



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Toxicity, bioaccumulation and trophic transfer of engineered nanoparticles in the aquatic environment

Yu, Q.

Citation

Yu, Q. (2023, January 31). *Toxicity, bioaccumulation and trophic transfer of engineered nanoparticles in the aquatic environment*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3514042>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3514042>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Samenvatting

In de afgelopen twee decennia heeft het gebied van de nanotechnologie zich snel uitgebreid en is er geëxperimenteerd met verschillende toepassingen, zoals het gebruik van nanodeeltjes in consumenten producten, nanogeneeskunde en electrotechnologie. De toenemende bezorgdheid over de potentiële gezondheids- en milieurisico's van gesynthetiseerde nanodeeltjes (ENP's) heeft wereldwijd tot diverse veiligheidsvoorschriften geleid. Het inzicht in de processen die ten grondslag liggen aan de toxiciteit van deze ENP's wordt echter nog steeds onderschat en zijn dan ook het onderwerp van dit proefschrift. Dit betreft onder andere de invloed van de waterchemie op het lot en de toxiciteit van ENP's, alsmede op de trofische overdracht van ENP's via voedselketens. Voor wat betreft de waterchemie kan hierbij gedacht worden aan parameters zoals de pH en het gehalte aan natuurlijk organisch materiaal (NOM) in het blootstellingsmedium.

In overeenstemming met de wetenschappelijke vragen worden de belangrijkste conclusies van dit proefschrift hieronder samengevat:

1) Hoe beïnvloedt NOM de stabiliteit en toxiciteit van individuele ENP's voor waterorganismen?

De case studie van hoofdstuk 2 gaf inzicht in de effecten van humusstoffen (HS) als NOM-analoog op de aquatische stabiliteit en enkelvoudige toxiciteit van ceriumdioxide nanodeeltjes (CeO_2NPs) voor drie organismen met verschillende blootstellingskarakteristieken. Met de toevoeging van HS in een concentratie variërend van 0,5 tot 40 mg C/L werd de stabiliteit van de suspensies van CeO_2NPs aanzienlijk verbeterd, waarbij de stabilisatie afhing van de HS concentratie. De

toxische effecten van CeO₂NPs op algen en watervlooien werden verminderd door verschillende concentraties HS, terwijl de toxiciteit voor zebra vislarven werd versterkt. Er werd een concentratieafhankelijke invloed van de toevoeging van HS op de toxiciteit van CeO₂NPs voor verschillende organismen waargenomen. Voorts werden relaties gevonden tussen de deeltjesstabiliteit en toxiciteit en tussen aquatische soorten en toxiciteit na toevoegen van HS. Deze bevindingen benadrukken de belangrijke rol van NOM bij het stabiliseren van de nano-suspensies en de verschillende invloed op de toxiciteit van CeO₂NPs voor verschillende waterorganismen.

2) Hoe beïnvloedt NOM het lot, de accumulatie en de toxiciteit van ENP-mengsels?

In hoofdstuk 3 werden het lot, de gezamenlijke toxiciteit, en de accumulatie van een mengsel van CuNPs en ZnONPs in *Daphnia magna* onder invloed van de aanwezigheid van natuurlijk organisch materiaal van de Suwannee River (SR-NOM) onderzocht. Verschillende concentraties SR-NOM hebben geen significante invloed op de hydrodynamische diameter en zetapotential van de binaire mengsels. De enige uitzondering was dat het co-agglomeratiegedrag van ENP-mengsels aanzienlijk werd verminderd na toevoeging van 20 mg/L SR-NOM. De toevoeging van SR-NOM had geen significante invloed op de schijnbare gezamenlijke toxiciteit van CuNPs + ZnONPs. SR-NOM verhoogde de metaal bioaccumulatie van ENP-mengsels. De aanwezigheid van SR-NOM verhoogde de relatieve bijdrage aan de gezamenlijke toxiciteit van opgeloste metaalionen die uit metaalhoudende ENP's vrijkwamen. Met name de vrijgekomen Zn-

ionen domineerden de toxiciteit van de binaire ENP-mengsels in aanwezigheid van SR-NOM. Dit komt door de agglomeratie en sedimentatie van CuNP's en de complexatie van de vrijgekomen Cu-ionen met SR-NOM. Bovendien werd de accumulatie van Cu en Zn in de mengsels van CuNP's en ZnONP's in watervlooien opmerkelijk verhoogd door de toevoeging van SR-NOM.

3) In welke mate gaan ENP's over in deeltjes- en ionische vormen en hoe verandert de deeltjesgrootte en het aantal opgenomen deeltjes in verschillende organismen?

De trofische overdracht van CuNPs door een aquatische voedselketen bestaande uit algen, watervlooien en mysiden werd gekwantificeerd in hoofdstuk 4. De op aantal gebaseerde concentratie en grootte van Cu-deeltjes in verschillende tropische soorten werden gekwantificeerd met behulp van inductief gekoppelde plasmamassaspectrometrie met één deeltje (sp-ICP-MS). Een beperkte mate van trofische overdracht van totale CuNP's of Cu-ionen werd waargenomen van algen naar de mysiden. Ondertussen zagen we biomagnificatie van de Cu deeltjes van de algen naar de mysiden, hetgeen leidde tot een waarde van de trofische overdracht factor die hoger was dan 1. De aantallen Cu deeltjes in verschillende trofische niveaus in de orde van 10^{13} deeltjes/kg nat gewicht. De grootte van de Cu-deeltjes werd vastgesteld in een range van 22 tot 40 nm in de gehele voedselketen zonder significante veranderingen. Uit deze resultaten blijkt dat het traceren van de deeltjesfractie van ENP's even belangrijk is als het traceren van de ionische fractie langs de trofische overdracht.

4) Hoe beïnvloeden de deeltjesgrootte en het type voedselketen de trofische overdracht van ENP's en hun daaropvolgende biodistributie en toxiciteit voor de predatoren?

Om de invloed van typen voedselketens op de omvang van de trofische overdracht te vergelijken, zijn in hoofdstuk 4 en 5 de lengte van de voedselketen en de voedselbron beschouwd. De overdracht van CuNP's via drie gesimuleerde zoetwatervoedselketens werd geconstrueerd: van algen naar watervlooien naar mysiden, van algen naar mysiden, en van watervlooien naar mysiden (hoofdstuk 4). Trofische overdracht werd alleen aangetroffen in de voedselketen met twee niveaus van algen naar mysiden, en niet in de twee andere typen voedselketens. Dit leverde het bewijs dat zowel de positie in de voedselketen als de voedselbron van invloed zijn op het trofisch overdrachtspotentieel van CuNP's. Bovendien werden de significante effecten op de opnamesnelheid van voedsel van roofzuchtige mysiden door de CuNPs in het dieet gevonden in de overdrachtsprocessen van watervlooien naar de mysiden en van algen via watervlooien naar de mysiden.

De trofische overdracht van polystyreendeeltjes (PSP's) van watervlo naar mysiden als functie van de deeltjesgrootte (26, 500 en 4800 nm) werd onderzocht (hoofdstuk 5). Slechts een kleine fractie, variërend van 1 tot 5 % van alle door watervlooien ingenomen PSP's van alle afmetingen, werd overgedragen op mysiden. De mate van trofische overdracht is grootte-afhankelijk en nam af in de orde van $4800 \text{ nm} > 500 \text{ nm} > 26 \text{ nm}$ PSP's. Bij de predator werd voor alle PSP-behandelingen met grootte geen trofische overdracht (trofische overdrachtsfactoren kleiner dan 1) waargenomen. Bovendien werden alle PSP's voornamelijk geaccumuleerd in het darmkanaal (maag en darm) van de mysiden. Onze bevindingen wijzen er bijgevolg op dat

PSP van verschillende grootte kan worden overgedragen in de voedselketen watervlo - mysids, en dat de invloed van de deeltjesgrootte op de potentiële trofische overdracht niet mag worden verwaarloosd.

Concluderend kan worden gesteld dat de bevindingen van het onderzoek in dit proefschrift het inzicht verbeteren in 1) de relatie tussen blootstellingskenmerken en toxiciteit van ENP's, 2) de gezamenlijke toxische werking van ENP-mengsels en de vergelijking met metaalzoutmengsels, 3) hoe NOM de individuele en gezamenlijke toxiciteit van ENP's beïnvloeden, 4) de mate van trofische overdracht van ENP's langs aquatische voedselketens, 5) de invloedsfactoren op de trofische overdracht, en 6) bioaccumulatie, distributie en toxisch effect op predatoren. Deze kennis heeft een basis opgeleverd voor gegevens over individuele en gezamenlijke toxiciteit, bioaccumulatie en trofische overdracht van ENP's voor een meer realistische risicobeoordeling voor het milieu.