Uniwersytet Wrocławski

WYDZIAŁ NAUK BIOLOGICZNYCH

ZAKŁAD BIOLOGII ROZWOJU ZWIERZĄT
ul. H. Sienkiewicza 21
50-335 Wrocław
tel. +48 71 375 40 30 | +48 71 375 40 24
zbrz@uwr.edu.pl | www.zbrz.uni.wroc.pl

Wrocław, dn. 15. 10. 2026 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Miernik pt.
Wpływ ibuprofenu na biologię niesporczaka Paramacrobiotus experimentalis Kaczmarek, Mioduchowska, Poprawa, Roszkowska 2020 (Tardigrada, Eutardigrada)

Farmaceutyki przedostające się do środowiska naturalnego stanowią duże zagrożenie ekologiczne. Związki te, określane mianem zanieczyszczeń nowej generacji (*emerging contaminants*), trafiają do ekosystemów wodnych głównie za pośrednictwem ścieków komunalnych, szpitalnych oraz odpływów z oczyszczalni. Szczególne obawy budzą substancje biologicznie czynne, które nawet w niskich stężeniach mogą wpływać na fizjologię, rozwój i reprodukcję organizmów niebędących ich docelowym odbiorcą. Wśród najczęściej analizowanych grup związków znajdują się hormony, antybiotyki, leki przeciwdepresyjne, środki antykoncepcyjne oraz niesteroidowe leki przeciwzapalne (NSAIDs).

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych przedstawicieli tej ostatniej grupy jest ibuprofen. Jego powszechna dostępność, szerokie zastosowanie w leczeniu bólu i stanów zapalnych oraz częste stosowanie (przeważnie bez nadzoru lekarskiego) powodują, że preparat ten należy do farmaceutyków najczęściej stosowanych przez pacjentów a tym samym najczęściej przedostawanym się do wód powierzchniowych i ścieków komunalncych. Badania cytotoksyczności ibuprofenu badane były u organizmów modelowych m. in. *Drosophila melanogaster*, *Danio rerio* czy myszy. Badane są również liczne organizmy wodne, będące w pierwszej kolejności narażone na cytotoksyczne działanie farmaceutyków. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabierają badania wykorzystujące niesporczaki jako organizmy modelowe stosowane w badaniach ekotoksykologicznych. Zwierzęta te wyróżniają się wyjątkową odpornością na różnorodne stresory środowiskowe, umożliwiając tym samym analizę mechanizmów adaptacyjnych i ochronnych w odpowiedzi na niekorzystny czynnik środowiskowy.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr, dotyczy wpływu ibuprofenu na biologię niesporczaka *Paramacrobiotus experimentalis*. Praca doktorska została wykonana w Instytucie Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Promotorem rozprawy doktorskiej jest Pani prof. Izabela Poprawa, wieloletnia specjalistka w dziedzinie biologii tego gatunku.

Na rozprawę doktorską składa się cykl trzech tematycznie spójnych prac, opublikowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *The European Zoological Journal* (2024), *Diversity* (2024), *Zoological Journal of the Society* (2026). W każdej z prezentowanych publikacji Doktorantka jest pierwszym autorem. Według oświadczeń własnych oraz współautorów, Doktorantka uczestniczyła w każdym etapie projektu

Uniwersytet Wrocławski
WYDZIAŁ NAUK BIOLOGICZNYCH

ZAKŁAD BIOLOGII ROZWOJU ZWIERZĄT
ul. H. Sienkiewicza 21
50-335 Wrocław
tel. +48 71 375 40 30 | +48 71 375 40 24
zbrz@uwr.edu.pl | www.zbrz.uni.wroc.pl

badawczego, począwszy od koncepcji badań, poprzez ich realizację, analizę i interpretację wyników oraz opracowaniu ostatecznej redakcyjnej formy manuskryptu.

Projekt doktorski Pani mgr Miernik obejmuje analizę odpowiedzi komórkowej jelita środkowego, jajnika oraz ciałek spichrzowych, na inkubację z różnymi stężeniami ibuprofenu, odpowiadającą stężeniom tego ksenobiotyku zaobserwowanego w środowisku naturalnym, jak i w stężeniu eksperymentalnym. Doktorantka zastosowała w badaniach przedział czasowy pozwalający na kompleksową ocenę zmian zachodzących na poziomie komórkowym i ultrastrukturalnym pod wpływem długotrwałej ekspozycji na farmaceutyk (7-28 dni).

Podjęta tematyka jest aktualna i wpisuje się w jeden z najważniejszych współczesnych nurtów badań ekotoksykologicznych, dotyczących wpływu farmaceutyków, a zwłaszcza substancji biologicznie czynnych, przedostających się do środowiska wodnego oraz ich wpływu na organizmy wodne, pośrednio na organizmy lądowe, w tym człowieka. Uzyskane wyniki dostarczają nowych informacji na temat mechanizmów ochronnych uruchamianych przez niesporczaki w odpowiedzi na działanie ksenobiotyków, a także poszerzają wiedzę dotyczącą biologicznych konsekwencji obecności ibuprofenu w ekosystemach wodnych.

Najważniejsze wnioski naukowe

Przy zastosowaniu dobrze dobranych metod badawczych (TEM, SEM, mikroskopia konfokalna), Doktorantka uzyskała ciekawe wnioski poszerzające wiedzę dotyczącą wpływu ksenobiotyków na organizmy żywe. W projekcie doktorskim Doktorantka wykazała, że ibuprofen w wybranych do badań tkankach *Pam. experimentalis* wywołuje odpowiedzi komórkowe, które są znacznie bardziej wyraźne na poziomie subkomórkowym niż organizmalnym (brak wpływu na przeżywalność osobników, reprodukcję czy anhydrobiozę). Odpowiedź organizmu na ibuprofen ma charakter tkankowo specyficzny (najbardziej narażone na działenie ksenobiotyku były komórki trawienne jelita środkowego). Ibuprofen we wszystkich badanych tkankach prowadzi do zaburzeń metabolizmu energetycznego, przejawiającego się zmianami w ultrastrukturze mitochondriów. W badanych tkankach zaobserwowano proces autofagii, apoptozy oraz występowanie markerów stresu oksydacyjnego. Według Doktorantki autofagia pełni istotną funkcję adaptacyjną i ochronną. Proces ten, u badanego gatunku, najprawdopodobniej odpowiedzialny jest za usuwanie uszkodzonych organelli oraz utrzymanie homeostazy komórkowej. Pani Miernik wykazała również, że badane tkanki wykorzystują odmienne strategie ochrony przed ksenobiotykami. W jajniku funkcję ochronną pełnią przede wszystkim komórki ściany jajnika, osłaniające komórki płciowe. W jelicie rolę bariery przejmują komórki trawienne, chroniące bardziej wrażliwe komórki regeneracyjne. W przypadku komórek ciałek spichrzowych dominują mechanizmy naprawcze związane z autofagią. Nasilenie zmian zależy zarówno od stężenia ibuprofenu, jak i czasu ekspozycji na ksenobiotyk. Wyniki wszystkich trzech badań wskazują na wyraźną zależność dawka-czas-efekt, typową dla działania ksenobiotyków środowiskowych. W trakcie realizacji projektu badawczego zostały zweryfikowane wszystkie postawione hipotezy

Uniwersytet Wrocławski

WYDZIAŁ NAUK BIOLOGICZNYCH

ZAKŁAD BIOLOGII ROZWOJU ZWIERZĄT
ul. H. Sienkiewicza 21
50-335 Wrocław
tel. +48 71 375 40 30 | +48 71 375 40 24
zbrz@uwr.edu.pl | www.zbrz.uni.wroc.pl

badawcze (H1-H7), które Doktorantka zawarła w *Autoreferacie,* rozdziale *Cel rozprawy doktorskiej i hipotezy badawcze.*

Pytania do Doktorantki

1. Dlaczego wybrała Pani właśnie ten model badawczy i jakie są jego główne ograniczenia?
2. Czy kontrolowano rzeczywiste stężenie ibuprofenu podczas całego eksperymentu, biorąc pod uwagę możliwość jego degradacji w środowisku wodnym?
3. Jak Pani interpretuje jednoczesne występowanie autofagii i apoptozy w tych samych tkankach?
4. Jak wyjaśnić obecność zdegenerowanych mitochondriów przy jednoczesnym braku wzrostu poziomu ROS i fragmentacji DNA?
5. Dlaczego komórki ściany jajnika okazały się bardziej wrażliwe na działanie ibuprofenu niż komórki linii płciowej?
6. Czy brak zmian w aktywności rozrodczej może wynikać z wysokiej odporności niesporczaków, czy raczej z niewystarczająco długiego czasu ekspozycji?

Znaczenie poznawcze rozprawy

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki należy wykazanie, że poszczególne tkanki *Pam. experimentalis* różnią się wrażliwością i strategią odpowiedzi na zanieczyszczenia farmaceutyczne. Wyniki te potwierdza obserwacja, że komórki somatyczne *Pam. experimentalis* przejmują skutki działania stresora, chroniąc komórki kluczowe dla zachowania integralności organizmu, takie jak komórki płciowe, komórki regeneracyjne czy struktury odpowiedzialne za anhydrobiozę.

Ocena końcowa

Pracę oceniam wysoko. Projekt badawczy zrealizowany przez Doktorantkę świadczy o jej bardzo dobrym przygotowaniu metodycznym oraz merytorycznym. Wyniki rozprawy doktorskiej znacząco poszerzają wiedzę dotyczącą mechanizmów adaptacyjnych uruchamianych przez niesporczaki w odpowiedzi na antropogeniczne zanieczyszczenia środowiska i stanowią wartościowy wkład w rozwój badań nad negatywnym wpływem farmaceutyków na organizmy wodne.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Aleksandry Miernik pt. „***Wpływ ibuprofenu na biologię niesporczaka Paramacrobiotus experimentalis Kaczmarek, Mioduchowska, Poprawa, Roszkowska 2020 (Tardigrada, Eutardigrada)***" spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 18 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t. j. Dz. U. z 2024 roku, poz. 1571 ze zm.). Na tej podstawie wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, o dopuszczenie mgr Aleksandry Miernik do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne. Rozprawa wyróżnia się nie tylko wysoką jakością merytoryczną, ale również imponującym zakresem wykonanych badań eksperymentalnych.

Uniwersytet Wrocławski

WYDZIAŁ NAUK BIOLOGICZNYCH

ZAKŁAD BIOLOGII ROZWOJU ZWIERZĄT
ul. H. Sienkiewicza 21
50-335 Wrocław
tel. +48 71 375 40 30 | +48 71 375 40 24
zbrz@uwr.edu.pl | www.zbrz.uni.wroc.pl

Doktorantka wykazała się bardzo dobrym przygotowaniem warsztatowym, biegłością w stosowaniu zaawansowanych metod badawczych oraz umiejętnością samodzielnego formułowania i weryfikowania hipotez naukowych. Uzyskane wyniki mają znaczącą wartość poznawczą i stanowią podstawę dalszych badań w omawianym obszarze.

Dojrzałość naukowa Pani Aleksandry Miernik, wiedza i wysiłek jaki włożyła w realizację projektu doktorskiego, zasługuje na wyróżnienie. Stąd, wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Miernik i uhonorowanie stosowną nagrodą.

Z poważaniem
Prof. dr hab. Małgorzata Daczewska