskie, bowiem, jak wskazuje Doktorantka, badania przez Nią podjęte są pierwszymi podejmującymi próbę stymulacji *in ovo* z wykorzystaniem kombinacji probiotyku i fitobiotyku.

Na szczególne uznanie zasługuje kaskadowe opracowanie ścieżki weryfikacji bezpieczeństwa i skuteczności substancji bioaktywnych oraz trafny dobór zastosowanych metod, co świadczy o przemyślanym i logicznie zaplanowanym podejściu badawczym. Poszczególne etapy projektu – począwszy od badań *in vitro*, obejmujących selekcję najbardziej obiecujących kombinacji substancji i ich optymalnych stężeń, aż po walidację opracowanej mieszaniny do stymulacji *in ovo* w warunkach *in vivo* – tworzą spójną, systematyczną ścieżkę badawczą. Podejście to pozwala na stopniowe zawężanie zakresu badanych czynników, jednocześnie zwiększając precyzję i wiarygodność uzyskanych wyników. Taka strategia świadczy nie tylko o wysokiej wartości merytorycznej badań, lecz także o dogłębnym

zrozumieniu złożoności problemu badawczego oraz zdolności Doktorantki do projektowania badań o znaczącym potencjale poznawczym i aplikacyjnym.

Pragnę również podkreślić pracowitość oraz zaawansowanie badań przeprowadzonych przez Doktorantkę, które wymagają uznania zarówno ze względu na ich kompleksowość, jak i różnorodność zastosowanego warsztatu analitycznego. Badania obejmowały szeroki zakres technik, począwszy od analiz mikrobiologicznych, przez zaawansowane metody molekularne, po badania histomorfologiczne oraz ocenę parametrów produkcyjnych i jakości piskląt brojlerów. Świadczy to o wysokich kwalifikacjach Doktorantki, ale również wskazuje na interdyscyplinarny charakter badań.

Na uwagę zasługuje również fakt, że badania oraz proces kształcenia Doktorantki zostały zrealizowane w ramach finansowania z programu Horyzont 2020. Świadczy to o wysokim poziomie organizacyjnym i merytorycznym realizowanego projektu, a także o zdolności Doktorantki do uczestniczenia w prestiżowych międzynarodowych przedsięwzięciach badawczych.

Podsumowując, stwierdzam że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Rameshy Nirmali Wishna Kadawarage spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2023 r. poz.742 ze zm.). W związku z powyższym, przedkładam Radzie Naukowej Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich wniosek o dopuszczenie Pani mgr Rameshy Nirmali Wishna Kadawarage do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem,



Anna Arczewska-Włosek