

**Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Economia Circolare: Riciclo di rifiuti verdi e recupero di scarti agroalimentari mediante solventi ecocompatibili

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:  
SCIENZE CHIMICHE

Responsabile scientifico: Osvaldo Lanzalunga

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Azienda: RADICI di VITA srl, Alessandra Felici Sede Legale: Via Colle San Clemente, 4 Velletri Sede operativa: Via di Nettuno 15 Velletri

Progetto di ricerca:

Ogni anno in Europa sono prodotti più di 700 tonnellate di scarti agricoli che vengono spesso lasciati marcire sul terreno, rilasciando nel suolo non solo azoto e fosforo, di cui viene assorbita una piccola parte dai nuovi impianti, ma anche residui organici ancora ricchi di prodotti potenzialmente nocivi per l'ambiente. Inoltre, l'accumulo costante di questi scarti costringe le aziende agricole ad affrontare e sostenere elevati costi di gestione rendendo le stesse aziende meno competitive e meno efficienti nella produzione di alimenti di alta qualità. Sebbene negli ultimi anni siano state sviluppate diverse tecnologie, a diversi livelli per convertire gli scarti agricoli in nuovi prodotti, la realizzazione di una vera economia circolare che consenta di valorizzare i sottoprodotti delle aziende ortofrutticole, deve superare diversi ostacoli; in particolare è necessario che i processi per il recupero selettivo dei rifiuti verdi siano relativamente semplici e facilmente realizzabili soprattutto nelle piccole e medie imprese agricole, per evitare ulteriori ed eccessivi costi di produzione.

In questo ambito, il presente progetto è volto a sviluppare un nuovo processo a basso impatto ambientale per il riciclo e la valorizzazione di rifiuti verdi e di scarti agroalimentari provenienti dalla coltivazione di prodotti ortofrutticoli (kiwi ed olive) mediante (i) la trasformazione dei sottoprodotti agricoli in nuovi materiali di alto valore aggiunto/tecnologico e (ii) il recupero di importanti nutraceutici che altrimenti andrebbero persi.

Nel particolare, verranno progettati e sperimentati solventi neoterici (cioè non derivati dal petrolio, ma da materie prime rinnovabili) di ultima generazione, quali Deep Eutectic Solvents (DESs)/Low Transition Temperature Mixtures (LTTMs), che diversamente dai solventi organici altamente inquinati e dai costosi liquidi ionici di difficile preparazione, sono ecosostenibili, biodegradabili, non tossici e possono essere ottenuti da risorse naturali facilmente reperibili. Inoltre, questi "drinkable solvents", grazie alla possibilità di essere preparati a partire da un numero infinito di combinazioni di donatori (HBD) e accettori (HBA) di legame H, sono in grado di solubilizzare alcuni composti inorganici e organici refrattari ai solventi convenzionali.

Obiettivi principali saranno quindi

- progettazione, preparazione e caratterizzazione di nuovi DESs/LTTMs a partire da prodotti naturali, facilmente reperibili e di basso costo;
- ottimizzazione di un protocollo efficiente per la separazione e il recupero selettivi di cellulosa, lignina e nutrienti vegetali;
- definizione di uno schema di processo per il trattamento degli scarti agricoli (sfalci, potature, scarti agricoli) con i DESs/LTTMs.

Radici di Vita s.r.l. si è resa disponibile per l'approvvigionamento degli scarti agroalimentari provenienti dalle proprie

coltivazioni di kiwi, olive e nocciole, e per l'ottimizzazione sul campo del processo ottimizzato in laboratorio. Successivamente, le fibre di cellulosa recuperate potranno essere utilizzate sia in ambito tecnologico per la realizzazione di batterie green composte da materiali elettrodi ed elettrolitici nanostrutturati, sia in ambito tessile per la produzione di tessuti di alta qualità; mentre la lignina potrà essere sfruttata per la produzione di membrane impiegabili come supporto per sistemi filtrati polimerici di acque reflue che associano elevate prestazioni a costi notevolmente inferiori rispetto a quelli attualmente presenti nel mercato nazionale e internazionale.

Allo stesso tempo, il recupero e il riciclo di nutrienti vegetali saranno essenziali per mantenere alta la produttività agricola, per migliorare le proprietà fisico-chimiche del suolo e per produrre efficaci sostituti di fertilizzanti altamente inquinanti.

In questo, il progetto di dottorato descritto si inserisce nell'ambito delle "Green Technologies" (5.6.1 del PNR 2021-27) e in particolare nel cluster 6 (Food, Bioeconomy Natural resources, Agriculture and Environment) di Horizon Europe in riferimento al l'European Green Deal proponendo un uso efficiente degli scarti agroalimentari (secondo metodologie proprie della Green Chemistry) e contribuendo allo sviluppo di un'economia circolare mediante la valorizzazione dei rifiuti agricoli, il riutilizzo di prodotti di alto valore tecnologico per le industrie, la riduzione dello spazio occupato dai rifiuti verdi agricoli, nonché la riduzione delle emissioni provenienti dalla macerazione incontrollata dei rifiuti organici.

Titolo del progetto (inglese): Circular Economy: Green waste recycling and agri-food waste recovery using environmentally friendly solvents

Progetto di ricerca (inglese):

Every year in Europe more than 700 tons of agricultural waste are produced and are often left to rot on the ground, releasing not only nitrogen and phosphorus into the soil, of which the new plants absorb hardly a small, but also organic residues, still rich in potentially products harmful to the environment. Furthermore, the constant accumulation of this waste forces farms to face and sustain unreasonable management costs, making them less competitive and less efficient in the production of high-quality food. Although various technologies have been developed to convert agricultural waste into new products, the creation of a proper circular economy able to valorise the by-products of fruit and vegetable plantations, must overcome various obstacles; specifically, the processes for the selective recovery of green waste should be relatively simple and easily achievable, especially in small and medium-sized agricultural enterprises, in order to avoid further and excessive production costs.

In such a context, this project aims at developing a new ecofriendly process for the effective recycling and efficient enhancement of green and agri-food waste from the cultivation of fruit and vegetable (kiwis and olives) through (i) the transformation of by-products in new materials of high technological value and (ii) the recovery of important nutraceuticals that would otherwise be lost.

In particular, the last generation neoteric solvents (i.e. not derived from petroleum, but from renewable raw materials) will be designed and tested. Indeed, unlike highly polluted organic solvents and dramatically expensive ionic liquids, Deep Eutectic Solvents (DESs) / Low Transition Temperature Mixtures (LTTMs) are eco-sustainable, biodegradable, non-toxic and can be obtained from easily available natural resources by simply mixing the starting materials. Moreover, these "drinkable solvents", thanks to the possibility of being prepared employing an infinite number of combinations of H bond donors (HBD) and acceptors (HBA), are able to solubilize some inorganic and organic compounds that are completely insoluble in conventional solvents.

Therefore, the main objectives of such proposal will be

- design, preparation and characterization of new DESs / LTTMs solvents starting from natural, easily available and low-cost products;
- optimization of an effective and efficient protocol for the selective separation and recovery of cellulose, lignin and plant nutrients;
- definition of a process sequence for treating agricultural waste (mowing, pruning, biological waste) with DESs / LTTMs.

Radici di Vita s.r.l. has made itself available for the supply of agri-food waste from its own cultivations of kiwis, olives and hazelnuts, as well as for the optimization in the field of the process previously optimized in the laboratory. Subsequently, the recovered cellulose fibers will be used both in the technological field for the realization of green batteries composed of electrode and electrolytic nanostructured materials, and in the textile field for the production of high-quality organic fabrics. Meanwhile lignin should be exploited for the production of membranes that can be employed as a support for polymeric nanomaterials able to selectively remove heavy metal and organic pollutant from wastewater; such filtration systems will combine high performance with considerably lower costs than those currently present in the national and international market.

Additionally, the recovery and recycling of plant nutrients will be essential for maintaining high agricultural productivity, for improving the physicochemical properties of the soil, and for producing effective substitutes for highly polluting fertilizers.

The present proposal is part of the "green technologies" (5.6.1 of PNR 2021-27) and specifically, in cluster 6 (Food, Bioeconomy Natural resources, Agriculture and Environment) of Horizon Europe about the European Green Deal by proposing an efficient use of agri-food waste (according to Green Chemistry methodologies) and contributing to the development of a circular economy through the valorisation of agricultural waste, the reuse of products having high technological value for industries, reduction of the space occupied by biological agricultural waste, as well as the removal of emissions from the uncontrolled maceration of organic waste.