

V. Streszczenie w języku polskim

Nanocząstki srebra są jednymi z najbardziej skomercjalizowanych nanomateriałów. Wszechstronne właściwości predysponują je do wykorzystania w różnorodnych dziedzinach, od elektroniki, przez przemysł tekstylny, kosmetyczny, aż do zastosowań biomedycznych. Największe znaczenie dla zastosowań nanocząstek srebra ma ich aktywność przeciwdrobnoustrojowa, uznawana za najsilniejszą wśród przebadanych pod tym kątem nanomateriałów.

Rosnące zapotrzebowanie na nanocząstki srebra wiąże się z potrzebą opracowania metod syntezy, które, poza aspektem ekonomicznym, będą proste do przeprowadzenia, szybkie i przyjazne środowisku. Kryteria te spełnia synteza biologiczna, znacznie wyróżniająca się na tle metod konwencjonalnych, wymagających użycia dużych nakładów energii lub toksycznych środków chemicznych. Grzyby strzępkowe, dzięki cechom takim jak łatwość hodowli, szybki wzrost i wydajna produkcja biomasy, synteza znacznych ilości metabolitów wtórnych, a także oporność na stres mechaniczny i obecność metali w środowisku wzrostu, są często wybierane jako potencjalny producent nanocząstek srebra. Co istotne, gatunek grzyba i produkowane metabolity mogą wpływać na właściwości wytwarzanych nanocząstek, tym samym determinując możliwości ich wykorzystania.

Potencjalna cytotoksyczność nanocząstek srebra wobec komórek wzbudza obawy o bezpieczeństwo ich zastosowania. Dodatkowo, nanocząstki srebra uwalniane do środowiska naturalnego mogą stanowić zagrożenie dla organizmów różnych poziomów troficznych. Konieczne jest więc przeprowadzanie kompleksowych analiz potencjału toksycznego nowo syntetyzowanych nanocząstek srebra, a także poszukiwanie metod obniżania skutecznych dawek nanocząstek, skutkujących ograniczeniem ich zużycia.

Celem niniejszej pracy doktorskiej była mikrobiologiczna synteza nanocząstek srebra przy udziale grzyba strzępkowego brunatnej zgnilizny drewna *Gloeophyllum striatum* DSM 9592 w różnych warunkach procesu, a także szeroka ocena ich aktywności biologicznej, obejmująca potencjał przeciwdrobnoustrojowy, cytotoksyczny, ekotoksyczny oraz aktywność synergistyczną z powszechnie stosowanymi antybiotykami.

Na podstawie uzyskanych rezultatów stwierdzono, że grzyb brunatnej zgnilizny drewna *G. striatum* może być wykorzystywany do wydajnej biosyntezy nanocząstek srebra. Wykazano także, że warunki przeprowadzania procesu syntezy, takie jak temperatura lub napowietrzanie, mogą determinować właściwości fizykochemiczne i biologiczne uzyskanych nanomateriałów, a także wydajność procesu ich syntezy.

Analiza potencjału przeciwdrobnoustrojowego wykazała, że zsyntetyzowane nanocząstki srebra były aktywne wobec badanych mikroorganizmów, a ich skuteczność zależała od warunków syntezy i rodzaju organizmu, na który oddziaływały. Nie zaobserwowano wyraźnej tendencji jednego z rodzajów nanocząstek srebra do silniejszej aktywności wobec wszystkich badanych szczepów drobnoustrojów. Spośród badanych szczepów drobnoustrojów grzyby były bardziej wrażliwe na działanie nanocząstek srebra w porównaniu do badanych bakterii. Najbardziej wrażliwymi organizmami wśród szczepów grzybowych były drożdże *Malassezia furfur* DSM 6170, a wśród szczepów bakteryjnych bakterie gram-ujemne *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

Ocena potencjału toksycznego nanocząstek srebra udowodniła, że uzyskane nanomateriały wykazywały zróżnicowany efekt cytotoksyczny lub ekotoksyczny wobec testowanych modeli badawczych. Wykazano, że efekt cytotoksyczny wobec linii komórkowej fibroblastów ludzkich wywołany przez uzyskane nanocząstki był silniejszy niż ich działanie hemolityczne i determinowany był przez zastosowane warunki biosyntezy. Najsłabszą aktywnością cytotoksyczną spośród badanych typów nanomateriałów charakteryzowały się nanocząstki syntetyzowane w 4°C, również w stężeniach aktywnych wobec najbardziej wrażliwych szczepów. Badanie potencjału ekotoksycznego nanocząstek srebra wykazało, że zarówno badane szczepy bakterii glebowych, wodnych, gatunki skorupiaków słodkowodnych i słonowodnych oraz rośliny wodne wykazywały wrażliwość na obecność nanocząstek w środowisku. Nanocząstki były najbardziej toksyczne wobec gatunku skorupiaków słodkowodnych *Daphnia magna*, z kolei najmniejszy efekt toksyczny wykazano w przypadku roślin uprawnych *Sorgho saccharatum*, *Lepidium sativum* i *Sinapis alba*.

Na podstawie rezultatów badań stwierdzono, że nanocząstki srebra syntetyzowane w 4°C bez napowietrzania (4ns AgNPs) były najbardziej obiecujące pod względem aktywności przeciwdrobnoustrojowej i potencjału toksycznego. W stężeniach aktywnych wobec *P. aeruginosa*, *C. albicans* ATCC 10231 i *M. furfur* nie powodowały efektu hemolitycznego oraz wykazywały najniższą aktywność cytotoksyczną i niewielki potencjał ekotoksyczny. Ponadto, 4ns AgNPs wykazują aktywność synergistyczną z antybiotykami wobec badanych bakterii chorobotwórczych, dzięki czemu możliwe jest obniżenie dawki nanocząstek skutecznej wobec drobnoustrojów i zminimalizowanie ich potencjału toksycznego.

Uzyskane w trakcie realizacji niniejszej pracy doktorskiej wyniki badań wykazały, że poprzez optymalizację warunków procesu biosyntezy nanocząstek srebra z użyciem grzybów strzępkowych możliwe jest modyfikowanie właściwości produkowanych nanomateriałów co może prowadzić do uzyskania produktu o wysokiej aktywności przeciwdrobnoustrojowej z zachowaniem niewielkiego potencjału toksycznego.