

Wydział Chemiczny

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Warszawa 2026.03.16

prof. dr hab. inż. Dominik Jańczewski
Katedra Chemii i Technologii Polimerów,
Wydział Chemiczny PW
ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa
☎ (22) 234 5583
✉ dominik.janczewski@pw.edu.pl
<http://biomat.ch.pw.edu.pl/>

Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr. Kamila Płuciennika

Do recenzji przedstawiono mi pracę doktorską Pana mgr. Kamila Płuciennika zatytułowaną „*Zmiany strukturalne i funkcjonalne błon erytrocytów człowieka oraz białka modelowego albuminy narażonych na działanie nanocząstek polistyrenu o różnych średnicach (in vitro)*”. Praca została wykonana pod opieką promotora, Pani prof. Bożeny Bukowskiej, oraz promotora pomocniczej, Pani dr hab. Pauliny Sicińskiej, w Katedrze Biofizyki Skażeń Środowiska Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego.

Problem interakcji materiałów polimerowych z organizmami żywymi stał się ważnym zagadnieniem cywilizacyjnym i dotyczy wielu aspektów ludzkiej aktywności. Z jednej strony mamy cały obszar zastosowań biomedycznych polimerów, gdzie niezbędne jest zrozumienie oraz dążenie do osiągnięcia biogodności opatrunków czy implantów. Z drugiej strony coraz większą uwagę przykuwa kwestia toksyczności samych materiałów polimerowych, w szczególności produktów ich degradacji. Zwłaszcza w tym drugim przypadku, wraz z coraz częstszą detekcją mikro- i nanoplastiku w próbkach środowiskowych, obserwujemy wyraźny wzrost zainteresowania społecznego problemem degradacji materiałów polimerowych, co znajduje odzwierciedlenie w rosnącej liczbie prac badawczych.

Niestety wygląda na to, że przez lata ignorowaliśmy narastające zagrożenie w imię wygody wynikającej z użytkowania tanich i praktycznych opakowań oraz materiałów stosowanych w budownictwie, produkcji żywności i opakowaniach. Wobec aktualnych doniesień o obecności mikro- i nanocząstek polimerowych w próbkach środowiskowych oraz w organizmach żywych wzrost

zainteresowania tym zagadnieniem wydaje się w pełni uzasadniony. Nadal jednak w ograniczonym stopniu rozumiemy sposób oddziaływania takich cząstek z organizmami, co może prowadzić do przeoczenia istotnych zagrożeń.

Zainteresowania badawcze doktoranta skoncentrowały się właśnie na problemie toksyczności nanocząstek polimerowych, a w szczególności nanocząstek polistyrenowych wobec komórek krwi. Przedstawiona do recenzji praca stanowi złożenie trzech publikacji naukowych oraz jednej publikacji znajdującej się w trakcie recenzji, poprzedzonych wstępem literaturowym oraz uzupełnionych komentarzem do osiągnięć badawczych autora.

Cykl artykułów otwiera praca przeglądowa „*Important Factors Affecting Induction of Cell Death, Oxidative Stress and DNA Damage by Nano- and Microplastic Particles In Vitro*”, opublikowana w czasopiśmie *Cells* w 2024 roku. Artykuł doskonale podsumowuje aktualny stan wiedzy dotyczący toksyczności mikro- i nanoplastiku. Szczególnie cenne jest zestawienie oraz omówienie zidentyfikowanych czynników wpływających na poziom obserwowanej toksyczności mikro- i nanoplastiku.

Drugi artykuł, zatytułowany „*The effects of non-functionalized polystyrene nanoparticles with different diameters on human erythrocyte membrane and morphology*”, ukazał się w 2023 roku w czasopiśmie *Toxicology in Vitro*. Doktorant w jednoznaczny sposób potwierdza zwiększoną toksyczność nanocząstek o mniejszych rozmiarach, i to w stosunkowo wąskim przedziale zmian ich wielkości, co stanowi wynik zarówno bardzo interesujący, jak i niepokojący.

Trzecia praca, „*The interactions of nonfunctionalized polystyrene nanoparticles with human albumin and erythrocyte proteins: implications and potential consequences*”, opublikowana w *Scientific Reports* w 2025 roku, opisuje wpływ nanocząstek na strukturę białek obecnych w osoczu krwi, w szczególności albuminy ludzkiej.

W ramach zestawu prac dołączono również artykuł znajdujący się w fazie recenzji: „*Polystyrene nanoparticles and death of erythrocytes: does exposure induce eryptosis?*”, wysłany do oceny w czasopiśmie *Nanotoxicology*. W tej pracy doktorant analizuje mechanizmy biochemiczne, które potencjalnie mogą być powiązane z toksycznością nanocząstek polistyrenowych.

Wszystkie omówione prace reprezentują wysoki poziom merytoryczny. Na szczególne podkreślenie zasługuje bardzo skrupulatna analiza statystyczna otrzymanych wyników, która nie pozostawia niedomówień w kwestii testowania przyjętych hipotez badawczych.

Wątpliwości nie budzi znaczący udział doktoranta w powstaniu omawianych publikacji. Wiodąca rola mgr. Płuciennika została potwierdzona zarówno w szczegółowych oświadczeniach

współautorów, jak i poprzez miejsce doktoranta na listach autorów poszczególnych artykułów. Pomimo że prace ukazały się stosunkowo niedawno (w latach 2023–2025), jedna z nich, publikacja w *Cells* z 2024 roku, była już cytowana 67 razy (Scopus). Wskaźniki scjentometryczne sugerują, że możemy mieć do czynienia z pracą o potencjalnie przełomowym charakterze.

Przedstawiony do oceny zbiór publikacji jest bardzo interesujący, a liczba moich uwag jest niewielka; moje komentarze wynikają bardziej z ciekawości niż z dostrzeżonych błędów po stronie doktoranta.

- Nanocząstki polistyrenu wykorzystane w pracy były intencjonalnie otrzymywane i frakcjonowane przez producenta. W jakim stopniu takie modelowe cząstki reprezentują nano- i mikrocząstki polistyrenu, które możemy znaleźć w próbkach środowiskowych oraz w organizmach żywych?
- Doktorant opisuje wpływ nanocząstek polistyrenu na utlenianie lipidów. Jaki może być mechanizm tego procesu? Czy sam polimer może być w tym przypadku czynnikiem aktywnym, czy raczej jego rola ma charakter katalityczny? Czy możliwe jest, że obserwujemy utlenianie enzymatyczne indukowane obecnością nanocząstek?
- Co może być odpowiedzialne za mechanizm indukcji zmian w kształcie erytrocytów? Czy zjawisko to można porównać z działaniem innych czynników, o których wiadomo, że wywołują podobne zmiany morfologiczne?
- Ważnym problemem jest formowanie się tzw. korony białkowej na większości powierzchni wystawionych na działanie roztworów biologicznych. Zagadnienie to przewija się w rozważaniach doktoranta, jednak w tytułach prac oraz we wnioskach często pojawia się sformułowanie odnoszące się do „niemodyfikowanych” nanocząstek jako obiektu badań. Powstaje więc pytanie, w jakim stopniu w ocenie toksyczności uwzględniono zjawisko tworzenia się korony białkowej. „Czysta” nanocząstka w pożywce komórkowej bardzo szybko ulega procesowi opłaszczania przez białka. Pierwsza dyfuzja białek do powierzchni cząstki zachodzi już w skali milisekund, natomiast szczelna monowarstwa może tworzyć się w ciągu pierwszych minut kontaktu z roztworem biologicznym. Tymczasem czasy inkubacji w testach hemolitycznych są stosunkowo długie (24 h), a sam test hemolityczny prowadzony jest zwykle w warunkach buforowych (np. PBS), jednak bez dodatku pożywek zawierających białka.

W artykule doktoranta z 2023 roku opublikowanym w *Toxicology in Vitro*, którego tytuł odnosi się do toksyczności niefunkcjonalizowanych nanocząstek polistyrenu, we wnioskach pojawia się stwierdzenie: „Niefunkcjonalizowane PS-NPs wywierają szkodliwy wpływ na erytrocyty człowieka”.

Powstaje jednak pytanie, czy w rzeczywistości mamy do czynienia z oddziaływaniem „czystych” nanocząstek, czy raczej z układem, w którym ich powierzchnia jest już w znacznym stopniu pokryta koroną białkową. W jakim stopniu korona białkowa mogła wpływać na obserwowane efekty toksyczne w przeprowadzonych eksperymentach?

- Problem opłaszczania powierzchni cząstek przez białka jest szeroko dyskutowany w literaturze, również w kontekście badań nad innymi czynnikami fizykochemicznymi. Na przykład wpływ potencjału zeta bywa w znacznym stopniu maskowany przez obecność białek, które bardzo szybko adsorbują się na powierzchni materiału, szczególnie w przypadku cząstek o dodatnim potencjale zeta.
- W związku z tym interesujące byłoby zaproponowanie przez doktoranta eksperymentu, który pozwoliłby bezpośrednio ocenić stopień opłaszczania nanocząstek polistyrenowych w warunkach stosowanych w testach hemolitycznych. Jakie podejście eksperymentalne mogłoby umożliwić określenie dynamiki oraz zakresu tworzenia się korony białkowej w warunkach odpowiadających przeprowadzonym badaniom toksyczności?

Opiniowana rozprawa stanowi interesujące i wartościowe opracowanie istotnych zagadnień z zakresu toksyczności nanomateriałów polimerowych. Przedstawione wyniki mają znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne, a co szczególnie istotne z punktu widzenia oceny rozprawy, zawierają wszystkie wymagane elementy nowości naukowej. Zgłoszone w recenzji uwagi krytyczne nie wpływają na ogólny, bardzo dobry odbiór pracy.

Uważam, że Pan mgr Kamil Płuciennik zrealizował badania o istotnym znaczeniu dla nauk biologicznych, w szczególności poszerzające naszą wiedzę zarówno w zakresie potwierdzenia toksyczności nanomateriałów polimerowych, jak i zrozumienia mechanizmów powstawania tej toksyczności.

Podsumowując, recenzowana rozprawa doktorska, zatytułowana *„Zmiany strukturalne i funkcjonalne błon erytrocytów człowieka oraz białka modelowego albuminy narażonych na działanie nanocząstek polistyrenu o różnych średnicach (in vitro)”*, spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim. Wnioskuje o dopuszczenie Pana mgr. Kamila Płuciennika do dalszych etapów postępowania związanego z nadaniem stopnia doktora.

Ponadto, biorąc pod uwagę wysoką jakość pracy, w szczególności ważny i aktualny temat badawczy, rzetelne oraz skrupulatne zastosowanie metodyki badawczej, a także wyniki mające znaczenie nie tylko naukowe, lecz również istotny wymiar społeczny, wnioskuje o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.