

ROZPRAWA DOKTORSKA

Synteza i charakterystyka nanocząstek złota otrzymywanych przy użyciu ekstraktów roślinnych.

Mgr inż. Magdalena Klekotko

Promotor: Prof. dr hab. inż. Marek Samoć

STRESZCZENIE

Przedstawiona praca doktorska ma interdyscyplinarny charakter i łączy w sobie elementy z pogranicza fizyki, chemii i biologii, a tematem przewodnim jest synteza i charakterystyka nanocząstek złota otrzymywanych przy użyciu ekstraktów roślinnych.

Część literaturowa niniejszej rozprawy przedstawia teoretyczne podstawy związane z nanocząstkami złota, uwzględniając pozycję nanostruktur złota wśród szerokiej grupy nanomateriałów, właściwości złota w nanometrycznej skali, metody otrzymywania nanocząstek złota oraz ich zastosowanie. Pierwszy rozdział tej części rozprawy stanowi wprowadzenie do tematu nanotechnologii i nanomateriałów. Dziedzina ta zajmuje się wytwarzaniem struktur o nanometrycznych rozmiarach, badaniem ich właściwości oraz poszukiwaniem różnego rodzaju sposobów ich wykorzystania. Nanostruktury stanowią mocno zróżnicowaną grupę materiałów, które mogą być klasyfikowane na podstawie takich parametrów jak ich wymiarowość (struktury 0D, 1D, 2D i 3D), główny element budulcowy (struktury organiczne, nieorganiczne i węglowe) lub pochodzenie (struktury występujące naturalnie i wytwarzane sztucznie). Biorąc pod uwagę te kryteria klasyfikacji, nanocząstki złota zalicza się do nieorganicznych, metalicznych nanostruktur plazmonicznych, o różnorodnych kształtach i rozmiarach, wytwarzanych głównie w wyniku fizycznych i chemicznych procesów. Kolejny rozdział poświęcony jest właściwościom nanocząstek złota. Główną cechą tego typu materiałów jest występowanie zjawiska zlokalizowanego powierzchniowego rezonansu plazmonowego,

polegającego na wzbudzeniu oscylacji chmury elektronowej na powierzchni nanocząstki na skutek działania fali elektromagnetycznej o określonych parametrach. Efekt ten jest źródłem kolejnej istotnej cechy, którą jest zdolność do konwersji energii świetlnej na energię cieplną. Drgania elektronów powodują nagrzewanie się powierzchni nanocząstki, a następnie ciepło odprowadzane jest do otoczenia. Nanostruktury złota wykazują również właściwości jedno- lub wielofotonowo wzbudzonej luminescencji, dzięki czemu mogą być wykorzystane jako znaczniki w bioobrazowaniu. Dodatkowo, pomimo inertnego charakteru złota w postaci makroskopowej, nanocząstki złota mogą pełnić funkcje katalityczne w różnego rodzaju reakcjach chemicznych. W dalszej części przedstawione są metody otrzymywania nanostruktur złota, do których można zaliczyć techniki litograficzne, chemiczną syntezę oraz biologiczną syntezę przy użyciu bakterii, grzybów i roślin. Ostatni rozdział tej części poświęcony jest możliwościom wykorzystania nanocząstek złota w aplikacjach biomedycznych, takich jak obrazowanie, diagnostyka, systemy dostarczania leków oraz terapia fototermiczna i fotodynamiczna, z uwzględnieniem potencjalnych problemów związanych z toksycznością tego typu materiałów.

W części eksperymentalnej opisano metody syntezy nanocząstek złota przy użyciu różnych ekstraktów roślinnych oraz optymalizację poszczególnych procesów w celu zapewnienia maksymalnej wydajności reakcji i jednorodności wytwarzanych struktur. Przedstawiono również protokoły syntez chemicznych przeprowadzonych w celu uzyskania nanostruktur referencyjnych, wykorzystanych w badaniach porównawczych. Otrzymane nanocząstki scharakteryzowano przy użyciu spektroskopii UV-Vis oraz wybranych technik mikroskopowych takich jak mikroskopia elektronowa, mikroskopia sił atomowych oraz mikroskopia dwufotonowa. W pierwszym rozdziale tej części skupiono się na biologicznej syntezie sferycznych, trójkątnych i heksagonalnych nanocząstek złota o rozmiarach w zakresie od 5 nm do 300 nm. W badaniach porównano efekty syntez przeprowadzonych przy użyciu trzech ekstraktów roślinnych (z mięty, imbiru i aloesu) i na podstawie otrzymanych wyników wybrano nanocząstki syntezowane przy użyciu ekstraktu z mięty do dalszej analizy. W kolejnym etapie przeprowadzono bardziej szczegółowe eksperymenty dotyczące optymalizacji procesu syntezy w zależności od warunków pH oraz zbadano kinetykę reakcji tworzenia sferycznych i anizotropowych kształtów. Wykonano również separację otrzymanych nanocząstek złota poprzez wirowanie w gradiencie stężeń sacharozy w celu

zmniejszenia polidispersyjności uzyskanej mieszaniny. Wykorzystując test MTT, (kolorymetryczny test stosowany do oceny żywotności komórek poddanych działaniu różnego rodzaju substancjom) przeprowadzono ocenę cytotoksyczności nanocząstek złota syntezowanych przy użyciu ekstraktu z mięty w porównaniu z chemicznie syntezowanymi nanoprętami złota, wykazując znacznie niższą toksyczność biologicznie otrzymanywanych nanostruktur. Po rozdzieleniu składników ekstraktu z mięty na frakcje (w zależności od ich masy cząsteczkowej) i wykorzystaniu poszczególnych roztworów do syntezy nanocząstek złota oraz na podstawie analizy dodatkowych eksperymentów takich jak pomiary widm NMR oraz elektroforeza, ustalono, że główną rolę w procesie syntezy odgrywają wielkocząsteczkowe związki (o masie cząsteczkowej powyżej 3 kDa), do których należą m.in. białka. Następny rozdział poświęcony jest fototermicznej stabilności nanotrójkąatów złota syntezowanych biologicznie i chemicznie, poddanych działaniu wiązki laserowej. Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że nanotrójkąaty syntezowane przy użyciu ekstraktu z mięty są bardziej podatne na deformacje niż chemicznie syntezowane odpowiedniki, ale charakteryzują się większą stabilnością koloidalną. W ostatnim rozdziale tej części opisano syntezę nanocząstek złota przy użyciu ekstraktu z czystka, która prowadzi do otrzymania anizotropowych, rozgałęzionych struktur o silnie rozbudowanej powierzchni. Nanocząstki te zostały zbadane pod kątem właściwości fotoluminescencyjnych. W pomiarach wykorzystano również chemicznie syntezowane nanogwiazdki złota, które stanowiły odnośnik wykazujący wielofotonowo wzbudzaną luminescencję. Otrzymane wyniki sugerują, że nanocząstki złota syntezowane przy użyciu ekstraktu z czystka mogą być wykorzystane jako znaczniki w bioobrazowaniu przy użyciu mikroskopii wielofotonowej.

Przedstawione dane literaturowe świadczą o wyjątkowym charakterze nanostruktur złota, natomiast uzyskane wyniki potwierdzają, że dzięki wykorzystaniu ekstraktów roślinnych można w łatwy i niedrogi sposób syntezować nanocząstki złota o niskiej toksyczności oraz potencjalnych zastosowaniach biologicznych i medycznych.