

Carta

ottobre 2020

5



ISSN 0019-7548 • Bimestrale



ACQUAFLEX AFT Air Project Impianti di Aspirazione ALSITER THE AUTOMATION MOVER

AS INTERNATIONAL ASSOCARTA Aticelca AZMEC LIQUID RING VACUUM PUMPS

BOLZONI AURAMO MEYER Cannon Bono Energia

Chemiba Progetti DELSAR lame ECOL STUDIO partnershipforleadership

ecoverde HELIOS

INNOVHUB STAZIONI SPERIMENTALI PER L'INDUSTRIA LAME THE KNIFE QUALITY mariocotta ZINC METAL GROUP NCR BIOCHEMICAL

innovazione e ricerca

New Aerodinamica OMC COLLAREDA OFFICINE airaghi RICAMBI PER CARTIERE PolimeK

rcm paper machinery SIMEONI WATER TREATMENT ST MACCHINE

SVECOM-PE. Expanding since 1954 tec.mec TECHNOLOGY & MECHANICS tecnoaqua

tecnopaper TIGER DEPACK BACKAGING AND CONTENT RECOVERY SOLUTION valcom Since 1974 Valmet FORWARD

SPECIALE CHEMICALS E MATERIE PRIME

- Il potere dei minerali
- La chimica al servizio delle cartiere
- Le proprietà chimiche di un amido per wet-end
- La ricerca al servizio dell'efficienza produttiva
- Il controllo dei depositi

MATERIALE DALLE MILLE FUNZIONI

Raffaella Quadri



Laura Riva,
dottoranda
in condivisione
tra Politecnico
di Milano
e Innovhub

Prodotta da fonti di scarto, come la carta da riciclo e i fanghi di cartiera, la nanocellulosa è un materiale disponibile a basso costo e biocompatibile. Una ricerca del Politecnico di Milano e Innovhub dimostra che è possibile ottenere nanofibre di diverso tipo, utili in numerose applicazioni. Il tutto in un perfetto concetto di circolarità

Innovativa, disponibile ed ecosostenibile la nanocellulosa si dimostra una risorsa preziosa per numerosi ambiti. La ricerca condotta negli ultimi anni sta scoprendo alcune proprietà che ne fanno un materiale a valore aggiunto.

Il **Politecnico di Milano** e **Innovhub** hanno condotto un progetto di ricerca per la produzione di nanofibre di cellulosa e la loro applicazione in diversi ambiti e sotto diverse forme. A parlarne al Congresso Aticelca 2020 è **Laura Riva, dottoranda in condivisione tra l'ateneo milanese e la società Innovhub.**

Le diverse fonti della nanocellulosa

Tra le proprietà intrinseche che rendono la nanocellulosa un materiale così altamente appetibile per il settore industriale si annoverano la sua notevole **resistenza alla trazione**, l'elevata biocompatibilità e le ottime proprietà tissotropiche ovvero la capacità di variare la propria viscosità in determinate condizioni; inoltre è un materiale particolarmente flessibile. È dunque utilizzata in vari ambiti, «le odierne applicazioni industriali della nanocellulosa sono estremamente numerose» ricorda Riva «e includono, per esempio, la produzione di carta funzionale, rivestimenti antibatterici, formulazioni per la somministrazione di farmaci, biosensori, catalizzatori, strumenti di bonifica ambientale, dispositivi di separazione controllata elettrochimicamente e molto altro ancora».

La ricerca condotta prende le mosse da due differenti fonti, vergini e di scarto, il cui comportamento è stato poi messo a confronto. «Le fonti vergini sono fogli pressati di linters di cotone, latifoglie a

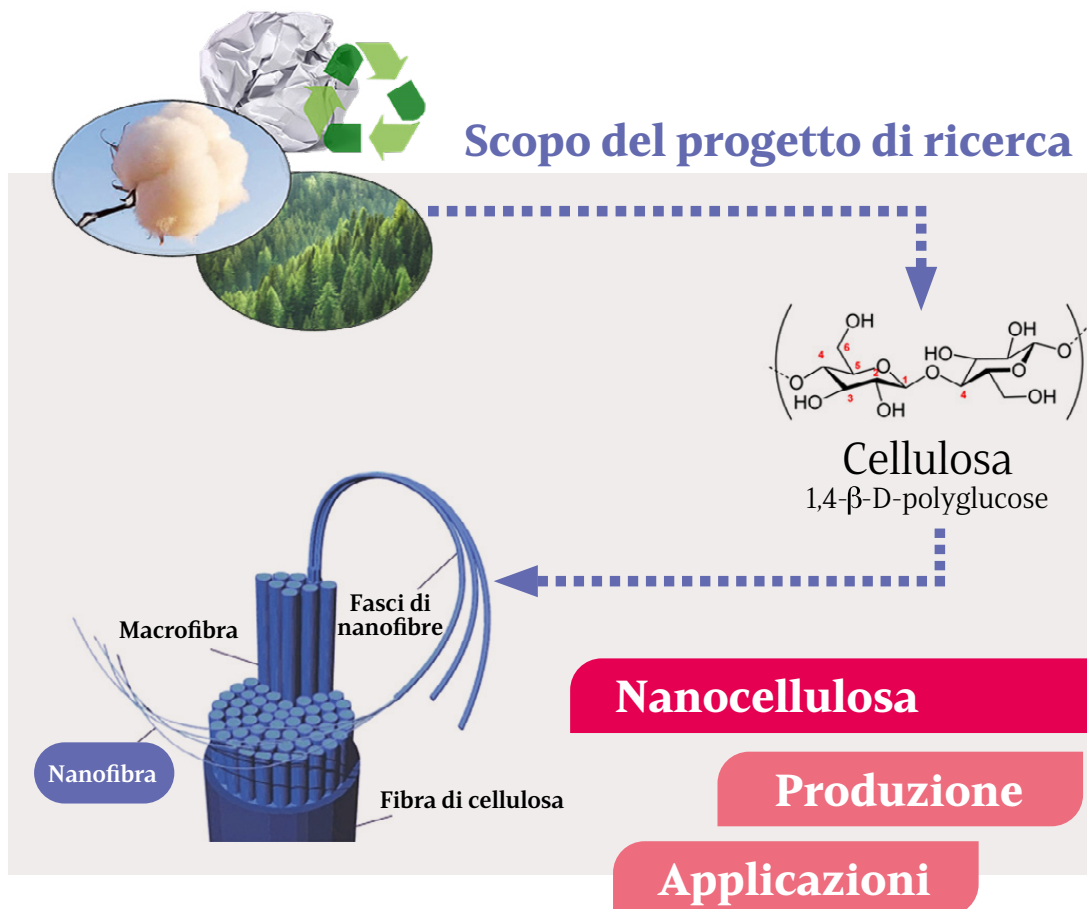


«**LA NANOCELLULOSA È UNO DEI MATERIALI ECOCOMPATIBILI PIÙ PROMETTENTI DEI TEMPI MODERNI, GRAZIE IN PARTICOLARE ALLE SUE PROPRIETÀ INTRINSECHE**»

fibra corta e abete rosso a fibra lunga; mentre quelle di scarto sono polpa da macero di riciclo, Posidonia Oceanica o fanghi derivanti dalle acque di scarto dei processi produttivi di cartiera».

Due processi produttivi

Nella realizzazione della ricerca sono stati presi in considerazione due processi produttivi della nanocellulosa. «Il primo approccio» spiega Riva «prevede un passaggio di preraffinazione, seguito da un trattamento enzimatico con un endoglucanasi, un trattamento di raffinazione delle fibre e, in ultimo, un'omogeneizzazione ad alta pressione a circa 1.500 bar ovvero un trattamento meccanico che porta alla produzione di nanofibre di cellulosa». Questa prima tipologia di schema produttivo porta alla sintesi di una nanocellulosa che non presenta gruppi carbossilici, a differenza del secondo approccio. «Schematicamente molto simile al primo, il secondo processo si differenzia per il fatto che preraffinazione e trattamento enzimatico sono sostituiti da un trattamento ossidativo. La TEMPO-ossidazione (2,2,6,6-Tetramethylpiperidin-1-yl) oxyl porta quindi alla sintesi di una nanocellulosa ossidata che possiede gruppi carbossilici a livello del carbonio C6 dell'unità di glucosio». La presenza di un gruppo carbossilico in queste seconde nanofibre permette loro di essere «facilmente dispersibili in acqua basica, attraverso un processo di ultrasonificazione che causa la separazione delle fibre, grazie al fenomeno di repulsione elettrostatica delle cariche negative dei gruppi carbossilici deprotonati». La scelta di questi due processi produttivi – enzimatico e ossidativo – non è stata fatta a caso; piuttosto è stata valutata l'appetibilità per il settore industriale. Una caratteristica specifica di entrambi è infatti il **basso dispendio energetico** che richiedono, «questi due pretrattamenti sono in grado di ridurre significativamente la domanda di energia durante il processo di produzione della nanocellulosa e ciò ha risvegliato l'interesse industriale verso questo tipo di produzione».



Infinite applicazioni: la bioedilizia

Durante la ricerca sono stati testati utilizzi delle nanofibre nel settore dell'edilizia e come elementi costitutivi per la sintesi di **aerogel**, in tutti i casi i risultati sono stati molto interessanti. In edilizia, più specificatamente nel comparto della bioedilizia, le nanocellulose sono state utilizzate come additivi per il cemento e in soluzioni di terra battuta. Per quanto riguarda i cementi, spiega Riva, sono stati effettuati test reologici su sospensioni di nanocellulosa ossidata. «I test hanno evidenziato considerevoli cambiamenti reologici in dipendenza dal grado di ossidazione della nanocellulosa, con un'influenza osservata anche all'interno delle paste di cemento quando tali sospensioni sono usate come additivi». I test con la terra cruda, invece, si sono concentrati su applicazioni per la realizzazione di muri portanti e intonaci. Le soluzioni in terra cruda, precisa la dottoranda, sono meno utilizzate perché più costose dei cementi, ma presentano notevoli vantaggi in quanto sono materiali

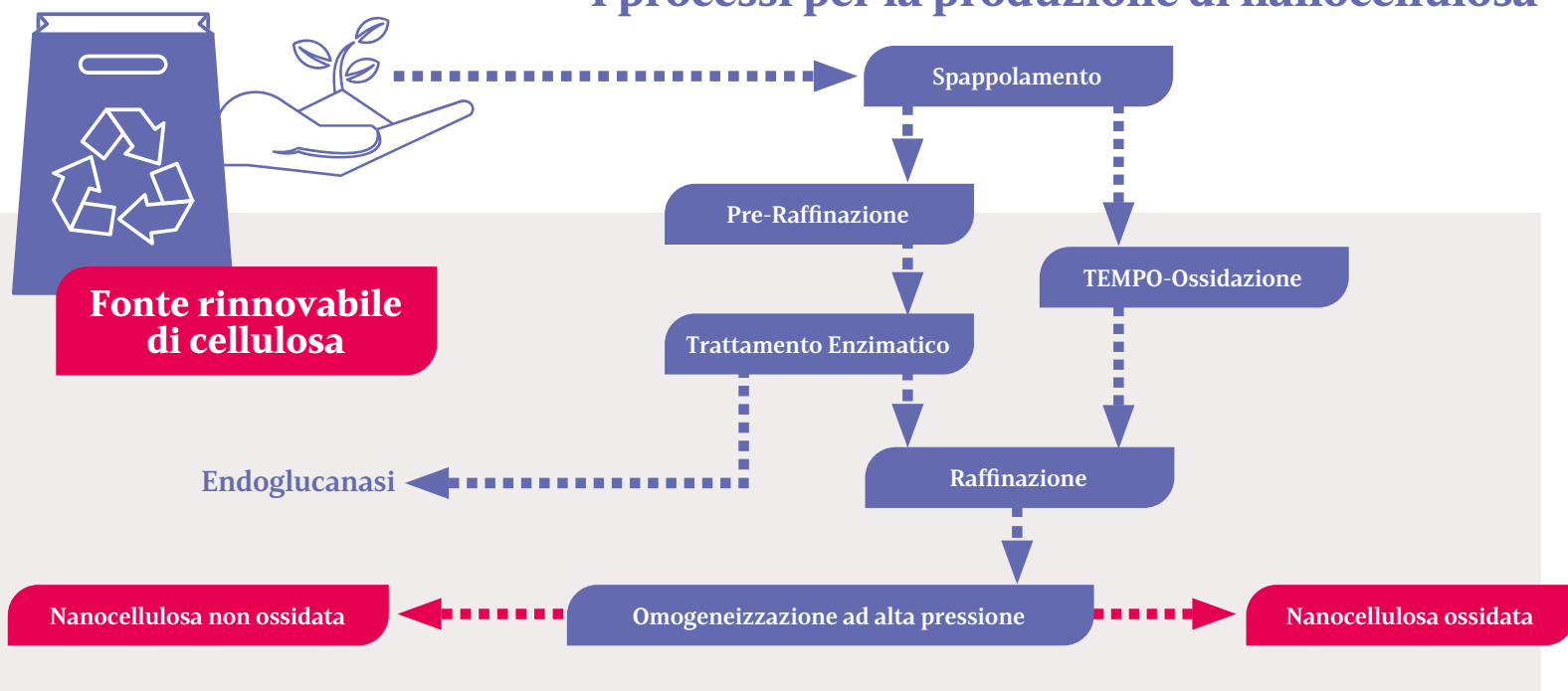
completamente rinnovabili e con impatto ambientale estremamente basso.

«Per gli intonaci abbiamo additivato la miscela con nanofibre di cellulosa ossidata e i test preliminari di capillarità e immersione hanno dato risultati promettenti. Abbiamo notato che tali risultati dipendono fortemente dai tipi di terra cruda usata. Per alcune tipologie è stato possibile osservare un effetto di miglioramento prestazionale quando nella miscela è utilizzata come additivo la nanocellulosa omogeneizzata ossidata ottenuta dagli scarti di produzione cartiera, con un significativo aumento della resistenza al taglio».

L'uso negli aerogel

Nella sintesi di aerogel le nanocellulose sono state utilizzate per diversi scopi, in particolare la decontaminazione ambientale, il rilevamento di anioni specifici in soluzione e la catalisi eterogenea di reazioni base catalizzate. «Questi aerogel nanostrutturati sono costituiti da due componenti principali: le nanofibre di cellulosa TEMPO-ossidata

I processi per la produzione di nanocellulosa



LE NANOFIBRE RICAVATE DALLA CELLULOSA DA FONTI DI SCARTO E DA CARTA RICICLATA SONO ESTREMAMENTE VERSATILI PER DIFFERENTI TIPI DI APPLICAZIONI

e la polietilenimmina ramificata (bPEI), cross-linkate tra loro al fine di formare legami ammidici attraverso un trattamento termico a 100 °C».

Questa loro iniziale formulazione, spiega Riva, è stata poi modificata: «vi abbiamo aggiunto l'acido citrico come co-crosslinker, riducendo il quantitativo di poliammina all'interno della nanospugna e migliorandone in tal modo ecocompatibilità e proprietà meccaniche». Gli aerogel così ottenuti sono stati utilizzati per diverse applicazioni. «In un progetto sponsorizzato dalla Regione Toscana, questi materiali si sono dimostrati estremamente efficaci nella decontaminazione delle acque di mare, grazie all'assorbimento di metalli pesanti, come rame, cobalto e nichel. Inoltre abbiamo confermato la possibilità di rigenerarli dopo l'uso con un semplice

lavaggio con un acido diluito». Con un processo di funzionalizzazione con molecole fluorescenti il ciclo di vita all'interno dell'ambiente marino dei due principali elementi costitutivi degli aerogel – ovvero la nanocellulosa TEMPO-ossidata e la polietilenimmina ramificata – è stato sottoposto a monitoraggio per verificarne la non tossicità. Anche questi test, spiega Riva, hanno dato risultati decisamente positivi.

«Sulla scia delle ottime prestazioni dimostrate dai materiali con i metalli pesanti, abbiamo poi testato la possibilità di assorbire altri contaminanti delle acque, come i coloranti delle acque di rifiuto delle tintorie. Anche in questo caso, abbiamo ottenuto degli ottimi risultati a livello di assorbimento».

Una seconda applicazione degli aerogel è il rilevamento di anioni specifici in soluzione. «Opportunamente funzionalizzati con molecole sensore, hanno dimostrato la capacità di riconoscere anioni specifici, nel nostro caso anioni fluoruro in soluzione, attraverso un cambiamento di colore che è visibile a occhio nudo».

Infine l'ultima loro applicazione è legata alla catalisi eterogenea. «Questi sistemi co-polimerici si sono dimostrati particolarmente efficienti anche nel

catalizzare eterogeneamente delle reazioni che normalmente sono catalizzate in modo omogeneo da basi convenzionali, come le reazioni di Knoevenagel e di Henry. Durante i test si sono ottenute ottime conversioni per entrambe le reazioni, effettuando anche, nel caso della reazione di Henry, prove di riutilizzo che hanno mostrato la possibilità di usare più volte la spugna come catalizzatore, sempre con conversioni considerevolmente alte».

La ricerca continua

In definitiva le nanofibre ricavate dalla cellulosa da fonti di scarto e da carta riciclata sono estremamente versatili per differenti tipi di applicazioni.

La ricerca su questi materiali, dunque, dimostra come rifiuti industriali a base di fibre possano essere valorizzati. Attualmente, ricorda in ultimo Riva, sono in corso studi di LCA (analisi del ciclo di vita) e studi ecotossicologici in collaborazione con l'Università di Siena. «Queste nuove ricerche ci permetteranno di caratterizzare meglio le nanofibre, concentrandoci sul loro impatto economico e ambientale, valutando quindi quale tipo di processo produttivo e di materiali risultino a tutti gli effetti meno impattanti». ■