



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



## Tecnologie Convergenti per i Sistemi Biomolecolari

### Converging Technologies for Biomolecular Systems (TeCSBi)

<b>Progetto di ricerca/ Research project</b>	<p><i>“Valutazione della sicurezza biologica e della sostenibilità ambientale di nuovi materiali nano-antimicrobici per la riduzione di inquinanti emergenti (antibiotici, batteri resistenti) negli ambienti acquatici” (codice progetto TECSBI.1)</i></p> <p><i>“Safe and Sustainable nano-enabled antimicrobials to reduce the presence of contaminants of emerging concern (biotic and abiotic) in the aquatic environments” (project code TECSBI.1)</i></p>
<b>Type</b>	<p>Green</p>
<b>Docente proponente/ Proposing Professor</b>	<p>Prof. Paride Mantecca</p>
<b>Abstract</b>	<p><b>ITA</b></p> <p>Inquinanti emergenti, come antibiotici, patogeni e batteri resistenti, che contaminano le acque in prossimità di aree urbane, allevamenti intensivi e nell’acquacoltura, rappresentano una grande minaccia per la salute ambientale ed umana. Per migliorare la sostenibilità ambientale di queste filiere produttive, è necessario intraprendere azioni per ridurre l’inquinamento da antibiotici e la diffusione di batteri resistenti e virus. Anche in questo settore, le nanotecnologie risultano particolarmente utili per lo sviluppo di nuovi prodotti antimicrobici antibiotic-free. Attualmente, molti programmi di ricerca internazionali vedono il coinvolgimento di istituti di ricerca ed aziende nello sviluppo di materiali antimicrobici e antibiofilm in filiere industriali che producono sistemi di purificazione di acqua e aria, tessuti e altri materiali da contatto per applicazioni biomediche, industriali e domestiche. Queste nuove tecnologie possono prevedere la nano-ingegnerizzazione di bulk polimerici e la funzionalizzazione di superficie. È inoltre molto attiva la ricerca per la produzione di agenti antimicrobici (lipidi, peptidi) derivati da biomasse, utilizzabili nella formulazione di supplementi per mangimi. Queste strategie per la riduzione di inquinanti emergenti devono essere supportate da ricerche biologiche ed ecologiche volte a garantirne la sicurezza e la sostenibilità per la salute ambientale. Infatti potrebbero rappresentare una fonte ulteriore di contaminazione degli ambienti acquatici a causa del possibile rilascio di nuove formulazioni biocide, di metalli e di micro e nanoplastiche (derivate dall’invecchiamento e abrasione dei materiali polimerici modificati) e di loro miscele. Inoltre, in considerazione dei possibili effetti avversi sull’ambiente e i costi ambientali derivanti dalla produzione e smaltimento, è necessaria una conoscenza dettagliata degli impatti generati lungo l’intero ciclo di vita dei prodotti. In questo progetto di dottorato, si propone di indagare gli aspetti di sicurezza per la salute e di sostenibilità durante la produzione e l’utilizzo di prodotti nanotecnologici innovativi ad azione antimicrobica, adottando approcci di nano-eco-tossicologia, e di Lyfe Cycle Assessment (LCA) per la valutazione e mitigazione degli impatti ambientali. A livello metodologico, il potenziale tossico di nanoparticelle (NP) e di materiali nano-funzionalizzati antimicrobici/antibiofilm sarà valutato in organismi acquatici esposti in condizioni acute e croniche, in particolare sfruttando le potenzialità del modello zebrafish, e valutando possibili meccanismi di tossicità correlabili ad Adverse Outcome Pathways (AOPs). Al fine di migliorare la predittività delle sperimentazioni di tossicologia ambientale, esposizioni croniche a basse concentrazioni di inquinanti verranno applicate per lo studio degli effetti istopatologici, delle tossicità riproduttiva e degli eventuali effetti neurocomportamentali. Tecniche di biologia cellulare e molecolare, di</p>



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



microscopia ottica ed elettronica, saranno utilizzate per indagare in modo dettagliato i meccanismi di tossicità e per associare la variabilità delle risposte biologiche alle caratteristiche fisico-chimiche dei nuovi materiali. Nelle ricerche verrà inoltre implementato uno studio LCA con approccio olistico per armonizzare dei profili tossicologici standard, che usano categorie di impatto convenzionali (HTTP, MAETP, FAETP, TETP) con le valutazioni degli impatti nanotossicologici, anche attraverso l'utilizzo di proxy, costituiti da materiali di riferimento rappresentativi, che mostrano effetti equivalenti alle nanoformulazioni. L'integrazione dei nuovi dati sulla nanosicurezza all'interno di framework metodologici LCA, consentiranno una stima più verosimile dell'impatto di nuove nanotecnologie sull'ambiente e sull'uomo, e consentiranno di pianificare strategie di mitigazione degli effetti e di ridefinizione dei processi produttivi, in accordo con il principio di "safety and sustainability by design".

### ENG

Contaminants of emerging concern (CECs) such as antibiotics, pathogens and antibiotic resistant (AMR) bacteria in water bodies closed to urban areas, intensive fish and inland animal farming, represent a great threat to the environment and human health. To improve the environmental sustainability, actions aimed at reducing antibiotic pollution, spread of AMR bacteria and viruses in the entire water cycle are necessary. In this field, nanotechnologies are nowadays very helpful to develop novel antibiotic-free antimicrobial products. In the recent international research programs, research institutions and companies are committed to develop new antimicrobial/antibiofilm materials for the production of devices for air and water purification, functional textiles and other contact materials for biomedical, industrial and domestic applications, through polymer bulk and surface nano-engineering. Active researches are also in place to develop biomass-derived nanoantimicrobial agents and antibiofilm enzymes as alternative to antibiotics in feed supplements. Such strategies and technologies to reduce CECs should be supported by careful biological and ecological researches aimed at guarantee their safety and sustainability toward environmental health. In fact, they may represent an additional source of contamination to the aquatic environments, since the possible release of newly formulated biocidals, metals, micro and nanoplastics (derived from the aging and abrasion of the polymeric support) and the mixtures of them. In addition, considering the unpredictable environmental hazards and the environmental costs associated to their production and disposal, a detailed knowledge of the impacts along the entire lifecycle is mandatory. In this PhD project, human and environmental health safety and sustainability during the manufacturing and use of the novel nanotechnology-embedded products will be investigated by combining the environmental nanotoxicology approach and the environmental impact assessment through a LCA (Life Cycle Assessment) approach. Methodologically, the safety and the potential hazards assessment of the new antimicrobial/antibiofilm NPs and NP-enabled products will be evaluated on aquatic organisms in acute and chronic exposure scenarios. In particular, zebrafish (*Danio rerio*) will be used according to the hazard endpoints of interest and exploiting an Adverse Outcome Pathways-based toxicity strategy, also involving specific transgenic strains, to better address human-related health toxicity mechanisms, in addition to environmental hazards. In particular, chronic exposure will be performed to evaluate possible reproductive toxicity, histopathological and neurobehavioral effects. Cell and molecular biology techniques, as well as light and electron microscopy, will be used to investigate the detailed biological mechanisms at the base of the adverse effects and the relationship with the peculiar physico-chemical properties of the nano-enabled materials. In perspective of a full Life cycle assessment a holistic approach could be implemented by harmonize the standard toxicological profile by using conventional impact categories (HTTP, MAETP, FAETP, TETP) with the nanotoxicological impact assessment based on finding a suitable and representative proxy materials exhibiting effects equivalent to the ones due to the use of nanoforms. This may



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



	be done by identification of suitable and representative indicators which would allow calibrating the bulk and nanoform doses to obtain an equivalent toxicological effect. The integration of the new nano-safety data in the LCA methodology framework will allow better estimating the impact of nanoforms and new technologies on the environment and on humans as well as mitigating their effects and/or redesigning the production processes and the nano-enabled products (NEPs) according to a safe- and sustainable-by-design strategy, which will finally preserve/improve the environmental and human health.
<b>Azienda/Company</b>	Project Hub Srl (Buttiglieria Alta, TO)
<b>Mesi di ricerca in impresa/ Months of research in the Company</b>	6
<b>Mesi di ricerca all'estero/ Months of research abroad</b>	6
<b>Istituzione estera/ Foreign Institution</b>	Norwegian University of Science and Technology (NTNU)



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



<b>Progetto di ricerca/ Research project</b>	<p><i>“Bioprocessi microbici e biologia sintetica a sostegno della circolarità nel settore tessile”</i> (codice progetto TECSBI.2)</p> <p><i>“Microbial bioprocesses and synthetic biology for fostering circularity in textile industry”</i> (codice progetto TECSBI.2)</p>
<b>Type</b>	<p>Green</p>
<b>Docente proponente/ Proposing Professor</b>	<p>Prof. Paola Branduardi</p>
<b>Abstract</b>	<p><b>ITA</b></p> <p>Ambito ed elementi chiave del progetto: L'attuale sistema moda per la produzione, distribuzione e utilizzo dell'abbigliamento è impostato su una strategia di economia lineare. Fonti non rinnovabili vengono utilizzate in grandi quantità per produrre, colorare e rifinire abiti, spesso utilizzati per breve periodo, ma circa il 73% dell'abbigliamento finisce in discarica. Questo sistema lineare mette sotto pressione le risorse, inquina e degrada l'ambiente naturale e i suoi ecosistemi e crea impatti sociali negativi significativi su scala locale, regionale e globale. (Associazione Ellen McArthur <a href="https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/fashion-and-the-circulareconomy">https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/fashion-and-the-circulareconomy</a>). Gli scarti tessili, pre e post-consumo, sono la principale preoccupazione dell'industria della moda. Le attuali tecnologie di riciclo sono poco efficienti e non esiste un chiaro piano di innovazione per superare il riciclo per passare ad un vero e proprio riuso, che potrebbe allungare il tempo di vita delle risorse, minimizzando gli impatti. Per questo vanno indagate modalità alternative di trattamento e ripensamento dei rifiuti tessili, ispirate ai principi della bioeconomia, a supporto dell'attuazione di nuove strategie di economia circolare. Linee di ricerca e obiettivi: Il progetto mira a valorizzare gli scarti tessili come biomassa sostenibile che attraverso idrolisi può liberare prodotti da utilizzare per sé o per generare altri prodotti di interesse per il settore tessile stesso. Verranno impiegate digestioni enzimatiche, sfruttando la biodiversità microbica catalitica, eventualmente mediata da solventi green (deep eutectic solvents) per ottimizzare il rilascio di monomeri che compongono le fibre di scarti tessili. Attenzione sarà posta inizialmente sul cotone in quanto il glucosio, principale zucchero liberato dalla sua idrolisi, verrà impiegato come substrato di crescita per microrganismi in grado di produrre prodotti di interesse. In seguito anche filati misti verranno sottoposti a trattamento di idrolisi e caratterizzazione dei prodotti, che saranno poi considerati per ulteriori valorizzazioni. Principi di biologia sintetica e ingegneria metabolica saranno utilizzati per progettare e realizzare microrganismi ingegnerizzati per la produzione di coloranti naturali o monomeri organici, che possono essere utilizzati rispettivamente per le fasi di tintura o per la creazione di fibre innovative. In questo progetto verranno perseguiti i principi di zero waste, allungamento del ciclo di vita di prodotti e materiali, tipici dell'economia circolare, in una proficua collaborazione tra Università e Azienda, che consentirà di verificare l'innovazione scientifica in ambito tecnologico industriale. Il progetto è in linea con gli obiettivi del PON, Azione IV.5, ed in particolare rispetto alla limitazione dell'impatto delle attività umane, contribuendo al cambiamento climatico, alla valorizzazione della biodiversità, e allo sviluppo di sviluppi sostenibili, anche rispetto ai processi industriali.</p> <p><b>ENG</b></p> <p>Key elements and Background of the project: The current situation in fashion system for producing, distributing, and using clothing is generated by a linear economy strategy.</p>



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo



	<p>Large amounts of non-renewable sources are used to produce, to colour and to finish clothes that are often used for a short period. Regretfully, about 73% of world's clothing end to landfill. This linear system puts pressure on resources, pollutes and degrades the natural environment and its ecosystems, and creates significant negative societal impacts at local, regional, and global scales. (Ellen McArthur Association <a href="https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/fashion-and-the-circulareconomy">https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/fashion-and-the-circulareconomy</a>). Although recycling strategies exist today, they are not so efficient. Moreover, there is not a clear plan of innovation for going beyond the stage of recycling and move towards a real reuse, which could expand the life-time of resources, minimizing impacts. For this reason, alternative ways for treating and rethinking textile waste should be investigated, inspired by the principles of bioeconomy, supporting the implementation of new circular economy strategies. Research lines and objectives: The project aims at considering textile waste as renewable biomass to be valorised through enzymatic digestions, to release products to be used per sè, or as substrates for generating other products of interest for the textile firm. Taking advantage on microbial biodiversity in terms of biocatalysis activities, as well as by the combination of biocatalysis and the use of deep eutectic solvents, the project will aim at optimizing the release of monomers composing fibres. Attention will be initially pose on cotton, as glucose, the principal sugar released from its hydrolysis, can be employed as a substrate of growth for microorganisms able to produce products of interest. Later on, mixed fibres will be also considered, and hydrolysates will be characterised and considered for upgrading. Indeed, synthetic biology and metabolic engineering principles will be used to tailor microorganisms for the production of natural dyes or building blocks, which can be used for finishing processing or for creating innovative fibres, respectively. In this project, the principles of zero waste, longer life of products and materials, typical of circular economy, will be pursued, in a fruitful collaboration between University and Company, which will allow to verify the innovation into industrially relevant conditions. The project is in line with the objectives of PON, Action IV.5, and in particular with respect to the limitation of the impact of human activities, contributing to the climate change, to the valorisation of biodiversity, and to the development of sustainable developments, also with respect to industrial processes.</p>
<b>Azienda/Company</b>	Albini Group –Cotonificio Albini S.p.A. e Albini Netx (Albino, Bg) University College Cork (UCC), Ireland
<b>Mesi di ricerca in impresa/ Months of research in the Company</b>	8
<b>Mesi di ricerca all'estero/ Months of research abroad</b>	6
<b>Istituzione estera/ Foreign Institution</b>	University College Cork (UCC), Ireland