Dr hab. Jarosław Król prof. UP
Katedra Patologii, Zakład Mikrobiologii
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 8.05.2023

OCENA

rozprawy doktorskiej mgr Gabrieli Cieniuch pt. **„Charakterystyka wybranych czynników wirulencji odzwierzęcych pałeczek z rodzaju *Serratia*"**.

Niniejsza recenzja wykonana została na wniosek Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Biologiczne Uniwersytetu Wrocławskiego, zgodnie z uchwałą nr 37/2023 z dnia 16.03.2023.

Bakterie z rodzaju *Serratia* są Gram-ujemnymi pałeczkami należącymi do rzędu Enterobacterales (określanego jako pałeczki jelitowe), rodziny *Yersiniaceae*. Występują one bardzo powszechnie w środowisku – glebie, wodzie i na roślinach, a pobierane wraz z pokarmem i wodą trafiają do przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu pałeczki *Serratia* uważane były za drobnoustroje praktycznie niechorobotwórcze dla człowieka i zwierząt domowych, a główne zainteresowanie mikrobiologów tymi bakteriami spowodowane było faktem wytwarzania przez niektóre gatunki czerwonego barwnika prodigiozyny i powodowania zmian barwnych w produktach spożywczych oraz tzw. „cudów eucharystycznych" (stąd potoczne określenia szczepów tworzących pigment jako „pałeczka krwawa" czy „pałeczka cudowna"). Jednak od kilku dekad, w związku z coraz liczniejszymi przypadkami zakażeń opisywanymi przede wszystkim u ludzi, nasze postrzeganie znaczenia klinicznego pałeczek *Serratia* uległo radykalnej zmianie. Obecnie drobnoustroje te uważane są za typowe bakterie oportunistyczne. Rzadko powodują one infekcje u ludzi czy zwierząt ze sprawnie działającym układem immunologicznym, natomiast nie ma praktycznie takiego narządu czy układu, który nie mógłby ulec zakażeniu przy upośledzeniu miejscowych albo ogólnych mechanizmów obronnych. Jeżeli ponadto weźmie się pod uwagę fakt, że bakterie te mają niewielkie wymogi odżywcze, a co za tym idzie, mogą kolonizować różne powierzchnie oraz namnażać się w różnych preparatach medycznych (w tym płynach infuzyjnych i środkach dezynfekcyjnych), pałeczki *Serratia* należy dołączyć do grupy drobnoustrojów warunkowo chorobotwórczych o dużym potencjale patogennym. Bakterie te są szczególnie niebezpieczne w środowisku szpitalnym, gdzie nałożenie się różnych czynników (tj. choroby predysponujące do wtórnych zakażeń bakteryjnych, stosowanie intensywnych zabiegów leczniczych, możliwość nabycia przez drobnoustroje oporności na chemioterapeutyki) może

prowadzić do bardzo poważnych, a nierzadko śmiertelnych zakażeń, takich jak posocznica, zapalenie płuc czy infekcje układu moczowego i skóry.

Wzrost znaczenia klinicznego pałeczek *Serratia* pociąga za sobą konieczność lepszego poznania tej grupy bakterii, a w szczególności określenia potencjalnych źródeł zakażeń oraz scharakteryzowania czynników wirulencji. Do tej pory zwierzęta domowe czy dzikie nie były traktowane jako istotni nosiciele pałeczek *Serratia*. Omawiane drobnoustroje są bakteriami środowiskowymi i do organizmu zwierzęcia dostają się przypadkowo z paszą czy wodą, ale z uwagi na często bardziej bezpośredni kontakt ludzi ze zwierzętami, te ostatnie mogą być ważnym ogniwem w transmisji bakterii na człowieka. Jest to jeszcze łatwiejsze w przypadku produktów zwierzęcego pochodzenia, takich jak mięso czy mleko, które łatwo mogą ulegać zanieczyszczeniu podczas ich pozyskiwania czy przetwarzania. Dlatego też podjęcie przez Doktorantkę badań dotyczących występowania pałeczek z rodzaju *Serratia* u różnych gatunków zwierząt domowych i dziko żyjących, a także mających na celu określenie najważniejszych czynników zjadliwości, uważam za aktualne i celowe.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr Gabrieli Cieniuch obejmuje 154 strony tekstu, a jej układ jest zgodny z ogólnie przyjętymi wymogami redakcyjnymi. W rozprawie wyróżniono 19 rozdziałów, z których pierwsze 9 stanowi wstęp (w opinii recenzenta, lepiej byłoby, aby wprowadzenie stanowiło jeden wyodrębniony rozdział z odpowiednią liczbą podrozdziałów), a w następnej kolejności przedstawione są: Cele pracy, Materiały, Metody, Wyniki, Podsumowanie pracy, Wnioski, Dyskusja oraz Piśmiennictwo obejmujące 167 pozycji literaturowych (nr 32 i 38 dotyczą tej samej publikacji). Tekst pracy uzupełniają streszczenia w języku polskim i angielskim oraz wykaz skrótów. Rozprawa, opatrzona licznymi tabelami i rycinami, została napisana w poprawnym stylu. Autorka nie ustrzegła się jednak pewnych błędów językowych i terminologicznych. Przykładowo, nie ma takiego gatunku „krowa domowa" (krowa to samica dużych przeżuwaczy, w tym przypadku chodzi o bydło domowe); nie można mówić o izolacie pozyskanym „z odbytnicy tuszy krowy domowej" czy „z jamy nosowo-gardłowej tuszy krowy domowej", gdyż w tym przypadku tusza to ciało zwierzęcia rzeźnego po uboju, po usunięciu narządów wewnętrznych i zwykle bez głowy i kończyn; nie są też poprawne określenia „suplementacja antybiotykami ampicyliny, amfoterycyny B..." (str. 44), „enzym hemolizyny" (str. 93) czy „z enzymami deoksyrybonukleazy, lipazy i żelatynazy" (str. 94); „MALDI Biotyper" to raczej nie jest nazwa metody, tylko systemu identyfikacji drobnoustrojów wykorzystującego technikę spektrometrii mas MALDI ToF. BLAST to nie jest baza danych zawierająca zbiór sekwencji kwasów nukleinowych różnych organizmów (str. 47), tylko narzędzie do porównywania tych

sekwencji (tą bazą jest najczęściej GenBank). Nie jest poprawna fraza „patogeneza odzwierzęcych pałeczek *Serratia*". Określenie typu „różowa strefa halo", jest z kolei tylko nazwą żargonową, która w polskim języku naukowym nie powinna być stosowana. Ponadto, lekturę dysertacji nieco utrudnia zbyt częste powtarzanie łacińskich nazw gatunków zwierząt, od których pobierano materiał do badań – wystarczyłoby jednorazowe ich podanie przy pierwszym opisie w rozdziale „Materiały". Analogicznie, skoro Autorka w Tabelach 6 i 7 podaje producentów odczynników i aparatury użytych do przeprowadzenia badań, to po co powtarzać te informacje przy opisie poszczególnych metod badawczych?

W części wstępnej (rozdziały 1 – 9) Autorka przedstawia ogólną charakterystykę rodzaju *Serratia*, omawia szczegółowo metody izolacji i identyfikacji tych bakterii oraz charakteryzuje ich czynniki wirulencji, a także dokonuje przeglądu piśmiennictwa poświęconego przypadkom zakażeń tymi drobnoustrojami u ludzi i zwierząt. Wstęp rozprawy stanowi umiejętne wprowadzenie Czytelnika w obszar zagadnień dotyczących znaczenia klinicznego i epidemiologicznego bakterii *Serratia* i dowodzi bardzo dobrej znajomości tej tematyki przez Doktorantkę. Niejasny jest jedynie cel tak bardzo szczegółowego opisu wyników publikacji Stock i wsp. (2003), dotyczącej antybiotykooporności izolatów klinicznych *Serratia* sp. (rozdział 3), w sytuacji gdy zupełnie nie jest to badane w odniesieniu do szczepów izolowanych od zwierząt. Natomiast w rozdziale tym znajduje się bardzo dużo błędów i nieścisłości. Przykładowo, na str. 28 Autorka podaje błędnie, że „naturalna oporność stwierdzona została dla ... ciprofloksacyny, norfloksacyny (i in. chemioterapeutyków) z grupy chinolonów", podczas gdy badane w cytowanej pracy izolaty były wszystkie wrażliwe (w Tabeli 2 są już informacje poprawne). Oraz: „w przeciwieństwie do *S. marcescens*, pałeczka *S. liquefaciens* jest wrażliwa na tetracyklinę i minocyklinę (...) oraz tobramycynę" – w rzeczywistości oba gatunki miały dość podobny profil wrażliwości: *S. liquefaciens* była najczęściej oporna lub tylko średnio wrażliwa na tetracyklinę, a w przypadku tobramycyny wszystkie badane izolaty *S. liquefaciens* były rzeczywiście wrażliwe na ten antybiotyk, ale również aż 80% szczepów *S. marcescens* było wrażliwych bądź średnio wrażliwych. Cytowani autorzy wykazali, że dla wielu chemioterapeutyków wrażliwość badanych szczepów była bardzo zróżnicowana. We wprowadzeniu do pracy doktorskiej nie można więc poszczególnych gatunków *Serratia* jednoznacznie klasyfikować jako wrażliwy, średnio wrażliwy czy oporny na dany antybiotyk, w zależności od tego, która z tych właściwości stwierdzana jest częściej. W opinii recenzenta nie było również potrzeby tak szczegółowego omawiania przez Doktorantkę mechanizmów oporności bakterii *Serratia* na chemioterapeutyki (podrozdział 3.1), zwłaszcza, że jest to prawie dosłowne tłumaczenie pracy

Mahlena opublikowanej w r. 2011 w „Clinical Microbiology Reviews" (*nota bene*, w miejscu aktywnym karbapenemaz SME znajduje się aminokwas seryna, a nie białko aktyna).

W kolejnej części rozprawy Autorka przedstawia cele badawcze, którymi są opracowanie procedury diagnostycznej mającej na celu izolację pałeczek *Serratia*, określenie częstości występowania tych bakterii w początkowych i końcowych odcinkach przewodu pokarmowego u dzików, saren, bydła i świń, ocena potencjału chorobotwórczego *Serratia* poprzez wykrywanie enzymów zewnątrzkomórkowych (żelatynaza, DN-aza, lipaza, hemolizyny) czy genów kodujących wybrane czynniki zjadliwości (fimbrie adhezyjne, fosfolipaza, białka toksyny hemolitycznej), a także charakterystyka łańcucha polisacharydowego błony zewnętrznej oraz zdolność do przeżywania bakterii w surowicy ludzkiej. Należy podkreślić, że do realizacji tych celów Doktorantka wykorzystywała zarówno klasyczne metody badawcze, jak i te nowoczesne – w tym technikę PCR oraz MALDI ToF). Te ostatnie niewątpliwie znacznie podniosły wymiar merytoryczny recenzowanej pracy.

Materiał do badań stanowiły wymazy pobrane z jamy nosowo-gardłowej 605 dzików, 93 saren oraz 35 świń, a także z jamy nosowo-gardłowej i prostnicy 55 sztuk bydła i 24 sztuk świń. Wymazy te posiewane były na podłoże bulionowe z dodatkiem suplementu wybiórczego CIN dla bakterii *Yersinia*, a następnie namnożone bakterie przesiewano na dwa podłoża stałe: podłoże selektywne CT oraz podłoże DNase Agar. Każdą kolonię bakteryjną uzyskaną na podłożu CT oraz wszystkie izolaty DNazo-dodatnie poddawano następnie identyfikacji za pomocą metody MALDI-ToF. Przyjęta procedura pozwoliła na rozpoznanie 1138 izolatów bakteryjnych, z czego 250 zostało zakwalifikowanych do rodzaju *Serratia*. Dominującymi gatunkami okazały się *S. liquefaciens* (160 izolatów), *S. fonticola* (35) oraz *S. marcescens* (26 izolatów). Z obowiązku recenzenta chciałbym zwrócić uwagę na niezgodności w opisie liczby izolatów *Serratia* uzyskanych od zwierząt dzikich: w punkcie 11.1 (str. 49) Autorka podaje, że było to łącznie 144 izolaty, z czego 139 należało do *S. liquefaciens*, a 5 do *S. marcescens*, podczas gdy z Tabel 14 i 15 wynika, że łączna liczba szczepów tych bakterii wyniosła 146, w tym tylko 101 izolatów *S. liquefaciens* (86 od dzików i 15 od saren). Poza tym, skoro izolaty *Serratia* od zwierząt dziko żyjących zostały pozyskane wcześniej w ramach pracy magisterskiej, to po co jeszcze raz opisywać całą procedurę izolacji (i identyfikacji metodą MALDI) w pracy doktorskiej? Jest to dwukrotne opisanie i wykorzystanie tych samych badań.

Moje uwagi dotyczące przyjętej procedury badawczej są następujące:

1/ Z podłoża DNase Agar do dalszych badań wybierane były izolaty DN-azododatnie (z różową strefą wokół kolonii) – „zakładano, że te izolaty należą do rodzaju *Serratia*" (str. 55). Czy więc wszystkie 118 izolatów z jamy nosowo-gardłowej i 132 izolatów z prostnicy bydła oraz 113 izolatów z gardła i 38 izolatów z prostnicy świń (łącznie 401 izolatów) było DN-azododatnich? Jeśli tak, to jak wytłumaczyć fakt, że tylko 104 z nich zostało zakwalifikowanych do rodzaju *Serratia*? Czy jakieś gatunki bakterii z innych rodzajów też okazały się DN-azododatnie?

2/ Skąd wiadomo, czy któryś izolat *Serratia* wyosobniony na podłożu DNase Agar nie jest identyczny (a więc należy do tego samego klonu) z izolatem z podłoża CT? W pracy doktorskiej nie ma takiej informacji, że z jednego wymazu od 1 osobnika do dalszych badań wybierano tylko 1 izolat *Serratia* z danego gatunku.

3/ Szkoda, że nie były badane czynniki zjadliwości u *S. fonticola*, który w badaniach Doktorantki był drugim, pod względem częstości izolacji, przedstawicielem rodzaju *Serratia*. Co prawda zakażenia tym drobnoustrojem opisywane są w literaturze znacznie rzadziej niż w przypadku *S. marcescens*, a gatunek ten jest znany z braku zdolności do produkcji DNazy, lipazy czy żelatynazy, to jednak niewiele wiadomo na temat innych czynników warunkujących chorobotwórczość (np. produkcja fosfolipazy czy przeżywalność w surowicy ludzkiej).

4/ Prawie 9% izolatów wyhodowanych na podłożu CT lub DNase Agar (łącznie 110 izolatów) nie udało się zidentyfikować metodą MALDI ToF. Dlaczego Autorka nie podjęła się identyfikacji tych szczepów innymi metodami, zwłaszcza molekularnymi? Jaki był cel opisu we wstępie (str. 46-47) metody identyfikacji drobnoustrojów na podstawie sekwencjonowania genu 16S rRNA, skoro nie została ona użyta w pracy doktorskiej? Dotyczy to również 1 izolatu *Serratia* od bydła, nierozpoznanego do poziomu gatunku metodą MALDI.

5/ Na str. 58 (Rozdział: „Metody") Autorka podaje, że wykrywanie DN-azy odbywało się na podłożu DNAse Lab-Agar, które zawiera, cytuję, „DNA oraz trzy rodzaje składników będących indykatorami zachodzących zmian podłoża". W rzeczywistości chodzi o trzy różne podłoża, z których Autorka używała tylko jednego – tego z dodatkiem błękitu toluidynowego. Dlaczego więc w sekcji „Metody" opisywane są wszystkie te 3 podłoża?

6/ Na jakiej podstawie projektowane były startery do PCR w celu badania obecności genów czynników wirulencji? Czy wszystkie dostępne w GenBanku sekwencje odpowiednich genów u danego gatunku *Serratia* są identyczne? Analizując produkty PCR na ryc. 15a i 15b można stwierdzić, że niektóre prążki są b. słabe, co mogłoby świadczyć, że albo startery nie

są w pełni komplementarne do odpowiednich fragmentów genów, albo warunki PCR nie były optymalne. Może należałoby odpowiednio zdegenerować startery? Na ryc. 15a wielkość produktu wynosi raczej 1700-1800 p.z., niż zakładane 1559 p.z. Czy nie warto było przeprowadzić sekwencjonowania tego produktu dla potwierdzenia specyficzności reakcji? Skąd wiadomo, że użyte szczepy referencyjne, zwł. *S. marcescens* PCM501, są dobrą kontrolą? Produkt PCR dla genu *fimA* szczepu PCM501 jest b. słaby. Ponadto występuje drugi produkt o wielkości ok. 3000 p.z. Czy nie mogło to wpłynąć na zmniejszenie intensywności prążka 561 p.z., a w konsekwencji spowodować fałszywie ujemne wyniki detekcji genu *fimA*? Przy okazji: jaka ma być wielkość produktu amplifikacji genu *fimA*: 514 p.z. (jak podano na s. 94) czy 561 p.z. (jak wskazano na ryc. 14b i 15b)?

7/ Niejasne są kryteria wyboru izolatów *Serratia* do detekcji enzymów zewnątrzkomórkowych (DN-azy, żelatynazy i lipazy). Autorka podaje, że do tych badań wybrano izolaty z najwyższą wartością „score" w metodzie MALDI. O jaką wartość progową tu chodzi? Dlaczego stosowane było takie rozróżnianie, skoro praktycznie wszystkie izolaty (z wyjątkiem jednego z jamy nosowej bydła) zostały jednoznacznie przyporządkowane do konkretnego gatunku *Serratia*? (należy założyć, że wszystkie one uzyskały wartość powyżej 2.300, bo dla przedziału 2.000 – 2.299 byłaby to tylko „prawdopodobna identyfikacja do poziomu gatunku" [s. 58], przy której wskazane byłoby potwierdzenie innymi metodami, zwł. molekularnymi). Niejasne jest również, dlaczego do detekcji genów wirulencji wybrano tylko izolaty z potwierdzoną aktywnością DN-azy, żelatynazy i lipazy? Poszczególne czynniki wirulencji nie muszą przecież być ze sobą skorelowane?

Kolejny rozdział rozprawy doktorskiej poświęcony jest opisowi uzyskanych wyników. Bakterie z rodzaju *Serratia* stwierdzone zostały z różną częstością w badanym materiale, przy czym, co znamienne, znacznie więcej izolatów zostało stwierdzonych w jamie nosowo-gardłowej niż w prostnicy (u tych gospodarzy, u których wymazy były pobierane z obu tych miejsc). Do dalszych badań wybrane zostały jednak tylko izolaty z gatunku *S. marcescens* i *S. liquefaciens*. Pierwszy z nich cechował się nieco większą aktywnością enzymów zewnątrzkomórkowych (DN-azy, żelatynazy i lipazy), która była stwierdzona u wszystkich badanych izolatów. Podobnie, gatunek *S. marcescens* nieco częściej niż *S. liquefaciens* wykazywał aktywność hemolityczną (wykazaną u, odpowiednio, 21% i 19% szczepów). Natomiast obecność genów kodujących co najmniej jeden z wytypowanych czynników zjadliwości (fimbrie, fosfolipaza A lub białka toksyny hemolitycznej) stwierdzana była częściej u *S. liquefaciens*. Badane szczepy *S. marcescens* i *S. liquefaciens* były też w różnym stopniu oporne na działanie surowicy ludzkiej. Wyniki te wskazują, że potencjał

chorobotwórczy pałeczek *Serratia* determinowany jest prawdopodobnie przez kombinację różnych czynników zjadliwości.

Dwie uwagi dotyczące rozdziału „Wyniki" są następujące: (1) W obrazie elektroforetycznym O-swoistego łańcucha LPS zaznaczone zostały 2 frakcje: L-OAg i L-MW-OAg. Ani w rozdziale „Metody", ani w sekcji „Wyniki" nie ma żadnej informacji, co te skróty oznaczają oraz jakie jest kryterium rozróżniające obie te frakcje; (2) Wyniki przeżywalności izolatów *Serratia* w surowicy ludzkiej podano dla czasów T_0, T_1, T_2 i T_3 (tabele 30 – 32). Tymczasem w sekcji „Metody" podane jest, że inkubację prowadzono przez 0, 60 oraz 180 minut, co oznaczono jako T_0, T_1, oraz T_3. Nie ma natomiast wartości T_2, która, jak należy przypuszczać, odnosi się do czasu inkubacji 120 minut.

W rozdziale 15 zostały przedstawione wnioski z przeprowadzonych badań. W opinii recenzenta, należałoby inaczej sformułować pierwszy wniosek, mówiący że „pałeczki z rodzaju *Serratia* należały do jednych z najczęściej izolowanych rodzajów bakterii Gram-ujemnych". Zastosowana procedura diagnostyczna, z użyciem podłoża wybiórczo-namnażającego, a następnie podłoża wybiórczego CT oraz DNase Agar, była *a priori* nastawiona na izolację bakterii *Serratia*, stąd stosunkowo wysoki odsetek tych drobnoustrojów w badanym materiale. Wzrost wielu innych bakterii Gram-ujemnych został po prostu zahamowany. Ponadto zalecałbym większą ostrożność przy formułowaniu wniosków dotyczących częstości występowania aktywności hemolitycznej oraz genów wirulencji u szczepów *Serratia* izolowanych od poszczególnych gatunków zwierząt. Omawiane bakterie występują głównie w środowisku i raczej nie jako komensale błon śluzowych górnych dróg oddechowych. Jest więc często kwestią przypadku, jakie właściwości zostaną stwierdzone u izolatów pochodzących od danego gospodarza.

Analizując rozdział 16 (Dyskusja), wydaje mi się, że Autorka zbyt duży nacisk położyła na omówienie wyników badań innych autorów, dotyczących występowania bakterii-komensali górnych dróg oddechowych i przewodu pokarmowego u bydła, świń i zwierząt dziko żyjących. Cytowane prace miały raczej na celu określenie drobnoustrojów stale bytujących w określonych miejscach organizmu u praktycznie wszystkich osobników danego gatunku zwierzęcia, a do tej grupy pałeczki *Serratia* niewątpliwie nie należą. Niejasne jest także, w jakim celu Doktorantka przytacza tak szczegółowo wyniki identyfikacji metodą MALDI zupełnie innych grup bakterii, takich jak gronkowce, czy bakterie występujące na roślinach. Nie jest prawdą informacja zawarta w Dyskusji, że organizmy żywe kolonizowane są przez mikroorganizmy, które najczęściej można podzielić na „bakterie saprofityczne i bakterie patogenne", gdyż większość drobnoustrojów bytujących na powierzchniach ciała

zwierząt należy do grupy komensali, które w normalnych warunkach nie wywołują zakażeń u swych gospodarzy. Podobnie, nie można zgodzić się ze stwierdzeniem, iż „bakterie zoonotyczne, w przeciwieństwie do bakterii saprofitycznych, stają się częścią mikroflory zwierząt wyłącznie okresowo". Jest wiele przykładów bakterii o potencjale zoonotycznym, bytujących na stałe jako komensale zwierząt – pozostając w obrębie rzędu *Enterobacterales*, można wymienić tu np. *Escherichia coli* O:157;H7, *Salmonella* czy *Yersinia enterocolitica*.

Należy zaznaczyć, że przedstawione powyżej uwagi dotyczą w większości formy i sposobu opisu zastosowanych metod badawczych i uzyskanych wyników, a nie warstwy merytorycznej omawianej pracy. Zastrzeżenia i wątpliwości te muszą być jednak wyjaśnione, a błędy skorygowane przy przygotowywaniu wyników badań do druku czy opracowywaniu autoreferatu. Docenić należy natomiast duże walory poznawcze recenzowanej rozprawy doktorskiej oraz umiejętne wykorzystanie przez Autorkę nowoczesnych technik diagnostycznych, takich jak MALDI-ToF czy PCR, oraz duży wkład pracy niezbędnej do izolacji, identyfikacji oraz charakterystyki fenotypowej i genotypowej wyizolowanych drobnoustrojów. Jestem przekonany, że Doktorantka dobrze opanowała techniki pracy w laboratorium mikrobiologicznym i jest przygotowana do samodzielnej pracy naukowej. **Dlatego stwierdzam, że rozprawa Pani mgr Gabrieli Cieniuch pt. „Charakterystyka wybranych czynników wirulencji odzwierzęcych pałeczek z rodzaju *Serratia*"** odpowiada warunkom określonym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zmianami) i wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

KIEROWNIK ZAKŁADU MIKROBIOLOGII
dr hab. Jarosław Król
HEAD OF THE MICROBIOLOGY DEPARTMENT
Jarosław Król, DVM, PhD