

STRESZCZENIE

Rozwój nanotechnologii i nanonauki doprowadził do przełomowych osiągnięć w wielu dziedzinach. Dzięki zdolności do manipulacji materią na poziomie atomowym i molekularnym możliwe stało się opracowywanie materiałów o unikalnych właściwościach, które nie występują w skali makroskopowej. Nanocząstki i nanomateriały znalazły zastosowanie w medycynie i farmacji, elektronice, energetyce, produkcji szerokiej gamy materiałów o szczególnych właściwościach, produkcji żywności oraz jej przechowywaniu, monitorowaniu stanu środowiska i oczyszczaniu wody i powietrza. Rozwój ten otwiera nowe możliwości dla wielu branż, jednocześnie stawiając wyzwania w zakresie bezpieczeństwa i etyki, szczególnie jeśli chodzi o wpływ nanocząstek na zdrowie ludzkie i środowisko.

Chociaż nanocząstki mają niezwykle duży potencjał zastosowania w różnych dziedzinach, ich mały rozmiar i unikalne właściwości chemiczne mogą prowadzić do nieprzewidywalnych interakcji z organizmami żywymi i ekosystemami. Dlatego, przedostawanie się nanocząstek do środowiska, zwłaszcza w sposób niekontrolowany, budzi uzasadnione obawy. Wiedza na temat ich bioakumulacji i biomagnifikacji, wpływu na stan gleby, wody i powietrza, ich toksyczności dla organizmów, w tym zdrowia człowieka, pozostaje ciągle fragmentaryczna i niewystarczająca. Z powyższych względów badania oceniające wpływ nanocząstek na funkcje organizmów zajmują jedno z priorytetowych wyzwań nanonauki.

Niniejsza rozprawa doktorska skupia się na ocenie oddziaływania nanocząstek tlenku grafenu (GO), nanocząstek srebra (AgNPs) oraz kompozytu powstałego na bazie GO i AgNPs na funkcje pokarmowe modelowego organizmu *Acheta domestica*. Badania obejmowały pomiar wybranych parametrów budżetu pokarmowego oraz aktywności enzymów trawiennych, zakładając, że wszelkie substancje obce (ksenobiotyki) powodują zaburzenia funkcji organizmu, które wymagają alokacji energii w celu neutralizacji efektów ich oddziaływania. Głównym celem badań było określenie zależności między ekspozycją na wyżej wymienione nanocząstki a konsumpcją/asymilacją pokarmu, aktywnością enzymów trawiennych oraz stanem komórek jelita *Acheta domestica*. Poza rodzajem nanocząstek, uwzględnionymi parametrami były także stężenie oraz czas ekspozycji.

W pierwszej części badania (manuskrypt 1) przeanalizowano konsumpcję pokarmu oraz aktywność enzymów trawiennych u owadów narażonych na GO, AgNPs i kompozyt, zastosowanych w pojedynczych stężeniach, odpowiednio: 20 µg/g (GO), 400 µg/g (AgNPs), oraz 20/400 µg/g (GO/AgNPs). Wczesnym efektem było zmniejszenie asymilacji energii, po którym następowało kompensacyjne zwiększenie konsumpcji. Zmianom tym towarzyszyła 4

zwiększona aktywność niektórych enzymów trawiennych w pierwszych dniach ekspozycji na nanocząstki. Jakkolwiek, efekt ten zanikał po kilku dniach. Taka odpowiedź organizmu przypominała typową reakcję na stres, z wczesną fazą alarmową i późniejszą fazą oporności. Wyniki zostały przedyskutowane w kontekście teorii hormezy, ze względu na obserwowaną stymulację niektórych parametrów. Ponadto zasugerowano, że efekty hormetyczne mogą być lepiej zauważalne u osobników młodych, u których sumaryczne narażenie na różne ksenobiotyki jest niskie, a czas ekspozycji jest relatywnie krótki.

W drugiej części badań (manuskrypt 2) postanowiono przeanalizować efekty GO i AgNPs na funkcje pokarmowe *A. domestica*, w szerokim zakresie stężeń oraz w kilku punktach czasowych, reprezentujących ważne etapy życia tego gatunku. W wyniku badań stwierdzono silniejsze efekty AgNPs w porównaniu do GO. Zauważono zwiększoną aktywność α -amylazy, α -glukozydazy i lipazy, przy jednoczesnym hamowaniu aktywności proteazy. Ponadto, stwierdzono, że długotrwałe narażenie na wyższe stężenia AgNPs u dorosłych świerszczy powodowało istotne zmniejszenie spożycia pokarmu i

zmianę asymilacji w porównaniu z grupą kontrolną. Co ciekawe, wzrost masy ciała *A. domesticus* był obserwowany jedynie w grupie narażonej na najniższe stężenie AgNPs, co pozwala sądzić, że te nanocząstki nie stosują się do prostoliniowej zasady dawka-efekt, a u podłoża takich efektów mogą leżeć interakcje między nanocząstkami (aglomeracja) i substratami pokarmowymi, które, przy zwiększonym stężeniu nanocząstek, niwelują efekty toksyczne.

W eksperymencie trzecim (manuskrypt 3) skupiono się na ocenie oddziaływania kompozytu GO i AgNPs, w szerokim zakresie stężeń i czasu ekspozycji, na funkcje trawienne *A. domesticus*. Oceniono również zmiany histologiczne w komórkach jelita świerszczy narażonych na kompozyt. W wyniku badań ustalono, że zarówno stężenie kompozytu jak i czas ekspozycji istotnie wpłynęły na badane parametry. Kompozyt generalnie zmniejszał spożycie pokarmu i jego asymilację, a ilość reaktywnych form tlenu (ROS) w komórkach jelita wzrosła w grupach otrzymujących wyższe stężenie kompozytu. Ponadto, najwyższe stężenie kompozytu hamowało aktywność proteazy. Analiza histologiczna ujawniła strukturalne uszkodzenia komórek nabłonka jelita i oznaki autofagii lub martwicy przy wyższych stężeniach kompozytu.

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki pokazują, że GO, AgNPs oraz kompozyt wytworzony z tych nanocząstek mogą destabilizować funkcje pokarmowe organizmów i, tym samym, nie mogą być uważane za w pełni bezpieczne dla środowiska, szczególnie gdy są stosowane w wysokich stężeniach lub w długotrwałej ekspozycji.