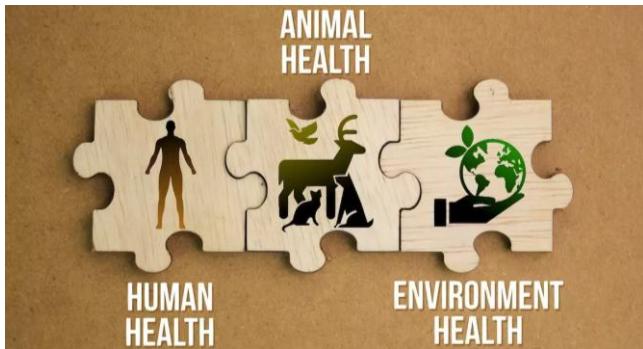




## INGEGNERIA A SUPPORTO DELLA SALUTE UMANA E AMBIENTALE

*Prof.ssa Debora Puglia  
Università degli Studi di Perugia  
Dipartimento Ingegneria Civile ed Ambientale*

[debora.puglia@unipg.it](mailto:debora.puglia@unipg.it)



- One Health: “modello sanitario basato sul riconoscimento che la salute umana, la salute animale e la salute dell’ecosistema siano **indissolubilmente legate**”.
- tema comune: **collaborazione in tutti i settori che hanno un impatto diretto o indiretto sulla salute**

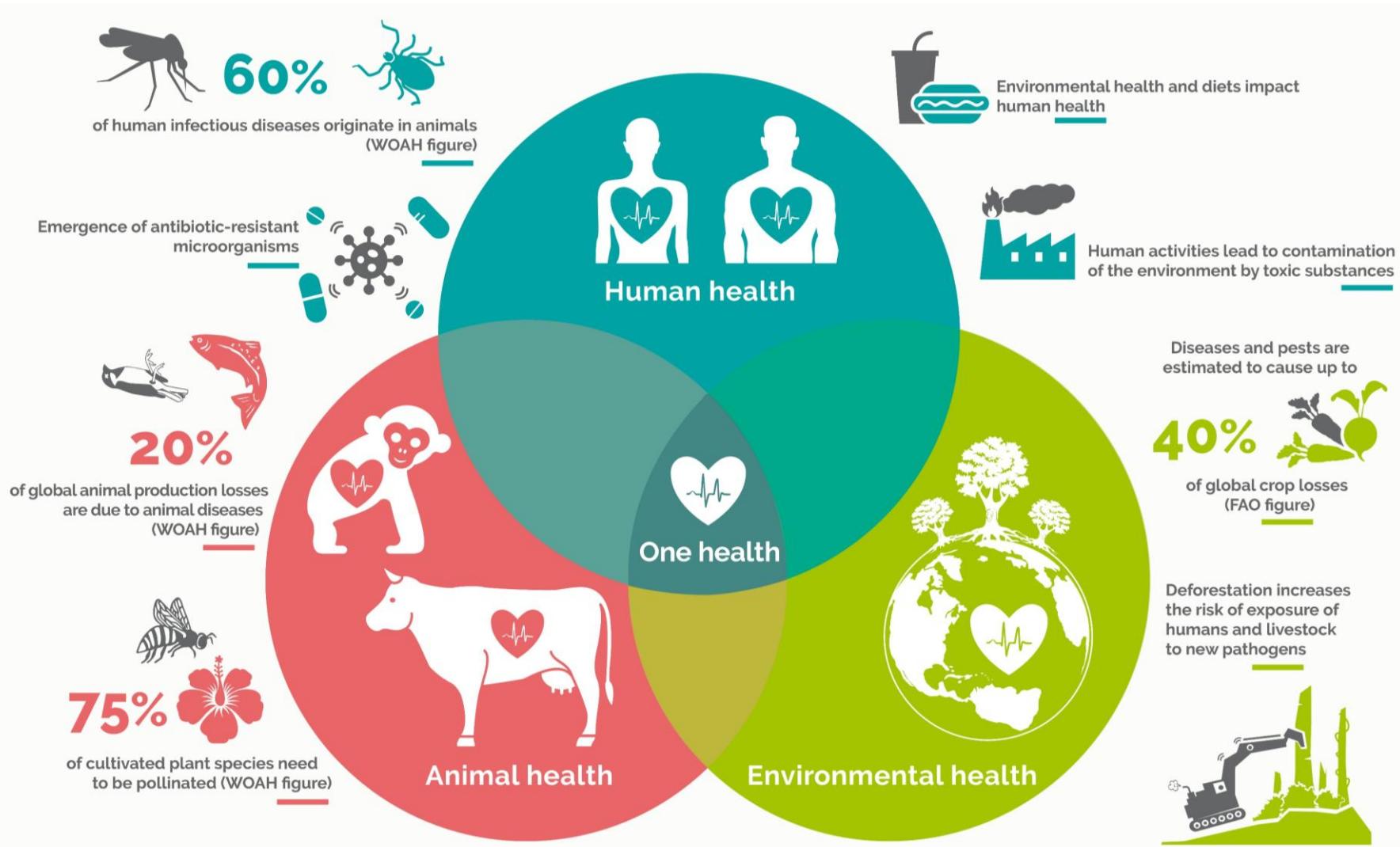
## UOMINI, ANIMALI, AMBIENTE: UNA SALUTE

Nel mondo, **su dieci malattie infettive emergenti nelle persone 6 arrivano da animali, sia domestici sia selvatici**. Negli ultimi 30 anni oltre 30 nuovi patogeni per l'uomo sono stati identificati, e il 75% hanno avuto origine dagli animali.

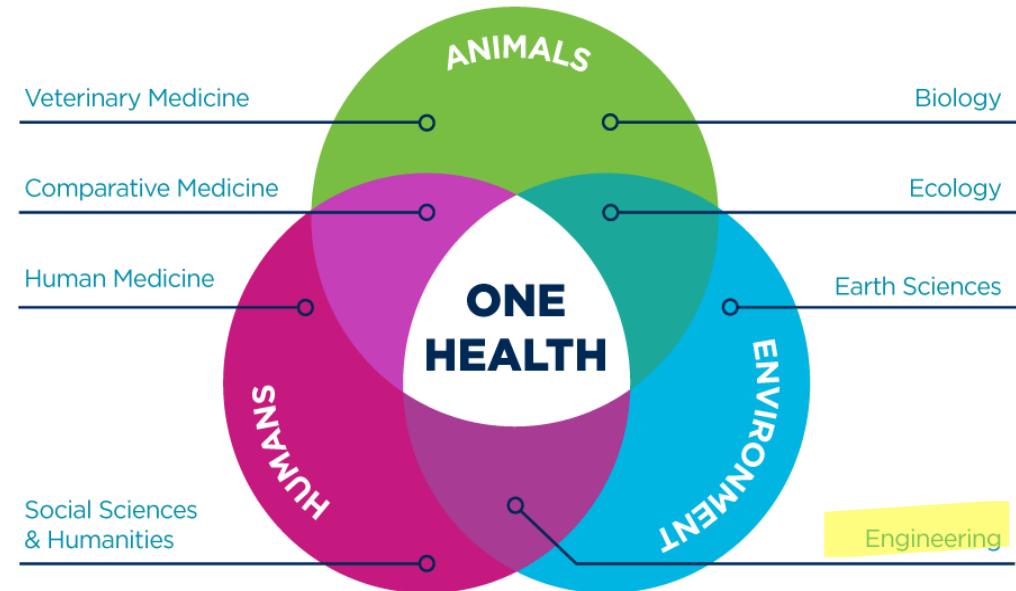
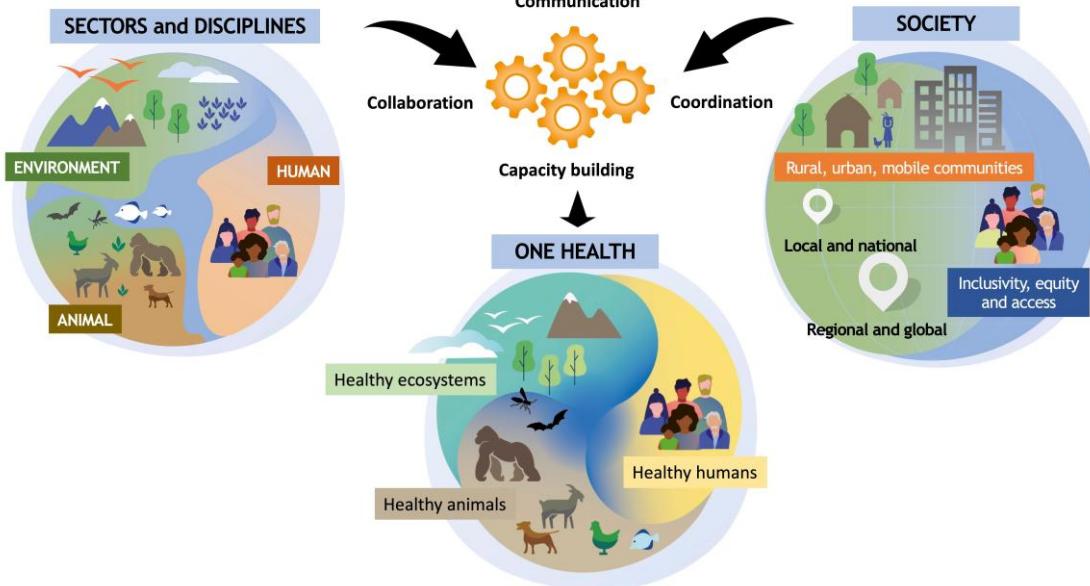
- ✓ la **popolazione umana cresce e si espande**, antropizzando nuove aree, vivendo a contatto sempre più ravvicinato con gli animali;
- ✓ il **cambiamento climatico e il consumo del suolo** alimentano la diffusione di malattie zoonotiche e malattie trasmesse da vettori (organismi viventi come zanzare, zecche, pulci);
- ✓ gli **spostamenti e gli scambi globali** facilitano la diffusione rapida delle malattie su scala planetaria



# INGEGNERIA - SALUTE UMANA E AMBIENTALE



# INGEGNERIA - SALUTE UMANA E AMBIENTALE



**COMBINAZIONE DI COMPETENZE  
INGEGNERISTICHE, BIOLOGICHE, MEDICHE e  
INFORMATICHE**

**Dispositivi Medici:** **Progettazione** di pacemaker, macchine per la dialisi, **sensori** per il monitoraggio (es. glicemia), **protesi** (arti, valvole cardiache).

• **Imaging e Diagnostica:** Sviluppo di apparecchiature avanzate come risonanze magnetiche (RM) e tomografie computerizzate (TC).

• **Chirurgia e Terapia:** Creazione di **robot chirurgici e strumenti miniaturizzati** per interventi meno invasivi e più sicuri, e sistemi di navigazione assistita.

• **Telemedicina e Robotica:** Sistemi per il **monitoraggio remoto** dei pazienti e la **gestione digitale della salute**, inclusi **dispositivi indossabili**.

• **Ingegneria Clinica:** **Gestione, manutenzione e certificazione delle tecnologie mediche** negli ospedali, formazione del personale e gestione dei rischi.

• **Informatica e Bioinformatica:** **Analisi di grandi quantità di dati sanitari**, sviluppo di software diagnostici e modelli predittivi delle malattie.

**Contributo INGEGNERIA alla  
SALUTE UMANA**



**DISPOSITIVI MEDICI: COMBINAZIONE DI COMPETENZE  
INGEGNERISTICHE, BIOLOGICHE, MEDICHE e  
INFORMATICHE**

**Contributo INGEGNERIA alla  
SALUTE UMANA**



# INGEGNERIA - SALUTE UMANA



• **Architettura e Urbanistica:** Progettazione di spazi sanitari (ospedali, ambulatori) e urbani che favoriscono stili di vita sani e il controllo delle epidemie (es. quarantene).

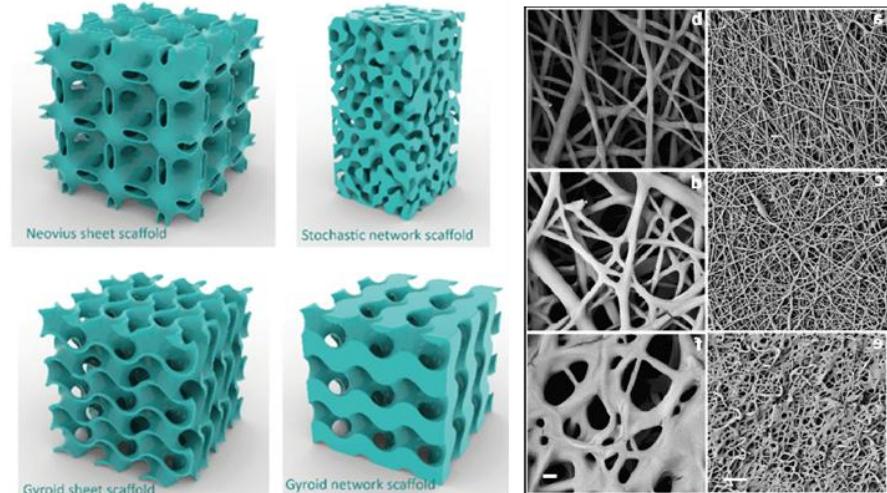
## Impatto sulla salute

- **Miglioramento della Diagnosi:** Diagnosi più precoce e precisa grazie a strumenti avanzati e analisi dati.
- **Trattamenti più Efficaci:** Interventi chirurgici più sicuri e recuperi più rapidi, terapie personalizzate.
- **Aumento dell'Autonomia:** Dispositivi bionici e protesi avanzate che migliorano la qualità della vita e l'indipendenza dei pazienti.
- **Efficienza del Sistema Sanitario:** Gestione ottimizzata delle risorse e dei flussi di lavoro ospedalieri.
- **Ingegneria dei Materiali:** Selezione di materiali biocompatibili per impianti e dispositivi.

INGEGNERIA COME «PONTE» TRA  
TECNOLOGIA E BIOLOGIA

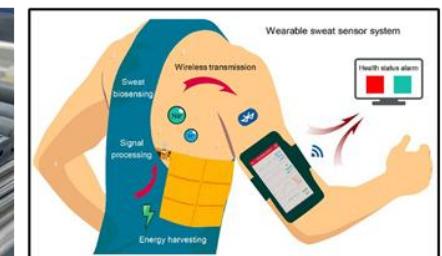
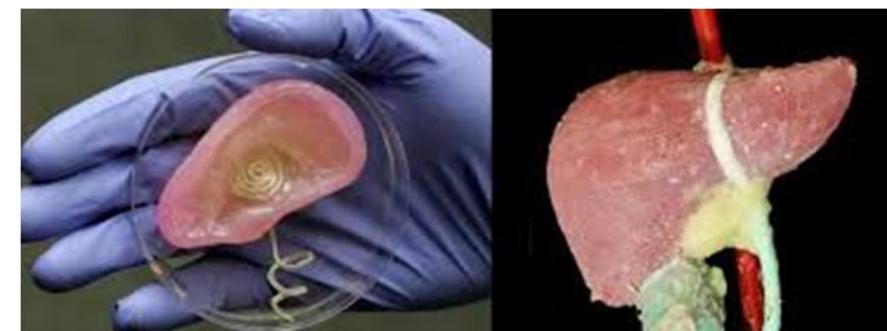
## Ingegneria Tissutale e Medicina Rigenerativa

- **Scaffold (impalcature):** Sviluppo di strutture 3D (usando stampa 3D, elettrospinning) che guidano la crescita di nuovi tessuti (ossa, cartilagine, pelle) per riparare danni.
- **Organi Artificiali:** Creazione di componenti per organi bio-ibridi, come protesi vascolari o patch per il cuore.



## Dispositivi Medici e Impianti

- **Rivestimenti:** Materiali che rendono gli impianti più biocompatibili, prevenendo rigetti o infezioni.
- **Dispositivi per la Biostampa 3D:** Materiali specifici per stampare tessuti e organi complessi, inclusi modelli per la sperimentazione farmacologica.
- **Sensori e Interfacce:** Materiali per sensori indossabili o impiantabili per il monitoraggio continuo dei parametri vitali e il rilascio controllato di farmaci.



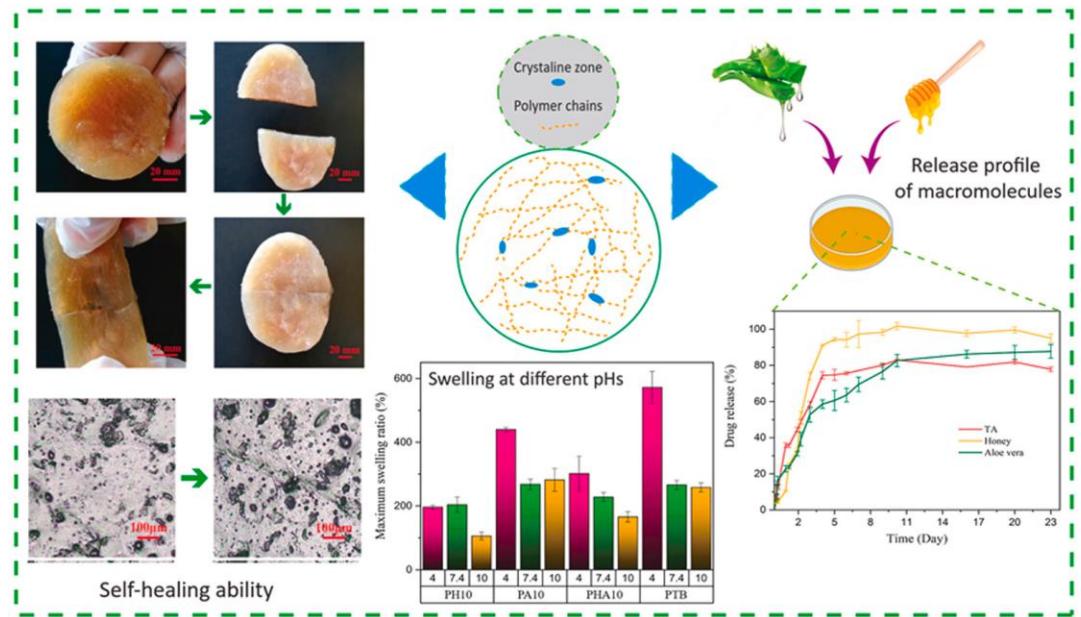
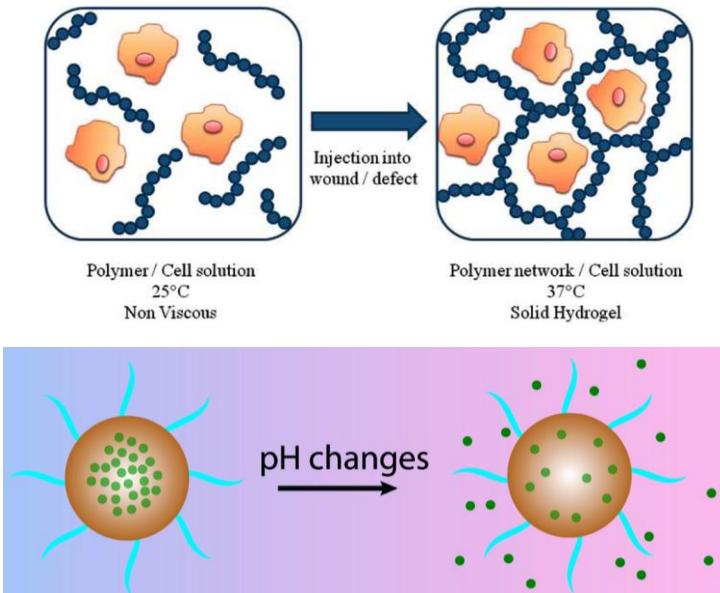
## Farmacologia e Diagnostica

**Rilascio controllato di farmaci:** Sviluppo di **nanoparticelle** e altri sistemi per **veicolare farmaci** direttamente alle cellule malate, riducendo effetti collaterali.

**Modelli 3D di malattie:** Creazione di sistemi in vitro che mimano organi (come il microbiota intestinale) per studiare patologie e testare terapie.

## Biomimetismo

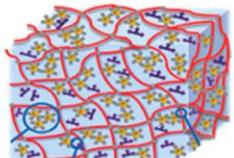
Ispirazione dalla natura per creare **materiali auto-riparanti (self healing)** o che rispondono a stimoli ambientali, imitando i sistemi biologici per applicazioni sanitarie



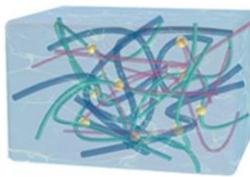
# Materiali per la SALUTE UMANA

## WEARABLE BIOSENSORS

Conductive nanomaterials



Metal  
Nanoparticles



CNTs

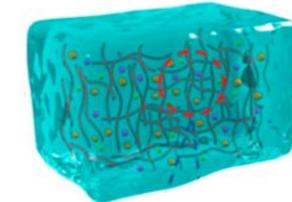


MXene

Conductive  
polymers



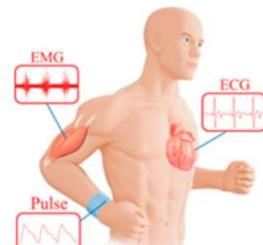
Metal ions



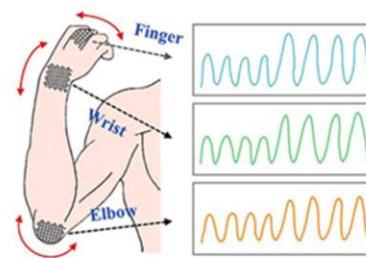
## Conductive hydrogel for flexible wearable sensors



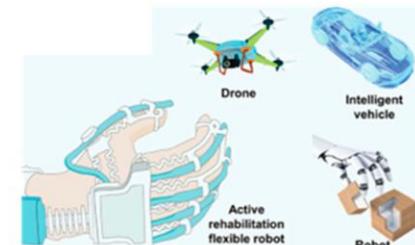
Motion detection



Medical diagnosis

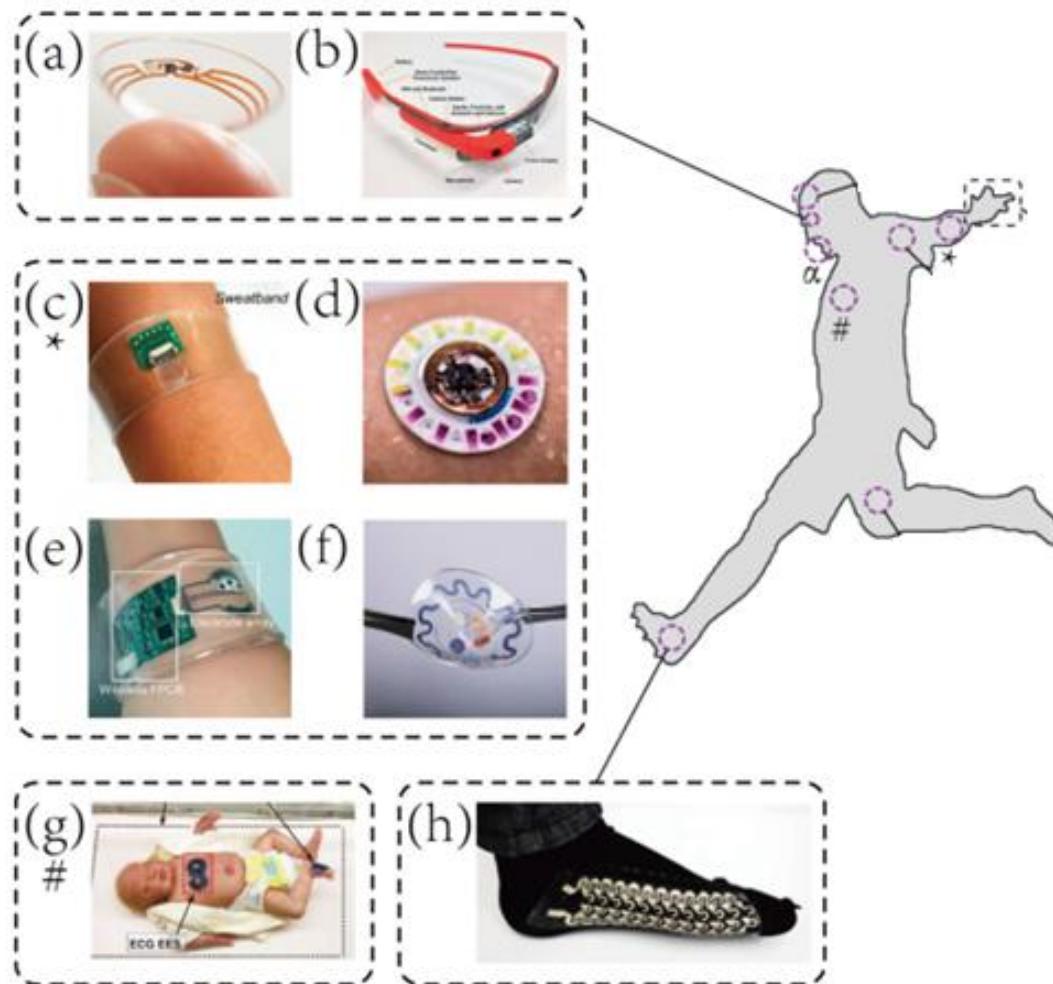


Electronic skin



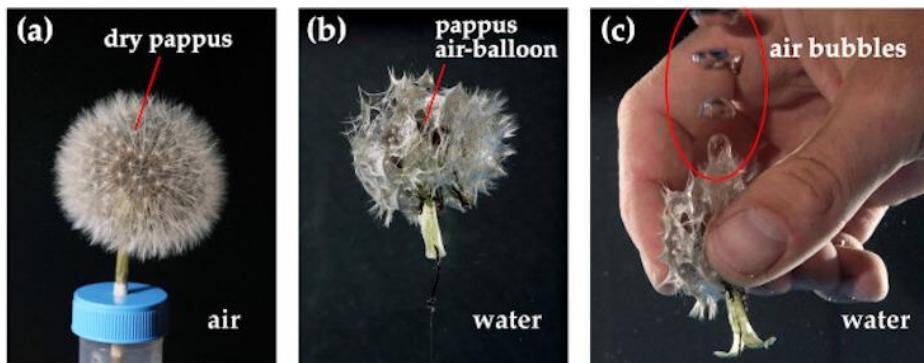
Human-computer  
interaction

# Dispositivi per la SALUTE UMANA



- (a) Sensori per lenti a contatto nella **diagnostica oculare**
- (b) Google Glass per l'analisi diagnostica immunocromatografica
- (c) Un array di microsensori indossabili per il **monitoraggio multiplex dei metalli pesanti**
- (d) Un sensore ibrido per l'**analisi simultanea elettrochimica, colorimetrica e volumetrica del sudore**
- (e) Un sensore indossabile per l'estrazione e l'analisi autonoma del sudore
- (f) Un dispositivo microfluidico per il rilevamento colorimetrico del sudore
- (g) Sistemi elettronici epidermici binodali e wireless con analisi integrata nel sensore per la **terapia intensiva neonatale**
- (h) **Sensori indossabili autoalimentati basati su tessuti**

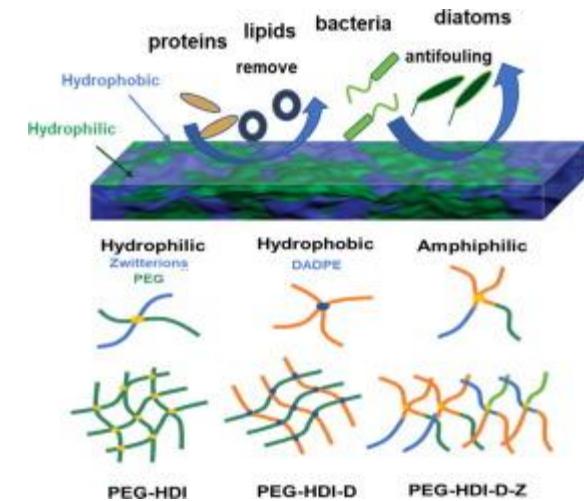
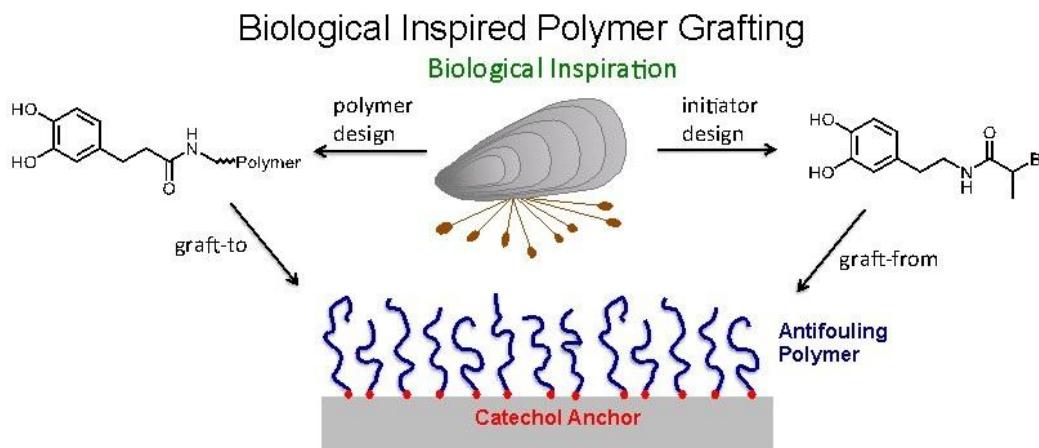
# INGEGNERIA «bioispirata» - SALUTE UMANA



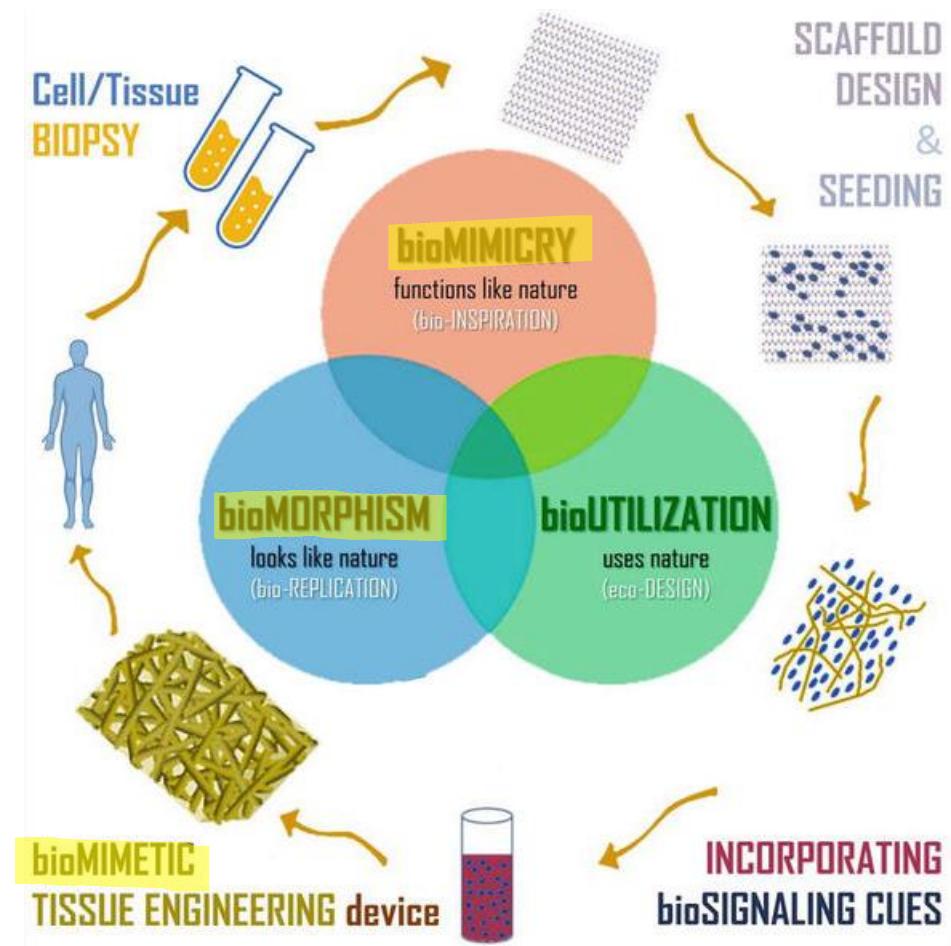
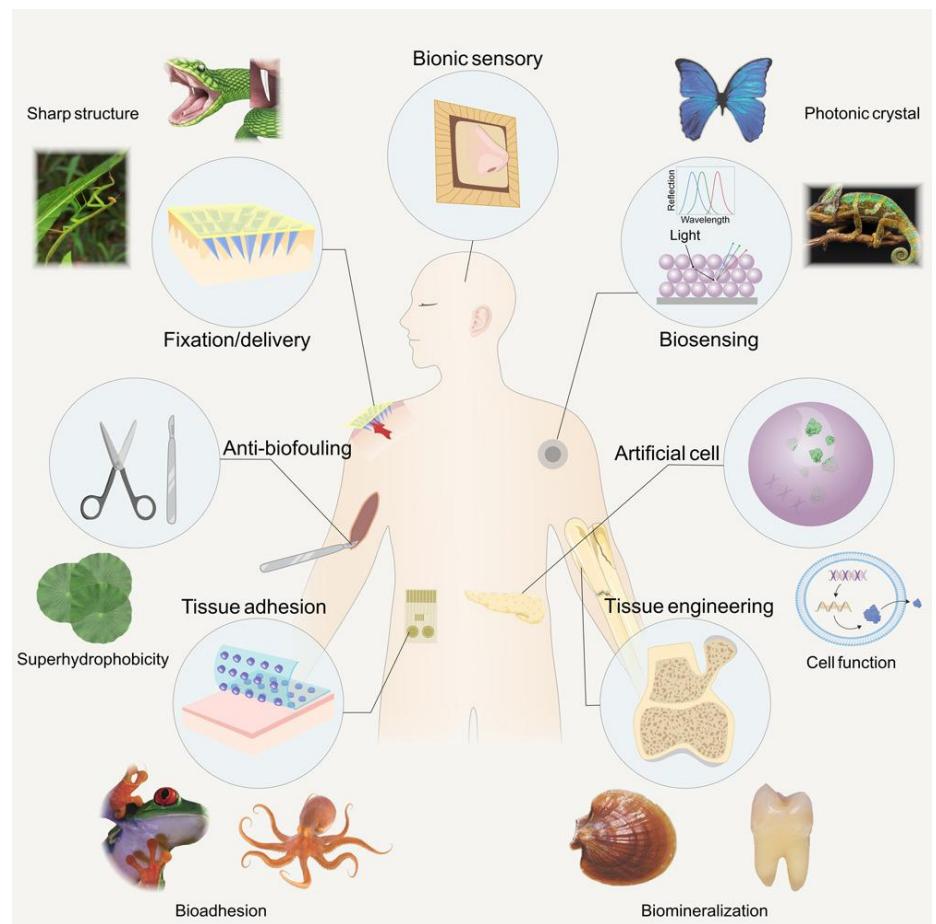
dispositivi innovativi, dal peso e costo contenuti, per incapsulare e trasportare bolle d'aria sotto acqua, con possibili applicazioni, ad esempio, nel settore delle immersioni subacquee



Robotica bioispirata alle zampe e ai flagelli degli insetti per “navigare” nel cervello



# INGEGNERIA «bioispirata» - SALUTE UMANA



# Contributo INGEGNERIA alla SALUTE dell' AMBIENTE



- **Gestione e trattamento delle risorse:** Progettazione di **sistemi per depurare le acque reflue**, trattare i rifiuti solidi e liquidi, e recuperare materia ed energia.

- **Riduzione dell'inquinamento:** Sviluppo di tecnologie per **abbattere le emissioni nocive nell'aria** e soluzioni per monitorare e mitigare gli impatti ambientali.

- **Efficienza energetica e rinnovabili:** Creazione di **materiali isolanti avanzati** (come aerogel) e integrazione di fonti rinnovabili (pannelli solari) in edifici e infrastrutture, e progettazione di smart cities per ottimizzare i consumi.

- **Pianificazione e gestione territoriale:** Analisi degli impatti antropici e progettazione di interventi per controllare le interazioni uomo-ambiente, migliorando la qualità della vita e la resilienza dei territori.

- **Materiali sostenibili:** Ricerca e utilizzo di materiali riciclati (**calcestruzzo verde**), bio-based (**mattoni di micelio**) o biomimetici (**auto-riparanti**), che riducono l'estrazione di materie prime.

## Sviluppo di materiali sostenibili

- **Materiali bio-based:** Derivati da risorse rinnovabili (**alghe, funghi, scarti agricoli**) e biodegradabili, come i mattoni di micelio coltivati invece che prodotti.
- **Materiali riciclati:** Uso di **scarti industriali** (**ceneri, scorie**) per produrre materiali come il calcestruzzo verde, riducendo l'estrazione di materie prime.
- **Materiali a basso consumo energetico:** Formulazioni che richiedono temperature di produzione più basse, riducendo le emissioni di CO<sub>2</sub> (es. **cemento geopolimerico**).

## Miglioramento dell'efficienza e della durata

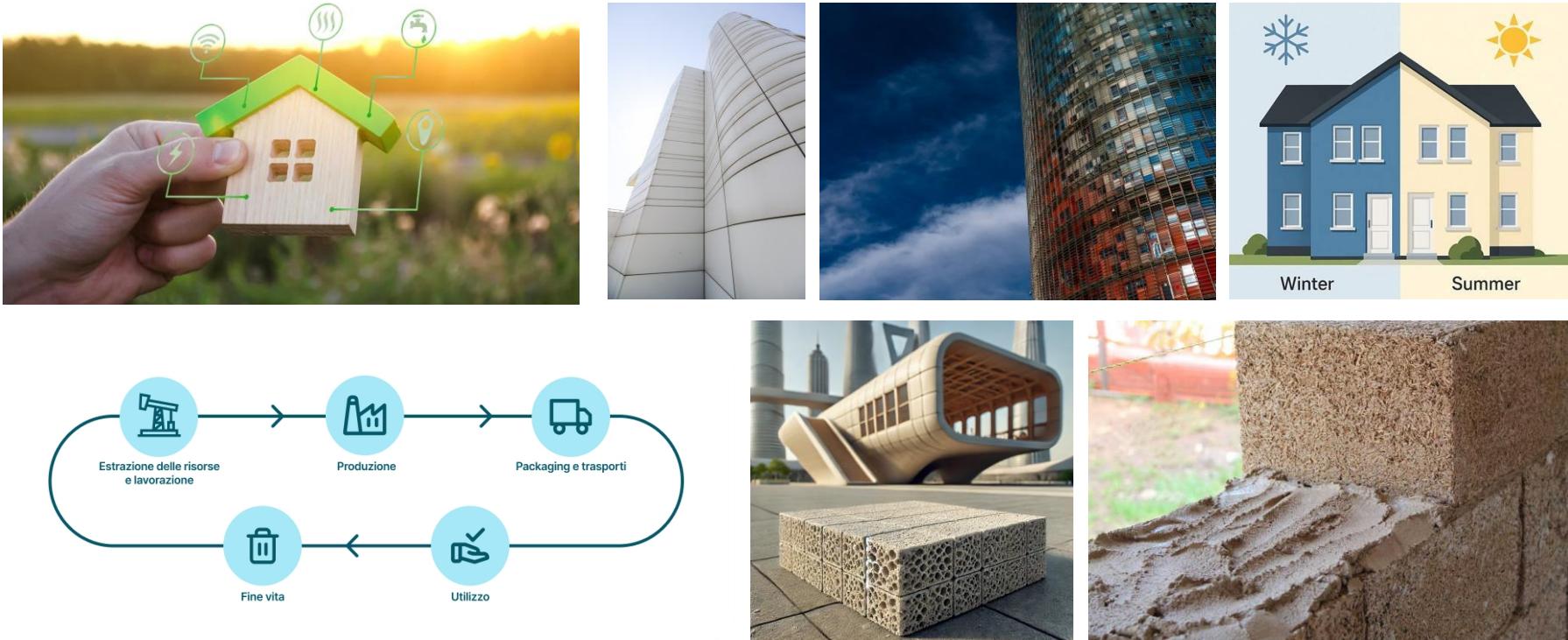
- **Isolamento avanzato:** Materiali isolanti termici e acustici che riducono i consumi energetici negli edifici.
- **Alleggerimento dei trasporti:** Materiali ad alta resistenza (**compositi, leghe**) che alleggeriscono i veicoli, migliorando l'efficienza dei consumi e riducendo le emissioni.

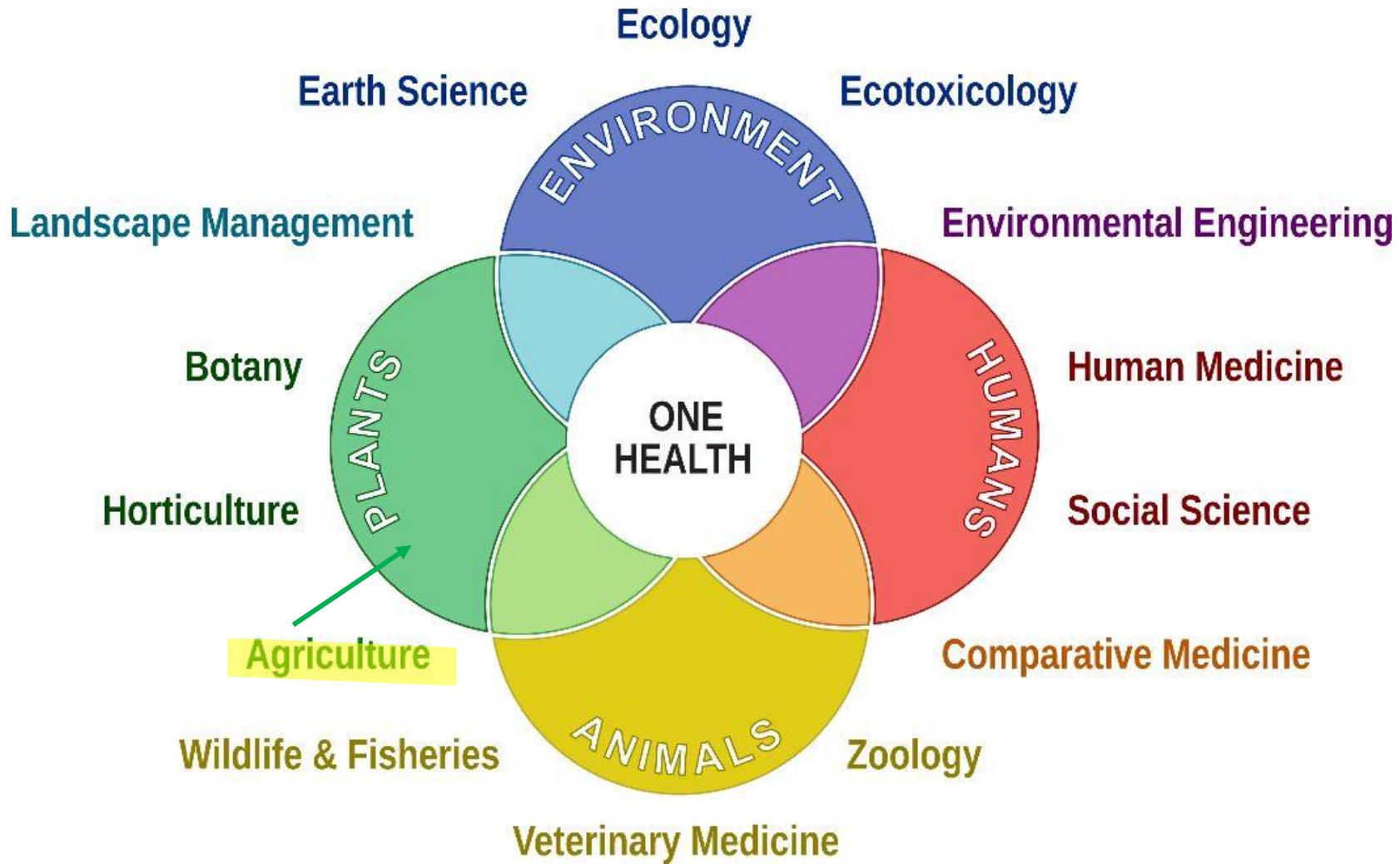


# INGEGNERIA dei MATERIALI – SALUTE e AMBIENTE

## Soluzioni innovative e circolari

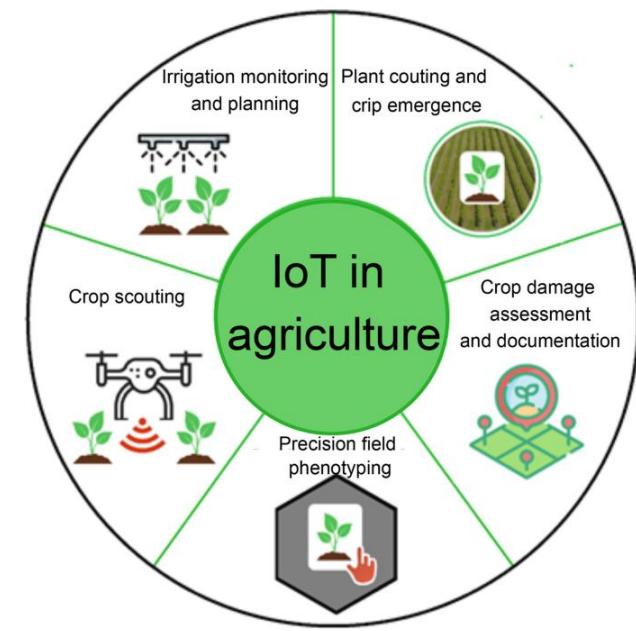
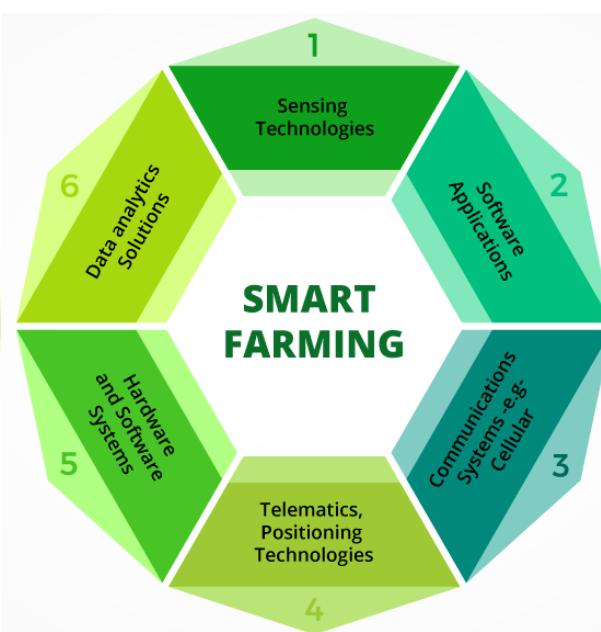
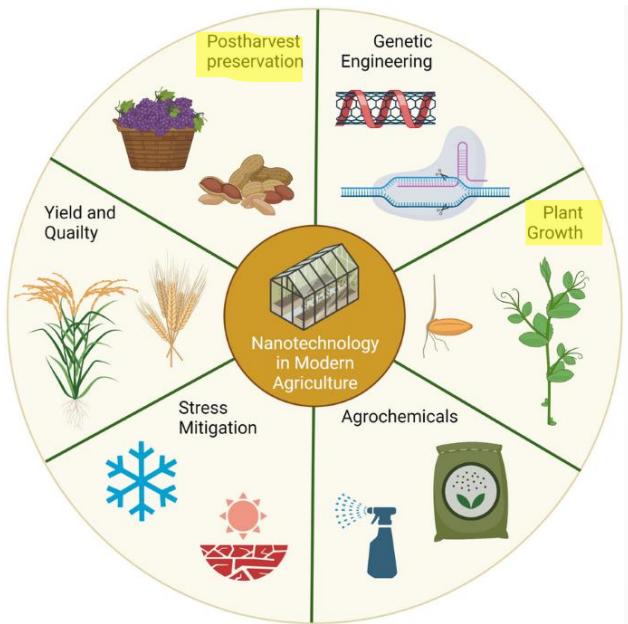
- **Bioedilizia:** Progettazione di edifici con materiali naturali (legno, argilla) per spazi più salubri.
- **Rivestimenti "intelligenti": Nanomateriali fotocatalitici che abbattano gli inquinanti atmosferici e vernici che regolano la temperatura.**
- **Progettazione del ciclo di vita (LCA):** Approccio che ottimizza ogni fase del prodotto, dalla scelta dei materiali allo smaltimento, per minimizzare l'impatto ambientale e massimizzare il riciclo.



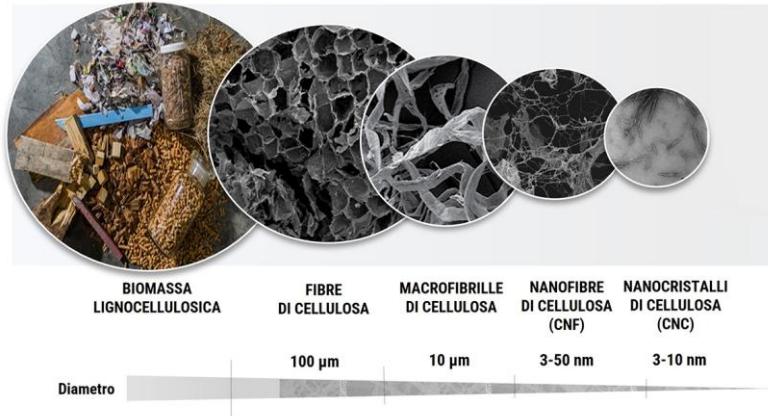
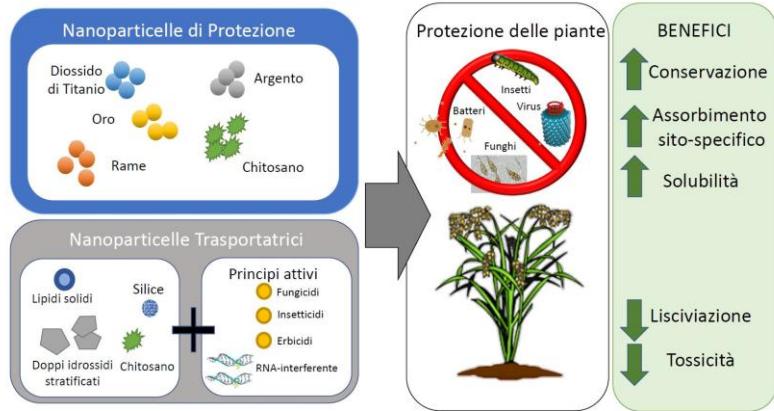
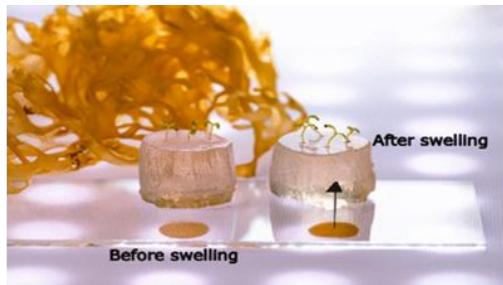
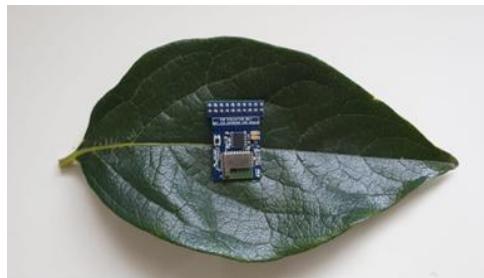


# INGEGNERIA - SALUTE AMBIENTALE

- ✓ Agrometeorologia
- ✓ Intelligenza Artificiale
- ✓ Monitoraggio da remoto di coltivazioni e terreni
- ✓ «Agricoltura Verticale»



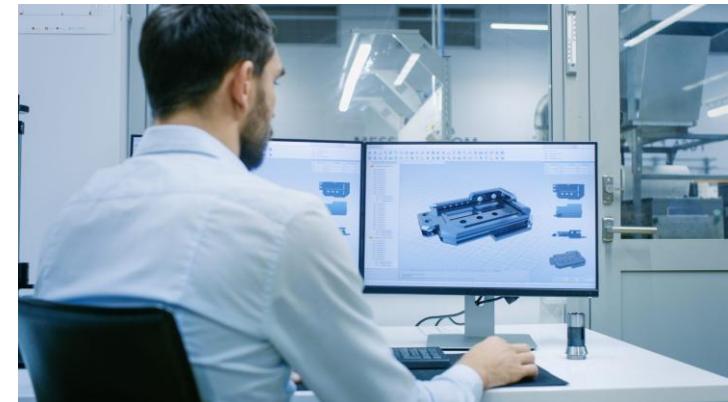
# INGEGNERIA - SALUTE della PIANTA



- **Ingegneria dei Materiali:** Sviluppo di materiali sostenibili, come **idrogel derivati da risorse marine**, per trattenere acqua e nutrienti, riducendo lo spreco idrico.
- Internet of Things (IoT) per **Agricoltura di Precisione e Smart Agriculture:** uso di droni, sensori, robotica e intelligenza artificiale per monitorare colture e allevamenti, ottimizzando interventi e risorse.
- **Micro/nanotecnologie a difesa della pianta**
- **Nanomateriali da scarti agricoli**

**CdL Triennale in Ingegneria Industriale: Obiettivi Didattici**

- **conoscenze di base:** matematica e di altre scienze di base per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria industriale;
- **conoscenze ingegneristiche di base:** Macchine, fisica tecnica, elettrotecnica per identificare e risolvere problemi dell'ingegneria industriale con strumenti aggiornati;
- fornire adeguate conoscenze per utilizzare **tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi e processi;**
- Analizzare l'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale: ingegnere consapevole delle proprie responsabilità professionali ed etiche;
- conoscenze della lingua inglese, per permettere al futuro ingegnere di rapportarsi con successo in realtà internazionali.



[https://orienta.ing.unipg.it/regolamenti/2025/RD-tri\\_Ing\\_Industriale\\_25-26.pdf](https://orienta.ing.unipg.it/regolamenti/2025/RD-tri_Ing_Industriale_25-26.pdf)

## CdL Magistrale in Ingegneria Industriale: Obiettivi didattici

- ✓ ingegneri di elevata preparazione professionale, qualificati per **impostare, svolgere e gestire attività di progettazione** anche complesse e per promuovere e sviluppare l'innovazione;
- ✓ sviluppare **progetti avanzati in termini di prodotto e di processo** dal punto di vista funzionale, costruttivo ed energetico, con la scelta dei materiali e delle relative lavorazioni;
- ✓ **analizzare e utilizzare adeguati modelli di macchine, impianti e processi industriali anche complessi**
- ✓ [https://orienta.ing.unipg.it/regolamenti/2025/RD-mag\\_Ing\\_Industriale\\_25-26.pdf](https://orienta.ing.unipg.it/regolamenti/2025/RD-mag_Ing_Industriale_25-26.pdf)



### Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali e dei Processi sostenibili

#### *Obiettivi didattici*

Formare una figura professionale:

- ✓ con **competenze nell' ingegneria e nella scienza dei materiali e nei processi di trasformazione;**
- ✓ in grado di affrontare i principali problemi relativi allo studio, progettazione ed industrializzazione dei materiali;
- ✓ in grado di operare nella produzione industriale dei materiali intesi come materie prime, **esperto nella selezione e controllo di qualità dei materiali destinati alla realizzazione di componenti e manufatti;**
- ✓ in grado di progettare materiali avanzati per applicazioni specifiche (**aerospaziale, efficientemente energetico, materiali sostenibili**)
- ✓ capace di valutare la sostenibilità di processi e materiali e di analizzarne l'intero ciclo di vita;
- ✓ con competenze nell'uso di **materiali di recupero, materie prime seconde, progettazione circolare, riciclo e analisi del ciclo di vita;**
- ✓ esperto di processo, nei servizi e nel controllo di qualità.



## Percorso formativo

### I ANNO

- ✓ comune ad entrambi i curricula
- ✓ concetti principali riguardanti la **scienza e la tecnologia delle principali classi di materiali (Metalli, Polimeri, Ceramici e Compositi)**;
- ✓ Strumenti per la modellazione e la progettazione, la lavorazione dei materiali suddetti e le basi per la progettazione circolare e l'analisi del ciclo di vita.



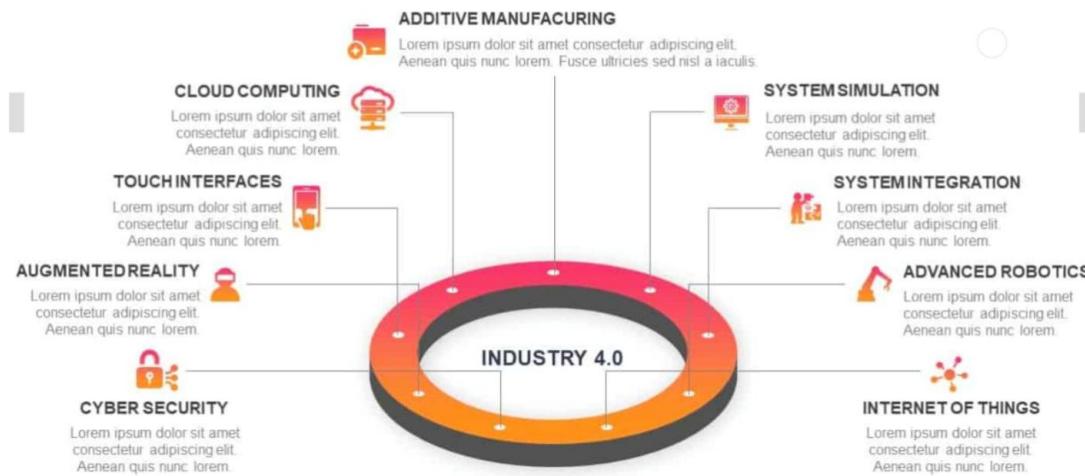
### II ANNO

- ✓ due curricula
- ✓ **Curriculum “ADVANCED MATERIALS AND PROCESSES”:** un percorso incentrato su tematiche relative allo sviluppo, alla produzione ed alla progettazione di materiali avanzati, studio di tecnologie e metodi innovativi per la modellizzazione e la simulazione di materiali eterogenei, l'uso di materiali attivi ed intelligenti nel settore delle costruzioni, nano materiali;
- ✓ **Curriculum “SUSTAINABLE MATERIALS AND PROCESSES”:** un percorso che sarà specificamente dedicato ai processi chimici e biologici sostenibili, sistemi energetici sostenibili e ecocompatibili, con approfondimenti sul recupero ed il riciclo dei materiali polimerici e la progettazione con Life Cycle Analysis (LCA,LCC).

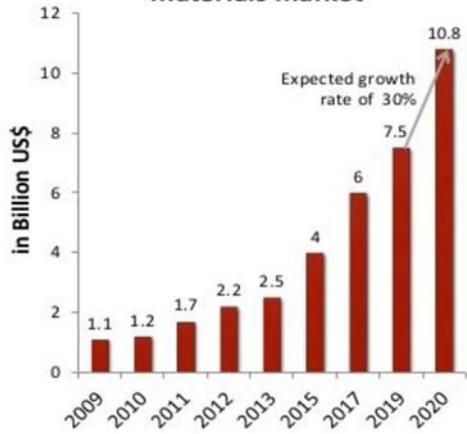


<https://ing1.unipg.it/didattica/studiare/lauree-magistrali/1275-ingegneria-dei-materiali-e-dei-processi-sostenibili>

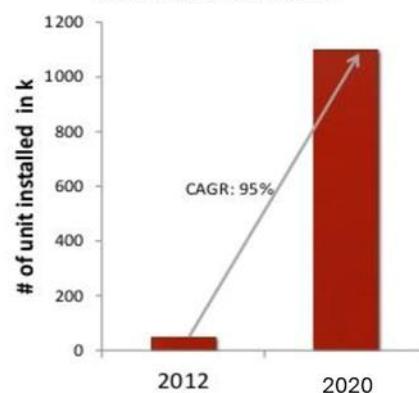
# SALUTE UMANA ed AMBIENTALE @ ING UNIPG – Materiali metallici



3D service, products and materials market



3D Printer installed



- **Additive Manufacturing:** **tecnologia** per fabbricare componenti di geometria complessa
- **Tecnologia** attraverso la quale è possibile fabbricare pezzi «customizzati»
- In questi anni lo sviluppo ha riguardato essenzialmente i processi

..... o Additive Metallurgy?

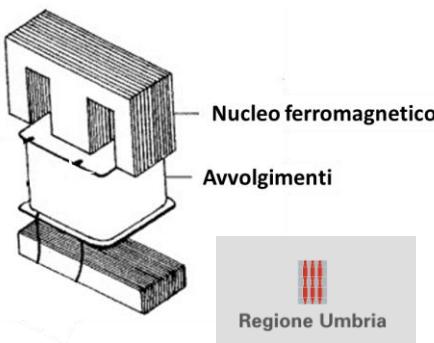
Attualmente solo un numero limitato di leghe metalliche sono processabili!

## Sviluppo di materiali per processi additivi

### SFIDA e OPPORTUNITA'

- L'ottimizzazione di leghe commerciali e/o lo sviluppo di leghe "tailored" sono aspetti ad oggi affrontati in modo molto marginale.
- Le leghe attualmente utilizzate, sviluppate per la fabbricazione mediante processi convenzionali, non permettono di cogliere tutte le potenzialità dei processi AM in termini di proprietà.

### Leghe Fe-Si per motori elettrici



**MAGNETO3D:** Realizzazione di un **nucleo ferromagnetico** per motori elettrici attraverso **manifattura additiva**

Componente in **materiale ferromagnetico** (acciaio dolce, **leghe FeSi**, leghe FeCo)

→ nelle applicazioni elettriche ha lo scopo di confinare e direzionare il flusso di induzione magnetica.

### Il ruolo strategico dei materiali

**PROBLEMA:** il **silicio** **infragilisce** fortemente il materiale → Limite tecnologico

### Soluzione al problema: stampa 3D



Article

#### Properties of Additively Manufactured Electric Steel Powder Cores with Increased Si Content

Giulia Stornelli <sup>1</sup>\*, Antonio Faba <sup>2</sup>, Andrea Di Schino <sup>2,\*</sup>, Paolo Folgarait <sup>3</sup>, Maria Rita Ridolfi <sup>3</sup>, Ermanno Cardelli <sup>2</sup> and Roberto Montanari <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Via del Politecnico 1, 00133 Roma, Italy; giulia.stornelli@students.uniroma2.eu (G.S.); roberto.montanari@uniroma2.it (R.M.)

<sup>2</sup> Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia, Via G. Duranti, 06125 Perugia, Italy; antonio.faba@unipg.it (A.F.); ermanno.cardelli@unipg.it (E.C.)

<sup>3</sup> Seamthesis Srl, Via IV Novembre 156, 29122 Piacenza, Italy; paolo.folgarait@seamthesis.com (P.F.); mariarita.ridolfi@seamthesis.com (M.R.R.)

\* Correspondence: andrea.dischino@unipg.it

Prof.ri Andrea Di Schino, Antonio Faba



G. NAPOLI, M. PAURA, T. VELA, A. DI SCHINO

ISSN 0543-5846  
METABK 57(1-2) 111-113 (2018)  
UDC – UDK 669.295.7.018:621.35.6676:541.451=111

## COLOURING TITANIUM ALLOYS BY ANODIC OXIDATION

Received – Primljeno: 2017-07-18

Accepted – Prihvaćeno: 2017-10-25

Original Scientific Paper – Izvorni znanstveni rad

The present study is focused on analyzing the change of colors of anodized titanium and effects of applied electrolytic voltages on chromatics. The titanium specimens were anodize in 20 g/L citric acid and 20 g/L baking soda electrolyte by use of different voltages. The colors of anodize titanium were measured with a spectrophotometer and then evaluated in the CIELAB color space. It is found that different volt produces different colors. Anodizing in the range of 15 V to 150 V produces respectively a wide spectrum of color ranging from brown to fuchsia. It can be concluded that the colors of the anodize titanium are dependent upon the applied voltages.

**Key words:** titanium alloys, anodization, color, oxide, solution

**AM è fashion!**

## Leghe metalliche per AM: settore bio-medico

C. DI SCHINO, C. ZITELLI, G. NAPOLI, G. STORNELLI, P. FOLGARAIT, A. DI SCHINO

ISSN 0543-5846

METABK 59(1) 137-140 (2020)

UDC – UDK 669.77/78-669.4/621.4:536.425.004.12:538.371:661.8=111

## ABOUT SOME ISSUES CONCERNING SHAPE MEMORY ALLOYS APPLICATIONS IN NEURO-REHABILITATION

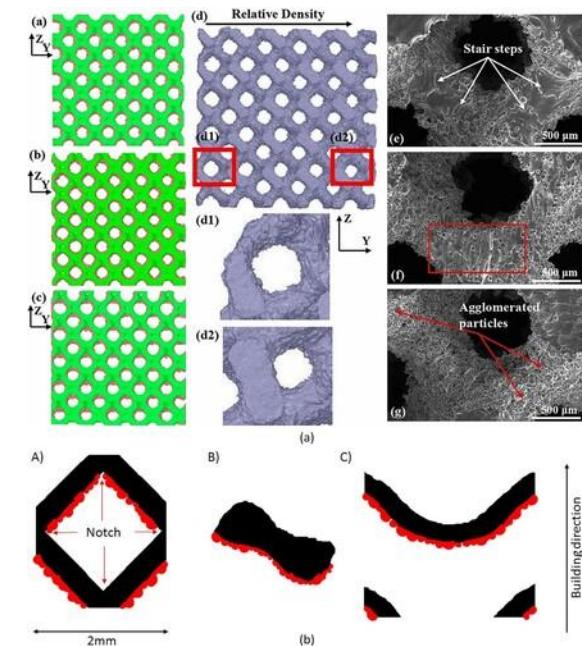
Received – Primljeno: 2019-06-03

Accepted – Prihvaćeno: 2019-08-30

Review Paper – Pregledni rad

Shape memory alloys (SMAs) are a very promising class of metallic materials showing promising nonlinear properties, such as pseudo-elasticity behavior, shape memory effect and damping capacity, due to high mechanical hysteresis and internal friction. SMA have been recently applied in the field of neuromuscular rehabilitation, designing some new devices based on the above properties. The paper discusses possible uses of these materials in the treatment of movement disorders, such as dystonia or hyperkinesia, where their dynamic characteristics can be the key issue.

**Key words:** shape memory alloys, phase transformation, properties, pseudo-elasticity, neurology





## Do Shape Memory Alloys Represent A New Frontier in Neurorehabilitation?

Chiara Di Schino<sup>1</sup> and Andrea Di Schino<sup>2\*</sup>

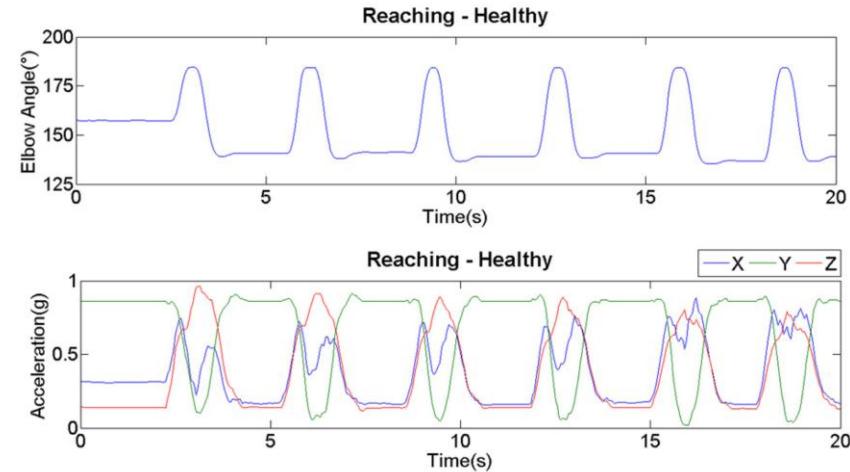
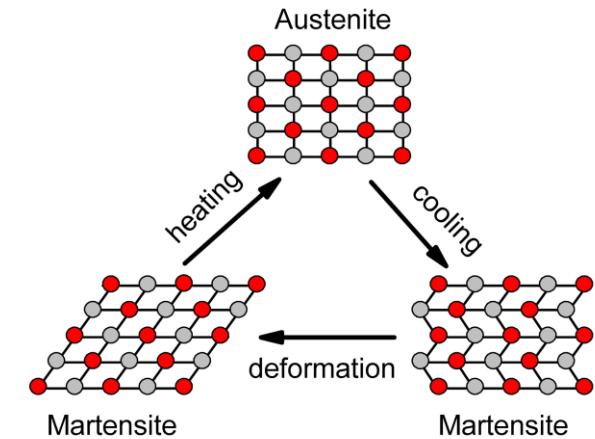
<sup>1</sup>SC Neurologia Azienda Ospedaliera S. Maria, Italy

<sup>2</sup>Dipartimento di Ingegneria, Università di Perugia, Italy

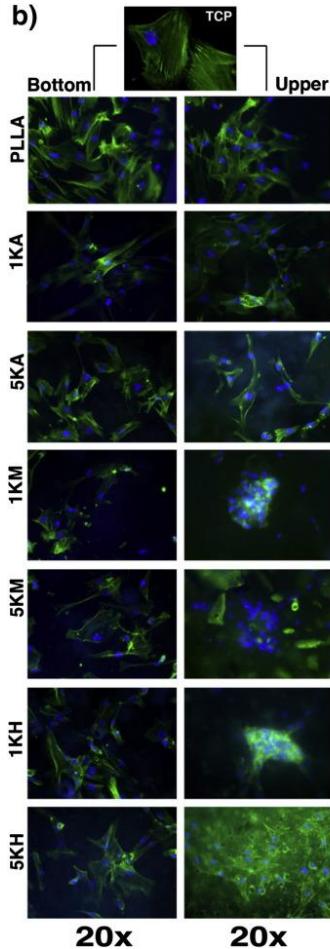
\*Corresponding author: Andrea Di Schino, Dipartimento di Ingegneria, Università di Perugia, Perugia, Italy.

To Cite This Article: Andrea Di Schino. Do Shape Memory Alloys Represent A New Frontier in Neurorehabilitation?. Am J Biomed Sci & Res. 2019 - 5(2). AJBSR.MS.ID.000887. DOI: 10.34297/AJBSR.2019.05.000887.

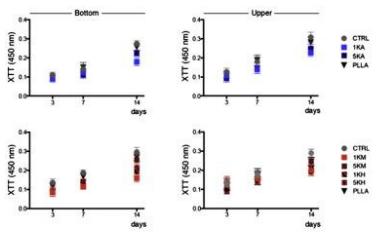
Received: August 09, 2019; Published: September 13, 2019



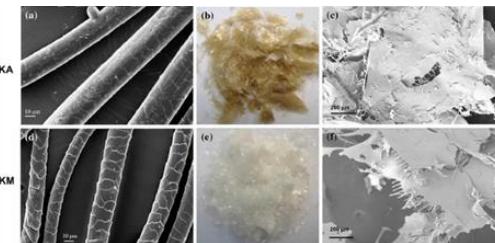
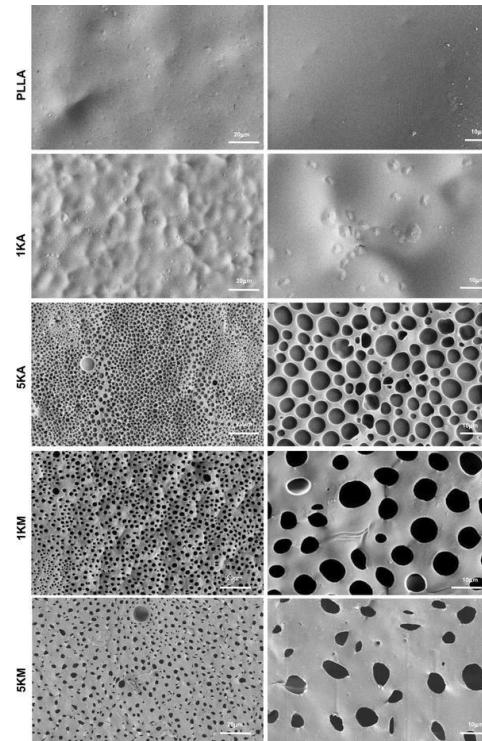
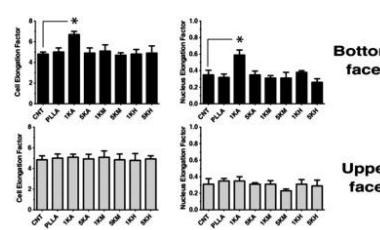
## Cheratine estratte dalla lana Merino e dalle fibre di alpaca: proprietà termiche, meccaniche e biologiche dei biocompositi a base di PLLA



a)



c)

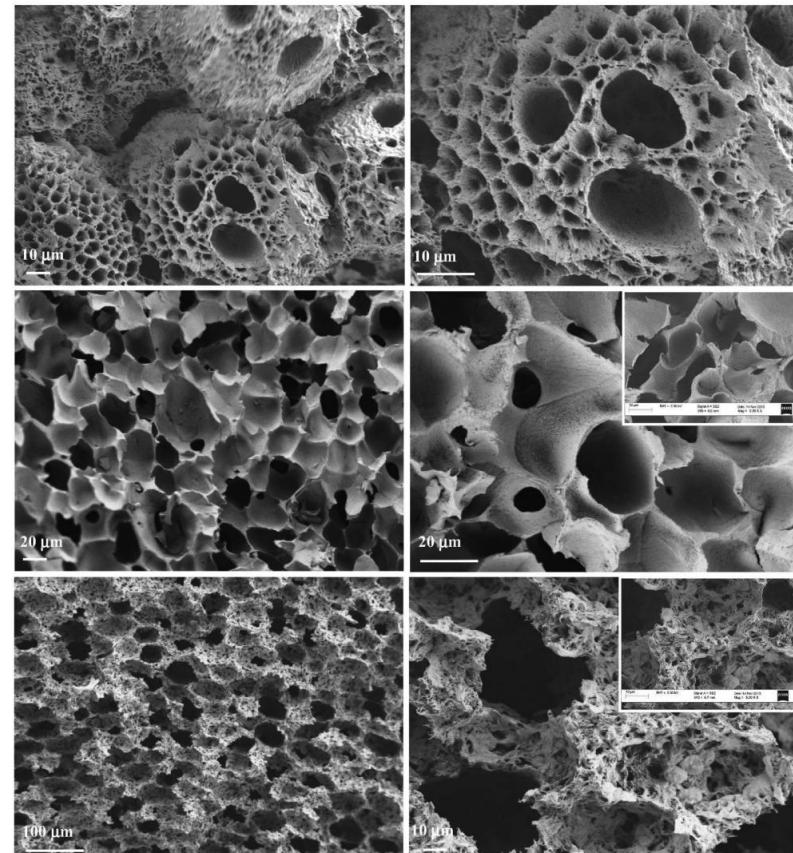
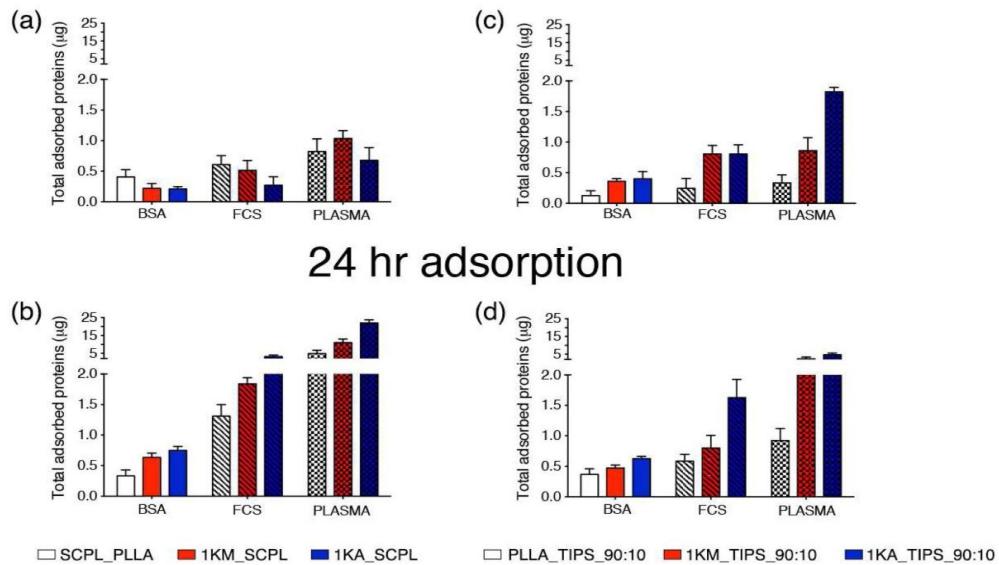


I biocompositi PLLA basati su diversi tipi di cheratine hanno supportato la **coltura di cellule staminali mesenchimali del midollo osseo umano**.

A. Aluigi, C. Tonetti, F. Rombaldoni, D. Puglia, E. Fortunati, I. Armentano, C. Santulli, L. Torre, J.M. Kenny (2014) Keratins from Merino wool and Brown Alpaca fibres as filler for PLLA based biocomposites Journal of Materials Science 49(18): 6257-6269 DOI: 10.1007/s10853-014-8350-

Effetto delle tecniche di lavorazione sulla microstruttura 3D di scaffold in poli(acido L-lattico) rinforzati con cheratina di lana proveniente da diverse fonti

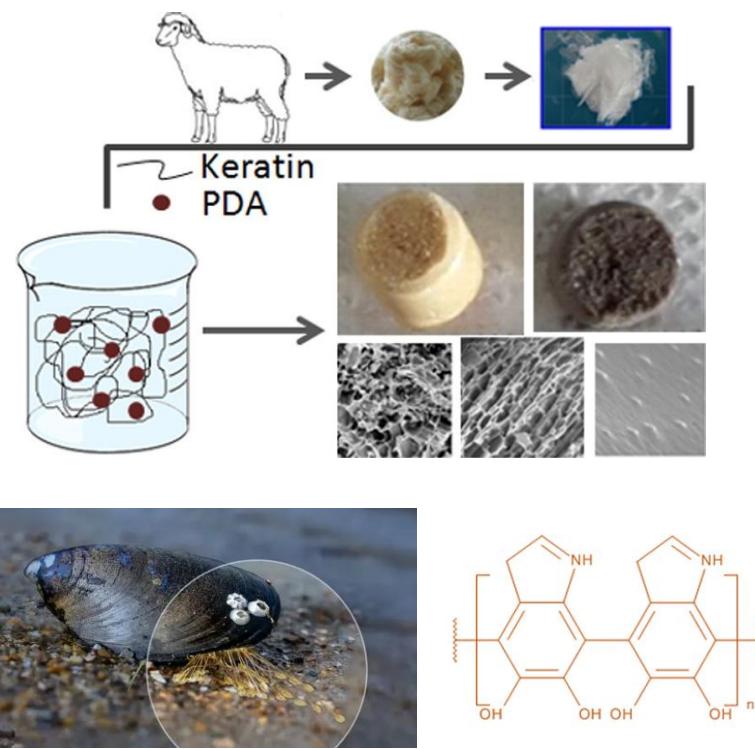
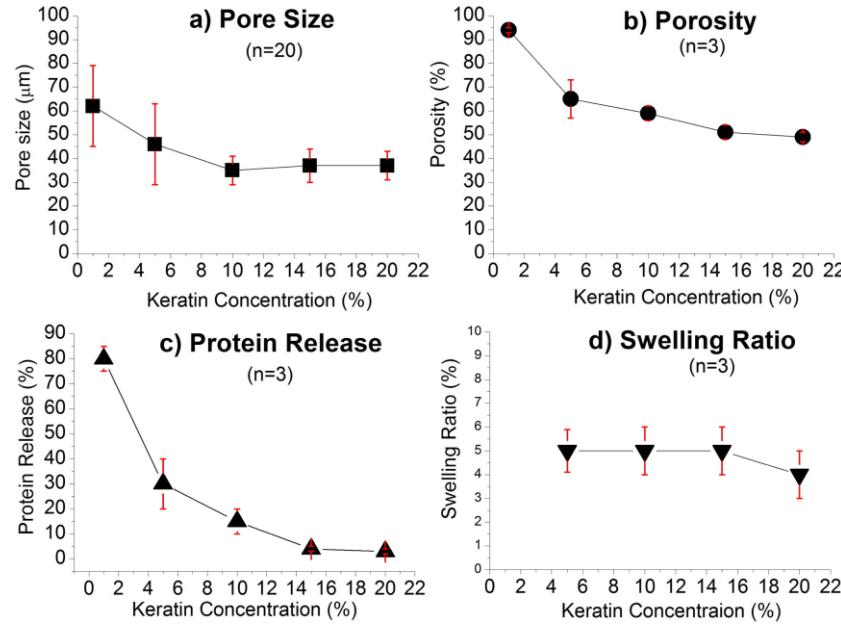
30 min adsorption



- ✓ il contenuto di porogeno o il rapporto solvente/non solvente influiscono in modo significativo sulla **porosità e sull'architettura degli scaffold** PLLA e PLLA/cheratina ottenuti.

**D. Puglia, R. Ceccolini, E. Fortunati, I. Armentano, A. Aluigi, L. Torre, J.M. Kenny (2015) Effect of processing techniques on the 3D microstructure of poly (L-lactic acid) scaffolds reinforced with wool keratin from different sources J. Appl. Polym. Sci., 132, 42890. doi: 10.1002/app.42890**

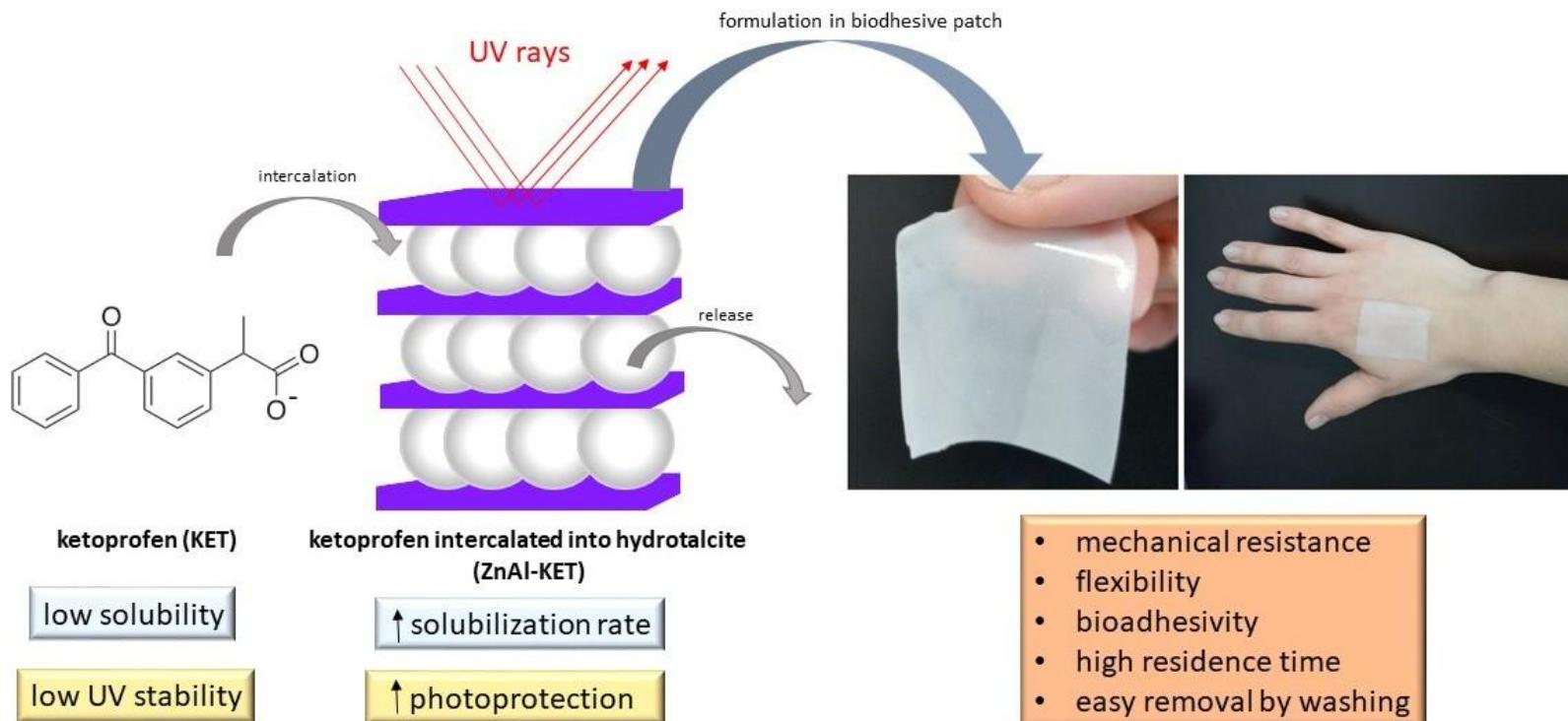
Sviluppo di spugne di cheratina con morfologie regolabili e proprietà antiossidanti controllate indotte dal drogaggio con nanoparticelle di polidopamina (PDA)



ispirazione biologica proviene dalle proteine adesive dei mitilli

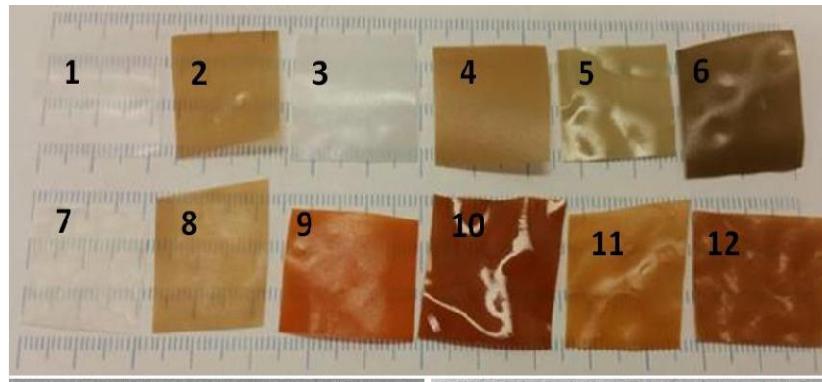
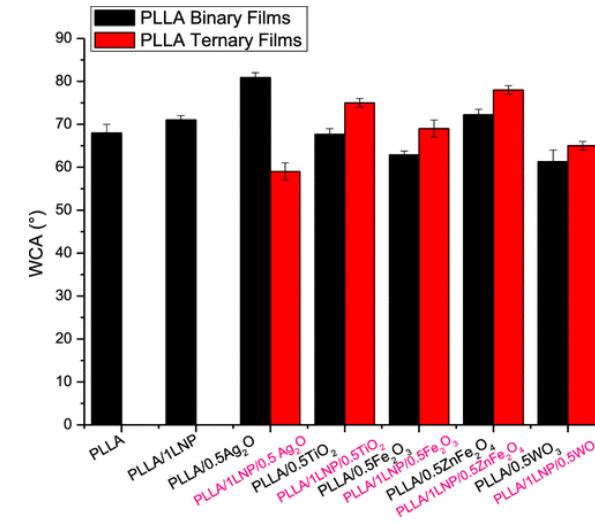
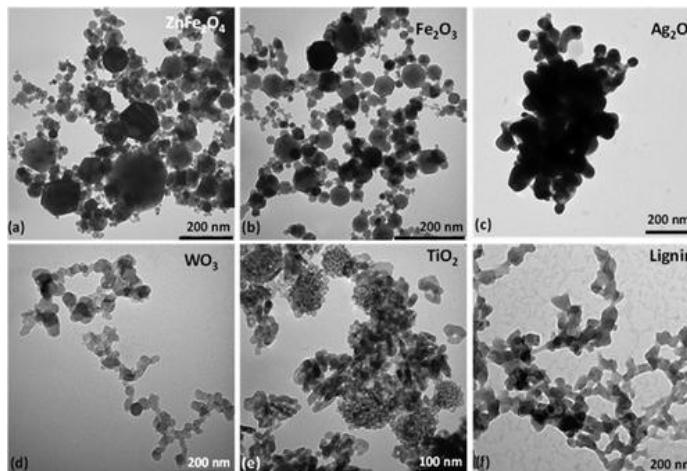
- ✓ Le spugne composite in nanoparticelle di polidopamina/cheratina hanno mostrato un'attività antiossidante dipendente dal tempo.

T. Posati, G. Sotgiu, G. Varchi, C. Ferroni, R. Zamboni, F. Corticelli, D. Puglia, L. Torre, A. Terenzi, A. Aluigi, Annalisa (2016) Developing keratin sponges with tunable morphologies and controlled antioxidant properties induced by doping with polydopamine (PDA) nanoparticles, Materials & Design, 110, 475-484, doi: 10.1016/j.matdes.2016.08.017



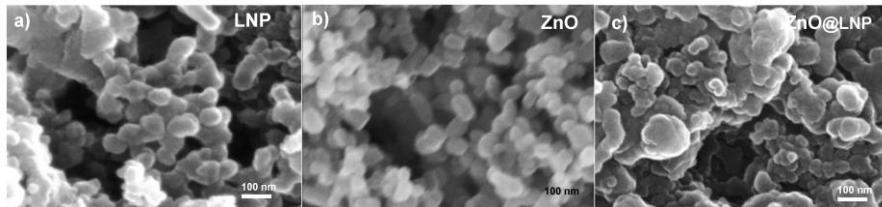
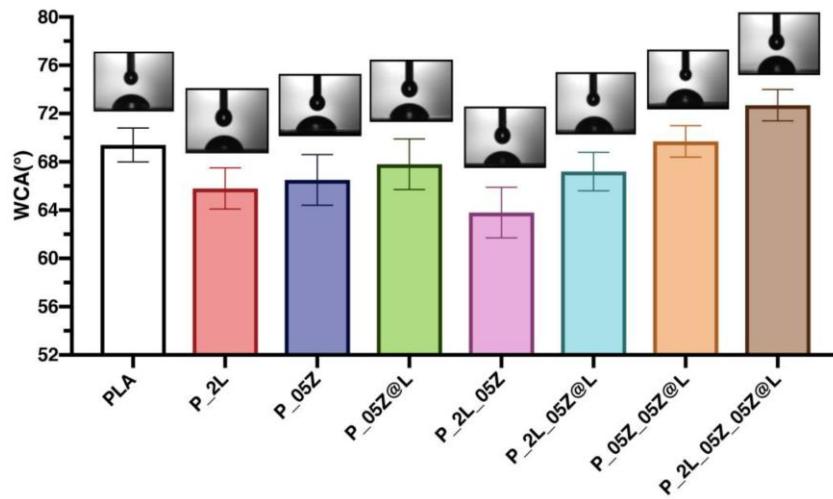
- cerotti autoadesivi per il trattamento locale del dolore preparati mediante solvent casting a partire da un idrogelo a base di polimero biocompatibile e bioadesivo NaCMC (carbossimetilcellulosa sodica) e glicerolo come agente plastificante.
- è stato ottenuto un rilascio prolungato e completo di KET entro 8 ore. Ciò ha consentito di **ridurre la frequenza di somministrazione dell'antinfiammatorio** rispetto alle formulazioni convenzionali.

Pagano C, Latterini L, Di Michele A, Luzi F, **Puglia D**, Ricci M, Antonio Viseras Iborra C, Perioli L. Polymeric Bioadhesive Patch Based on Ketoprofen-Hydrotalcite Hybrid for Local Treatments. *Pharmaceutics*. 2020 Aug 4;12(8):733. doi: 10.3390/pharmaceutics12080733.

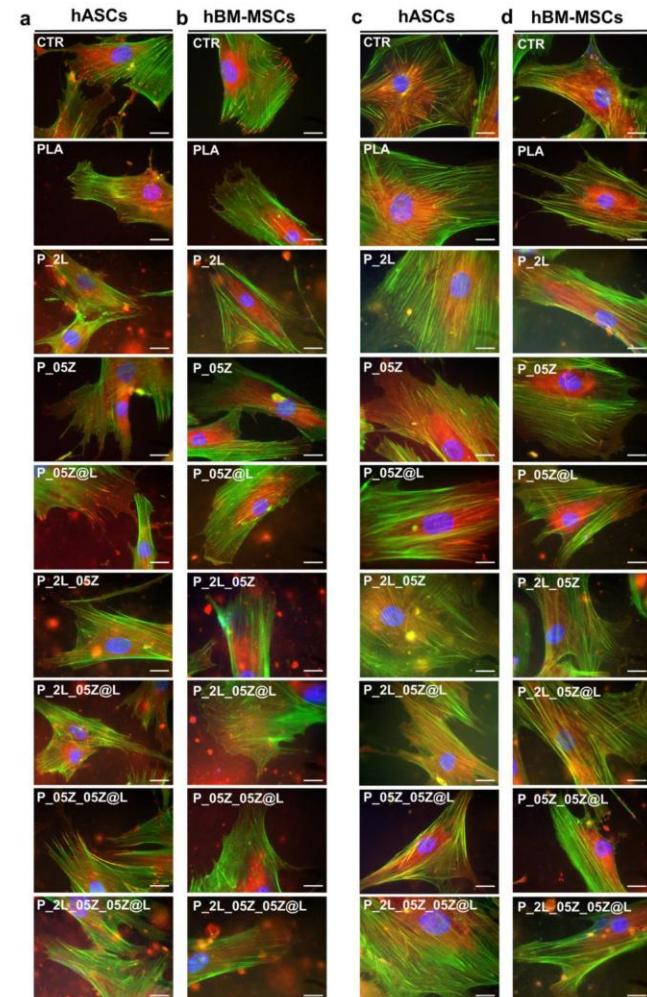


1, PLLA; 2, PLLA/1LNP; 3, PLLA/0.5TiO<sub>2</sub>; 4, PLLA/1LNP/0.5TiO<sub>2</sub>; 5, PLLA/0.5Ag<sub>2</sub>O; 6, PLLA/1LNP/0.5Ag<sub>2</sub>O; 7, PLLA/0.5WO<sub>3</sub>; 8, PLLA/1LNP/0.5WO<sub>3</sub>; 9, PLLA/0.5Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 10, PLLA/1LNP/0.5Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 11, PLLA/0.5ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 12, PLLA/1LNP/0.5ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

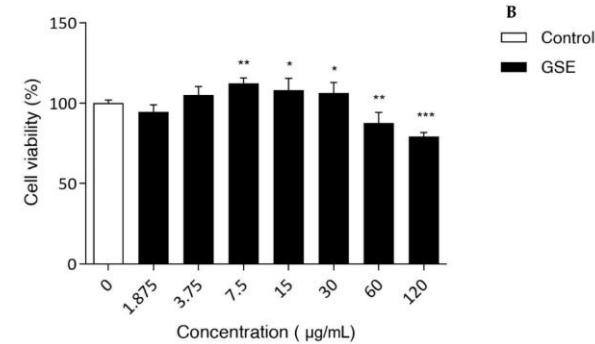
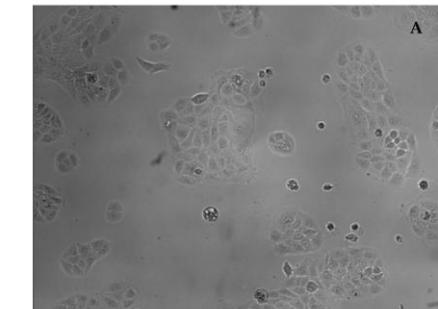
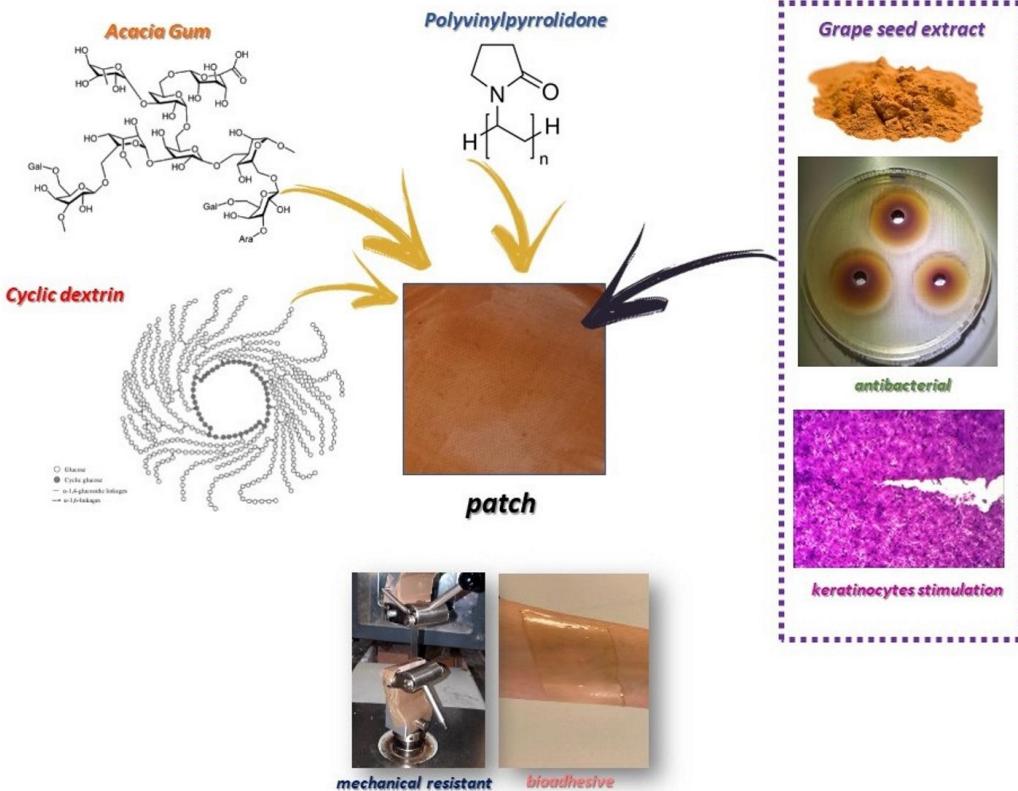
- la presenza di nanoparticelle di ossido metallico alla concentrazione ponderale selezionata influisce sulla microstruttura superficiale del polimero PLLA
- questo risultato dipende dal tipo di particella, in base alla forma, alla morfologia e alle proprietà chimiche delle nanoparticelle (NP) selezionate.
- La bagnabilità dei nanocompositi a base di PLLA è stata leggermente modificata dalla presenza di nanoparticelle di lignina idrofobe e ossidi metallici di forma diversa.



- ✓ film nanocompositi costituiti da polimero di acido polilattico (PLA) e l'inclusione di nanoparticelle di lignina (LNP), ZnO e ibrido ZnO@LNP
- ✓ I film derivati dal PLA puro e dal nanocomposito si sono dimostrati adatti alle **colture di cellule staminali mesenchimali del midollo osseo umano adulto e di cellule staminali adipose**

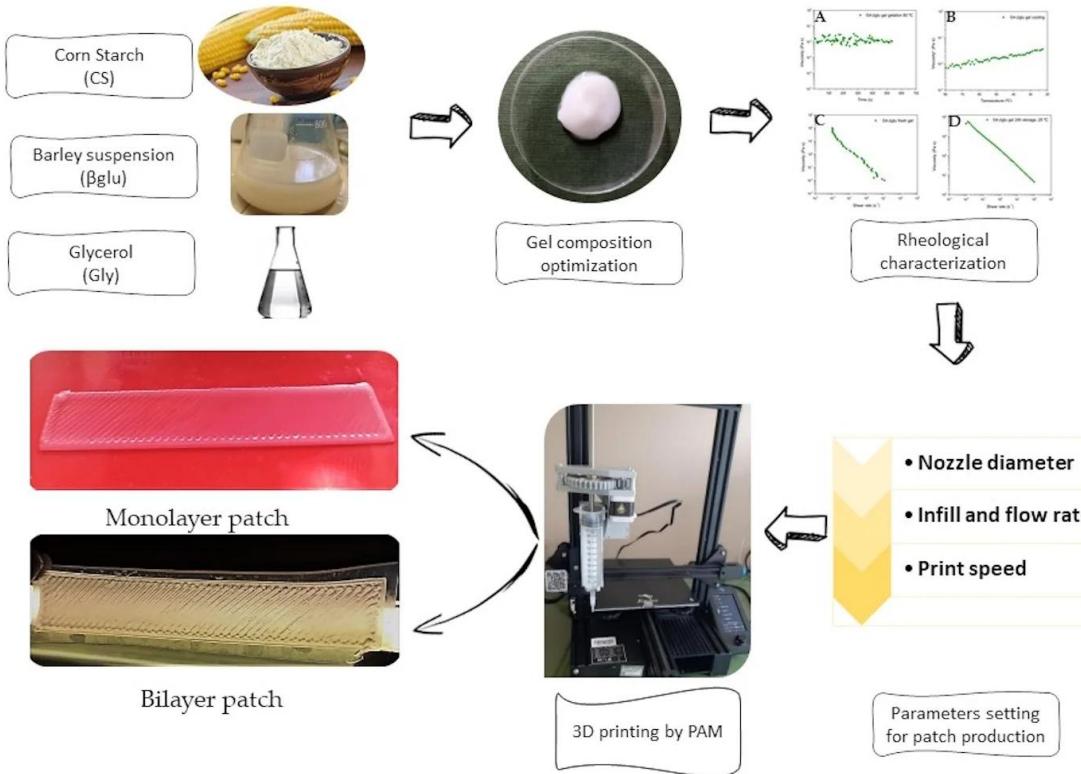


Luzi, F., Tortorella, I., Di Michele, A., Dominici, F., Argentati, C., Morena, F., Torre, L., **Puglia, D.**, Martino, S. Novel nanocomposite PLA films with lignin/zinc oxide hybrids: Design, characterization, interaction with mesenchymal stem cells (2020) Nanomaterials, 10 (11), art. no. 2176, pp. 1-21. DOI: 10.3390/nano10112176



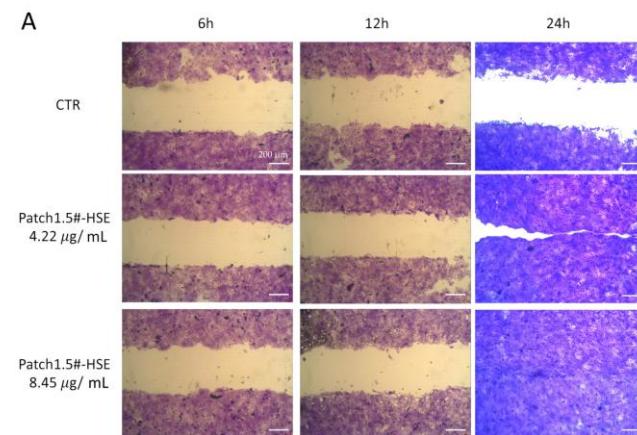
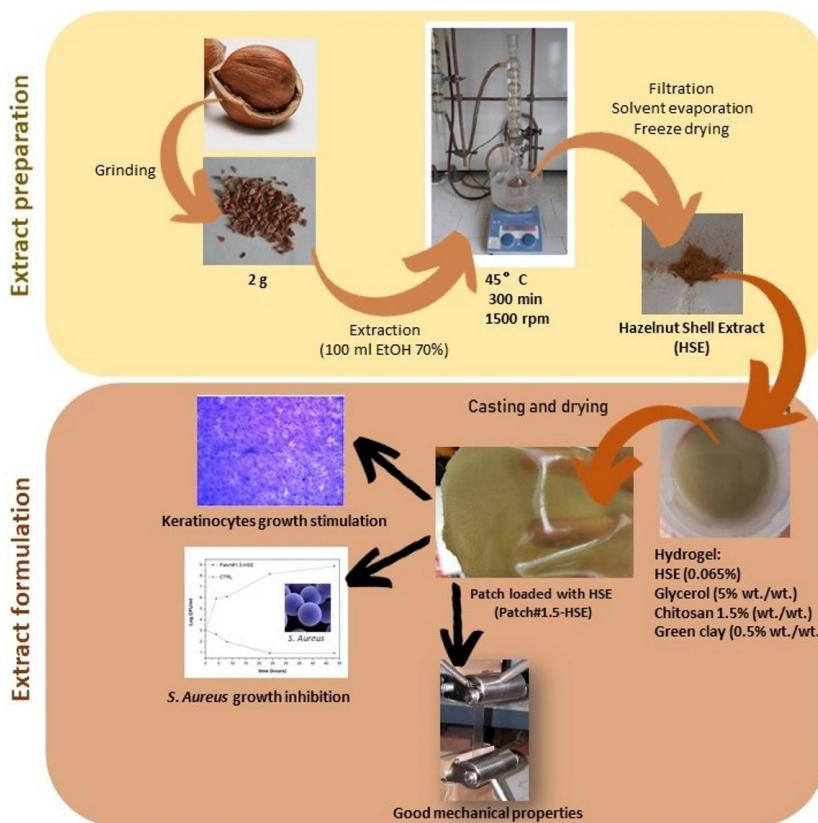
- ✓ Il rilascio dell'estratto di semi d'uva nel cerotto finale stimola la crescita dei cheratinociti ed esercita anche attività antiossidanti e antimicrobiche.
- ✓ La formulazione sviluppata è facile da applicare e facilmente rimovibile (senza traumi e dolore) rispettando i tessuti di nuova formazione.

Pagano, C., Luzi, F., Ricci, M., Di Michele, A., **Puglia, D.**, Ceccarini, M.R., Beccari, T., Blasi, F., Cossignani, L., Schoubben, A., Primavilla, S., Iborra, C.A.V., Perioli, L. Wound Dressing: Combination of Acacia Gum/PVP/Cyclic Dextrin in Bioadhesive Patches Loaded with Grape Seed Extract (2022) *Pharmaceutics*, 14 (3), art. no. 485, DOI: 10.3390/pharmaceutics14030485



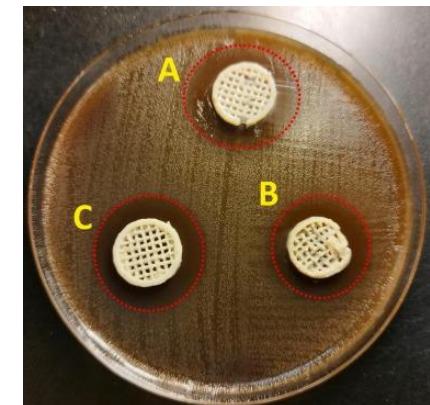
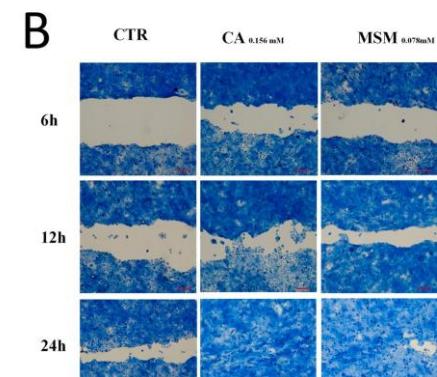
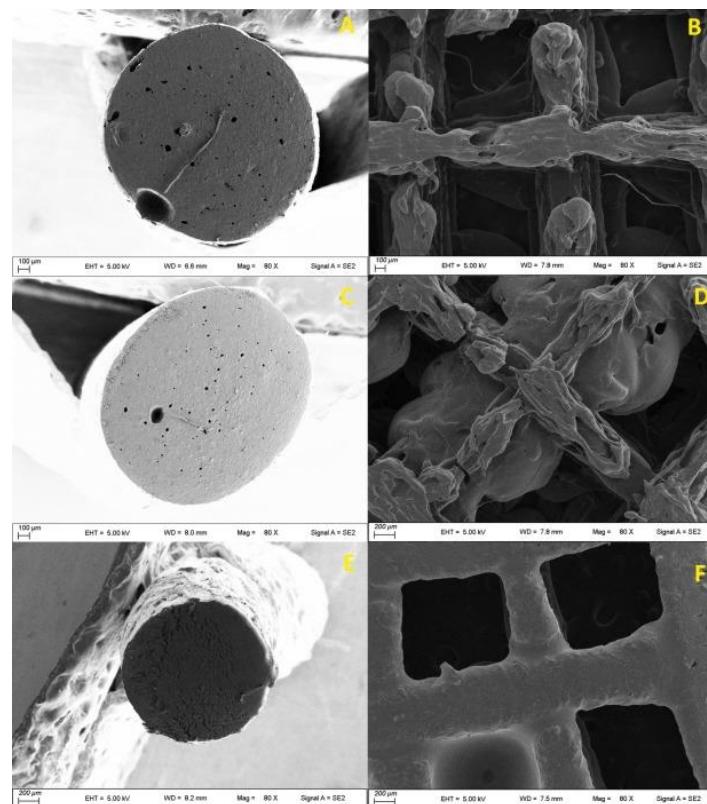
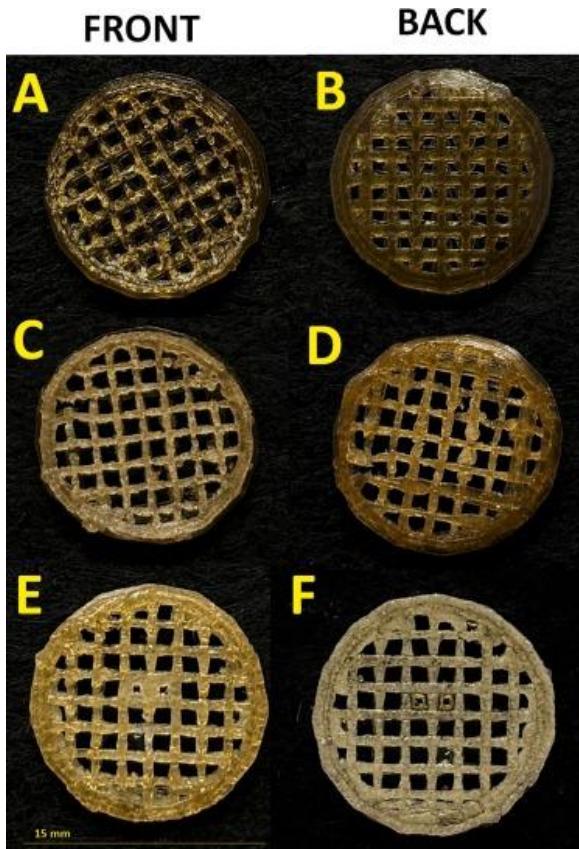
- ✓ cerotto omogeneo ma con una bassa resistenza meccanica: il gel di amido è stato **estruso** su un supporto di alginato che, dopo l'essiccazione, diventa parte integrante del prodotto
- ✓ **possibilità di una produzione a basso costo di cerotti per il trattamento delle ferite mediante tecnologia di produzione additiva**

Pérez Gutiérrez, C.L., Cottone, F., Pagano, C., Di Michele, A., **Puglia, D.**, Luzi, F., Dominici, F., Sinisi, R., Ricci, M., Viseras Iborra, C.A., Perioli, L. The Optimization of Pressure-Assisted Microsyringe (PAM) 3D Printing Parameters for the Development of Sustainable Starch-Based Patches (2023) Polymers, 15 (18), art. no. 3792, DOI: 10.3390/polym15183792

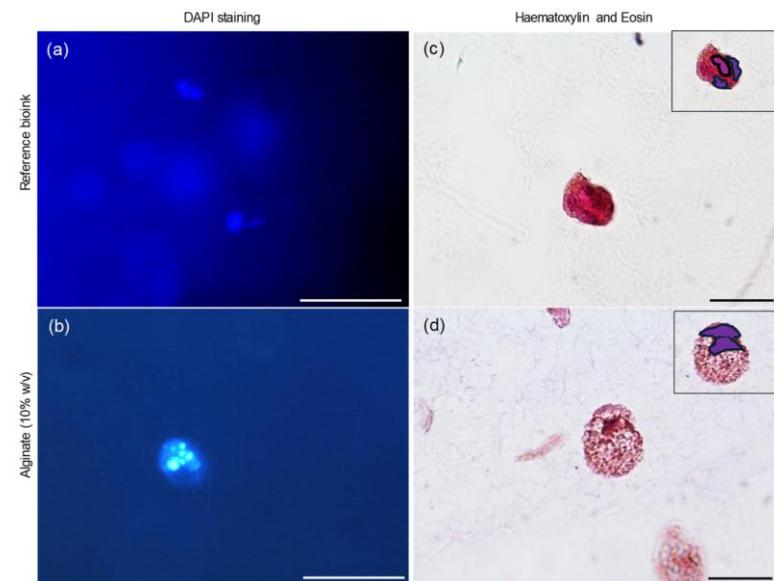
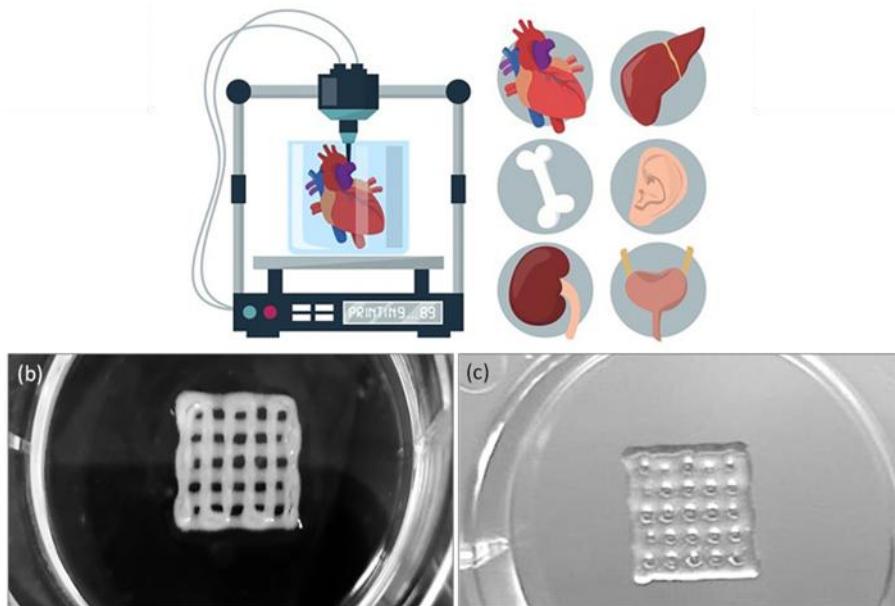


- ✓ Un estratto idrosolubile di gusci di nocciole (HSE) è stato formulato con successo in cerotti bioadesivi, a base di chitosano come biopolimero e argilla verde come riempitivo, destinati al trattamento delle ferite.
- ✓ **Capacità dell'HSE di sopprimere la crescita dello *Stafilococco aureo*, un batterio notoriamente coinvolto in molte infezioni delle ferite.**

Pérez Gutierrez, C.L., Di Michele, A., Pagano, C., **Puglia, D.**, Luzi, F., Beccari, T., Ceccarini, M.R., Primavilla, S., Valiani, A., Vicino, C., Ricci, M., Viseras Iborra, C.A., Perioli, L. *Polymeric Patches Based on Chitosan/Green Clay Composites and Hazelnut Shell Extract as Bio-Sustainable Medication for Wounds* (2023) *Pharmaceutics*, 15 (8), art. no. 2057, DOI: 10.3390/pharmaceutics15082057

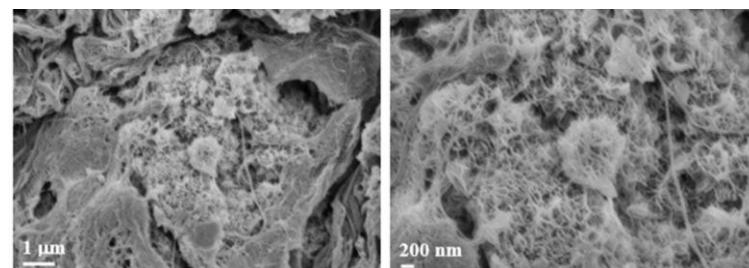


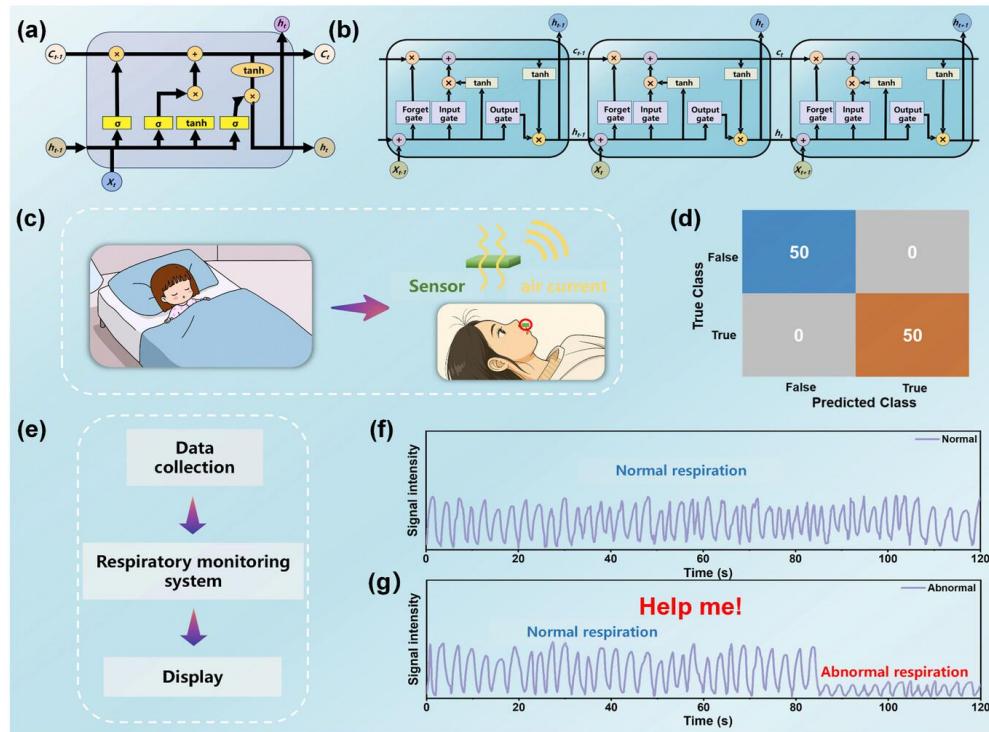
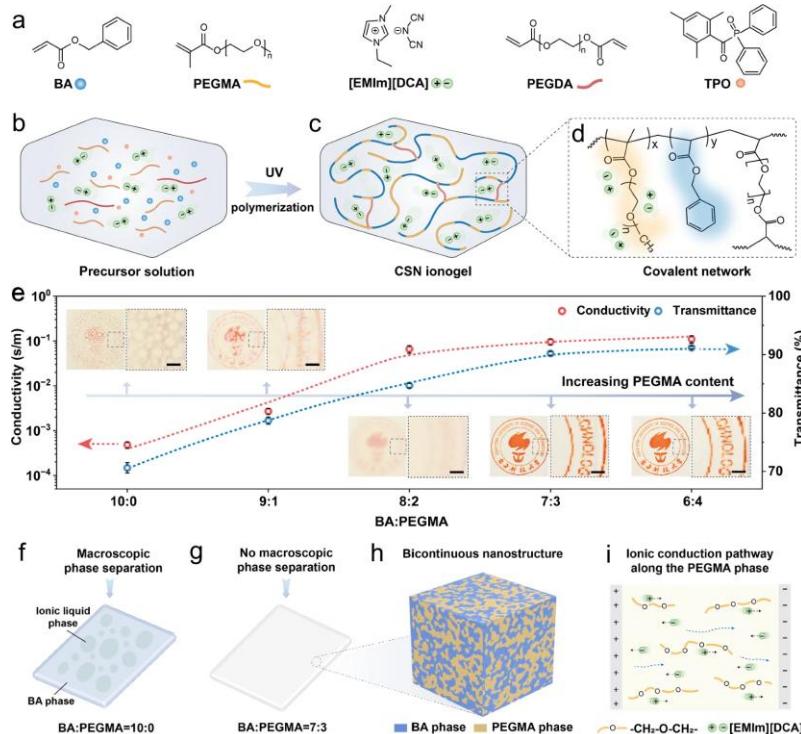
F. Dominici, A. Imbriano, **D. Puglia**, C. Pagano, F. Luzi, A. Rafanelli, A. Di Michele, F. Bonacci, M.R. Ceccarini, S. Primavilla, A. Valiani, L. Tensi, C. L. Pérez Gutierrez, R. De Melo Barbosa, C. Viseras, M. Ricci, L. Perioli (2025), Starch-Based scaffold produced by FDM 3D printing technique as Innovative and biosustainable wound dressing, 2025, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 210, 114698, doi: 10.1016/j.ejpb.2025.114698



- ✓ L'uso di bioinchiostri a basso costo e formulati internamente presenta notevoli vantaggi per la modellizzazione della crescita delle cellule tumorali in vitro.
- ✓ Il **bioinchiostro commerciale Cellink è circa 400-800 volte più costoso al millilitro** rispetto al bioinchiostro a base di alginato di sodio preparato in laboratorio

Mazzoli, A.; Greco, S.; Luzi, F.; Evangelisti, M.C.; González, A.D.; Corinaldesi, V.; Caragiuli, M.; Rallini, M.; **Puglia, D.**; Cinti, S.; et al. 3D-Printed Alginate-Based Hydrogels with Appropriate Rheological Properties and Efficient Development of Cell Spheroids. *Polymers* 2025, 17, 1730. <https://doi.org/10.3390/polym17131730>





- ✓ Ionogel: materiali compositi innovativi formati da un liquido ionico intrappolato in una matrice solida polimerica o inorganica, che combinano la flessibilità dei gel con l'elevata conducibilità ionica, agendo come elettroliti pseudosolidi per applicazioni avanzate come i sensori

Qi Zhou, Shuai Zhou, Debora Puglia, Xiaojing Zhang, Pengwu Xu, Deyu Niu, Weijun Yang, Piming Ma. Ultrastretchable and Recyclable Ionogels with Hierarchical Dynamic Bonds for Respiratory Monitoring. *Adv. Funct. Mater.* 36, no. 2 (2026): e12398. <https://doi.org/10.1002/adfm.202512398>

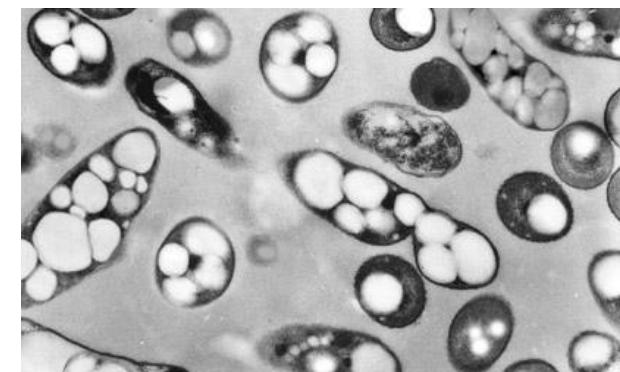
## Ripulire i mari con la bioplastica

La società biotech bolognese **Bio-on** lancia un filone di ricerca applicativa basato sulle sue bioplastiche a base di poliidrossialcanoati (**PHA**).

l'obiettivo è **ripulire i mari dal petrolio, dopo sversamenti accidentali, o nelle bonifiche ambientali**

Questo si basa su **micropolveri**, della dimensione di pochi micron e di una forma particolare, realizzate con **bioplastica PHAs, biobased (si ottengono da microorganismi) e biodegradabile al 100%**. Sparse nel mare inquinato, queste polveri formano una **struttura porosa** adatta ad ospitare una serie di batteri, presenti naturalmente in ambiente marino, che si nutrono della bioplastica e in questo modo si moltiplicano e si rafforzano fino ad attaccare il petrolio.

Secondo l'azienda italiana, **i processi biodegradativi si attivano in circa 5 giorni e la frazione degradabile degli idrocarburi (ad esempio il petrolio) viene eliminata in circa 20 giorni.**



Kiara Nirghin riceve il primo premio al Google Science Fair 2016: **combattere la siccità con un polimero a base di bucce d'arancia e avocado.**

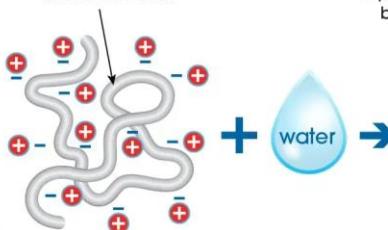
Il suo materiale innovativo fatto con scarti di arance può contenere centinaia di volte il proprio peso in acqua mentre è immagazzinato nel sottosuolo

- il prodotto che ne esce è un **gel che agisce come un serbatoio dell'acqua nel sottosuolo**

- l'uso di **plastiche super assorbenti (SAP)** in agricoltura riduce significativamente il problema della carenza idrica con un aumento della sopravvivenza delle piante e delle produzioni.

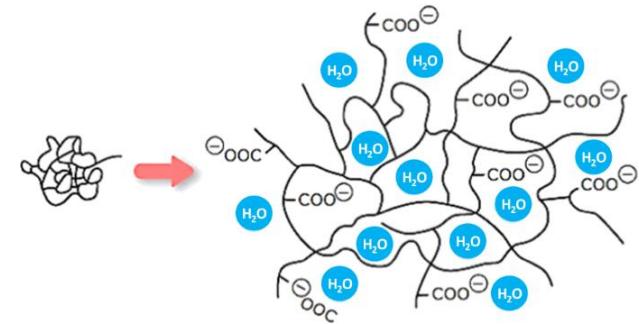
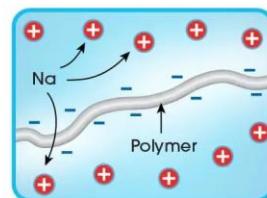
### powder state:

The polymer is folded in a dense coil.



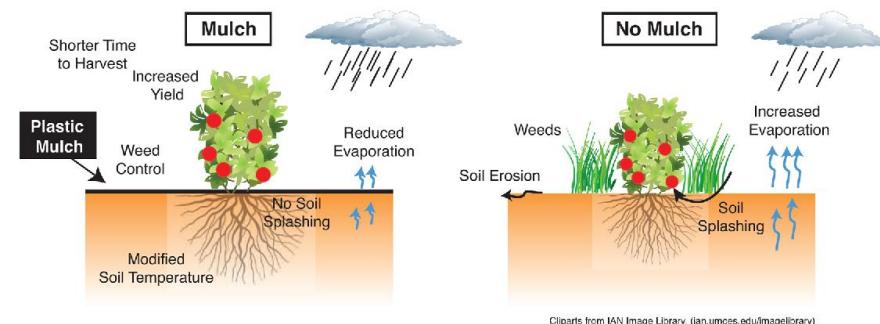
### gel state:

In the presence of water, the sodium ion separates from the polymer and as the chain becomes negatively charged, it unfolds.

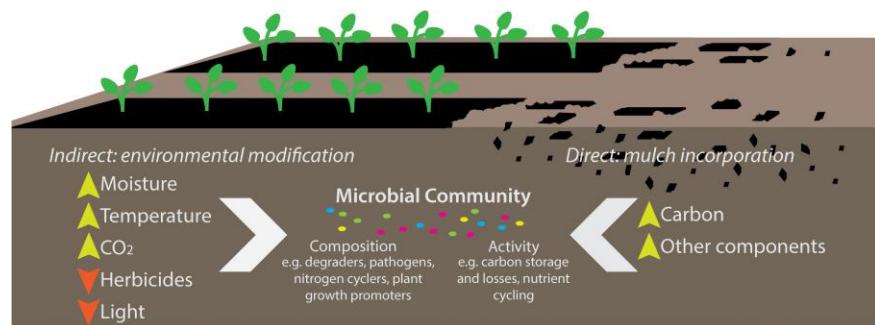


I **film per pacciamatura**, oltre a trattenere l'umidità del terreno, la distribuiscono più omogeneamente favorendo così la crescita delle radici. Durante le ore diurne molto calde viene inoltre ridotto il rischio della formazione di croste dure sulla superficie.

Oltre agli aspetti legati al risparmio idrico, dal punto di vista ambientale l'impiego dei film per pacciamatura permette di limitare efficacemente l'utilizzo di fitofarmaci e sostanze erbicide, riducendo così il rischio che poi possano diffondersi, migrare, inquinando così le falde acquifere.



I **film per pacciamatura biodegradabili** costituiscono una valida alternativa ai teli in plastica tradizionale, in quanto alla fine della stagione colturale possono essere incorporati insieme ai residui vegetali nel terreno dove verranno biodegradati ad opera dei microrganismi.

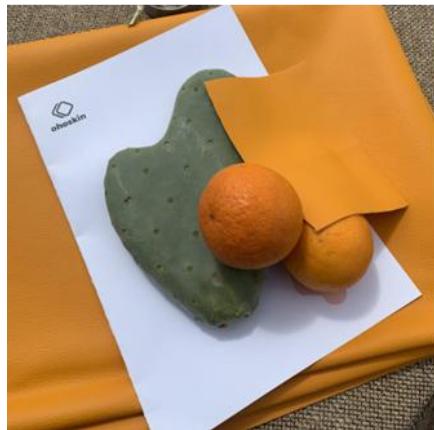


# INGEGNERIA @ UNIPG e SALUTE AMBIENTE – Materiali polimerici

- Uso di risorse rinnovabili (alge, funghi, **scarti agricoli**) per packaging alimentare – **PLASTICHE DA AMIDO/GLUTINE, CELLULOSA, LIGNINA, CASEINA, CHERATINA**

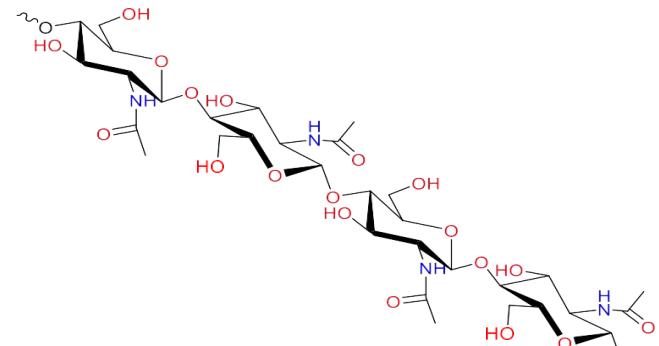
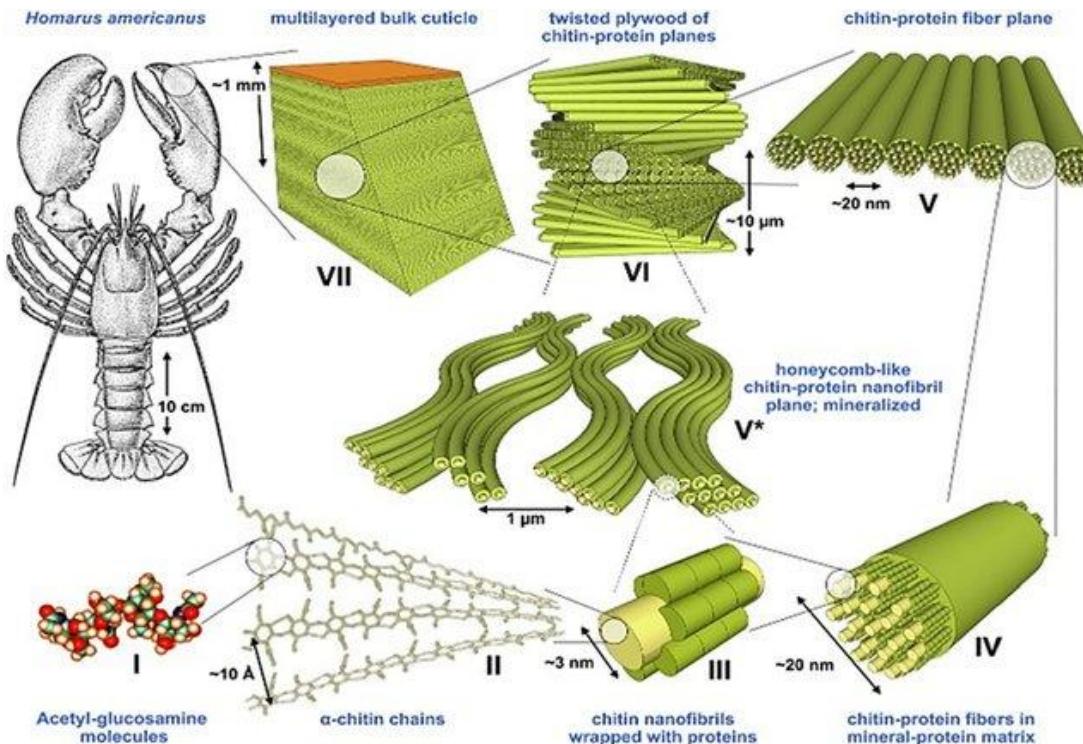


## PECTINA

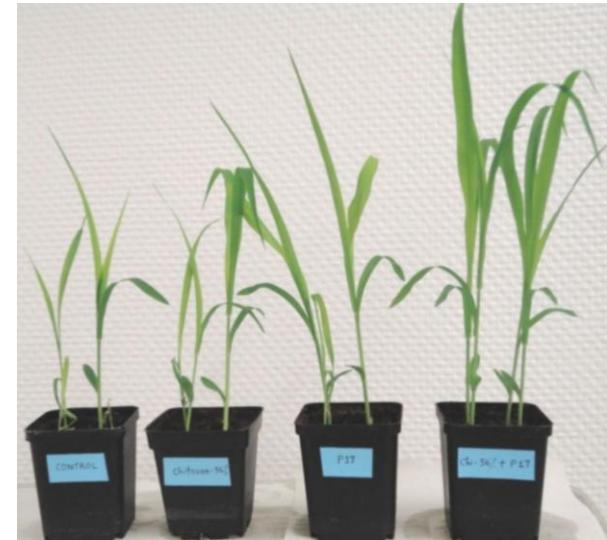
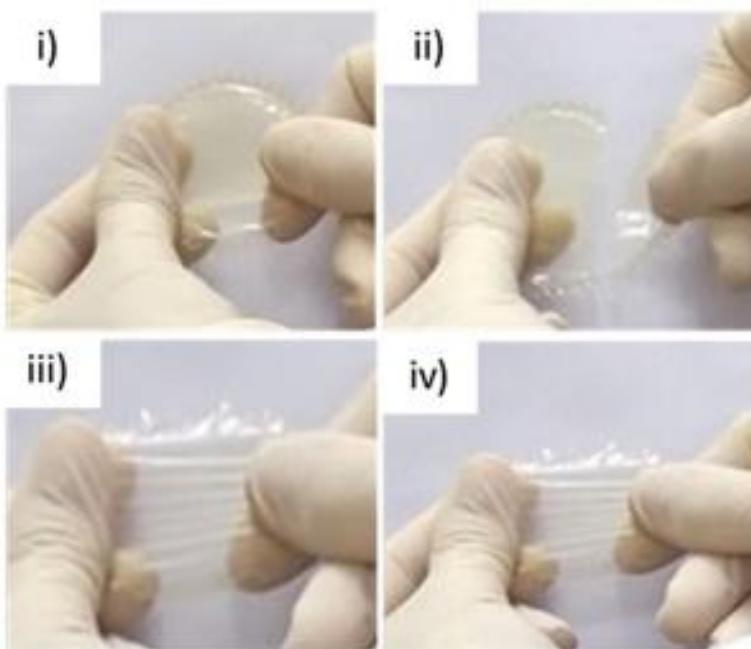
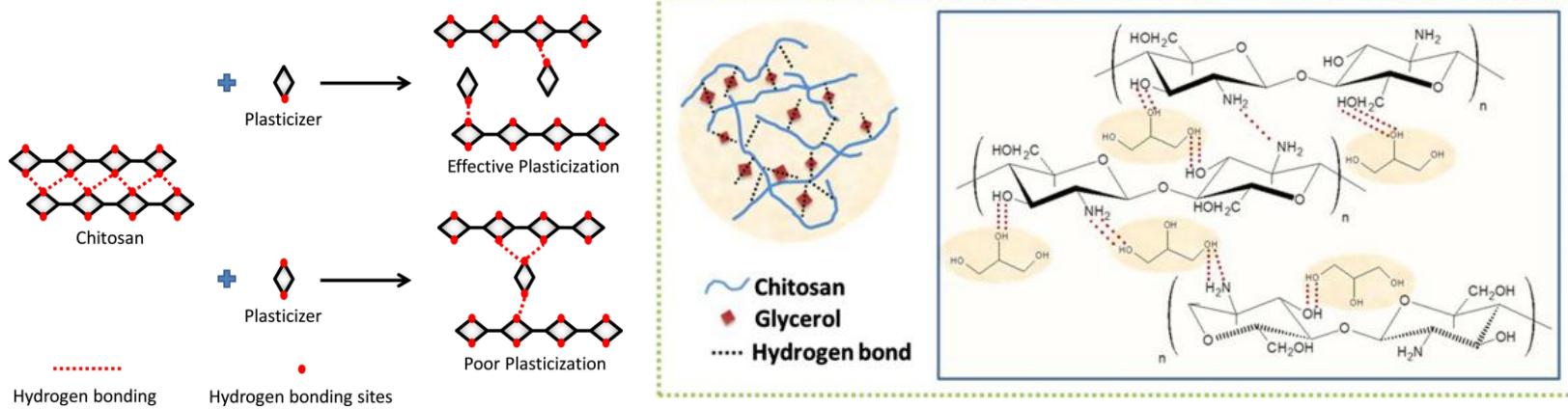


# CHITINA E CHITOSANO

- Forma la **cuticola fibrosa degli esoscheletri di insetti, crostacei e altri artropodi, alcuni funghi e alghe.**
- Il chitosano è la sua forma deacetilata. **SOLUBILE** in acidi diluiti



# BIOPLASTICHE DAL CHITOSANO – uso in agricoltura



Il trattamento delle sementi con chitosano favorisce la crescita delle piante

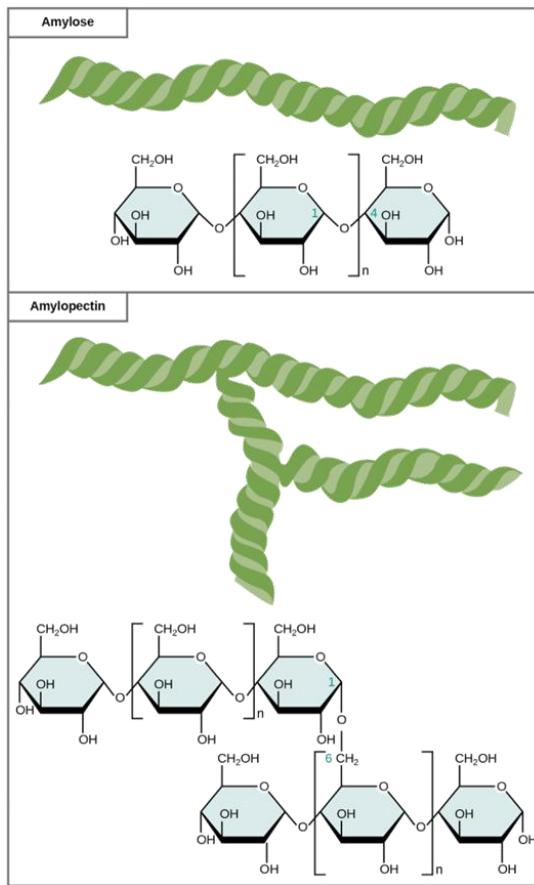
# BIOPLASTICHE DA ALGHE BRUNE E ALGINATI



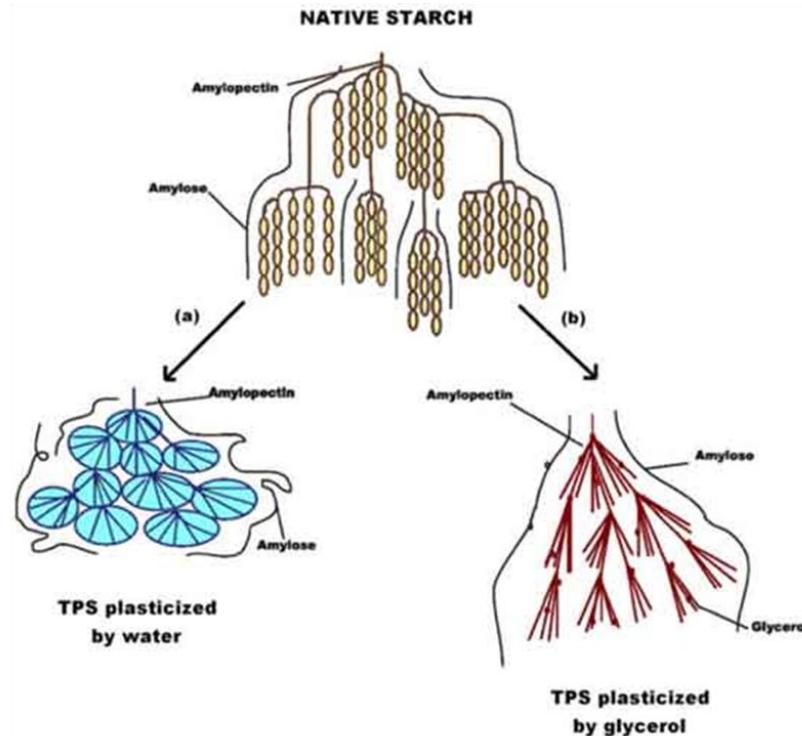
- Gli alginati vengono estratti dalle alghe marine, come l'alga gigante *Macrocystis pyrifera*.
- **Forte affinità per i metalli pesanti**

- PLASTICHE DA AMIDO/GLUTINE

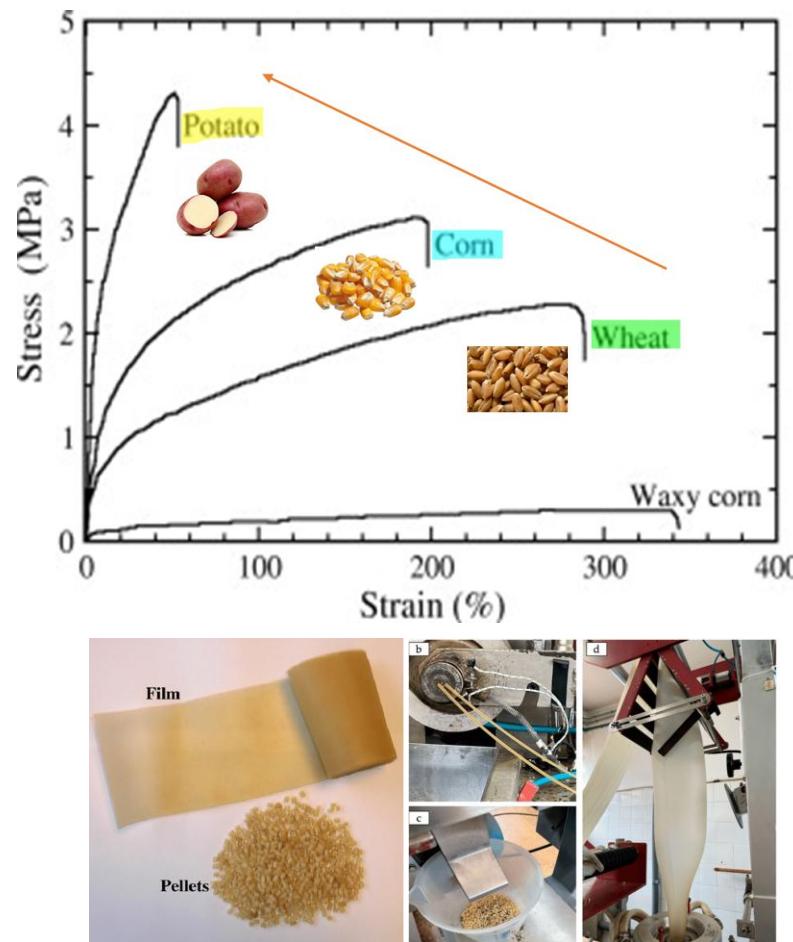
**AMIDO**



**AMIDO TERMOPLASTICO**

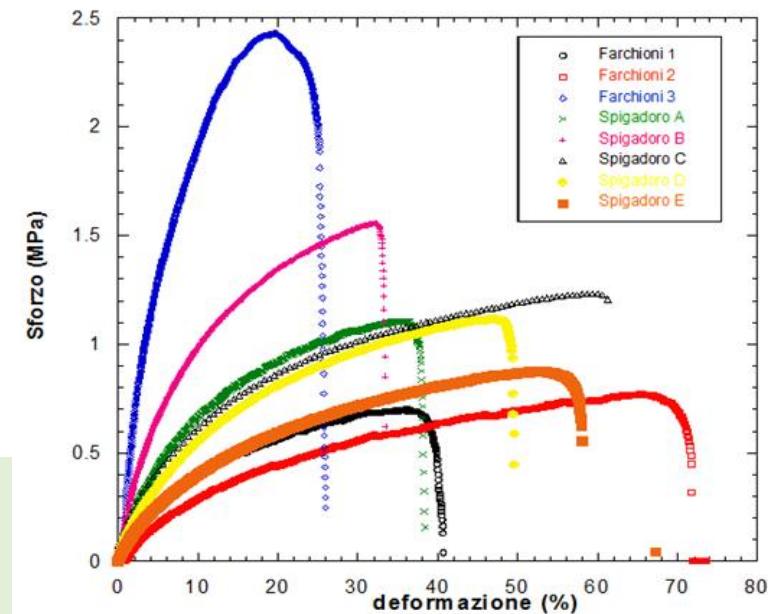


LA STRUTTURA E COMPOSIZIONE DELLE PARTICELLE DI AMIDO VARIABILI CON LA PIANTA → RAPPORTO TRA AMILOSIO E AMILOPECTINA



Biomassa di scarto: granelle e farine infestate da parassiti ed insetti e contenenti micotossine che sottostanno a restrizioni di tipo sanitario, parti cruscali che non sempre trovano adeguata collocazione (crisi della zootecnica italiana)

## RELAZIONI TRA PARAMETRI ALVEOGRAFICI DI FARINE DI FRUMENTO E CARATTERISTICHE MECCANICHE DI FILMS PLASTICI



le caratteristiche delle farine, in particolare l'hardness della granella da cui sono ottenute e i loro parametri alveografici, hanno un **effetto sulle proprietà meccaniche dei films plastici** da esse ottenuti.

*Paolo Benincasa, Franco Dominici, Laura Bocci, Catia Governatori, Ivan Panfili, Giacomo Tosti, Luigi Torre, Debora Puglia "Relationships between wheat flour baking properties and tensile characteristics of derived thermoplastic films." Industrial Crops and Products 100 (2017): 138-145.*

# INGEGNERIA @ UNIPG e SALUTE AMBIENTE – Materiali polimerici

Preliminare valutazione delle proprietà farinografiche funzionali alla realizzazione di materiali ecosostenibili ed espansi



**OR1:** Prodotti plastificabili derivati dalle farine a migliorata tenacità ed espandibilità



Produzione di plastiche tenaci ed espanso realizzate a partire da farine di frumento

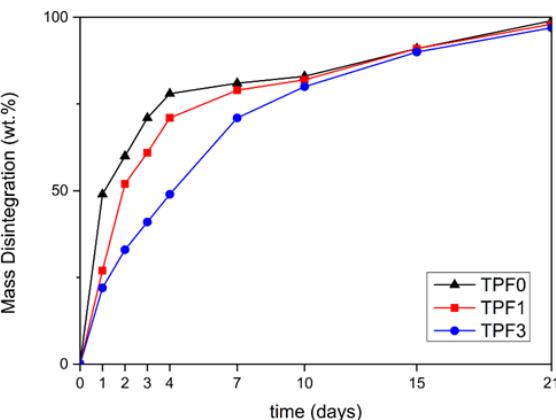
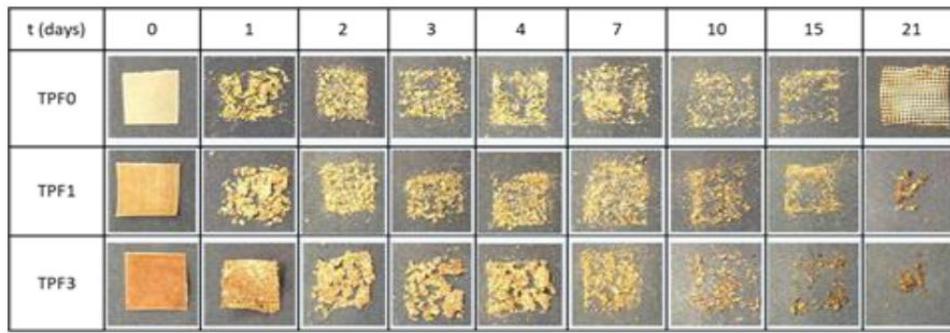
**OR2:** Materiali ecosostenibili a base di farine di frumento plastificate e polistirene



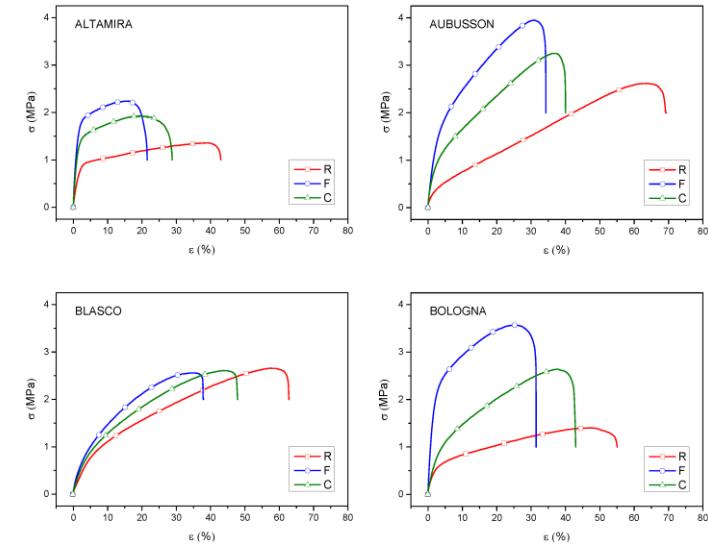
**OR3:** Materiali espansi a base di derivati dalle farine di frumento plastificate



**Molin Spigadore**



Cultivar	Grinding level		
	R	F	C
Altamira			
Aubusson			
Blasco			
Bologna			





Neat INZEA	INZEA +7%ATM.1 Montmorillonite, pH 3-4	INZEA +7%ATM.2 Montmorillonite, pH 4-5
INZEA +7%ATM.3 Montmorillonite, pH 5-6	INZEA +7%ATM.4 Montmorillonite, pH 7-8	INZEA +7%ATM.5 Montmorillonite, pH 2
INZEA +7%ATM.6 Montmorillonite, pH 6-7	INZEA +7%ATM.7 Montmorillonite, pH 6-7 + 5%CPB	INZEA +7%ATM.8 Montmorillonite, pH 6-7 + 5%CPB+5%MORD
INZEA +7%ATM.9 Montmorillonite, pH 6-7 + %CPB+5%MORD+1%SIL		
INZEA + 7% ATM.13 Montmorillonite, pH 7-8 +10%CPB+10%MORD+10mlCOL+2%SIL	INZEA + 7% ATM.14 Montmorillonite, pH 9-9,5 +10%CPB+10%MORD+10ml COL+2%SIL	INZEA + 7% ATM.15 Montmorillonite, pH 9-9,5 +10%CPB+5%MORD+20ml COL+2,5%SIL
INZEA + 7% ATM.16 Montmorillonite, pH 9-9,5 +10%CPB+10%MORD+20ml COL+2,5%SIL	INZEA + 7% ATM.17 Montmorillonite, pH 9-9,5 +10%CPB+5%MORD+30ml COL	INZEA + 7% ATM.18 Montmorillonite, pH 9-9,5 +10%CPB+5%MORD+20ml COL+5%SIL

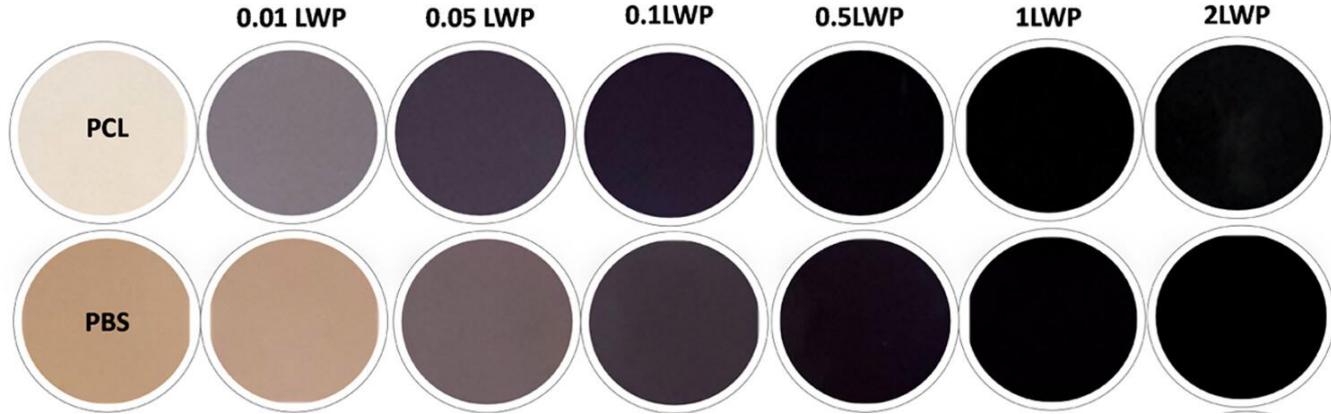
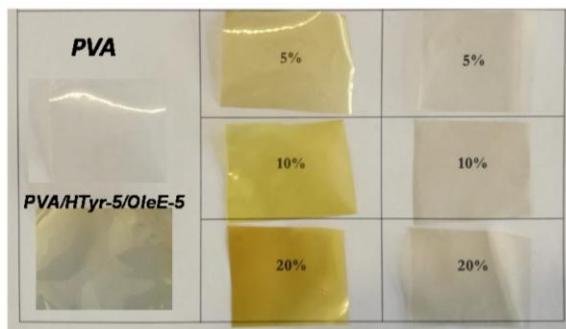


# INGEGNERIA @ UNIPG e SALUTE AMBIENTE – Materiali polimerici





AZ. AGRICOLA SERANGELI  
VENDITA ALL'INDUSTRIE E AL DITTAZIO



Clementi, C., Dominici, F., Luzi, F., **Puglia, D.**, Latterini, L. Historically Inspired Strategy to Achieve Sustainable and Effective Coloration of Bioplastics (2023) ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 11 (26), pp. 9643-9653. DOI: 10.1021/acssuschemeng.3c01085



### Coloranti naturali – packaging «smart»

Film intelligente basato su alcool polivinilico (PVA), nanoparticelle di chitosano ed estratti di gelso



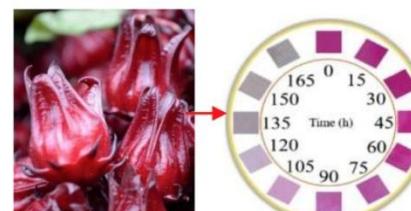
### Combinazione dell'attività intelligente con l'attività microbica degli estratti

#### Multifunzionalità:

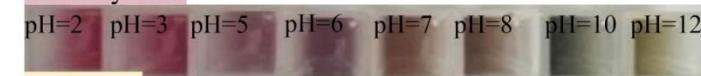
- rilevamento **antibatterico** e **colorimetrico** mediante incapsulamento dell'agente attivo in nanocarrier;
- conseguente **rilascio controllato** a seguito di condizioni ambientali variabili (temperatura, pH)



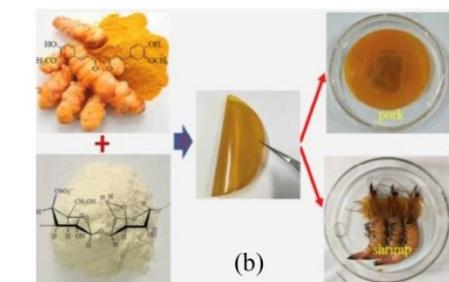
(a)



Anthocyanin



Curcumin



(b)

(c)

Fruit and vegetable wastes



Crop residues

**BIOSTIMULANTS**

phenolic rich extracts, phytohormones, protein and amino acids, plant derived hydrolyzed extracts, organic acids, sugars, flavonoids, lignin

**BIOFERTILIZERS**

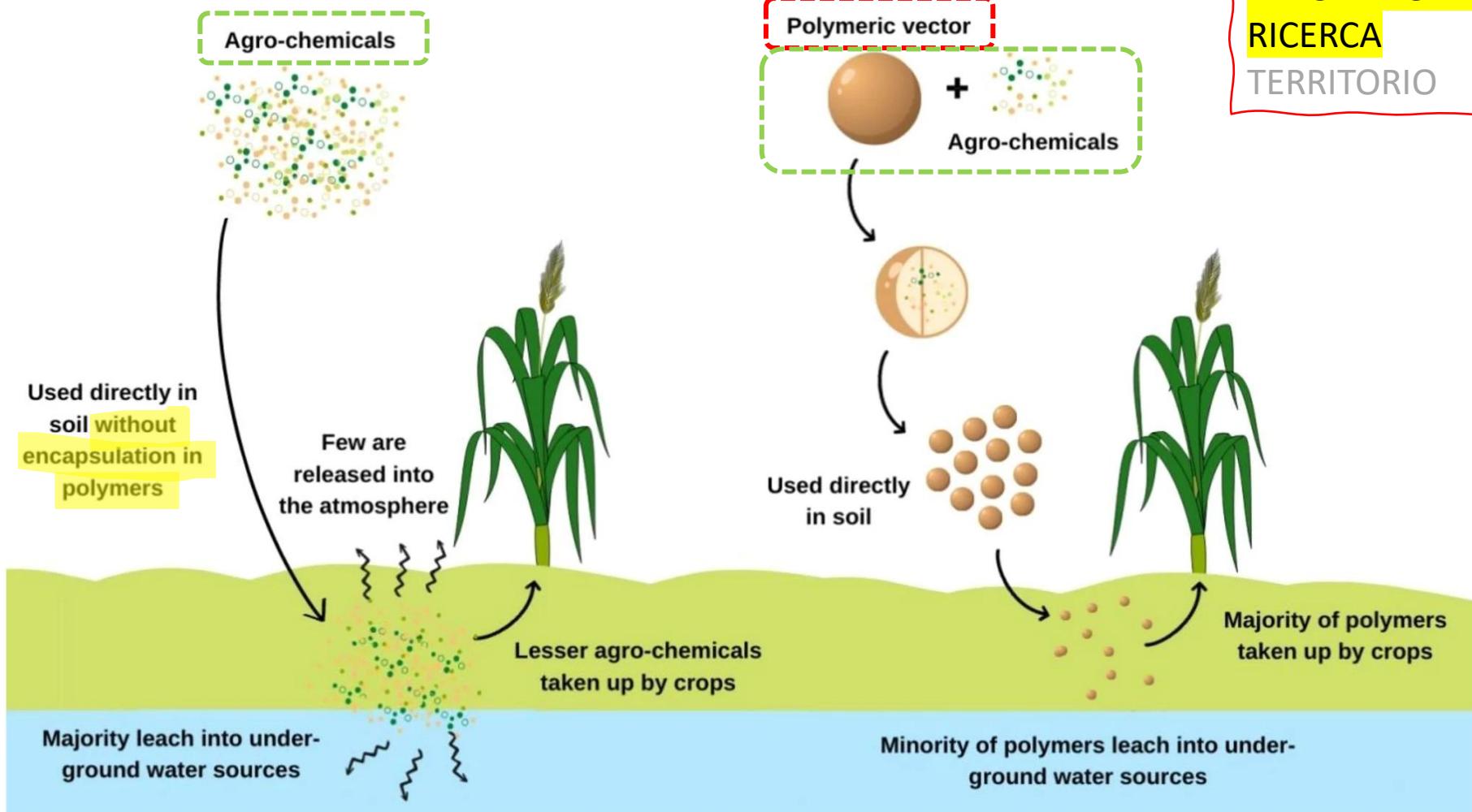
digestate and compost derived respectively from anaerobic digestion and composting of agricultural wastes

agars, alginates, carrageenans, fucans and phlorotannins, Lignosulfonates, peptides, hydrolysable tannins as biostimulants

**NATURAL BIOPOLYMERS**

natural-based polymeric hydrogels based on polysaccharides and proteins (controlled release by starch, chitosan, gelatin, lignin, cellulose and k-carrageenan)

**Puglia, D.; Pezzolla, D.; Gigliotti, G.; Torre, L.; Bartucca, M.L.; Del Buono, D.** The Opportunity of Valorizing Agricultural Waste, Through Its Conversion into Biostimulants, Biofertilizers, and Biopolymers. *Sustainability* 2021, 13, 2710. <https://doi.org/10.3390/su13052710>



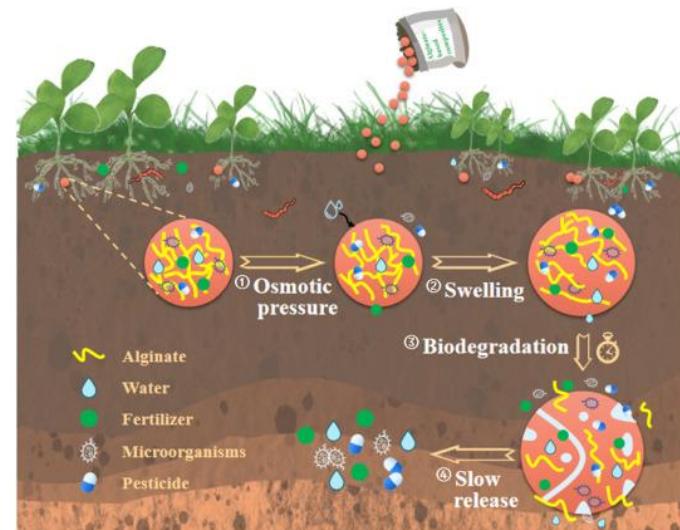
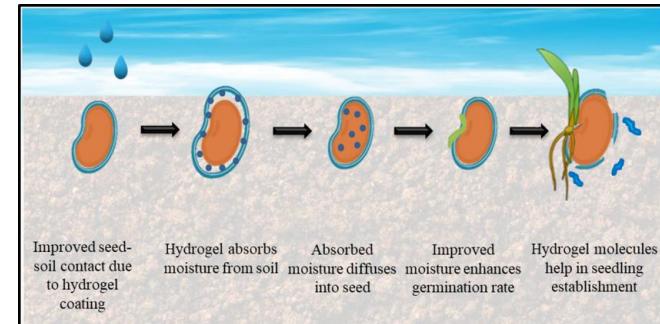
**Derivati di amido e cellulosa:** comunemente utilizzati per creare film o rivestimenti biodegradabili che possono **proteggere semi o piantine da parassiti e malattie.**

**Alginato:** Spesso utilizzato nella **formulazione di idrogel che migliorano la ritenzione dell'umidità** nel suolo e può essere incorporato con composti bioattivi per controllare i parassiti vegetali.

**Lignina:** Sebbene sia principalmente una componente strutturale delle piante, i **composti a base di lignina** hanno mostrato potenziale per **deterrenti contro i parassiti** grazie alle loro proprietà antimicrobiche.

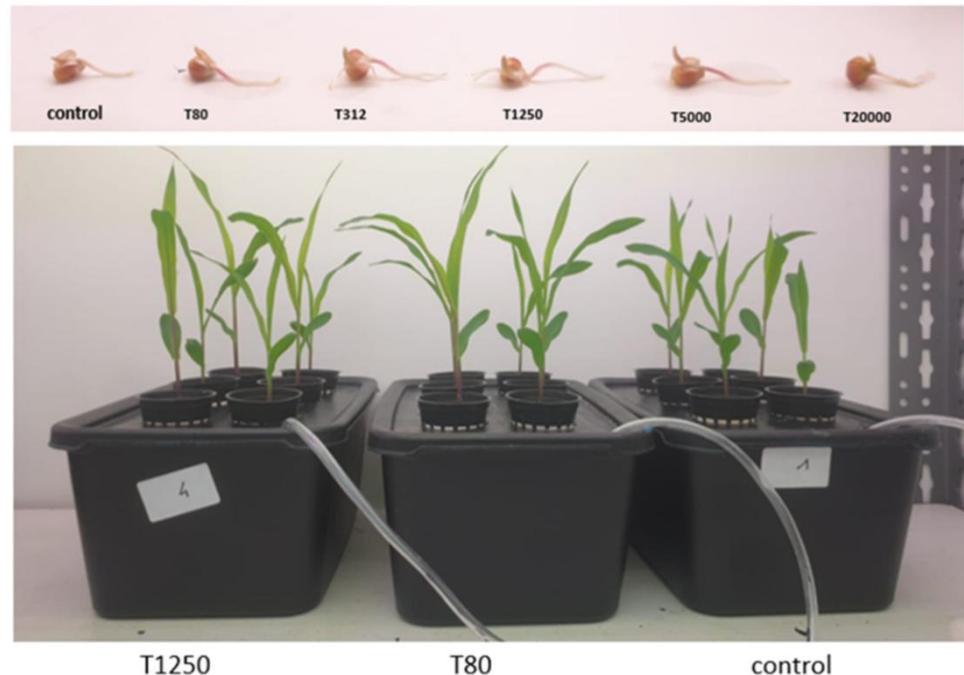
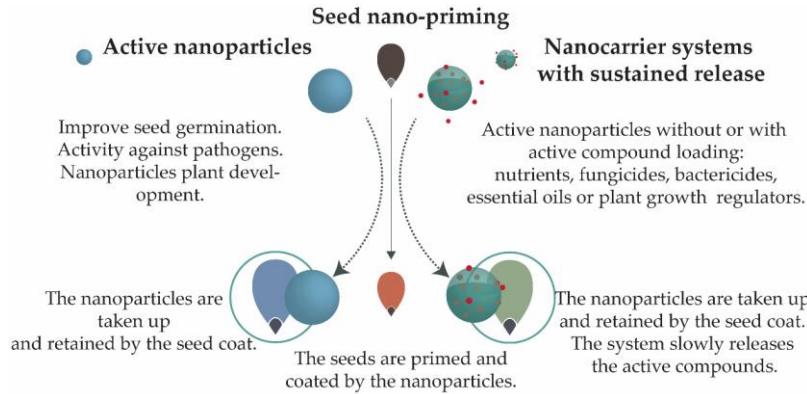
**Chitosano:** Può **ridurre le popolazioni di afidi e favorire la crescita di microbi benefici.**

L'efficacia può variare in base ai fattori ambientali, ai metodi di formulazione e al tipo di colture.



*Ostacoli normativi  
Scalabilità  
Percezione pubblica ed educazione*

## LNP, ZnO e ZnO@LNP ibride per priming di semi

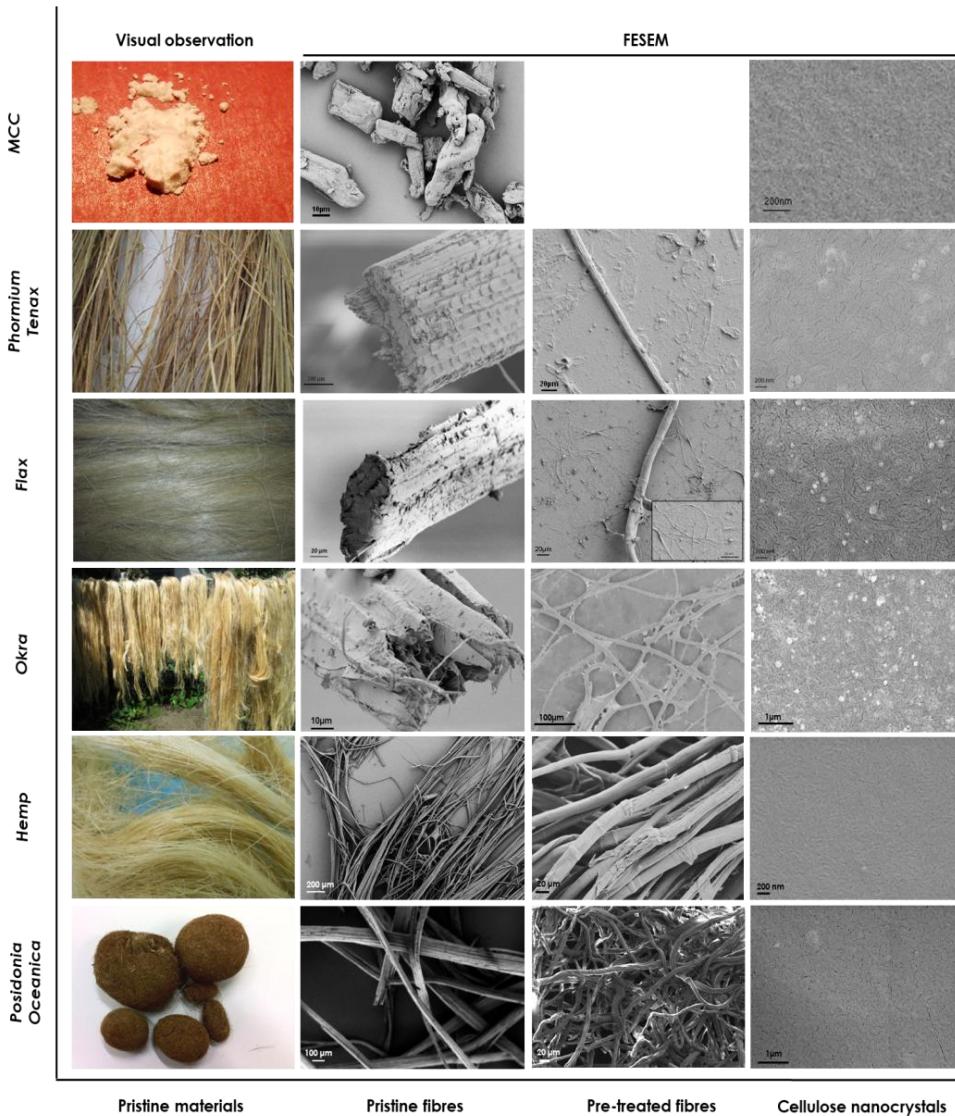


- I semi di mais sono stati preparati con LNP a cinque concentrazioni
- Il LNP ha stimolato effetti positivi sulle prime fasi dello sviluppo del mais (**germinazione e lunghezza delle radici**), stimolando **effetti benefici sulle piantine (peso fresco e lunghezza di germogli e radici)**
- Trattamenti specifici aumentavano il contenuto di clorofilla (A e B), carotenoidi e antocianina.

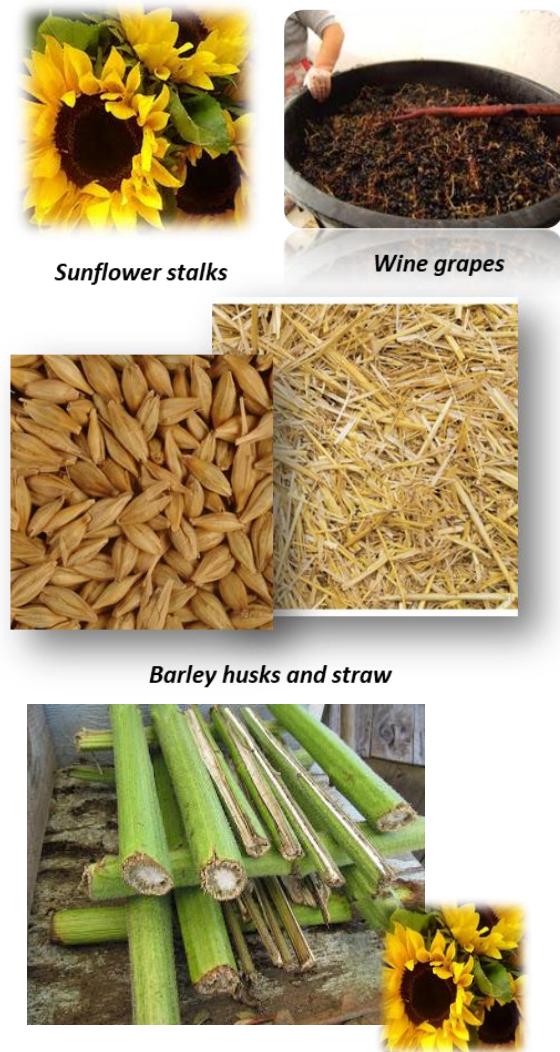
**Microparticelle di lignina nanostrutturate possono essere utilizzate, a dosaggi appropriati, per indurre risposte biologiche positive nel mais.**

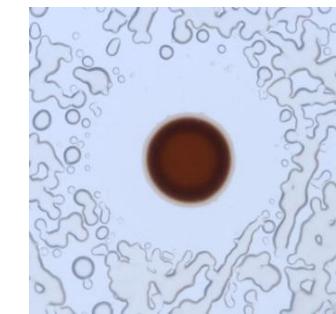
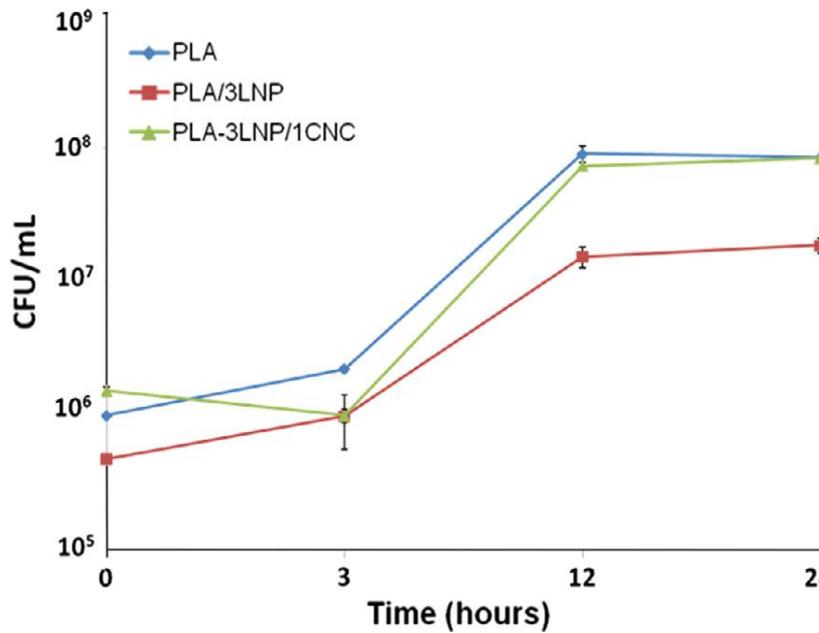
Del Buono, D.; Luzi, F.; Puglia, D. Lignin Nanoparticles: A Promising Tool to Improve Maize Physiological, Biochemical, and Chemical Traits. *Nanomaterials* **2021**, *11*, 846. <https://doi.org/10.3390/nano11040846>

# INGEGNERIA @ UNIPG e SALUTE AMBIENTE (Piante)



## Agricultural wastes



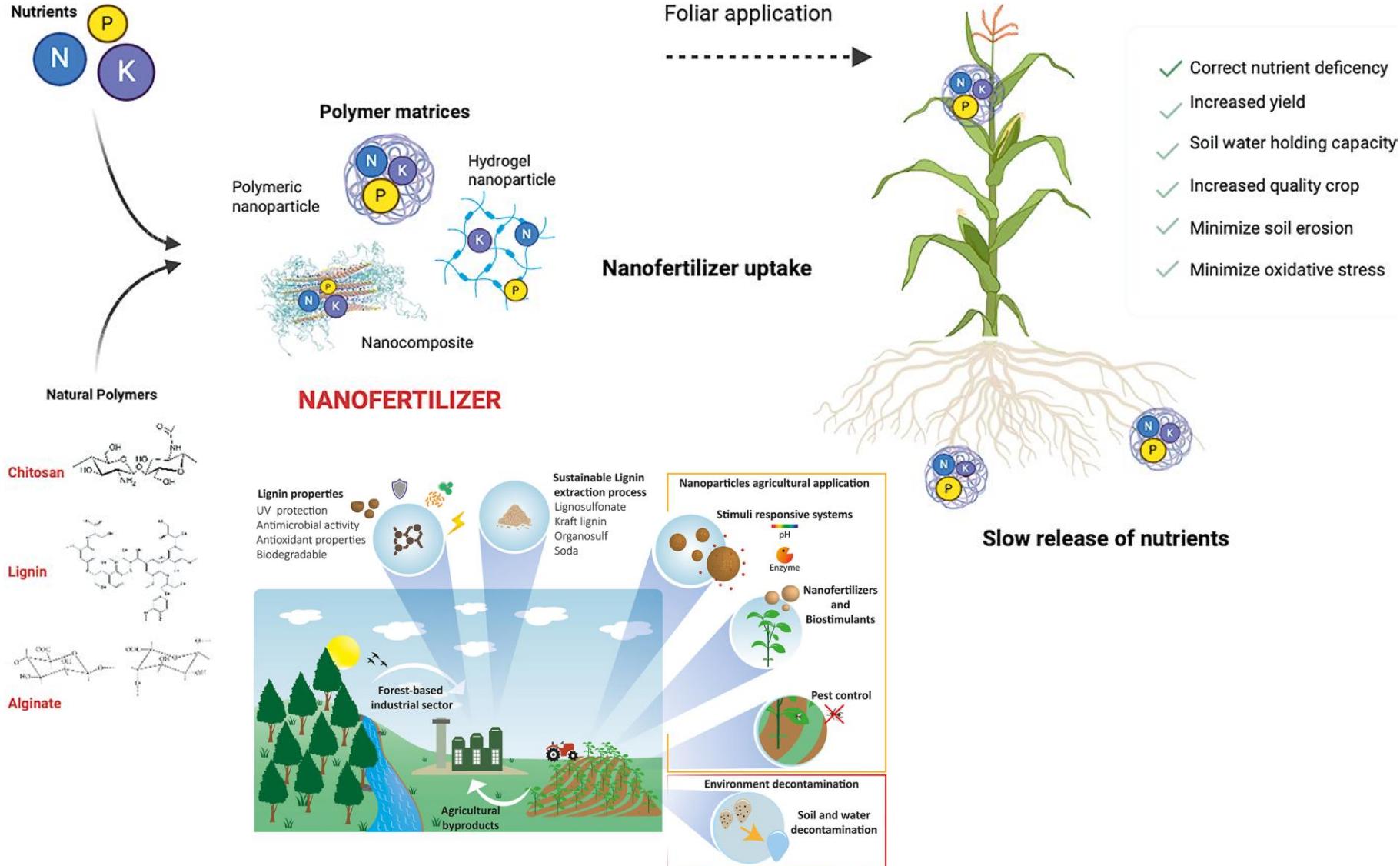


nanolignin  
solution

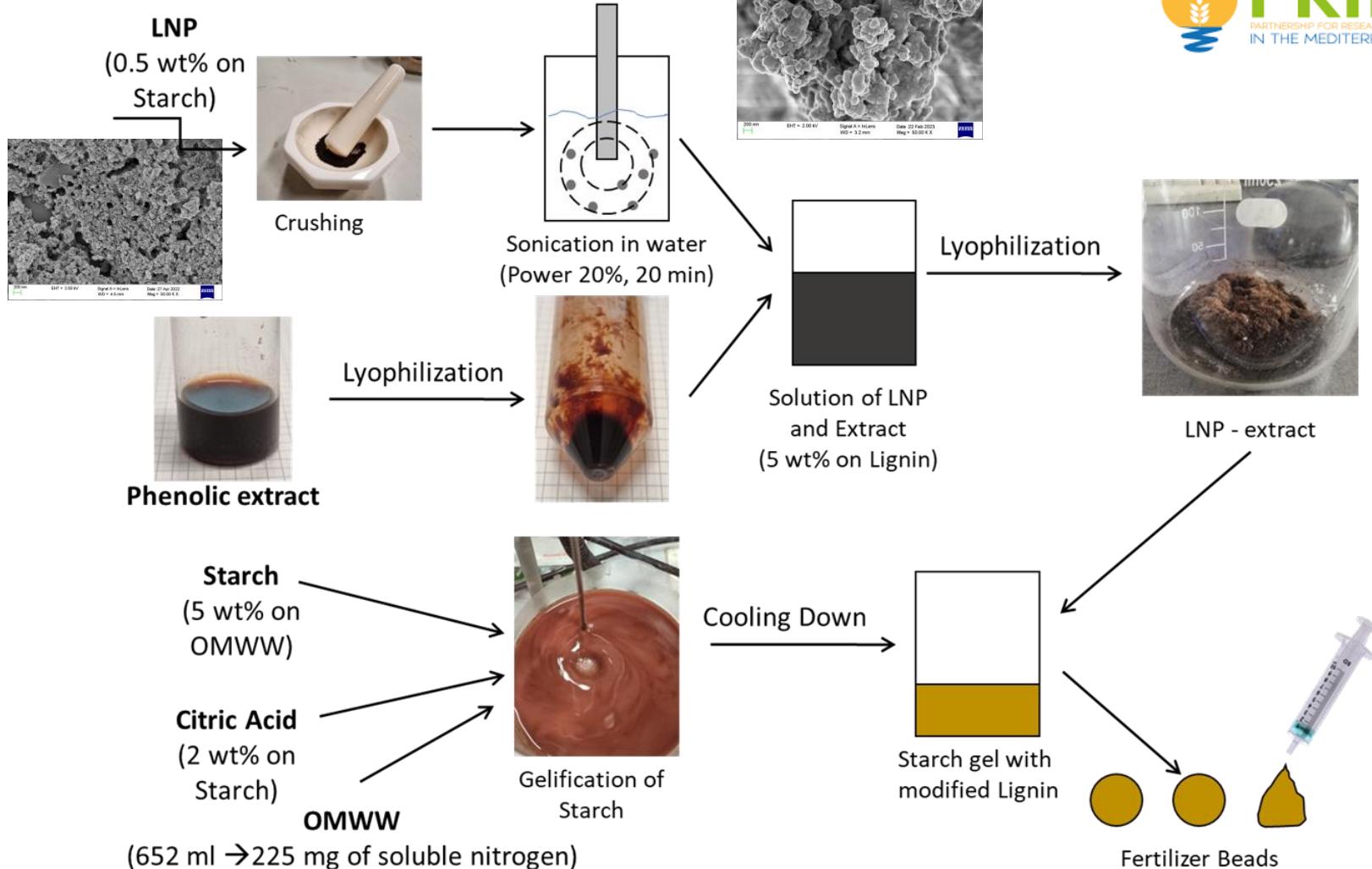
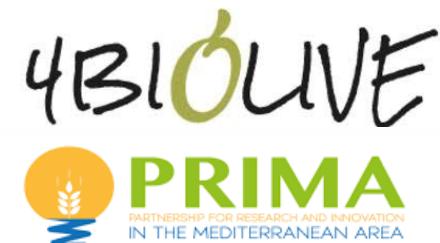
Attività antibatterica di diversi film a base di PLA puro, film di PLA con 3 wt% di LNP (PLA-3LNP)

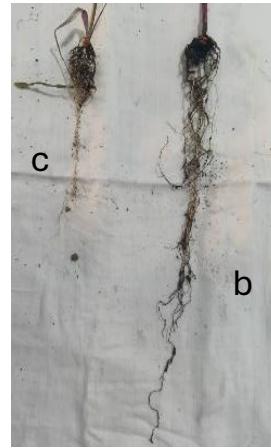
- ✓ Le nanoparticelle di lignina e i nanocristalli di cellulosa combinati con poli (acido lattico) puro o innestato hanno dimostrato **un'attività antibatterica con riduzione della moltiplicazione del patogeno batterico vegetale *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Pst).** -
- ✓ I risultati dei film nanocompositi di PLA contenenti nanoparticelle di lignina hanno evidenziato come questa funzionalità consenta di sviluppare strategie innovative, nei confronti di agenti patogeni dannosi, utili nel settore dell'imballaggio alimentare.

# NANOFERTILIZZANTI A BASE DI LIGNINA



## Lignina ed estratti fenolici/ amido reticolato





# 4BIOOLIVE



**PRIMA**  
PARTNERSHIP FOR RESEARCH AND INNOVATION  
IN THE MEDITERRANEAN AREA

[www.4biolive.eu](http://www.4biolive.eu)

- ✓ Segni di fitossicità 10 giorni dopo il trapianto della pianta in vasi con biofertilizzante.
  - ✓ **Condizione delle piante 35 giorni senza irrigazione**, piante coltivate con il biofertilizzante (a sinistra) e piante di controllo (a destra).
- 
- ✓ Il biofertilizzante ha dimostrato un notevole potenziale nel promuovere la crescita delle radici e nel **migliorare la resistenza alla siccità** nelle piante di mais;
  - ✓ stimolando un sistema radicale più robusto, ha aiutato le piante a **gestire meglio lo stress idrico**; anche durante un intero periodo di siccità di un intero mese, questi risultati offrono una soluzione promettente e sostenibile per un'agricoltura sostenibile, in particolare nelle regioni che vivono la scarsità d'acqua.

*Confronto morfologico tra una pianta sotto condizione di controllo (c) e una pianta coltivata con biofertilizzante (b).*



**Bando Ricerca - CARIT 2015**

Ingegnerizzazione, caratterizzazione e proprietà funzionali di **film estendibili biodegradabili per il settore degli imballaggi alimentari**

**Bando Ricerca - CARIT 2016**

Progettazione e sviluppo sostenibile di **film biodegradabili multifunzionali** destinati al settore degli **imballaggi alimentari con proprietà antibatteriche e/o antiossidanti indotte da molecole bioattive naturali**

**PLASTICIZED BINARY FILMS**

PLA (1 min MIX)  
+  
ATBC or ISE (3 min MIX)

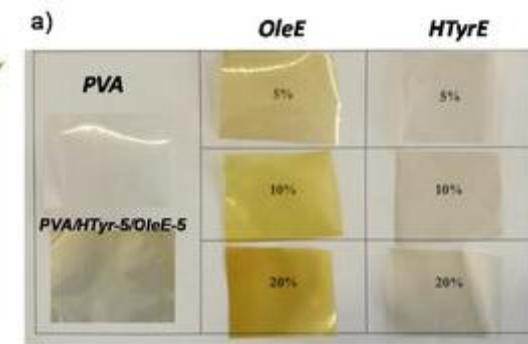
PBS (1 min MIX)  
+  
ATBC or ISE (3 min MIX)

**PLASTICIZED BLEND**

PLA + PBS (3 min MIX)

PLA (1 min MIX) + ISE (2 min MIX)  
+  
PBS (2 min mix)

PLA + PBS (3 min MIX)  
+  
ISE (2 min mix)



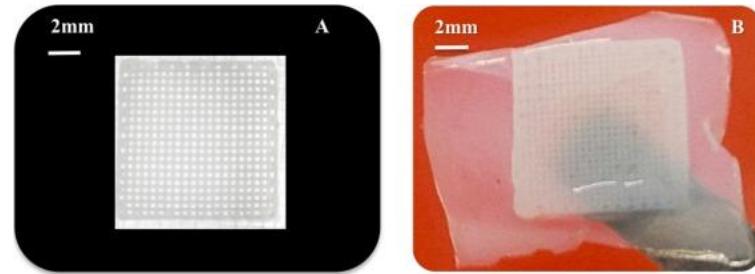
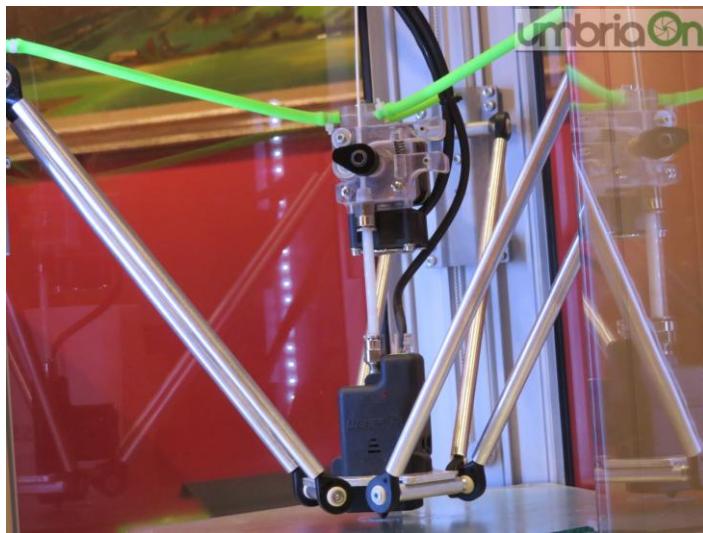
## Bando Ricerca - CARIT 2019

3D PRINTING: Studio di un prototipo Bio-ibrido per applicazioni di medicina rigenerativa



FONDAZIONE  
CASSA DI RISPARMIO  
DI TERNI E NARNI

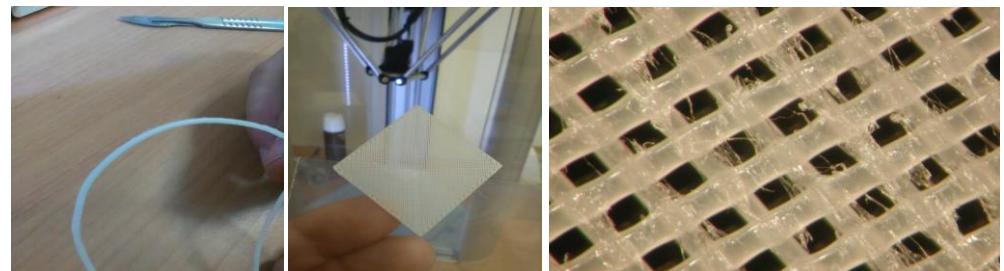
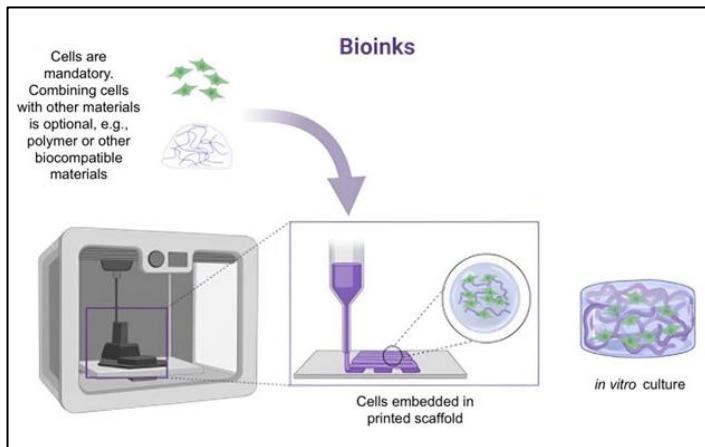
DIDATTICA  
INNOVAZIONE  
RICERCA  
**TERRITORIO**



- Supporti a base chitosano tipicamente ottenuti attraverso tecniche *solvent based* (**Chitosano in acido acetico**): testare la funzionalità del chitosano in **tecniche da fuso**



- Considerare l'uso di un **filo base PCL per stampante 3D ricoperto e/o miscelato in fuso con chitosano**



Prof.ri Federico Rossi, Riccardo Calafiore

## Bando Ricerca - CARIT 2019

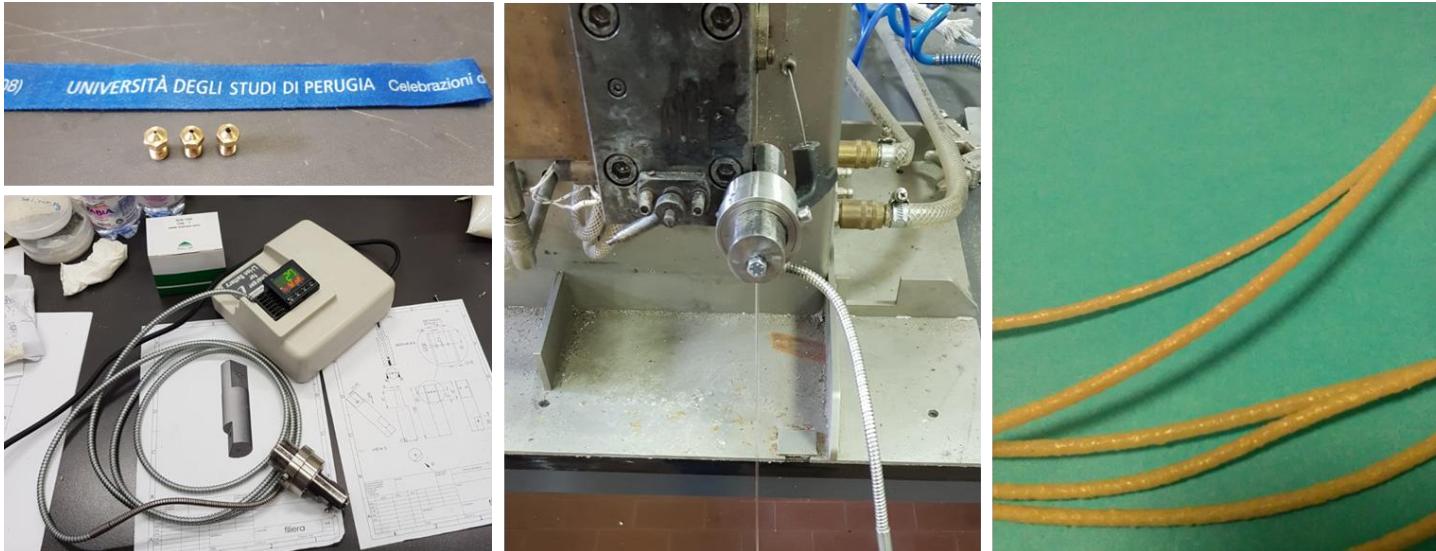
“3D PRINTING: Studio di un prototipo Bio-ibrido per applicazioni di medicina rigenerativa”



FONDAZIONE  
CASSA DI RISPARMIO  
DI TERNI E NARNI

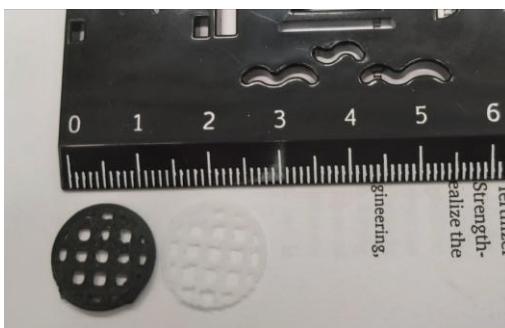
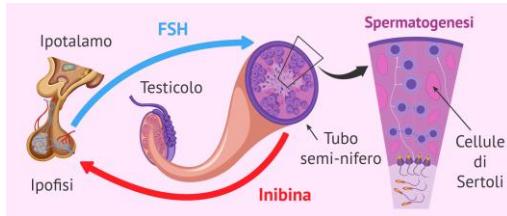
### REALIZZAZIONE FILO PCL/CHITOSANO

*Adeguamento sistema di estrusione*

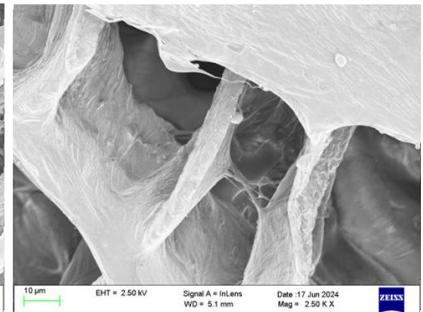
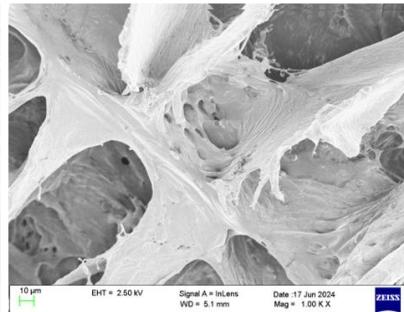


- ✓ Controllo: dimensioni filo in uscita (ugelli), temperatura in testa all'estrusore tale da mantenere la viscosità necessaria alla formazione di un filo continuo, raffreddamento veloce in acqua
- ✓ Verifica della processabilità in stampante e realizzazione retine
- ✓ Caratterizzazione chimico-fisica e meccanica dei campioni di bioibridi
- ✓ Valutazione delle cinetiche di degradazione in vitro

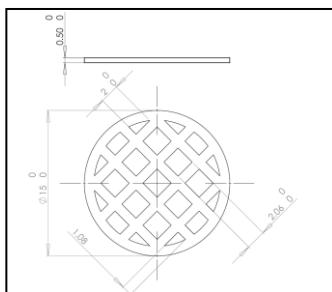
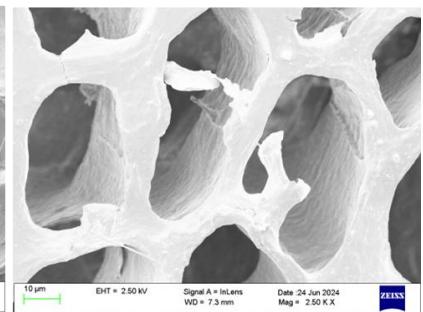
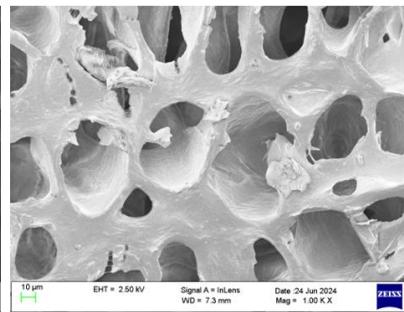
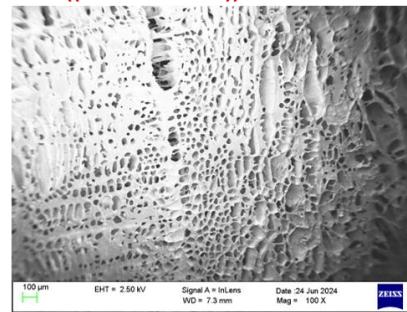
**Bando Ricerca - CARIT 2021** - La complessità dei processi decisionali alla luce della crisi sanitaria e ambientale **Organoidi di cellule testicolari prepuberili: un modello 3D per lo studio della spermatogenesi e dei tossici ambientali**



PPAz (100% diossano)



PPAz ((100% diossano)) + 5% wt dECM

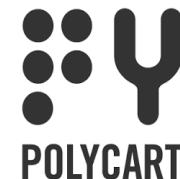


Martina Alunni Cardinali; Iva Arato; Francesca Luzi; Marco Rallini; Cinzia Lilli; Catia Bellucci; Paola Sassi; Daniele Fioretto; Giovanni Luca; **Debora Puglia**; Francesca Mancuso. (2026) Production and Multimodal Characterization of Decellularized Extracellular Matrix from Porcine Prepubertal Tunica Albuginea as Additive to Polymeric Scaffolds for Testicular Organoid Growth. *Polymers*, 18(2), 194. <https://doi.org/10.3390/polym18020194>

*Prof.ri Giovanni Luca, Francesca Mancuso, Daniele Fioretto*

DIDATTICA  
INNOVAZIONE  
RICERCA  
**TERRITORIO**

## INGEGNERIA @ UNIPG - CON il territorio



Beaulieu  
International  
Group





## INGEGNERIA A SUPPORTO DELLA SALUTE UMANA E AMBIENTALE

*Prof.ssa Debora Puglia  
Università degli Studi di Perugia  
Dipartimento Ingegneria Civile ed Ambientale*

[debora.puglia@unipg.it](mailto:debora.puglia@unipg.it)