

# RECOVER

**Ricerca e sviluppo di un'Economia Circolare  
per la produzione di biostimolanti grazie  
alla Valorizzazione di Eccellenze Regionali**

***Dossier sui risultati del progetto***

*Progetto finanziato dal POR FESR Abruzzo 2014-2020, finanziamento a valere sull'Asse I, Linee di azione 1.1.1 e 1.1.4*

***Research and Development of a Circular Economy  
for the Production of Biostimulants Through  
the Valorisation of Regional Excellence***

***Dossier on Project Results***

*Project funded by POR FESR Abruzzo 2014-2020, funding under Axis I, Lines of action 1.1.1 and 1.1.4*



## Indice – Contents

### 3 Premessa – Premise

### 5 Principali attività del progetto – Main Project Activities

### 6 – 7 Realizzazione del primo impianto misto al mondo per il riciclo dei PAP post-consumo e post-industriali – Construction of the First Mixed Plant in the World for the Recycling of Post-Consumer and Post-Industrial AHPs

### 8 – 9 Sviluppo di un sistema di gassificazione per la trasformazione della cellulosa da riciclo dei PAP in syngas (miscela di gas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) da utilizzare nel processo di trasformazione in biomassa – Development of a Gasification System for the Transformation of Cellulose from AHPs Recycling into Syngas (H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Gas Mixture) to Be Used in the Transformation Process into Biomass

### 8 – 9 Sviluppo di un processo di trasformazione del syngas nella biomassa da utilizzare per la produzione di biostimolanti – Development of a Process for the Syngas Transformation into Biomass to Be Used for the Production of Biostimulants

### 10 – 11 Sviluppo di biostimolanti con un alto livello di prestazioni per la regolazione e il miglioramento dell'efficienza e della resa delle colture – Development of Biostimulants with a High-Performance Level for Regulating and Improving Crops Efficiency and Yield

### 12 – 13 Sviluppo e valorizzazione dei materiali recuperati sia dai PAP post-consumo sia post-industriali – Development and Valorisation of Materials Recovered From Both Post-Consumer and Post-Industrial AHPs

### 12 – 13 Benefici ambientali della bioraffineria multiscopo – Environmental Benefits of the Multi-Purpose Biorefinery

# Premessa Premise

RECOVER è stato sviluppato da FaterSMART, in collaborazione con altre due importanti realtà industriali della Regione Abruzzo: Valagro e Almacis. Le attività sono state avviate a Marzo 2017 e si sono concluse a Marzo 2021.

Il progetto nasce come ulteriore evoluzione dell'innovativa tecnologia sviluppata e brevettata da FaterSMART che, con il primo impianto al mondo operativo a scala industriale, consente di riciclare i Prodotti Assorbenti per la Persona (PAP – pannolini per bambini, assorbenti femminili e prodotti per l'incontinenza) ricavandone plastica, cellulosa e polimero super-assorbente da poter riutilizzare come materie prime seconde. I PAP, attualmente considerati non riciclabili, costituiscono circa il 4,5% dei rifiuti urbani complessivi.

RECOVER è stato sviluppato in sinergia con il progetto EMBRACED, finanziato dal Bio-Based Industries Joint Undertaking nell'ambito del programma Horizon 2020, di cui FaterSMART è capofila, con l'obiettivo di sviluppare in Abruzzo tecnologie prototipali uniche al mondo per la realizzazione della prima bioraffineria multiscopo in grado di trasformare i rifiuti generati da PAP post-consumo e post-industriali in biopolimeri, biostimolanti e altri prodotti a base biologica. Attraverso RECOVER sono state sviluppate le tecnologie abilitanti che hanno trovato la loro prima applicazione nel progetto EMBRACED. Il progetto è stato sviluppato con un approccio fortemente incentrato sull'Economia Circolare, con l'obiettivo di trasformare tutti gli output del processo FaterSMART di riciclo dei PAP – materie prime seconde e frazione liquida – in prodotti finiti ad alto valore aggiunto. La collaborazione tra i tre partner, operanti in settori industriali molto diversi tra loro ma assolutamente sinergici per lo scopo del progetto, è stato un elemento chiave del successo del progetto, a dimostrazione che il “fare sistema” sia un aspetto imprescindibile per lo sviluppo di un modello di bioeconomia circolare.

RECOVER was developed by FaterSMART, in partnership with two other relevant industrial realities of the Abruzzo Region: Valagro and Almacis. The activities started in March 2017 and ended in March 2021.

The project was born as a further evolution of the innovative technology developed and patented by FaterSMART which, with the first plant in the world operating on an industrial scale, allows the recycling of Absorbent Hygiene Products (AHPs – baby diapers, feminine pads and incontinence products) obtaining plastic, cellulose and super-absorbent polymer that can be reused as secondary raw materials. AHPs, currently considered non-recyclable, make up about 4.5% of total municipal waste.

RECOVER was developed in synergy with EMBRACED project, funded by the Bio-Based Industries Joint Undertaking as part of the Horizon 2020 program, of which FaterSMART is the leading partner, with the aim of developing in Abruzzo unique prototype technologies in the world for the realisation of the first multi-purpose biorefinery able to transform post-consumer and post-industrial AHP waste into biopolymers, biostimulants and other bio-based products. Through RECOVER, the enabling technologies have been developed and found their first application in EMBRACED project.

The project was developed with an approach strongly focused on Circular Economy, with the aim of transforming all the outputs of FaterSMART AHPs recycling process – secondary raw materials and liquid fraction – into finished products with high added value. The cooperation between the three project partners, operating in very different industrial sectors but absolutely synergistic for the project's purpose, was a key element for the project's success, demonstrating that “system building” is an essential aspect for the development of a Circular Bioeconomy model.





## Principali attività del progetto

1. Realizzazione del primo impianto misto al mondo per il riciclo dei PAP post-consumo e post-industriali (FaterSMART – Almacis).
2. Sviluppo di un sistema di gassificazione per la trasformazione della cellulosa da riciclo dei PAP in syngas da utilizzare nel processo di trasformazione in biomassa (FaterSMART – Almacis).
3. Sviluppo di un processo di trasformazione del syngas nella biomassa da utilizzare per la produzione di biostimolanti (FaterSMART).
4. Sviluppo di biostimolanti con un alto livello di prestazioni per la regolazione e il miglioramento dell'efficienza e della resa delle colture (Valagro).
5. Sviluppo e valorizzazione dei materiali recuperati dai PAP sia post-consumo sia post-industriali (FaterSMART).

## Main Project Activities

1. Construction of the first mixed plant in the world for the recycling of post-consumer and post-industrial AHPs (FaterSMART – Almacis).
2. Development of a gasification system for the transformation of cellulose from AHPs recycling into syngas to be used in the transformation process into biomass (FaterSMART – Almacis).
3. Development of a process for the syngas transformation into biomass to be used for the production of biostimulants (FaterSMART).
4. Development of biostimulants with a high-performance level for regulating and improving crops efficiency and yield (Valagro).
5. Development and valorisation of materials recovered from both post-consumer and post-industrial AHPs (FaterSMART).



## Realizzazione del primo impianto misto al mondo per il riciclo dei PAP post-consumo e post-industriali

FaterSMART – Almacis

In questo ambito, FaterSMART e Almacis hanno svolto le seguenti attività di ricerca:

1. Ottimizzazione della tecnologia di riciclo dei PAP post-consumo (FaterSMART)
2. Sviluppo dell'impianto di riciclo dei PAP di tipo misto (FaterSMART)
3. Progettazione di un sistema di autoclave in continuo per la sterilizzazione dei PAP (Almacis)

### Ottimizzazione della tecnologia di riciclo dei PAP post-consumo (FaterSMART – Impianto misto 1)

La tecnologia di riciclo dei rifiuti PAP post-consumo di FaterSMART è stata messa a punto ottenendo (1) una significativa riduzione dei consumi energetici del processo di trattamento e (2) il miglioramento della qualità delle materie seconde recuperate, in linea con i criteri per la cessazione della qualifica di rifiuto dei PAP, che si sono andati delineando nel corso dello sviluppo del progetto e che si sono concretizzati con la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale, l'8 luglio 2019, del Decreto noto come End of Waste.

### Sviluppo dell'impianto di riciclo dei PAP di tipo misto (FaterSMART – Impianto misto 2)

La tecnologia di riciclo FaterSMART è stata sviluppata per il trattamento dei rifiuti da PAP post-consumo, conferiti dagli utenti nel circuito di rifiuti urbani e considerati una componente non riciclabile fino all'avvio da parte di FaterSMART,

nel 2017 a Lovadina di Spresiano (TV), del primo impianto di riciclo al mondo per questa tipologia di rifiuto.

Anche durante il processo di produzione dei PAP si generano quantità significative di rifiuti, cosiddetti post-industriali, la cui valorizzazione rappresenta un'importante opportunità per la chiusura del ciclo dei PAP in ottica di economia circolare.

Nell'ambito di RECOVER, FaterSMART ha quindi realizzato attività di ricerca che hanno consentito di **mettere a punto e dimostrare il funzionamento di un sistema di riciclo dei PAP di tipo misto**, cioè in grado di trattare sia i rifiuti da PAP post-consumo sia post-industriale. Grazie a queste attività, l'impianto di riciclo di Lovadina di Spresiano è ora in grado di operare in modalità di tipo misto.

### Progettazione di un sistema di autoclave in continuo per la sterilizzazione dei PAP (Almacis – Impianto misto 3)

Il cuore tecnologico del processo di riciclo si basa su un'autoclave che apre, sterilizza e asciuga i PAP, con un processo che allo stato attuale è di tipo batch.

Nell'ambito di RECOVER è stato sviluppato il progetto di **un'autoclave continua per poter trattare i PAP senza dovere quindi lavorare per lotti ma in maniera continuativa**, ossia senza interruzioni che fanno disperdere energia e aumentano i tempi morti del processo.

Plastica, cellulosa e polimero super-assorbente



Plastic, cellulose and super-absorbent polymer

## Construction of the First Mixed Plant in the World for the Recycling of Post-Consumer and Post-Industrial AHPs

FaterSMART – Almacis

In this context, FaterSMART and Almacis carried out the following research activities:

1. Optimisation of post-consumer AHPs recycling technology (FaterSMART)
2. Development of the mixed AHPs recycling plant (FaterSMART)
3. Design of a continuous autoclave system for the sterilisation of AHP waste (Almacis)

### Optimisation of Post-Consumer AHPs Recycling Technology (FaterSMART – Mixed Plant 1)

FaterSMART's post-consumer AHP waste recycling technology was developed obtaining (1) a significant reduction in the treatment process energy consumption and (2) the improvement of the secondary materials recovered quality, in line with the criteria for the cessation of AHPs waste status, which took shape during the development of the project and materialized with the publication in the Italian Official Gazette, on July 8, 2019, of the Decree known as End of Waste.

### Development of the Mixed AHPs Recycling Plant (FaterSMART – Mixed plant 2)

FaterSMART recycling technology was developed for the treatment of post-consumer AHP waste, conferred by users in the municipal waste circuit and considered a non-recyclable fraction until the

launch by FaterSMART, in 2017 in Lovadina di Spresiano (TV), of the first recycling plant in the world for this type of waste.

Significant quantities of so-called post-industrial waste are also generated during the AHPs production process, and their exploitation represents an important opportunity for closing the loop for AHPs from a Circular Economy perspective.

As part of RECOVER, FaterSMART therefore carried out research activities that made it possible to **develop and demonstrate the operation of a mixed AHPs recycling system**, i.e. able to process both post-consumer and post-industrial AHPs waste. Thanks to these activities, the Lovadina di Spresiano recycling plant can now operate in mixed mode.

### Design of a Continuous Autoclave System for the Sterilisation of AHP waste (Almacis – Mixed plant 3)

The technological core of the recycling process is based on an autoclave that opens, sterilises and dries the AHPs, with a currently batch processing.

As part of RECOVER, the project for a **continuous autoclave that could process AHPs without therefore having to work in batches but continuously**, that is without interruptions that cause energy to be dispersed and the process downtime increased, was developed.



## Sviluppo di un sistema di gassificazione per la trasformazione della cellulosa da riciclo dei PAP in syngas (miscela di gas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) da utilizzare nel processo di trasformazione in biomassa

FaterSMART – Almacis

In questo ambito, FaterSMART e Almacis hanno svolto le seguenti attività:

1. Definizione della composizione del syngas per l'alimentazione del processo di trasformazione in biomassa (FaterSMART)
2. Test sperimentali volti a caratterizzare le materie prime recuperate dal processo di riciclo dei PAP da utilizzare nel sistema di gassificazione (Almacis)
3. Test sperimentali volti a ottimizzare il sistema di gassificazione (Almacis)
4. Progettazione, costruzione e avviamento di un sistema di gassificazione (Almacis)

### Definizione della composizione del syngas per l'alimentazione del processo di trasformazione in biomassa (FaterSMART – Gassificazione 1)

Affinché il processo di trasformazione in biomassa risulti efficace, ovvero raggiunga i necessari target di produttività e rendimento, **è necessario che il syngas (miscela di gas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) prodotto nel processo di gassificazione abbia una specifica qualità e composizione.**

La composizione attesa del syngas è stata definita da FaterSMART, in collaborazione con la start-up americana Kiverdi, pioniera nelle tecnologie di gas bio-processing, attraverso estensive analisi chimiche dei materiali di composizione dei PAP e delle frazioni derivate dal riciclo dei PAP post-consumo (plastica, cellulosa e polimero super-assorbente) e test su scala di laboratorio.

### Attività e risultati della caratterizzazione delle materie prime (Almacis – Gassificazione 2)

Non tutti i materiali sono adatti a essere gassificati e in generale il sistema di gassificazione sarà diverso a seconda delle caratteristiche del materiale alimentato.

Per poter gassificare un materiale è di fondamentale importanza conoscerne le sue caratteristiche fisiche e chimiche.

La cellulosa ottenuta dal processo di riciclo PAP è stata caratterizzata mediante numerose analisi, tra le quali si annoverano:

- Analisi termo-gravimetrica
- Analisi elementare CHNS/O
- Analisi spettrometrica XRF
- Spettroscopia a emissione di plasma

Grazie a questi test si è avuta una chiara panoramica delle caratteristiche della cellulosa ottenuta dal processo di riciclo PAP.

### Test per ottimizzare il sistema di gassificazione (Almacis – Gassificazione 3)

Il processo di gassificazione produce una miscela di gas diversi, tra cui principalmente idrogeno, monossido di carbonio, anidride carbonica e vapore d'acqua. L'esatta composizione dei gas ottenuti dipende sia dal materiale di partenza sia dall'impianto di gassificazione utilizzato. Sono stati effettuati test di devolatilizzazione per capire come le caratteristiche dell'impianto di gassificazione influenzano i gas.

### Progettazione, costruzione e avviamento di un sistema di gassificazione (Almacis – Gassificazione 4)

Le caratteristiche principali di un impianto derivano dall'analisi dei test. Poi però, per realizzare un impianto vero e proprio è necessaria una fase di ingegneria in cui tutti i particolari costruttivi vengono studiati con attenzione, persino il numero di bulloni utilizzato per fissare ciascun tubo!

L'impianto progettato è stato quindi costruito e installato. Nessun impianto nasce perfetto. È seguita quindi una fase di avviamento in cui le piccole criticità sono state individuate, studiate e brillantemente risolte!

## Sviluppo di un processo di trasformazione del syngas nella biomassa da utilizzare per la produzione di biostimolanti

FaterSMART

La trasformazione del syngas (miscela di gas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) in biomassa è stata realizzata attraverso l'utilizzo di una specie di microrganismi, brevettata da Kiverdi, in grado di fissare H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> in prodotti biochimici.

FaterSMART, in collaborazione con Kiverdi, ha realizzato attività di ricerca per l'accrescimento di biomasse all'interno di un bioreattore gas/liquido alimentato dal mix di gas (H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) generato dalla gassificazione della cellulosa da riciclo dei PAP post-consumo. Campioni delle biomasse sviluppate nel bioreattore (idrolizzati proteici) sono state fornite a Valagro per valutarne l'efficacia e le performance nella formulazione di biostimolanti da utilizzare in ambito agricolo.



## Development of a Gasification System for the Transformation of Cellulose from AHPs Recycling into Syngas (H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Gas Mixture) to Be Used in the Transformation Process into Biomass

FaterSMART – Almacis

In this context, FaterSMART and Almacis carried out the following activities:

1. Definition of the syngas composition for feeding the transformation process into biomass (FaterSMART)
2. Experimental tests aimed at characterizing the raw materials recovered from AHPs recycling process to be used in the gasification system (Almacis)
3. Experimental tests aimed at optimising the gasification system (Almacis)
4. Design, construction and start-up of a gasification system (Almacis)

### Definition of the Syngas Composition for Feeding the Transformation Process Into Biomass (FaterSMART – Gasification 1)

In order for the transformation process into biomass to be effective, that is to reach the necessary productivity and performance targets, **it is necessary that the syngas (mixture of H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> gas) produced in the gasification process has a specific quality and composition.**

The expected syngas composition was defined by FaterSMART, in cooperation with the American start-up Kiverdi, a pioneer in gas bio-processing technologies, through extensive chemical analysis of AHPs composition materials and of the fractions derived from post-consumption AHPs recycling (plastic, cellulose and super-absorbent polymer) and laboratory-scale tests.

### Activities and Results of Raw Materials Characterization (Almacis – Gasification 2)

Not every material can be gasified and in general the gasification system will be different depending on the characteristics of the material fed.

In order to gasify a material it is crucial to know its physical and chemical characteristics.

The cellulose obtained from AHPs recycling process was characterized by numerous analysis, including:

- Thermo-gravimetric analysis
- CHNS/O elemental analysis
- XRF spectrometric analysis
- Plasma emission spectroscopy

Thanks to these tests, a clear overview of the characteristics of the cellulose obtained from AHPs recycling process was achieved.

### Tests to Optimise the Gasification System (Almacis – Gasification 3)

The gasification process produces a mixture of different gases, including mainly hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide and water vapor.

The exact composition of the gases obtained depends on both the starting material and the gasification plant used.

Devolatilization tests were carried out to understand how the characteristics of the gasification plant affect the gases.

### Design, Construction and Start-Up of a Gasification System (Almacis – Gasification 4)

The main features of a plant derive from the tests analysis. But then, to create a real system, an engineering phase is necessary when all the building details are carefully studied, even the number of bolts used to fix each tube! The designed system was then built and installed. No plant is born perfect. A start-up phase then followed in which small critical issues were identified, studied and brilliantly resolved!

## Development of a Process for the Syngas Transformation into Biomass to Be Used for the Production of Biostimulants

FaterSMART

The syngas transformation (mixture of H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> gas) into biomass was achieved through the use of a microorganism species, patented by Kiverdi, able to fix H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in biochemical products.

FaterSMART, in collaboration with Kiverdi, performed research activities for the growth of biomass inside a gas/liquid bioreactor powered by the gas mix (H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) generated by the gasification of post-consumer AHPs recycled cellulose.

Samples of the biomasses developed in the bioreactor (protein hydrolysates) were provided to Valagro to evaluate their efficacy and performance in the formulation of biostimulants to be used in agriculture.



All'interno del progetto, Valagro si è occupata di svolgere attività di ricerca su materie prime fornite da Fater per lo sviluppo di biostimolanti. Questi ultimi comprendono diverse formulazioni di sostanze che, applicate direttamente al suolo o alla pianta, regolano e migliorano i processi fisiologici delle colture, aumentandone l'efficienza e la resa, oltre a preservare il terreno dopo il raccolto. I biostimolanti sono compatibili con le più avanzate tecniche colturali, che caratterizzano la Gestione Integrata delle Colture, pilastro dell'**agricoltura sostenibile**. In questo ambito, Valagro ha quindi svolto:

1. L'analisi chimica di composti a base di proteine (idrolizzati proteici) candidati a diventare potenziali materie prime per i biostimolanti.
2. Test delle materie prime su colture come il pomodoro e il mais al fine di valutare gli effetti sulle piante in condizioni di stress abiotico.

#### **Analisi chimica delle materie prime (Valagro – Biostimolanti 1)**

Le materie prime studiate da Valagro all'interno del progetto RECOVER sono ottenute da fermentazione a partire dal syngas, un gas che si genera dal riciclo dei prodotti di igiene assorbenti. Su queste materie prime Valagro ha condotto attività di analisi chimica, definita caratterizzazione, utili a comprendere la loro composizione chimica.

Dal processo di caratterizzazione emerge che le principali classi di molecole presenti in queste materie prime – ovvero gli idrolizzati proteici – sono gli amminoacidi liberi, peptidi, frammenti di proteine oltre a macronutrienti e micronutrienti che **le piante possono utilizzare per sopportare stress abiotici. Gli stress ambientali rappresentano il principale fattore limitante per la produttività agricola.**

Quando i valori della temperatura, dell'intensità luminosa, della disponibilità d'acqua e/o degli elementi nutritivi si discostano dai livelli ottimali si può infatti avere un forte danneggiamento della coltura.

#### **Analisi chimica delle materie prime (Valagro – Biostimolanti 2)**

Il contenuto degli aminoacidi totali cambia in base al processo di produzione utilizzato. A seguito del processo di fermentazione a partire dal syngas i batteri sintetizzano le proteine. Affinché le proteine possano essere utilizzate come biostimolanti è necessario applicare un processo chimico di idrolisi che porta alla formazione dei peptidi e di aminoacidi liberi.

## **Sviluppo di biostimolanti con un alto livello di prestazioni per la regolazione e il miglioramento dell'efficienza e della resa delle colture**

*Valagro*

La caratterizzazione chimica di questi composti ha visto il ricorso a **tecnologie all'avanguardia** in uso dai ricercatori Valagro come la cromatografia liquida ad alte prestazioni insieme alla spettrometria di massa.

#### **Attività delle materie prime sulle piante (Valagro – Biostimolanti 3)**

L'efficacia delle materie prime sulle piante è stata studiata grazie alla **fenomica** (osservazione del fenotipo analizzando l'immagine tridimensionale della pianta) che è una delle **piattaforme di ricerca che compongono GeaPower®**, l'esclusiva piattaforma tecnologica di Valagro per lo sviluppo di biostimolanti che rappresenta uno standard nel settore.

#### **Attività delle materie prime sulle piante (Valagro – Biostimolanti 4)**

##### **Analisi degli RNA**

L'effetto a livello fisiologico delle materie prime sulle piante è stato studiato per mezzo della piattaforma trascrittomica (analisi degli RNA). Questo ha consentito ai ricercatori Valagro di comprendere in maggior dettaglio i **meccanismi d'azione dei biostimolanti** in presenza di stress abiotici e in conseguenza del trattamento con gli idrolizzati proteici.

#### **Attività delle materie prime sulle piante – Risultati sul Mais (Valagro – Biostimolanti 5)**

A seguito del **trattamento del mais** con uno degli idrolizzati proteici si è notato un incremento dell'indice di vegetazione della pianta osservabile in **foglie più verdi e più sviluppate**.

#### **Attività delle materie prime sulle piante – Risultati sul pomodoro (Valagro – Biostimolanti 6)**

A seguito del trattamento del pomodoro in condizioni di stress idrico, uno degli idrolizzati ha determinato un aumento della biomassa osservabile in un **aumento del peso fresco delle piante**.

*Within the project, Valagro was involved in carrying out research on raw materials supplied by Fater for the development of biostimulants. The latter include different formulations of substances which, applied directly to the soil or to a plant, regulate and improve the crops physiological processes, improving their efficiency and yield, as well as preserving the soil after harvest. The biostimulants are compatible with the most advanced cultivation techniques, which characterize the Integrated Crop Management, pillar of **sustainable agriculture**. In this context, Valagro therefore conducted:*

1. *The chemical analysis of protein-based compounds (protein hydrolysates) on the short list to become potential raw materials for biostimulants.*
2. *Tests of raw materials on crops such as tomato and corn in order to evaluate the effects on plants in conditions of abiotic stress.*

#### **Chemical Analysis of Raw Materials (Valagro – Biostimolanti 1)**

*The raw materials studied by Valagro as part of RECOVER project are obtained by fermentation starting from syngas, a gas that is generated from AHPs recycling. On these raw materials Valagro performed chemical analysis activities, called characterization, useful for understanding their chemical composition.*

*From the characterization process it emerges that the main classes of molecules present in these raw materials – i.e. protein hydrolysates – are free amino acids, peptides, protein fragments as well as macronutrients and micronutrients that **plants can use to withstand abiotic stress. Environmental stresses are the main limiting factor for agricultural productivity**. When temperature, light intensity, water availability and/or nutrients values deviate from the optimal levels, it can in fact cause severe damage to the crop.*

#### **Chemical Analysis of Raw Materials (Valagro – Biostimolanti 2)**

*The total amino acid content changes according to the manufacturing process used. Following the fermentation process starting from syngas, bacteria synthesize proteins. In order for proteins to be used as biostimulants it is necessary to apply a chemical process of hydrolysis which leads to the formation of peptides and free amino acids. For the chemical*

## **Development of Biostimulants with a High-Performance Level for Regulating and Improving Crops Efficiency and Yield**

*Valagro*

*characterization of these compounds, **cutting-edge technologies** used by Valagro researchers such as high-performance liquid chromatography together with mass spectrometry were adopted.*

#### **Activity of Raw Materials on Plants (Valagro – Biostimolanti 3)**

*The effectiveness of raw materials on plants was studied thanks to phenomics (observation of the phenotype by analysing the three-dimensional image of the plant) which is one of the **research platforms that make up GeaPower®**, Valagro's exclusive technological platform for biostimulants development which is an industry standard.*

#### **Activity of Raw materials on Plants (Valagro – Biostimolanti 4)**

##### **RNA Analysis**

*The physiological effect of raw materials on plants was studied by means of the transcriptomic platform (RNA analysis). This allowed Valagro researchers to understand in greater detail **the biostimulants mechanisms of action** in the presence of abiotic stress and as a result of treatment with protein hydrolysates.*

#### **Activity of Raw materials on Plants – Results on Corn (Valagro – Biostimolanti 5)**

*Following the **treatment of corn** with one of the protein hydrolysates, an increase in the plant vegetation index was noted, which can be observed in **greener and more developed leaves**.*

#### **Activity of Raw Materials on Plants – Results on Tomato (Valagro – Biostimolanti 6)**

*Following the **treatment of tomato** under water stress conditions, one of the hydrolysates determined an increase in biomass which can be observed in **an increase in the plants fresh weight**.*



## Sviluppo e valorizzazione dei materiali recuperati sia dai PAP post-consumo sia post-industriali

FaterSMART

Oltre alla valorizzazione della cellulosa attraverso i processi di gassificazione e trasformazione in biomassa, FaterSMART ha dimostrato la fattibilità di diverse applicazioni con l'utilizzo di tutte le materie prime seconde ottenute dal riciclo dei PAP post-consumo e post-industriali.



## Benefici ambientali della bioraffineria multiscopo

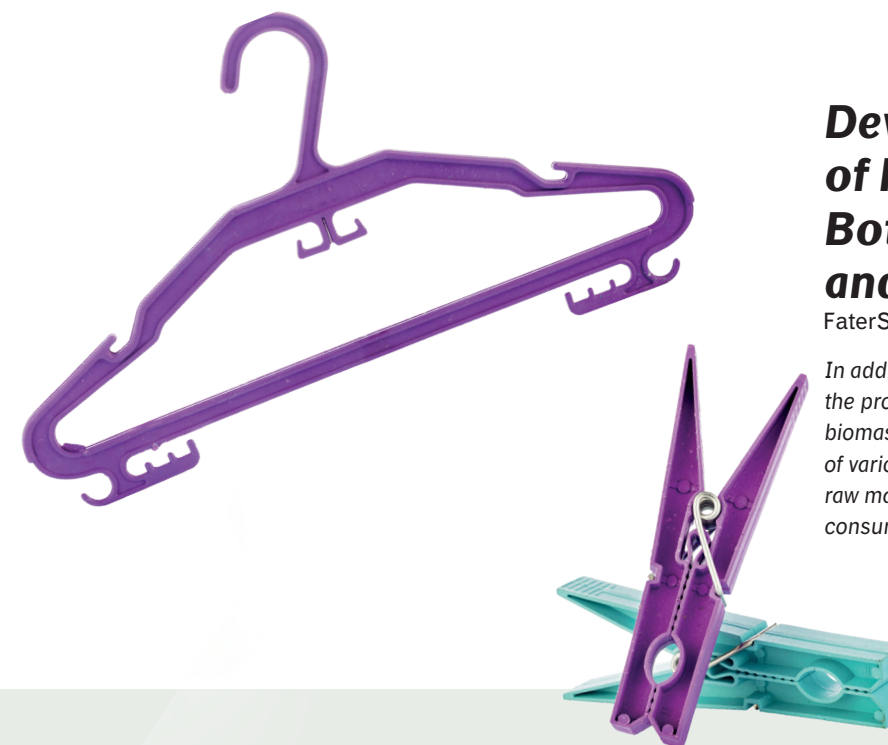
La **performance ambientale dei materiali e dei prodotti RECOVER** è stata valutata in uno studio di **Life Cycle Assessment** attraverso un confronto con le performance di materiali e prodotti di riferimento: cellulosa riciclata rispetto a cellulosa vergine; plastica riciclata con granulato di polipropilene vergine; SAP riciclato con SAP vergine; biomassa (idrolizzato proteico) con un fertilizzante azotato. Per confrontare la performance ambientale dei diversi materiali e prodotti, i risultati dell'LCA sono stati normalizzati e ponderati per ottenere un punteggio sintetico (indice LCA). Gli esiti di questa analisi sono molto positivi: l'indice LCA per tutti i materiali e prodotti della bioraffineria mostra valori sempre inferiori ai relativi benchmark, ovvero **la performance**

**ambientale complessiva dei materiali e dei prodotti RECOVER è inferiore a quella osservata per i corrispondenti benchmark.** Anche la **performance ambientale dell'impianto di riciclo FaterSMART** è assolutamente positiva: il trattamento di 1 tonnellata di rifiuti da PAP post-consumo consente di risparmiare 493 kg di emissioni di CO<sub>2</sub> rispetto allo smaltimento in discarica e inceneritore e il beneficio ambientale diventa ancor più significativo con il trattamento dei rifiuti da PAP post-industriali, con 737 kg di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate per tonnellata trattata. **Per ogni impianto misto di capacità standard (10.000 t/anno), è come avere un parco urbano di 400.000 alberi!**

## Development and Valorisation of Materials Recovered From Both Post-Consumer and Post-Industrial AHPs

FaterSMART

In addition to the valorisation of cellulose through the processes of gasification and transformation into biomass, FaterSMART demonstrated the feasibility of various applications with the use of all secondary raw materials obtained from the recycling of post-consumer and post-industrial AHPs.



## Environmental Benefits of the Multi-Purpose Biorefinery

**The environmental performance of RECOVER materials and products** was assessed in a **Life Cycle Assessment** study through a comparison with the performance of reference materials and products: recycled cellulose compared to virgin cellulose; recycled plastic with virgin polypropylene granules; recycled SAP with virgin SAP; biomass (protein hydrolysate) with a nitrogen fertilizer. In order to compare the environmental performance of the different materials and products, the LCA results were normalized and weighted to obtain a synthetic score (LCA index). The results of this analysis are very positive: the LCA index for all the biorefinery materials and products shows values that are always lower than the related benchmarks, i.e.

**the overall environmental performance of RECOVER materials and products is lower than that observed for the corresponding benchmarks.** **The environmental performance of FaterSMART recycling plant** is also absolutely positive: the treatment of 1 ton of post-consumer AHP waste saves 493 kg of CO<sub>2</sub> emissions compared to disposal in landfills and incineration and the environmental benefit becomes even more significant with the treatment of post-industrial AHP waste, with 737 kg of CO<sub>2</sub> emissions avoided per ton treated. **For each standard capacity mixed plant (10,000 t/year), it is like having a city park of 400,000 trees!**



**Fater SpA** è la joint-venture paritetica di Procter&Gamble e il Gruppo Angelini ed è leader di mercato in Italia per i prodotti assorbenti per la persona e in 39 paesi del mondo nel mercato dei prodotti per la cura della casa. FaterSMART è la business unit di Fater SpA dedicata alla ricerca, allo sviluppo e alla commercializzazione di tecnologie per il riciclo dei rifiuti generati dai prodotti assorbenti per la persona.

**Valagro** è leader nella produzione e commercializzazione di biostimolanti e specialità nutrizionali. Fondata nel 1980 e con sede ad Atessa, in provincia di Chieti, Valagro si impegna per offrire soluzioni innovative ed efficaci per la nutrizione e la cura delle piante, in grado di soddisfare le esigenze dei clienti nell'ottenere raccolti più abbondanti e di migliore qualità, aumentando l'efficienza e riducendo l'impatto ambientale. Valagro mette la scienza al servizio dell'Umanità contribuendo a migliorare il benessere, promuovere una migliore nutrizione e il rispetto dell'ambiente.

**ALMA C.I.S.** nasce nel 1987 nell'ambito del progetto di ampliamento delle società del gruppo Marramiero, operante dal 1955; si occupa di: Sistemi Speciali ed Ecologia, Ricerca e Sviluppo, Costruzioni e Reti di Servizi. La Ricerca e Sviluppo (R&D) sviluppa nuove soluzioni per processi e impianti sulla base delle competenze tecnologiche e scientifiche dell'azienda, anche attraverso collaborazioni e progetti con università e industrie a livello nazionale e internazionale.

**Fater SpA** is a joint venture held equally by Procter & Gamble and Angelini Group, the market leader in Italy for Absorbent Hygiene Products and in 39 countries around the world in the home care products sector.

**FaterSMART** is the business unit of Fater SpA dedicated to the research, development and marketing of technologies for the recycling of waste generated by Absorbent Hygiene Products.

**Valagro** is a leader in the biostimulants and nutritional specialties production and marketing. Founded in 1980 and based in Atessa, in the province of Chieti, Abruzzo Region, Valagro is committed to offering innovative and effective solutions for plants nutrition and care, able to meet customers needs in obtaining more abundant and higher quality harvests, increasing efficiency and reducing environmental impact. Valagro puts science at the service of humanity by helping to improve well-being, promote better nutrition and respect for the environment.

**ALMA C.I.S.** was founded in 1987 as part of the expansion project of the Marramiero Group companies, operating since 1955; it deals with: Special Systems and Ecology, Research and Development, Building and Service Networks. Research and Development (R&D) develops new solutions for processes and plants based on the company's technological and scientific skills, also through collaborations and projects with universities and industries at a national and international level.

