

Prof. dr hab. Teresa Szklarzewicz
Zakład Biologii Rozwoju i Morfologii Bezkręgowców
Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych
Wydział Biologii
Uniwersytet Jagielloński
30-387 Kraków, ul. Gronostajowa 9



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Hanny Gorol pt. „Ocena zmian
wybranych parametrów cytotoksyczności w nabłonku jelita środkowego
Neocaridina davidi (Crustacea, Malacostraca) wywołanych obecnością
bisfenolu A”**

Wydział Biologii

1. Tematyka rozprawy:

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Tematyka rozprawy Pani mgr Hanny Gorol dotyczy niezwykle ważnego i aktualnego zagadnienia – cytotoksyczności bisfenolu A, czyli substancji chemicznej powszechnie stosowanej do produkcji tworzyw sztucznych, m.in. materiałów opakowaniowych, z którymi mamy praktycznie nieustanną styczność. Autorka rozprawy testowała cytotoksyczność bisfenolu A na nabłonku jelita środkowego słodkowodnej krewetki *Neocaridina davidi*. Tematyka rozprawy z jednej strony wpisuje się więc w nurt prowadzonych od wielu lat w zespole Pani Prof. dr hab. Magdaleny Rost-Roszkowskiej badań nad ultrastrukturą/różnicowaniem/funkcjonowaniem jelita bezkręgowców, a z drugiej strony nad wpływem ksenobiotyków na poszczególne tkanki różnych zwierząt. Wybór krewetki jako modelu badawczego uważam za bardzo słuszny, gdyż ze względu na powszechne skażenie środowiska ksenobiotykami (w tym bisfenolem A), bezkręgowce wodne kumulują w swoich tkankach te toksyczne substancje. Ponieważ bezkręgowce wodne stanowią ważne ogniwo w łańcuchu troficznym, bisfenol A trafia do kolejnych ogniw, a w końcu do organizmu człowieka. Oczywiście, ważnym argumentem w wyborze obiektu badawczego była dostępność materiału – przede wszystkim łatwość w prowadzeniu hodowli. Uzasadniony był również wybór jelita środkowego wraz z wątrobotrzustką jako tkanek do testowania cytotoksycznego działania bisfenolu A, gdyż jelito jako pierwsza bariera w organizmie jest najbardziej narażone na bezpośrednie działanie wszelkich ksenobiotyków. Bisfenol A, z kolei, jest prawdopodobnie jednym z najbardziej eksplorowanych w ostatnich latach ksenobiotyków - doczekał się badań na różnych modelach badawczych, w różnych tkankach, na różnych poziomach

ul. Gronostajowa 9

30-387 Kraków

tel.: +48 12 664 50 06

+48 12 664 50 07

fax: +48 12 664 51 01

sekretariat.izibb@uj.edu.pl

www.izibb.wb.uj.edu.pl

organizacji ciała. Efektem tych wszystkich badań, które jednoznacznie wykazały silne zaburzenie funkcji wszystkich narządów człowieka pod wpływem bisfenolu A, jest stopniowe ograniczanie stosowania tej substancji do produkcji opakowań produktów żywnościowych.

Celem badań Pani mgr Hanny Gorol było poznanie efektów działania bisfenolu A na nabłonek jelita środkowego oraz wątrobotrzustki krewetki na poziomie komórkowym. Autorka zaplanowała eksperymenty, których zamierzeniem było poznanie wpływu długości czasu ekspozycji oraz koncentracji bisfenolu A w środowisku życia krewetki na ultrastrukturę komórek nabłonka jelita środkowego oraz wątrobotrzustki oraz funkcjonowanie tych organów. Autorka rozprawy przedstawiła kilka hipotez badawczych, które następnie testowała prowadząc obserwacje w mikroskopie świetlnym, elektronowym oraz konfokalnym, m.in. założyła, że ekspozycja organizmu na działanie bisfenolu A może być przyczyną zmian w: ultrastrukturze komórek (szczególnie w mitochondriach), dynamice procesów autofagicznych/apoptotycznych, ilości materiałów zapasowych, cyklu komórkowym i proliferacji komórek. Wykonane eksperymenty potwierdziły przyjęte założenia.

W świetle powyższych faktów wybór tematyki badawczej jest więc ze wszech miar uzasadniony, otrzymane wyniki stanowią kolejny bardzo ważny przyczynek do poznania toksycznego działania bisfenolu A na tkanki zwierząt – tym samym rozprawa ma bardzo dużą wartość naukową.

2. Wiedza kandydata

Lektura zarówno dwóch publikacji naukowych stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, jak i załączonego autoreferatu podsumowującego główne tezy rozprawy wskazuje, że Pani mgr Hanna Gorol posiada zarówno bardzo dobre przygotowanie teoretyczne, jak i umiejętności praktyczne. Rozdziały „Wstęp” każdej z dwóch publikacji zawierają syntetycznie przedstawione wszystkie istotne dane wprowadzające w badaną tematykę. We „Wstępie” publikacji Gorol i wsp. 2025 przedstawiono: charakterystykę bisfenolu A ze szczególnym uwzględnieniem dystrybucji tego ksenobiotyku w środowisku, drogi wnikania do organizmów zwierząt ze szczególnym uwzględnieniem jelita środkowego skorupiaków, charakterystykę słodkowodnej krewetki *Neocardina davidi* oraz uzasadnienie wyboru krewetki jako modelu do badań nad wpływem ekspozycji na bisfenol A. We „Wstępie” publikacji Gorol i wsp. 2026 główny nacisk położony został na przedstawienie



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Wydział Biologii

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

ul. Gronostajowa 9

30-387 Kraków

tel.: +48 12 664 50 06

+48 12 664 50 07

fax: +48 12 664 51 01

sekretariat.izibb@uj.edu.pl

www.izibb.wb.uj.edu.pl



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

zmian w mitochondriach spowodowanych stresem oksydacyjnym, który jest skutkiem działania bisfenolu A. Należy podkreślić, że w autoreferacie (rozdział „Wprowadzenie”) wszystkie powyższe aspekty a także opis procesów śmierci komórkowej, budowy jelita środkowego skorupiaków ze szczególnym uwzględnieniem organizacji jelita środkowego krewetki *Neocardina davidi*, cyklu życiowego *Neocardina davidi* zostały omówione bardzo szczegółowo. Dobór zastosowanych licznych metod badawczych, ich precyzyjny opis a także schematyczne zilustrowanie przebiegu eksperymentów (Ryc. 1 w Gorol i wsp. 2025; Ryc. 1 w Gorol i wsp. 2026) jednoznacznie wskazują, że Pani Hanna Gorol bardzo dobrze sobie radzi w pracy laboratoryjnej. Wyniki zawarte w obydwóch publikacjach, jak również w autoreferacie zostały jasno przedstawione i dobrze udokumentowane w postaci mikrofotografii, elektronogramów i wykresów. Sposób poprowadzenia dyskusji, interpretacja wyników przeprowadzonych eksperymentów oraz wnioski z nich wynikające nie budzą zastrzeżeń – są jasno sformułowane i potwierdzają bardzo dobrą znajomość badanego zagadnienia.

W podsumowaniu mogę więc stwierdzić, że Pani mgr Hanna Gorol dysponuje rozległą wiedzą z zakresu biologii i fizjologii komórki, którą potrafi umiejętnie wykorzystać projektując i wykonując eksperymenty oraz interpretując poczynione obserwacje.

3. Samodzielność kandydata

Opierając się jedynie na publikacjach i autoreferacie, trudno jest ocenić samodzielność kandydata w przygotowaniu wszystkich etapów rozprawy. Biorąc jednak pod uwagę: (1) fakty przedstawione w dwóch powyższych punktach, (2) nazwisko Autorki widniejące jako pierwsze wśród zespołu kilku współautorów, (3) oświadczenia Autorki rozprawy (potwierdzające: przygotowanie materiału, prowadzenie hodowli krewetki *Neocardina davidi*, prowadzenie eksperymentu i analiz laboratoryjnych, przygotowanie dokumentacji, interpretację otrzymanych wyników, zebranie i opracowanie pozycji bibliograficznych, napisanie oryginalnej i końcowej wersji manuskryptu) oraz oświadczenia współautorów obydwóch publikacji, a także (4) niezwykle przejrzysty sposób przygotowania autoreferatu świadczący o gruntownej znajomości tematyki i metodyki badawczej, mogę wnioskować, że przygotowując rozprawę jej Autorka wykazała się dużą samodzielnością i zaangażowaniem – bez tych dwóch cech Autorki rozprawa w postaci dwóch oryginalnych publikacji oraz bardzo dobrego autoreferatu z pewnością nie

Wydział Biologii

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

ul. Gronostajowa 9

30-387 Kraków

tel.: +48 12 664 50 06

+48 12 664 50 07

fax: +48 12 664 51 01

sekretariat.izibb@uj.edu.pl

www.izibb.wb.uj.edu.pl

mogłaby powstać. Udział Pani mgr Hanny Gorol w prowadzeniu eksperymentu, opracowaniu i interpretacji wyników oraz w przygotowaniu obydwóch manuskryptów jest w mojej opinii znaczący.



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

4. Oryginalność rozprawy

Ze względu na powszechną obecność bisfenolu A w środowisku, udowodniony wpływ tego ksenobiotyku na organizmy i trwające aktualnie procedury mające na celu zakazanie stosowania opakowań zawierających bisfenol A do produktów żywnościowych, wszystkie badania poświęcone mechanizmom działania bisfenolu A mają ogromne znaczenie. Testując postawione hipotezy badawcze Autorka wykorzystała liczne techniki badawcze takie jak: obserwacje w mikroskopie elektronowym oraz w mikroskopie konfokalnym po zastosowaniu licznych metod histochemicznych, analizy ilościowe z użyciem cytometru oraz analizatora komórek. Eksperymenty przeprowadzone przez Panią Hannę Gorol wykazały, że wysokie stężenie bisfenolu A w środowisku oraz przede wszystkim wydłużony czas ekspozycji na ten ksenobiotyku mają duży negatywny wpływ na stan, a co za tym idzie, na funkcjonowanie komórek trawiennych nabłonka jelita środkowego krewetki oraz komórek wątrobotrzustki. Jak wykazano (Gorol i wsp. 2025), efektem działania bisfenolu A na jelito krewetki są zmiany w ultrastrukturze wszystkich organelli komórkowych oraz nasilenie procesów degeneracyjnych w tych komórkach. Autorka nie zaobserwowała zmian w ultrastrukturze komórek regeneracyjnych jelita i wątrobotrzustki, co prawdopodobnie wynika z braku bezpośredniego kontaktu tych komórek z bisfenolem A. W publikacji Gorol i wsp. 2026 wykazano z kolei, że długotrwała ekspozycja na bisfenol A prowadzi do śmierci komórek nabłonka jelita i wątrobotrzustki w wyniku nekrozy i w mniejszym stopniu apoptozy. Bisfenol A jest przyczyną zaburzeń równowagi oksydacyjno-antyoksydacyjnej, czego skutkiem jest zaburzenie homeostazy komórek, a w konsekwencji zaburzenie funkcji oraz procesów regeneracyjnych jelita.

Rozprawa doktorska Pani Hanny Gorol jest w mojej opinii oryginalnym i bardzo wartościowym opracowaniem, gdyż oparta została na dobrze zaplanowanych i przeprowadzonych eksperymentach z wykorzystaniem licznych metod badawczych a także dostarczyła cennych nowych danych o mechanizmach działania bisfenolu A na poziomie komórkowym.

Wydział Biologii

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

ul. Gronostajowa 9

30-387 Kraków

tel.: +48 12 664 50 06

+48 12 664 50 07

fax: +48 12 664 51 01

sekretariat.izibb@uj.edu.pl

www.izibb.wb.uj.edu.pl

5. Pytania i/lub uwagi krytyczne, na które Recenzent oczekuje odpowiedzi kandydata w czasie obrony

Publikacje stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej Pani mgr Hanny Gorol zostały opublikowane w czasopiśmie *European Zoological Journal* z tzw. Listy Filadelfijskiej – przeszły więc pozytywnie zakończony proces weryfikacji przez ekspertów. Z obowiązku recenzenta muszę zaznaczyć, że nie mam żadnych uwag odnośnie zaprojektowania i przeprowadzenia eksperymentu oraz interpretacji otrzymanych wyników. W obydwóch publikacjach oraz w autoreferacie znalazłam jednak sformułowania, które są dla mnie niejasne, dlatego prosiłabym o ich wyjaśnienie w czasie obrony rozprawy.

1/ Autoreferat, str. 21: „Jelito jest prostym narządem rurowym nieposiadającym żadnych uchyłków. Natomiast wątrobotrzustka jest utworzona przez liczne uchyłki ślepo zakończone...” – zacytowane zdania są względem siebie sprzeczne, gdyż według mojej wiedzy wątrobotrzustkę skorupiaków zawsze tworzą uchyłki jelita środkowego, jelito nie może więc być „prostym narządem rurowym nieposiadającym żadnych uchyłków”.

2/ Autoreferat, str. 10; Gorol i wsp. 2025, str. 391; Gorol i wsp. 2026, str. 564: Autorka stwierdza, że krewetka *Neocaridina davidi* „charakteryzuje się prostą budową ciała”. W mojej opinii krewetka charakteryzuje się budową ciała typową dla skorupiaków wyższych, ale nie uznałabym jej jako prostej.

3/ Autoreferat, str. 8: Odnośnie zdania „U skorupiaków jelito środkowe może składać się z rurowatego jelita oraz wątrobotrzustki, która jest gruczołem trawiennym lub z samej wątrobotrzustki...” mam dwie uwagi:

- Ponieważ Autorka opisuje różne typy organizacji jelita u skorupiaków, w tym miejscu powinna znaleźć się także informacja, że niektóre skorupiaki np. niektóre widłonogi, wrzęchy nie posiadają wątrobotrzustki (np. Arnaud i wsp. 1978; Thomas i Böckeler 1992; Vogt 2009), a dorosłe rozłogowce (Rhizocephala) w ogóle nie posiadają jelita (np. Bresciani i Høeg, 2001; Szałaj i wsp. 2018).

- Nie udało mi się dotrzeć do publikacji, w których zawarta jest informacja, że u niektórych skorupiaków występuje jedynie wątrobotrzustka – oznaczałoby to, że właściwe jelito środkowe nie występuje. Ponieważ wątrobotrzustka to uchyłki jelita środkowego, bardzo proszę o wyjaśnienie, w której grupie skorupiaków (u pasożytów?) doszło do tak silnej redukcji jelita i jak taki zredukowany układ pokarmowy funkcjonuje.



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Wydział Biologii

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

ul. Gronostajowa 9

30-387 Kraków

tel.: +48 12 664 50 06

+48 12 664 50 07

fax: +48 12 664 51 01

sekretariat.izibb@uj.edu.pl

www.izibb.wb.uj.edu.pl

6. Inne spostrzeżenia dotyczące treści lub formy rozprawy (opcjonalnie)

Obydwa oryginalne artykuły współautorstwa Pani Hanny Gorol (Gorol i wsp. 2025 oraz Gorol i wsp. 2026) ukazały się w czasopiśmie *European Zoological Journal* (IF = 1,4; 140 pkt. MNiSW), co niewątpliwie świadczy o ich wysokim poziomie naukowym. Należy podkreślić, że zarówno elektronogramy, jak i fotografie dokumentujące obserwacje w mikroskopie konfokalnym są doskonałej jakości. Autoreferat został bardzo starannie przygotowany pod względem merytorycznym oraz redakcyjnym. Szczególnie wysoko oceniam zaproponowane przez Doktorantkę oryginalne hipotezy badawcze, które zweryfikowała w przeprowadzonych eksperymentach i do których odniosła się w rozdziale „Wnioski i dyskusja”.

7. Konkluzja końcowa

Po wnikliwej analizie całości rozprawy doktorskiej Pani mgr Hanny Gorol pt. „Ocena zmian wybranych parametrów cytotoksyczności w nabłonku jelita środkowego *Neocaridina davidi* (Crustacea, Malacostraca) wywołanych obecnością bisfenolu A”, stwierdzam, że przedstawiona przez Doktorantkę rozprawa wnosi wiele nowych, cennych danych do poznania mechanizmów cytotoksycznego działania bisfenolu A na organizmy zwierzęce na poziomie komórkowym.

Rozprawa doktorska Pani mgr Hanny Gorol spełnia wymagania zawarte w art. 187 ustawy z dnia 18 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571).

Przedstawioną do recenzji rozprawę oceniam jako bardzo wysoko i wnoszę na tej podstawie do Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o dopuszczenie Pani mgr Hanny Gorol do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne.

Ze względu na oryginalność rozprawy i otrzymanie wyników o tak dużej wartości naukowej, które zostały opublikowane w postaci dwóch artykułów w cenionym czasopiśmie *European Zoological Journal* wnioskuję również o wyróżnienie rozprawy.

Kraków, 22 lipca 2026 r.

Justyna Skowroniec



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Wydział Biologii

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

ul. Gronostajowa 9

30-387 Kraków

tel.: +48 12 664 50 06

+48 12 664 50 07

fax: +48 12 664 51 01

sekretariat.izibb@uj.edu.pl

www.izibb.wb.uj.edu.pl