

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Patrycji Mermer

pt. Analiza wpływu diety z polipropylenem na strukturę komórek wybranych narządów larw *Galleria mellonella* (Insecta, Lepidoptera, Pyralidae) ze szczególnym uwzględnieniem procesów śmierci komórkowej.

Zanieczyszczenie środowiska polimerami, zwłaszcza tworzywami sztucznymi, stanowi jeden z najpoważniejszych problemów ekologicznych XXI wieku. Ze względu na swoją trwałość, niską cenę i szerokie zastosowanie plastiki są produkowane na ogromną skalę. Natomiast rozkład ich w środowisku może trwać od kilkudziesięciu do nawet setek lat. W rezultacie odpady plastikowe gromadzą się w glebie, wodach śródlądowych i oceanach, prowadząc do degradacji ekosystemów oraz stanowiąc zagrożenie dla wszystkich organizmów żywych. W walce z odpadami plastikowymi stosowane są metody fizyczne (selektywna zbiórka, recycling mechaniczny) czy chemiczne (recycling chemiczny, piroliza, gazyfikacja). Coraz większą uwagę poświęca się jednak biologicznym metodom usuwania odpadów polimerowych. Kluczową rolę w tym procesie odgrywają organizmy żywe. Najlepiej poznanymi owadami zdolnymi do rozkładu tworzyw sztucznych są larwy chrząszczy i motyli. W procesie tym kluczową rolę odgrywają mikroorganizmy i enzymy zawarte w ich jelitach. Pozostaje jednak pytanie, czy dieta bogata w polimery nie wywiera negatywnego wpływu na organizmy tych pożytecznych owadów. Powyższym zagadnieniem, w swojej rozprawie doktorskiej, podjęła się Doktorantka. Mając na uwadze fakt, że *Galleria mellonella*, ma zdolność do rozkładu związków polimerowych, Doktorantka przeprowadziła liczne analizy w celu ustalenia wpływu diety polipropylenem (PP) na strukturę oraz programowaną śmierć komórkową wybranych narządów larw *G. mellonella*.



Projekt doktorski realizowany był na Wydziale Nauk Przyrodniczych w Instytucie Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, pod opieką Pani promotor prof. dr. hab. Magdaleny Rost-Roszkowskiej. Praca doktorska stanowi cykl trzech tematycznie spójnych publikacji naukowych opublikowanych w prestiżowych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Wyniki swoich badań Doktorantka zawarła w dwóch oryginalnych publikacjach: "Consumption of polypropylene caused some ultrastructural and physiological changes in some tissues of *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae, (The European Zoological Journal 2024) oraz „Interplay between different cytotoxic parameters in *Galleria mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae) larvae fed with polypropylene, (Scientific Reports 2026). Trzecia publikacja ma charakter przeglądowy i dotyczy wykorzystania owadów oraz wybranych bezkręgowców lądowych i morskich w biodegradacji tworzyw sztucznych (The European Zoological Journal 2024).

Przedstawione w rozprawie doktorskiej publikacje są wieloautorskie, gdzie Pani Mermer jest pierwszym autorem (dwie publikacje) oraz drugim autorem (jedna publikacja). We wszystkich publikacjach, na podstawie oświadczeń współautorów, Doktorantka wykazała się wysokim udziałem w tworzeniu manuskryptów, począwszy od podstawowych prac laboratoryjnych związanych z prowadzeniem hodowli, przygotowaniem materiału badawczego, przeprowadzeniem eksperymentów, interpretacją wyników oraz przygotowaniem manuskryptów do czasopism. Według mojej oceny, udział Doktorantki w publikacjach stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, jest znaczący i potwierdza dobre przygotowanie zarówno metodyczne jak i merytoryczne.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska, stanowiąca cykl spójnych tematycznie publikacji, poprzedza Autoreferat podzielony na rozdziały: Wprowadzenie, Cele i hipotezy badawcze, Materiał badawczy i metodologia, Wyniki i dyskusja, Prace naukowe wchodzące w skład cyklu stanowiącego



podstawę rozprawy doktorskiej, Oświadczenia autorów publikacji oraz Dodatkowe osiągnięcia naukowe. Każdy z rozdziałów zawiera najistotniejsze informacje dotyczące projektu badawczego począwszy od Wprowadzenia, który przybliżył tło tematyki badawczej, rozdział Materiał i Metodologia szczegółowo opisuje procedurę badawczą. Przed omówieniem wyników uzyskanych przez Doktorantkę chciałabym zwrócić szczególną uwagę na rozdział Cele i hipotezy badawcze. W rozdziale tym Pani Mermer *ab ovo ad mala* przedstawia szczegółowe cele projektu badawczego stawiając siedem hipotez badawczych, które w toku realizacji projektu były stopniowo weryfikowane i pozwoliły na wyciągnięcie ciekawych wniosków.

Bazując na dotychczasowej wiedzy dotyczącej biodegradacji polimerów w przewodzie pokarmowym *G. mellonella*, gdzie głównie podejmowano badania związane z polimerem typu PE (polietylenem), Doktorantka wybrała inny rodzaj polimeru, powszechnie używanego do produkcji tworzyw sztucznych jakim jest PP (polipropylen). Te działania określiły *modus operandi* projektu doktorskiego. Dzięki zastosowaniu dobrze dobranych metod Pani Mermer uzyskała ciekawe wyniki, które zawarte zostały w dwóch oryginalnych publikacjach o zasięgu międzynarodowym. Do badań cytotoksyczności PP na organizm *G. mellonella* Pani Mermer wybrała trzy narządy mające kluczowe znaczenie w procesach trawiennych, detoksykacyjnych oraz metabolicznych. Narządami tymi są: jelito środkowe, gruczoł przedny oraz ciało tłuszczowe. Wybór tych narządów uważam za słuszny, oparty o dobrą znajomość biologii tego owada.

Zastosowanie szerokiej gamy metod (TEM, mikroskopia konfokalna, cytometria przepływowa) pozwoliło Doktorantce na uzyskanie interesujących wyników o charakterze poznawczym. Szczegółowy opis wyników, weryfikacja hipotez badawczych a także dyskusja w oparciu o najnowszą literaturę zawarte zostały w Autoreferacie Pani Mermer.

W mojej ocenie, najważniejszym osiągnięciem rozprawy doktorskiej jest wykazanie, że odpowiedź organizmu *G. mellonella* na spożywanie polipropylenu



ma charakter wielopoziomowy i obejmuje współdziałanie licznych mechanizmów cytoprotekcyjnych, takich jak autofagia, wakuolizacja komórek, regulacja metabolizmu energetycznego oraz odpowiedź na stres oksydacyjny. Pomimo zwiększonej produkcji reaktywnych form tlenu i zmian aktywności mitochondrialnej, w badanych tkankach nie obserwowano zmian degeneracyjnych, co wskazuje na wysoką skuteczność mechanizmów adaptacyjnych. Uzyskane wyniki dowodzą, że *G. mellonella* wykazuje znaczną tolerancję na obecność polipropylenu w diecie, co wzmacnia jej potencjał jako modelu badawczego w pracach nad biologiczną degradacją odpadów tworzyw sztucznych.

Pytania do Doktorantki:

1. Podaje Pani w wynikach, że do badań użyto woreczków plastikowych firmy Sarantis Polska S. A. Jak wiadomo, opakowania plastikowe są zbudowane głównie z syntetycznych polimerów. Oprócz tworzywa sztucznego zawierają liczne dodatki, m.in. barwniki, stabilizatory i plastyfikatory oraz inne związki, które również mają cytotoksyczny wpływ na organizmy żywe. Czy przystępując do badań miała Pani podany kompleksowy skład chemiczny plastiku użytego w badaniach?
2. Jak wyobraża sobie Pani praktyczne wdrożenie biologicznych metod degradacji tworzyw sztucznych z wykorzystaniem *G. mellonella* na skalę przemysłową? Jakie mogą być największe ograniczenia takiego rozwiązania?
3. Czy w świetle uzyskanych wyników bardziej perspektywiczne wydaje się wykorzystanie samych larw *G. mellonella*, czy raczej izolacja mikroorganizmów i enzymów odpowiedzialnych za degradację polipropylenu?



4. Czy planowane są dalsze badania molekularne pozwalające na identyfikację genów i szlaków sygnałowych odpowiedzialnych za aktywację autofagii podczas ekspozycji na polipropylen?
5. Czy można zakładać, że wielopokoleniowa ekspozycja *Galleria mellonella* na polipropylen mogłaby prowadzić do utrwalenia mechanizmów adaptacyjnych na poziomie genomu lub regulacji epigenetycznej?



Rozprawę doktorską mgr Patrycji Mermer oceniam bardzo wysoko, ponieważ stanowi ona efekt przemyślanej koncepcji badawczej, została starannie zrealizowana, a uzyskane wyniki opublikowano w prestiżowych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. Badania przeprowadzone przez Doktorantkę otwierają nowe perspektywy w zakresie opracowywania ekologicznych metod ograniczania zanieczyszczenia środowiska tworzywami sztucznymi. Biologiczna degradacja polimerów ma szczególne znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska, ponieważ umożliwia usuwanie odpadów plastikowych w sposób naturalny, energooszczędny i przyjazny dla ekosystemów, prowadząc do ich rzeczywistego rozkładu. Na szczególne podkreślenie zasługuje wykazanie, że dieta zawierająca polipropylen nie powoduje u *G. mellonella* istotnych zaburzeń fizjologicznych ani efektów toksycznych, a organizmy te charakteryzują się wysoką tolerancją na ten ksenobiotyk. Wyniki te istotnie zwiększają potencjał praktycznego wykorzystania badanego gatunku w procesach biodegradacji odpadów polimerowych. Uważam zatem, że osiągnięcia Doktorantki mają nie tylko wysoką wartość poznawczą, ale również istotne znaczenie aplikacyjne.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Patrycji Mermer pt. „Analiza wpływu diety z polipropylenem na strukturę komórek wybranych narządów larw *Galleria mellonella* (Insecta, Lepidoptera, Pyralidae) ze szczególnym uwzględnieniem procesów śmierci komórkowej” 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 Patrycji Mermer do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne.



Mając na względzie omówione powyżej osiągnięcia, wiedzę i umiejętności Doktorantki oraz ogromny wysiłek, jaki włożyła w realizację projektu doktorskiego, a także wysoki współczynnik wpływu (IF) opublikowanych prac stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr Patrycji Mermer i uhonorowanie stosowną nagrodą.

Z poważaniem

Prof. dr hab. Małgorzata Daczewska