

LE NANOSCIENZE

Maria Funicello, Dipartimento di Scienze, Università della Basilicata

Premessa

Le Nanoscienze presentano alcune caratteristiche specifiche generali in quanto sono intermedie tra il mondo delle molecole (teorizzato dalla meccanica quantistica e ordinato dalle leggi della chimica) e il mondo macroscopico percepito con i nostri sensi. Nel mondo delle Nanoscienze, il cosiddetto “nanoworld”, definito dalle dimensioni delle particelle comprese tra 1 e 100 nm, si riesce a manipolare diversi tipi di materiali attraverso tecnologie adeguate ottenendone altri (nanomateriali) con caratteristiche chimiche e fisiche differenti (a causa di una maggiore superficie specifica per volume) sia dalle corrispondenti molecole costitutive sia da un loro campione macroscopico.

Per manipolare i materiali su scala *nano* ci sono tecnologie adeguate (nanotecnologie): come esempi di applicazioni di queste nanotecnologie basti pensare alla produzione di nanoparticelle di metalli o anche di ossidi metallici, ad esempio, usate nell’ambito della catalisi, dell’elettronica, della medicina, dell’energia e dell’ambiente.

Le nanotecnologie nel XX secolo hanno prodotto una rivoluzione epocale non solo nel campo della biologia molecolare con la scoperta della struttura e delle funzioni del DNA, ma anche con la dimostrazione del funzionamento del transistor, oggetto costituito da materiale semiconduttore (il Germanio) che svolgeva la stessa funzione delle valvole termoioniche nella trasmissione del segnale radio, ma con molta più efficienza. (1)

Grazie appunto all’introduzione del transistor nell’elettronica è stato possibile nel giro di pochi decenni passare da pesanti calcolatrici meccaniche a potentissimi computer tascabili come gli ultimi modelli di smartphone; inoltre, il progressivo sviluppo delle nanotecnologie ci sta già portando verso l’intelligenza artificiale, il *machine learning* e i *data science*.

La scala dimensionale delle Nanoscienze, infine, è anche quella tipica delle macromolecole e delle macchine cellulari (come i mitocondri, per esempio) il cui funzionamento ha ispirato i ricercatori a cercare di costruirne di analoghe in laboratorio (macchine molecolari) (2).

Le Nanoscienze costituiscono quindi un terreno didatticamente fertile per un approccio didattico multidisciplinare, al confine tra chimica e biologia, che può essere utilizzato per la comprensione delle basi chimiche di alcuni fenomeni biologici, quali le relazioni struttura-funzione.

In questo contesto si inserisce l’attività laboratoriale prevista per il corrente anno: si partirà dall’osservazione di *nanomateriali naturali* e dal loro utilizzo come bioplastiche in continuità con le attività dei precedenti laboratori PLS.

Infine, si cercherà di realizzare *nanomateriali artificiali*, come i tessuti antimacchia ottenuti per trattamento di cotone con soluzioni di nanoparticelle di zinco ossido preparate in modo semplice in laboratorio.

Nanomateriali naturali

Molti materiali che appartengono al mondo naturale hanno proprietà risultanti dalla loro *nanostruttura*, dove con questo termine *si intende un sistema costituito da un numero di atomi e/o molecole che può essere anche molto elevato, mantenendo tuttavia le sue dimensioni nell'ordine di grandezza del nanometro.*

Due esempi di nanomateriali naturali sono la gelatina e il latte, entrambi materiali colloidali.

Ricordiamo che *un colloide (o sistema colloidale) è una particolare miscela chimica in cui una sostanza viene dispersa uniformemente in un'altra senza che le particelle siano del tutto dissolte come nel caso delle soluzioni.*

Ciò accade perché in un colloide le particelle hanno dimensioni tra 10 e 300 nm.

La differenza con le soluzioni sta nel fatto quindi che queste ultime sono sistemi omogenei che risultano limpide e sottostanno a determinate leggi quali l'ebullioscopia, mentre i sistemi colloidali si presentano torbidi. Le dimensioni delle particelle in un sistema colloidale sono tali da poter diffondere la luce se illuminate con raggio laser (effetto Tyndall) e questo è un modo semplice di verificare se una miscela è una soluzione o un colloide.

Gelatina

Come ben sappiamo la gelatina è una sostanza solida insapore, derivata dalla parziale idrolisi del collagene presente nelle ossa e nei tessuti connettivi di mammiferi. Quando è mescolata con acqua e riscaldata forma una soluzione ad elevata viscosità che ritorna solida per raffreddamento: esiste come gel solo in una specifica finestra di temperatura.

Latte

Il latte bovino contiene una serie di biomolecole come lipidi e proteine che si disperdono nell'acqua: la quantità di proteine varia dal 2,5 al 3,5%, a seconda dell'alimentazione dell'animale, ma l'80% sono **caseine**.

Le caseine sono in generale fosfoproteine che precipitano a pH 4.6, punto isoelettrico, valore a cui le proteine del siero restano solubili. Si possono trovare anche come micelle combinate con calcio, fosfato e piccole quantità di citrato, e ciò fornisce al latte il caratteristico colore bianco determinato dalla diffusione della luce dovuta alla natura colloidale.

In tutti i metodi di lavorazione del latte viene alterata l'organizzazione molecolare delle caseine con variazioni di “macro” proprietà come aspetto, gusto e altro, legate alla “nano” struttura.

Caseine

Le principali caseine sono 4: α_{s1} - e α_{s2} -caseina, β -caseina e k-caseina. Tutte eccetto la k-caseina hanno la capacità di legarsi allo ione Calcio tramite i fosfati residui. Ogni caseina è composta da una diversa sequenza peptidica e quindi una diversa struttura secondaria e terziaria. Tutte le caseine sono caratterizzate da una regione idrofobica e una polare e si ritiene che le interazioni delle due diverse regioni siano responsabili del “self assembly” per formare micelle.

Le micelle di caseina si differenziano dai polimeri delle caseine individuali perché il fosfato e il calcio inorganico formano piccole inclusioni microcristalline chiamate “nanocluster di Calcio”.

In generale si ritiene che le micelle di caseina abbiano una intricata struttura derivante da un'azione reciproca di reazioni idrofobiche e elettrostatiche: esistono diversi modi di rompere questo equilibrio ed è ciò che viene fatto nella lavorazione del latte nell'industria casearia.

Da notare che sia l'aumento del pH (fino a 8 circa) tramite aggiunta di urea che la diminuzione fino al punto isoelettrico (4.6) portano alla dissociazione delle micelle di caseina per motivi diversi.

Tali caratteristiche possono essere testate con l'aggiunta di aceto a latte caldo o a latte freddo e analizzandone gli effetti.

Tali esperimenti inducono a osservare che la struttura di un materiale naturale come il latte determina proprietà fisiche come odore e colore che derivano dalle nanostrutture e dalle loro supra-organizzazioni.

Esperimenti

a) Effetto Tyndall

Obiettivo: evidenziare la differenza tra soluzioni e sospensioni colloidali attraverso l'effetto Tyndall.

Procedura: Preparare diversi sistemi e in particolare (3)

- a) Gelatina in acqua
- b) Olio in acqua
- c) Amido in acqua
- d) Latte

Si utilizza un puntatore laser per evidenziare l'effetto Tyndall che sarà maggiormente evidente in quei sistemi in cui le particelle di dimensioni tra 1 nm e 0,5 μ m non si depositano. Nelle soluzioni tale effetto non si verifica e nelle sospensioni eterogenee in cui le particelle hanno dimensioni >1000 nm si evidenzia tale effetto solo inizialmente, ma dopo un po' le particelle si depositeranno sul fondo e l'effetto Tyndall scompare.

b) Acidificazione di latte caldo e latte freddo

Obiettivo: verificare il cambio delle proprietà macroscopiche del latte in seguito a denaturazione delle proteine

Procedura: Versare in un becker 400 mL di latte scremato e scaldarlo a 60°C, quindi aggiungere 2 cucchiaini da tavola di aceto bianco e mescolare bene. Cosa succede?

Ripetere la stessa operazione con il latte non riscaldato

c) Bioplastica dalla caseina

Obiettivo: possibilità di utilizzare le caseine da latte scremato per la produzione di plastiche a basso impatto ambientale anche nell'ottica degli obiettivi dell'Agenda 2030.

Procedura: Versare in un becker 200 mL di latte scremato e scaldare fino a circa 50 °C per un quarto d'ora. Successivamente aggiungere a piccole porzioni 10 mL di aceto di vino bianco. I tre tipi di caseina presenti nel latte si aggregano a formare micelle inglobando il Calcio fosfato. Quindi le micelle di caseina si compattano e si separano dalla fase liquida per filtrazione, si lavano e si fanno seccare in formine di tipo diverso. (4, 5)



Nanomateriali artificiali

Molti prodotti di uso quotidiano contenenti nanomateriali artificiali sono già presenti sul mercato europeo come batterie, rivestimenti, indumenti antibatterici e cosmetici. Sebbene possano offrire nuove opportunità tecniche e commerciali, possono anche comportare rischi per la nostra salute e per l'ambiente. Quindi, come per qualsiasi altra sostanza immessa sul mercato dell'UE, è importante

garantire che i loro usi siano opportunamente valutati e che eventuali rischi siano adeguatamente controllati. (6)

I nanomateriali offrono nuove opportunità per l'innovazione in settori quali:

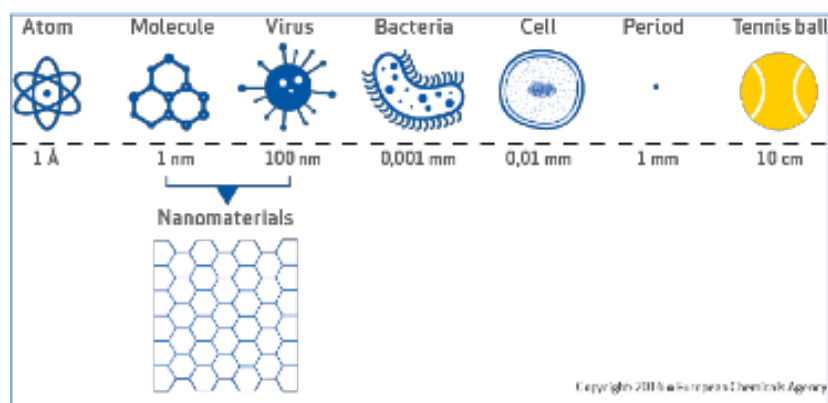
- ingegneria
- tecnologia dell'informazione e della comunicazione
- medicina e prodotti farmaceutici
- tessile
- cosmetico
- alimentare.

Grazie appunto alle loro limitatissime dimensioni artificiali presentano proprietà fisiche, chimiche, elettriche e meccaniche particolarmente adatte a molteplici utilizzi: dai ricambi per le auto agli articoli sportivi, dalle batterie agli indumenti antibatterici, ai cosmetici e ai prodotti alimentari.

Esempi di nanomateriali e loro applicazioni (6)

Nel 1985 è stata sintetizzata la prima molecola di fullerene (C_{60}), che ha permesso di mettere a punto i nanotubi di carbonio costituiti da fogli di grafene arrotolati in tubi cilindrici cavi, con diametri che variano tra 1 a 100 nm.

I nanotubi di carbonio sono ottimi conduttori e aumentano la resistenza meccanica, elettrica e termica di resine termoplastiche e termoindurenti; sono stati usati largamente per ottenere materiali compositi ad alte prestazioni, come diodi, transistor, LED, laser a ultravioletti, celle fotovoltaiche, cannoni elettronici per la produzione di schermi al plasma ad altissima definizione, celle a combustibile, ecc.



Altro esempio di applicazione di nanomateriali è nel settore tessile: partendo da un tessuto di base naturale o polimerico, al quale vengono fermamente ancorate le nanoparticelle di silicio, è possibile

realizzare una superficie micro-rugosa che permette di ridurre l'area di contatto tra la goccia e il tessuto e rende così quest'ultimo idrorepellente.

I nanomateriali vengono utilizzati per migliorare le funzioni di molti prodotti di largo consumo, come vernici, cosmetici e prodotti per la cura personale (es. deodoranti, filtri solari, dentifrici), attrezzature sportive, prodotti elettronici, prodotti tessili, ma vengono utilizzati anche in ambito medico-farmaceutico dove, attraverso l'utilizzo di nuovi farmaci in forma nano, è possibile garantire una terapia più efficace e una maggiore precisione dell'azione degli stessi.

L'esperimento proposto riguarda la produzione di nanoparticelle di metalli e/o di ossidi che possono essere utilizzate per ottenere fibre/tessuti con tante proprietà, quali ad esempio quelle antimicrobiche e antiodore.

Esperimenti

a) Preparazione di tessuti “anti macchia” in laboratorio (7)

L'ossido di zinco in forma di nanoparticelle può essere usato nelle creme a protezione solare in quanto filtra i raggi UV al 100%, grazie appunto al diverso rapporto superficie volume, ma può essere usato anche nei tessuti rendendoli antimacchia.

Obiettivo: preparazione di nanoparticelle di ZnO e verifica delle proprietà antimacchia

Materiali e procedura

- Solfato di Zn o altro sale di Zn,
- Urea,
- NaOH (0.5 g in a 20 ml di acqua)
- Piastra riscaldante
- indicatore pH

Sciogliere 0.7 g ZnSO_4 e 0.2 g di urea in 100 ml di H_2O e agitare fino a completa dissoluzione dei sali. (soluzione trasparente). Aggiungere una-due gocce di NaOH fino a pH neutro circa (circa 6 e comunque non inferiore a 5.5) aggiungere un batuffolino di cotone idrofilo, lasciandolo in agitazione per un'ora. Poi aggiungere alcune gocce di NaOH (3-5) e regolare il pH a ca. 9-11.

Riscaldare fino a 80°C circa per 30', aggiungere acqua fredda, effettuare ripetuti lavaggi e lasciare in stufa a 80°C per una notte intera.

Preparare una soluzione diluita con un colorante (vino, succo di mirtillo, oppure caffè). Il colore della soluzione deve risultare appena colorato (altrimenti risulterebbe troppo concentrata).

Ispezionare visivamente il diverso comportamento dei campioni con/senza ZnO e conservati al buio/alla luce (4 campioni complessivamente).

In conclusione....

Lo scopo delle nanotecnologie è quello di progettare nuovi materiali con nuove funzioni partendo dalla manipolazione della loro organizzazione molecolare e le applicazioni sono percepibili in tutti i campi scientifici, dall'informatica alla medicina e altro. Tuttavia, molto c'è ancora da capire sui possibili effetti negativi dei nanomateriali sull'ambiente e sulla salute umana per evitare che gli evidenti vantaggi economici e sociali portino ad una situazione incontrollabile come è successo per l'uso/abuso della plastica.

Bibliografia e sitografia di riferimento

1. Gianfranco Pacchioni "Il NANOMondo dai VIRUS ai TRANSISTOR" edito da edizioni Dedalo.
2. Alberto Credi, Vincenzo Balzani "Le macchine molecolari" edito da 1088Press
3. E-book Atti X Scuola di Didattica e Ricerca Educativa "U. Segre", Roma, 5-8 settembre 2018, edito da Società Chimica Italiana
4. <https://www.deabyday.tv/ecologia-e-ambiente/vivere-eco/article/1351/Protein--la-plastica-che-si-ottiene-dal-latte.html>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=BV8aFR11M4>
6. https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/reach/reach_bollettino_numero3_ottobre2017_nanomateriali.pdf
7. F. Cesano "L'affascinante mondo delle fibre", PLS Scienze dei materiali, Università di Torino.

NOTA: oltre al materiale indicato nel precedente paragrafo come riferimento sarà inviato anche del materiale in pdf, restando a disposizione per ogni ulteriore richiesta di approfondimenti.