

PRELUDIUM 18

Synteza, rozdzielanie, modyfikacje chemiczne i właściwości fluorescencyjne węglowych kropek kwantowych.

Streszczenie popularnonaukowe

Choć w czasach wszechobecnego konsumpcjonizmu "więcej znaczy lepiej", a potwierdzenie tej teorii otrzymujemy patrząc na wielkość ekranów naszych smartfonów, w świecie nauki miniaturyzacja a w zasadzie 'nanoturyzacja' nadal jest na czasie. Nanomateriały oferują właściwości całkowicie odmienne od swoich makroskopowych odpowiedników, a chęć wykorzystania w pełni ich potencjału sprawia, że naukowcy nie potrafią dać sobie z nimi spokoju.

W 2004 roku, kiedy wiedza na temat nanomateriałów węglowych była już ugruntowana i nie podejrzewano nawet, że cokolwiek może nas zaskoczyć, na świecie pojawiły się węglowe kropki kwantowe (CQDs). Ich narodzinami rządził przypadek. Podczas oczyszczania nanorurek węglowych (CNTs), okazało się, że "odpad" świeci pod lampą UV. Niewiadomo co skłoniło naukowca do sprawdzenia właściwości próbki pod lampą, jednak pewne jest to, że odkrył on materiał, który różniąc się od innych nanomateriałów węglowych, wprowadził naukowców w zachwyt.

CQDs są *quazi*-sferycznymi nanomateriałami węglowymi o średnicy poniżej 10 nm. Składają się z węglowego rdzenia z grupami funkcyjnymi na jego powierzchni. Są biokompatybilne, nietoksyczne, rozpuszczalne w wodzie i można je otrzymać z praktycznie każdego materiału zawierającego węgiel. Cechą, która wyróżnia CQDs na tle ich rodziny, jest występowanie zjawiska ograniczenia kwantowego. Po pochłonięciu fotonu CQDs wykazują fluorescencję, której długość fali zależy od ich wielkości i składu.

Ponieważ materiały o właściwościach fluorescencyjnych mają ogromny potencjał aplikacyjny, zwłaszcza w naukach medycznych, badania z udziałem CQDs są szczególnie istotne. Okazuje się jednak, że podobnie jak w przypadku innych nanomateriałów i tu pojawiają się problemy. Choć CQDs cechują się fluorescencją, to jednak jej wydajność kwantowa (QY) jest niewielka. Ponieważ materiał po syntezie zawiera CQDs o różnym składzie i rozmiarze, pasmo fluorescencji jest szerokie. Ponadto emitowana długość fali zwykle odpowiada światłu niebieskiemu, a ze względu na bogactwo różnych grup funkcyjnych na ich powierzchni nie można mówić o selektywnym wiązaniu z związkami organicznymi czy biomolekułami. Celem jest zatem opracowanie metody pozwalającej na otrzymanie CQDs o kontrolowanej wielkości i składzie.

Wyżej wymienione problemy postanowiłam rozwiązać przez dwustopniowe oczyszczanie i funkcjonalizację. Oczyszczanie CQDs z wykorzystaniem technik bazujących na różnicach w wielkości (chromatografia żelowa) i składzie CQDs (ultrawierwienie z gradientem hydrofilowości, chromatografia oddziaływań hydrofilowych) zapewni lepsze rozdzielanie i oczyszczenie niż stosowane do tej pory techniki, a tym samym zmniejszy szerokość pasma fluorescencji. Wykorzystanie do funkcjonalizacji znanych z chemii organicznej reakcji typu Ullmanna pozwoli na modyfikacje powierzchni CQDs praktycznie nieograniczoną liczbą związków. Tym samym poprawi selektywność wiązania w komórce oraz pozwoli na otrzymanie materiałów o różnych długościach emitowanych fal. Aby osiągnąć założone cele opracowałam pięcioetapowy plan działań:

1. Syntezę CQDs z wykorzystaniem metody hydrotermalnej.
2. Oczyszczenie i rozdzielanie CQDs z wykorzystaniem chromatografii żelowej (SEC) i ultrawierwienia z gradientem hydrofilowości lub chromatografii oddziaływań hydrofilowych (HILIC).
3. Funkcjonalizację CQDs w reakcjach typu Ullmanna.
4. Charakterystykę otrzymanych CQDs z wykorzystaniem TEM, DLS, XPS, TGA, EDS, UV/Vis-PL, spektroskopii Ramana, FT-IR, $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ NMR i miareczkowania.
5. Analizę wpływu modyfikacji CQDs na ich właściwości fluorescencyjne.

Przewidziane badania pozwolą na lepszą kontrolę składu i wielkości CQDs oraz znaczny postęp w dziedzinie chemii CQDs. Ponadto pozwolą na dokładniejsze zrozumienie zjawiska fluorescencji CQDs a tym samym na modyfikację tego zjawiska w zależności od potrzeb. Niemniej ważnym rezultatem proponowanych badań jest nowa procedura oczyszczania CQDs. Warto także zauważyć, że opracowane procedury oczyszczania i funkcjonalizacji mogą zostać w przyszłości zaimplementowane dla innych nanomateriałów węglowych.