

Wpływ właściwości powierzchniowych nanocząstek srebra i złota na ich aktywność biologiczną oraz potencjał aplikacyjny w nowoczesnych technikach spektroskopowych

Nanocząstki srebra i złota ze względu na swoje wyjątkowe właściwości fizykochemiczne są nanomateriałami, które posiadają szczególne znaczenie w wielu dziedzinach nauki i przemysłu. Szeroko rozwinięte sposoby otrzymywania nanocząstek metali wśród których dominującą rolę odgrywają reakcje redukcji chemicznej, elektrochemicznej czy fotochemicznej, umożliwiają kontrolę ich rozmiaru, kształtu oraz właściwości elektrokinetycznych.

Wykazywane przez nanocząstki srebra i złota zjawisko rezonansu plazmonowego przyczyniło się do zastosowania ich jako specyficznych sensorów w powierzchniowo wzmocnionych technikach spektroskopowych takich jak np. powierzchniowo wzmocniona spektroskopia Ramana (SERS) czy powierzchniowo wzmocniona spektroskopia absorpcyjna w podczerwieni (SEIRAS). Ponadto rozwinięta powierzchnia właściwa tych nanocząstek plazmonicznych spowodowała, że stały się one cennym materiałem intensywnie stosowanym w katalizie, szczególnie w wielu reakcjach selektywnego utleniania bądź uwodorniania związków organicznych.

Dominujące znaczenie nanocząstek srebra w biologii i medycynie wynika zaś z ich właściwości bakterio-, grzybo- i wirusobójczych. Dlatego też nanocząstki srebra są równie często stosowane w licznych produktach użytku codziennego takich jak: bandaże, środki dezynfekujące czy kosmetyczne (mydła, spraye, płyny, pasty). Z kolei nanocząstki złota znalazły szereg zastosowań w produkcji testów kolorymetrycznych oraz antygenowych szczególnie często używanych w czasie pandemii SARS-CoV-2. Ponadto, duże nadzieje wiąże się z aktywnością biologiczną nanocząstek złota w procesach inhibicji niekontrolowanej fibrylizacji białek związanej z etiologią chorób neurodegeneracyjnych.

Zaobserwowany w ostatnich latach nagły i niekontrolowany wzrost użycia nanocząstek plazmonicznych przyczynił się do rozwoju badań dotyczących ich potencjalnego negatywnego wpływu na organizmy żywe i środowisko naturalne. Licznie przeprowadzone prace dowiodły, że nanocząstki srebra obok pozytywnych właściwości mogą również wykazywać niekorzystny wpływ zarówno na pożyteczne mikroorganizmy jak i makroorganizmy – rośliny i zwierzęta, na poziomie komórkowym jak również ekspresji genów. Z tego też powodu, w ostatnim czasie badania naukowe zostały ukierunkowane na pełne określenie i opisanie mechanizmu aktywności biologicznej nanocząstek srebra oraz złota. Wiele wyników badań dowiodło, że aktywność biologiczna nanocząstek plazmonicznych jest ściśle związana z ich właściwościami powierzchniowymi, które można modelować za pomocą doboru odpowiednich środków stabilizujących.

Znaczenie struktury chemicznej oraz aktywności biologicznej niskocząsteczkowych stabilizatorów dla potencjału aplikacyjnego nanocząstek plazmonicznych w biologii i medycynie zostanie omówione na konkretnych przykładach obejmujących wyniki badań wobec wybranych komórek pro- i eukariotycznych, a także chorobotwórczych wirusów roślin i zwierząt. W rozważaniach podjęta zostanie próba odpowiedzi na pytanie dotyczące możliwości wytwarzania nanocząstek plazmonicznych wykazujących selektywną aktywność biologiczną jedynie wobec patogenów oraz komórek nowotworowych.

Impact of surface properties of silver and gold nanoparticles on their biological activity and application potential in modern spectroscopic techniques

Silver and gold nanoparticles exhibit unique physicochemical properties that render them highly desirable nanomaterials across various fields of science and industry. Multiple preparation procedures have been devised to synthesize nanoparticles of controlled size, shape and electrokinetic properties. However, the chemical reduction method stands out as the most widely employed among all the developed procedures.

Localized surface plasmon resonance (LSPR) is a distinct phenomenon specific to silver and gold nanoparticles. As a result of the presence of LSPR, plasmonic nanoparticles find applications as specialized sensors in modern enhanced spectroscopic techniques like Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) and Surface-Enhanced Infrared Absorption Spectroscopy (SEIRAS). Moreover, the unique surface properties of these plasmonic nanoparticles have rendered them valuable materials extensively used in catalysis, for instance, in various reactions involving the selective oxidation or hydrogenation of organic compounds.

The essential role of silver nanoparticles in biology and medicine is associated with their bactericidal, fungicidal and virucidal properties. As a result, silver nanoparticles are widely applied in numerous everyday products such as disinfectants or cosmetics (e.g., soaps, sprays, liquids, pastes). On the other hand, gold nanoparticles are particularly instrumental in production of colorimetric and antigen tests, frequently used during the SARS-CoV-2 pandemic. Additionally, there are high expectations concerning the biological activity of gold nanoparticles in the process of inhibiting the uncontrolled fibrillization of proteins linked to the etiology of neurodegenerative diseases.

The abrupt and uncontrolled surge in the utilization of plasmonic nanoparticles in recent years has spurred the advancement of research on their potential adverse impact on living organisms and the natural environment. Several studies have indicated that, alongside their positive attributes, silver nanoparticles may also exert unfavorable effects on both beneficial microorganisms and macroorganisms, such as plants and animals, at the cellular level and in terms of gene expression. Consequently, recent scientific inquiries have been dedicated to comprehensively determining and elucidating the mechanism of the biological activity of silver and gold nanoparticles. Numerous research findings have demonstrated the close association between the biological activity of plasmonic nanoparticles and their surface properties, which can be modeled by the selection of suitable stabilizing agents.

The influence of the chemical structure and biological activity of low molar mass stabilizers on the potential application of plasmonic nanoparticles in biology and medicine will be discussed, drawing from specific examples and the findings of studies conducted on selected prokaryotic and eukaryotic cells, as well as pathogenic viruses affecting both plants and animals. These discussions aim to address the question of whether it is feasible to produce plasmonic nanoparticles that display selective biological activity solely against pathogens and cancer cells.