INASPETTATAMENTE...

La seta oltre il Tessile

I molteplici impieghi della seta

La seta non è solo un filato pregiato.

Le sue straordinarie proprietà la rendono estremamente **versatile** ed impiegabile nei settori più disparati. La filiera della seta inoltre, essendo un esempio di vera **'economia circolare'**, crea dei **sottoprodotti di lavorazione** che costituiscono la materia prima di altri processi produttivi, ad alto valore aggiunto.

"Le menti originali non si distinguono per essere le prime a vedere una cosa nuova, ma invece per vedere la cosa vecchia e familiare che viene trascurata come qualcosa di nuovo"

- F. Nietzsche -

SETA

La seta è una fibra proteica composta da fibroina e sericina con cui si fanno tessuti di grande pregio; si ricava dal bozzolo dei bachi da seta, della specie *Bombyx Mo-ri*. Muovendo la testa attorno al suo corpo, il baco lavora la bava per fare un involucro, detto bozzolo, che lo ripara durante la metamorfosi in farfalla; si tratta di un filo continuo, lungo da poche centinaia di metri fino a tre km, avvolto in 20-30 strati.

Come si ottiene?

I fili di seta si ricavano dai bozzoli, ma non tutta la bava può essere usata; infatti per prima cosa, bisogna togliere la sericina che è una sostanza gommosa che si trova all'esterno della fibra. Alla fine del ciclo, da 10 kg di bozzoli si ricava circa 1 kg di seta.

Il processo

Dopo la raccolta, viene tolta la parte esterna e viene fatto un bagno di vapore per circa un ora; poi i si mettono i bozzoli in acqua calda per sciogliere e quindi eliminare la sericina che tiene unito il bozzolo. A questo punto, il filo dello strato intermedio (il più utile e prezioso) può essere liberato (dipanato). In base alla quantità di sericina rimossa, si hanno due risultati: la seta cotta che non ha più sericina e la seta souplè che ne contiene solo una piccola parte.

Baco da seta

Ultimo stadio di sviluppo del baco da seta – Trasformazione in farfalla

Bozzoli di seta

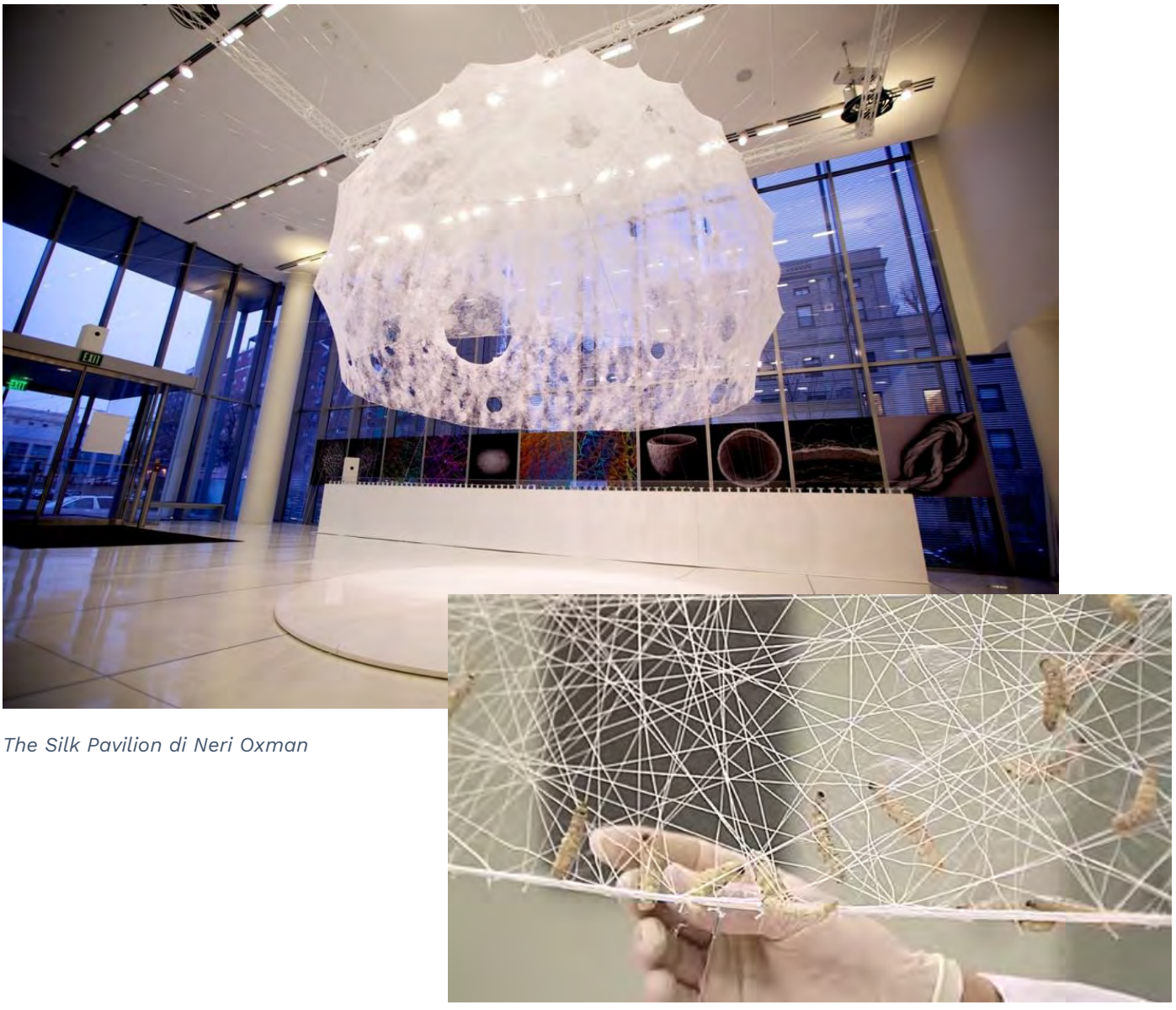
L’edificio più futuristico del mondo

Una struttura avanguardista che non porta la firma dell’uomo

Per costruire il **Padiglione della Seta** nel centro di Manhattan, l’architetto Neri Oxman insieme ai ricercatori di *Mediated Matter del MIT Media lab*, ha impiegato **17.000 bachi da seta** e il risultato è un vero spettacolo, meraviglia degli occhi e del cuore.

Un’**opera architettonica organica** composta da singoli fili di seta che non si impone sull’ambiente ma lo crea. Il Padiglione non è stato progettato per la natura, ma dalla natura: i bachi da seta sono stati addestrati a rinunciare al bozzolo per intessere una solida superficie costituita da un telaio in nylon all’interno della struttura di una cupola stampata in 3D dando vita ad un capolavoro.

Simbolo del *biodesign*, l’edificio è attualmente in mostra al MoMa. La sua visione ha lo scopo di dimostrare al mondo interno un nuovo approccio alla costruzione in cui gli umani interagiscono con il sistema naturale. Biologi, chimici e scienziati si sono riuniti attorno alla futuristica idea della Oxman che avvalendosi dell’ecologia materiale ha rivoluzionato il concetto dell’edificio concependolo come habitat e organismo naturale.

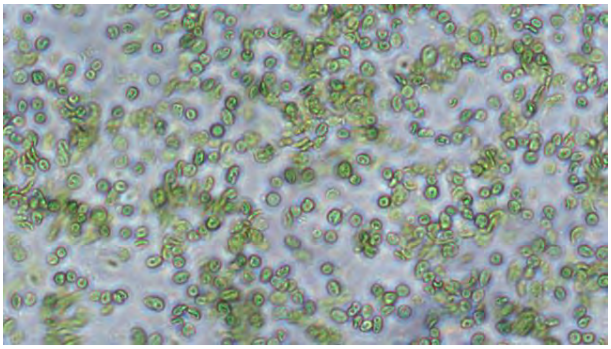


The Silk Pavilion di Neri Oxman

Il Silk Leaf Project

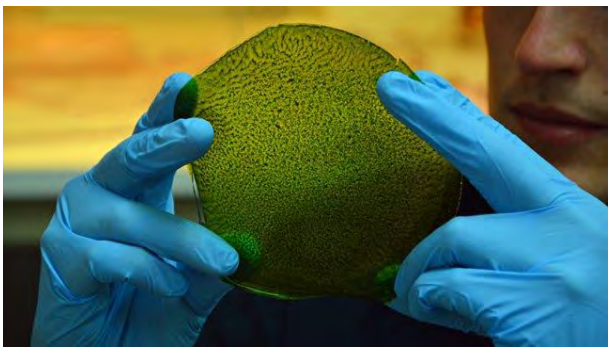
Una foglia biologica artificiale in grado di produrre ossigeno attraverso la fotosintesi della clorofilla

Le foglie degli alberi sono una delle principali fonti di ossigeno sul nostro pianeta. Attraverso la fotosintesi della clorofilla, infatti, le foglie assorbono l'anidride carbonica presente nell'atmosfera dal sole e rilasciano ossigeno.



Cloroplasti

Questo processo è stato ampiamente studiato e compreso dagli scienziati. Ora sembra che finalmente si possa riprodurre artificialmente. L'ingegnere di origine italiana Julian Melchiorri ha infatti ideato una foglia biologica artificiale in grado di produrre ossigeno: le foglie artificiali sono composte principalmente da proteine della seta e cloroplasti (un tipo di organello presente nelle cellule vegetali e nelle alghe eucariotiche). A causa delle capacità fotosintetiche dei cloroplasti, Silk Leaf assorbe CO_2 e produce ossigeno, sostanze chimiche e zuccheri che possono essere utilizzati come fonte di energia. Per il suo funzionamento, la foglia artificiale ha bisogno solo di luce solare e acqua.



Cloroplasti sospesi in una proteina di seta

Il Silk Leaf Project è una grande opportunità per migliorare l'aria nel nostro habitat diretto. La foglia è creata sulla base di una matrice di seta, dove i cloroplasti (la parte della cellula vegetale che supporta la fotosintesi) sono impiantati nelle proteine della seta. Ciò consente alla foglia di seta di eseguire la fotosintesi proprio come la loro controparte naturale, utilizzando acqua, anidride carbonica e luce per creare ossigeno. Originariamente progettato per essere utilizzato per lampade da interni per produrre luce e ossigeno nelle nostre case, questo nuovo materiale potrebbe anche essere utilizzato su scala più ampia sulla facciata degli edifici e filtrare l'aria pulita all'interno degli edifici. Un'altra applicazione interessante sarebbe quella di generare aria pulita per i viaggiatori spaziali, consentendo viaggi più lunghi e più lontani.

Exhale il primo lampadario mangia-smog fatto di alghe che purifica l'aria

Visualizzazione di una facciata fotosintetica

La seta contro lo spreco alimentare

Una pellicola di seta impercettibile e commestibile, capace di allungare la durata degli alimenti freschi, rallentandone il deterioramento

Un terzo dell'approvvigionamento alimentare globale viene sprecato ogni anno, mentre oltre il 10% della popolazione affronta la fame.

Lo spreco alimentare ha enormi implicazioni sociali, economiche e sanitarie che colpiscono sia i paesi sviluppati che quelli in via di sviluppo. Sebbene siano emerse molte tecnologie volte ad estendere la longevità dei cibi freschi, spesso utilizzano modifiche genetiche, materiali di imballaggio dannosi per l'ambiente o costosi da implementare.

La maggior parte dell'innovazione nel settore agro-alimentare si basa su ingegneria genetica, ingegneria impiantistica, ingegneria meccanica, intelligenza artificiale e informatica. Ora la tecnologia come la seta offre un'opportunità per mitigare molti dei problemi che affliggono l'industria alimentare senza modificare le proprietà innate degli alimenti stessi.

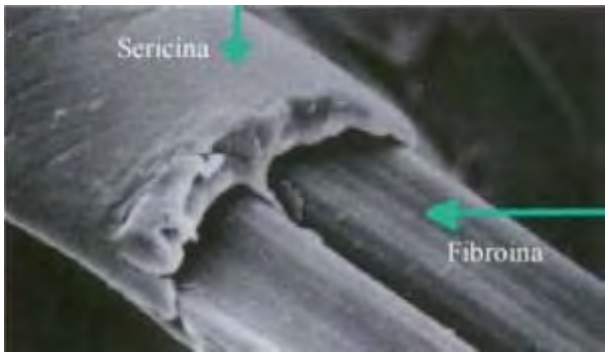
I punti di forza della seta derivano dalla naturale semplicità del materiale, affinata da millenni di biologia evolutiva. Il processo utilizza solo acqua e sale per isolare e riformare le proteine naturali della seta: ciò rende i rivestimenti in seta facili da integrare nelle linee di trasformazione alimentare esistenti senza la necessità di costose nuove attrezzature o modifiche. Una volta depositato sulla superficie del cibo, il rivestimento in seta forma una barriera insipida, inodore e altrimenti impercettibile che rallenta i meccanismi naturali di degradazione del cibo. A seconda del prodotto alimentare, il risultato può mostrare un aumento fino al **200% della shelf life.** Ciò non solo consente una riduzione degli sprechi alimentari, ma riduce anche la pressione sulle catene del freddo, consentendo agli spedizionieri di ridurre i gas a effetto serra nei trasporti.

Proiezione della durata di un alimento deperibile con e senza il rivestimento commestibile a base di seta

La seta nel corpo

Le proteine fondamentali della seta: fibroina e sericina.

La seta, prima di essere una fibra tessile, è un **biopolimero**, che grazie alle sue straordinarie proprietà biologiche e funzionali, sta acquisendo posizioni interessanti nel settore cosmetico e biomedicale, oltre allo sviluppo di svariate applicazioni in diversi campi, che vanno dall'ingegneria tissutale alla microelettronica.



La struttura della seta al microscopio elettronico

La seta è una fibra naturale di natura proteica di origine animale, formata da due bavelle di **fibroina** perfettamente lisce (che rappresentano circa il 75% del peso del filamento) che si uniscono grazie ad una sostanza gommosa detta **sericina** (25% circa).

Grazie al suo **alto potere lenitivo e idratante**, la **sericina** viene utilizzata come elemento base per una serie di **prodotti cosmetici** (es. creme, pomate, shampoo), dopo essere stata estratta dai processi di lavorazione.

La **fibroina**, invece, viene impiegata in campo biomedicale solo in seguito alla rimozione della sericina, a causa degli effetti di ipersensibilità e immunogenicità scatenati dalla fibra di seta completa. La fibroina, grazie alla sua elevata **biocompatibilità**, non provoca reazioni di rigetto da parte del sistema immunitario, non induce la formazione di trombi, produce membrane permeabili all'ossigeno e al vapore acqueo e consente l'adesione delle cellule alla sua superficie, promuovendone e accelerandone la crescita.

Altre importanti proprietà che rendono la fibroina della seta un biomateriale altamente competitivo nel settore biomedicale sono la sua **biodegradabilità**, ovvero la capacità di scomporsi in componenti di minor peso molecolare senza causare risposta infiammatoria da parte dell'organismo ospite, a differenza di quanto accade con materiali di natura sintetica, poiché i suoi prodotti di degradazione finali sono gli amminoacidi che vengono facilmente riassorbiti dall'organismo e la sua facile sterilizzazione che può essere effettuata senza causare la degradazione del polimero stesso, come invece accade ad altre proteine fibrose.

Un legamento crociato anteriore in fibroina di seta

Applicazioni nel campo dell'ingegneria tissutale

L'**applicazione in campo medico** della fibroina della seta in realtà non è del tutto una novità, in quanto già da secoli viene impiegata come filo da sutura per le sue ottime proprietà meccaniche e di non rigetto da parte del sistema immunitario dell'organismo ospite. Particolarmente innovativo è, invece,

l'approdo all'**ingegneria tissutale**, ambito in cui la fibroina viene impiegata nella realizzazione di **scaffolds**, ovvero particolari membrane con elevate capacità di supporto e adesione per cellule di diverso tipo, che promuovono e accelerano la crescita cellulare favorendo la riparazione dei tessuti in vivo: tessuto nervoso, reni, legamenti e cartilagini.

Applicazione nel campo farmacologico e terapeutico

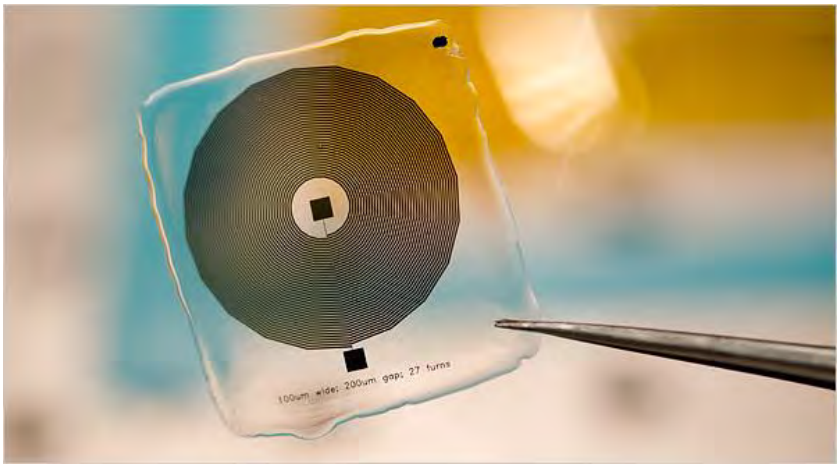
Un'altra applicazione recente è l'uso della fibroina di seta per il **rilascio controllato di farmaci** a organi prestabiliti e per il **monitoraggio di alcune patologie**, grazie alla realizzazione di pellicole solide ultrasottili e idrogel in cui incapsulare molecole farmacologiche, macromolecole bioattive come enzimi o diversi tipi di cellule.

Per completare il quadro dei benefici ottenuti grazie all'impiego della fibroina in **campo farmacologico**, è stato recentemente scoperto che la fibroina funziona come **stabilizzante**, in grado di preservare l'efficacia sia di vaccini, sia di farmaci, anche quando questi sono esposti a temperature superiori ai 60 gradi. Ciò dipende dalle catene degli aminoacidi della fibroina che compongono fogli cristallini, dotati di numerose piccole tasche, che intrappolano le biomolecole e le proteggono da umidità e temperature elevate, replicando, in pratica, il funzionamento di un imballaggio di plastica a bolle, il pluriball, su scala nanometrica. Sfruttando questa importante proprietà ci sarebbero importanti ripercussioni nei Paesi in via di sviluppo, nei quali le modeste infrastrutture rendono molto difficile il mantenimento della catena del freddo, indispensabile per conservare tali farmaci.

Applicazione nel campo della microelettronica

I ricercatori sono riusciti nell'intento di creare un dispositivo capace di **controllare le infezioni batteriche** che possono manifestarsi in seguito ad un'operazione chirurgica in grado di dissolversi in maniera programmata, una volta guarita la lesione, e di essere, quindi, assorbito dall'organismo ospite. Si tratta di un adesivo in seta, contenente dei microcircuiti, da posizionare durante un'operazione in prossimità di una frattura o di una protesi e che grazie ad un comando wireless dall'esterno, consente l'attivazione del circuito, creando così una micro-corrente in grado di eliminare i microrganismi.

L'ulteriore passo è stato, dunque, quello di impiegare la fibroina di seta nel **settore della microelettronica**: esistono infatti **sensori** per il monitoraggio di parametri quali la frequenza cardiaca e la temperatura corporea o speciali **"fogli di seta"** che posizionati a livello cardiaco o cerebrale registrano l'attività elettrica di questi due organi, traducendo, ad esempio in pazienti paralizzati, i pensieri in movimenti del cursore del computer o di braccia robotiche.



Un sensore impiantato in un film in fibroina di seta

SETA di ragno

La seta di ragno è una fibra proteica composta da più di 3.500 amminoacidi, deriva da una sostanza liquida elaborata da ghiandole specializzate, dette ghiandole filatrici o seritteri, che viene in un certo senso “filata” a comando e così convertita in fibre solide.

Si potrebbe pensare che è una “semplice proteina”, come tante, se non fosse che mostra proprietà impressionanti. Ha una resistenza alla trazione 4 volte superiore a quella dell’acciaio ed è 3 volte più elastica, è 3 volte più dura del Kevlar e il rapporto tra carico di rottura e densità è 3 volte maggiore rispetto a fibre sintetiche come il Nylon.

Note di seta

Una nuova tecnologia brevettata per sfruttare le proprietà acustiche dei materiali in una nuova modalità di fruizione.

Il progetto è iniziato nel 2016 a Londra presso l'Imperial College durante uno studio di ricerca sull'implementazione di **materiali naturali**, in sostituzione al legno e di materiali artificiali (plastica e fibra di carbonio) in **acustica.**

L'obiettivo era quello di creare materiali naturali, che fossero in grado di risuonare meglio di quelli già esistenti sul mercato, dando la possibilità di essere modificati e **personalizzati** per ottenere timbri e suoni differenti.

Dopo più di 50 esperimenti documentati, i materiali più promettenti erano i **materiali compositi** che implementano tessuti impregnati di **resine o bio-resine.** La **Seta e la seta di ragno** (materiale testato attraverso la collaborazione con l'Università di Oxford e l'Oxford Silk Group) hanno dato i migliori risultati in termini di acustica, soprattutto conferendo un'elevata ricchezza di armoniche. Le specifiche proprietà **meccaniche** della seta e della seta di ragno (soprattutto la seta di ragno essendo 5 volte più resistente dell'acciaio) inglobate nel composito a base di bio-resina hanno dato un'interessante combinazione tra leggerezza, rigidità e bassa viscosità interna. Quest'ultima proprietà, in particolare, permette alle vibrazioni di fluire lungo i trefoli di materiali all'interno del composito, costituiti da fibre molto lisce. Questo evita che le vibrazioni si disperdano con il calore, mantenendo le armoniche il più possibile inalterate e quindi più ricche.

Violino in seta e bio-resina

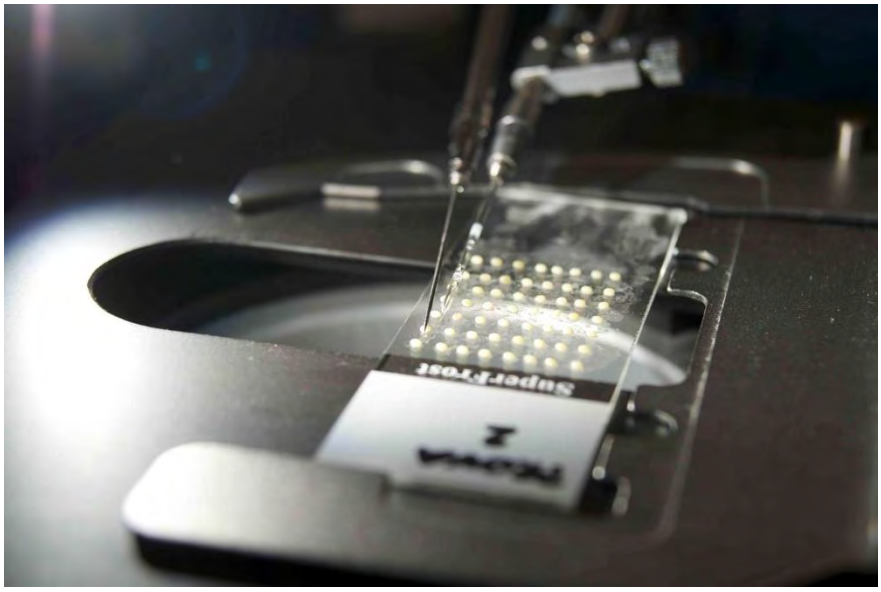
Chitarra classica double-top in seta

I tessuti di seta utilizzati nei compositi, sono tessuti specificamente progettati per mantenere la **rigidità in direzioni specifiche in combinazione con un peso ridotto,** mentre i fili di seta di ragno vengono utilizzati come rinforzi ottenendo rigidità, con quasi nessun peso aggiunto.

Questo progetto è diventato un brevetto depositato da Luca Alessandrini che oggi collabora con una rete di artigiani, liutai e musicisti creando strumenti musicali come violini, violoncelli, percussioni e chitarre.

Nuovi orizzonti di ricerca per la seta

La seta, intesa come materiale dalle particolari caratteristiche chimico-fisiche, è oggetto di innovativi progetti di ricerca



Applicazioni della seta del ragno

Viste le proprietà possedute dalla seta del ragno, le sue potenziali applicazioni sono molteplici. Esse spaziano dal campo **tessile** a quello dei **biomateriali**, estendendosi anche alla **medicina** ed alla **microelettronica**. Ad esempio, la seta del ragno può essere utilizzata per la realizzazione di **tessuti** e rivestimenti **resistenti** e **leggeri** in applicazioni balistiche e militari. Però può anche essere adoperata per la creazione di **legamenti artificiali**, **tendini** e per materiali di **riparazione ossea**. Infatti la seta del ragno è notevolmente flessibile ed è 100 volte più forte dei legamenti naturali. Inoltre, la seta del ragno è biocompatibile, attivando una debole, o nulla, risposta immunitaria. Grazie alla sua biodegradabilità, la seta del ragno può essere utilizzata come film per il rilascio controllato dei farmaci (***drug delivery***), per **suture** e come ***scaffold*** in applicazioni di ingegneria tissutale. Ma non solo!

Le proteine della seta del ragno potrebbero un giorno imitare anche i **muscoli** veri e propri. Alcuni ricercatori stanno progettando muscoli biomimetici (muscoli robotici che imitano le funzionalità della loro controparte biologica) sfruttando una proprietà della seta del ragno poco esplorata: la **contrazione**.

Le fibre di una ragnatela, quando gocce di acqua pendono giù da esse, si contraggono per mantenere la tensione, piuttosto che collassare o allungarsi. In presenza di elevata umidità la seta del ragno può restringersi fino al 50%. Ciò è sufficiente per far sì che una fibra lunga 40 millimetri e di diametro 5 micrometri (3 volte più piccola di un capello umano) possa sollevare almeno 100 mg, ovvero, riportandola in scala, una fibra del diametro di 1 mm potrebbe sollevare fino a 5 Kg ed una fibra di 2 cm di diametro fino a 2 tonnellate.

Un'altra proprietà della seta del ragno che potrebbe essere sfruttabile è la sua capacità di propagare la **luce**. Se si osservano le ragnatele alla luce del sole, esse scintillano. La luce perciò può propagarsi lungo fili di seta proprio come lo fa attraverso un cavo in fibra ottica.