

L'ECOSISTEMA METROFOOD-IT

Presso il **Centro Ricerche Casaccia** (Roma), sono stati potenziati i laboratori di chimica analitica implementandoli con nuove strumentazioni per la caratterizzazione di matrici di interesse per il settore agroalimentare finalizzati a qualità e sicurezza, autenticità, determinazione dell'origine (geografica e botanica) e rintracciabilità delle materie prime e dei prodotti. Dall'analisi di elementi in tracce e ultratracce con un nuovo sistema per l'analisi automatica diretta del mercurio, ai sistemi di analisi basati su spettroscopia atomica e spettrometria di massa; dalla spettroscopia molecolare per la determinazione di pigmenti, polifenoli e vitamine, alla realizzazione di "mappe di colore" degli alimenti, per verificare la freschezza o la stabilità degli alimenti durante la conservazione e per la rilevazione di adulterazioni. La facility di metabolomica è stata rafforzata con un sistema all'avanguardia che consente l'analisi dettagliata di contaminanti presenti in alimenti e bevande, come ad esempio pesticidi, additivi o metaboliti naturali, e con sistema di imaging che consente anche di "localizzare" le molecole sul campione. È stata anche potenziata la facility di microbiologia con una tecnologia che permette l'identificazione real-time di batteri e funghi a partire da colture isolate e di un sistema di spettroscopia a infrarossi che consente di effettuare una differenziazione dettagliata tra i diversi ceppi batterici ma anche la loro tipizzazione rapida e il tracciamento delle fonti di contaminazione.

E ancora, in Casaccia sono stati potenziati:

- L'impianto Calliope utilizzato nell'applicazione di irraggiamento gamma per scopi agricoli, alimentari e ambientali, quali il mutation breeding, il controllo di insetti nocivi come metodo sostenibile per l'eradicazione di parassiti, o per la produzione di materiali di riferimento per garantirne la stabilità. La facility in particolare è stata dotata di un'interfaccia per la gestione dei test di irraggiamento, l'archiviazione e la digitalizzazione dei dati sperimentali, abilitando l'accesso remoto tramite sistema Cloud e di uno spettrometro micro-Raman. Inoltre, è stato implementato un sistema di monitoraggio digitale per l'umidità relativa e la temperatura all'interno della camera di irradiazione
- è stata installata una piattaforma di fenotipizzazione dotata di supporto mobile per il monitoraggio dei principali parametri morfometrici.
- è in via di realizzazione anche un "cucina-laboratorio" completamente equipaggiata per studiare gli effetti delle procedure di preparazione domestica e di ristorazione rispetto alla qualità e sicurezza alimentare, coprendo tutte le diverse tipologie di preparazione, cottura e conservazione di qualsiasi alimento e bevanda.

Nel Centro Ricerche ENEA della **Trisaia**, un investimento ingente ha riguardato le applicazioni legate alla determinazione di origine di materie prime e prodotti con l'upgrading dello spettrometro NMR ad alta risoluzione che consente l'identificazione di sostanze, la quantificazione di miscele complesse, il controllo di qualità e l'autenticazione di prodotti,

implementato da una consolle in grado di processare in automazione fino a 500 campioni, ma anche con sistemi automatici per l'analisi di campioni semi-solidi e di nuovi software per l'analisi dei dati.

Il progetto PNRR ha interessato anche le facility ENEA dei due centri di **Casaccia e Trisaia** dedicate agli impianti per la produzione di materiali di riferimento per il settore agroalimentare, essenziali per garantire la riferibilità metrologica e la comparabilità delle misurazioni analitiche. In particolare, le facility sono state dotate di nuovi sistemi di liofilizzazione, essiccazione ed omogeneizzazione, data loggers per il monitoraggio dei parametri ambientali durante la produzione, ultracongelatori e sistemi di confezionamento. I due impianti "gemelli" consentono di operare su diversa scala: in Casaccia, dedicata alle attività di ricerca & sviluppo, agli studi di fattibilità ed alle produzioni su piccola scala; in Trisaia, su grande scala.

Presso il Centro Ricerche di **Brindisi**, la facility di bioeconomia circolare ha incrementato la propria dotazione strumentale per l'applicazione di tecnologie e processi innovativi per la produzione di biomateriali biodegradabili e compostabili al 100%, per un'industria sostenibile, circolare e intelligente. Si tratta di una serie di processi a cascata che, partendo da processi di separazione a membrana, sono in grado di recuperare, separare e concentrare le biomolecole presenti nei reflui agroalimentari. L'obiettivo è utilizzare scarti per la produzione di biomateriali che possono essere impiegati per il confezionamento di prodotti alimentari, con lo sviluppo di biopackaging innovativi e sostenibili. La facility si è dotata di nuovi fermentatori e bioreattori, liofilizzatore, omogeneizzatore e camere climatiche. Come ulteriore valore aggiunto, questa facility ospiterà uno dei "siti demo" di METROFOOD-IT, il Living Lab "Circular Bioeconomy and Industrial Symbiosis", dedicato al coinvolgimento diretto dei diversi attori del sistema agroalimentare per azioni di co-creazione di soluzioni innovative, per migliorare la qualità e la sicurezza degli alimenti e supportare la bioeconomia circolare.

Presso il Centro Ricerche ENEA di **Frascati** è stata implementata la facility "Sensori Spettroscopici Smart e IoT" focalizzata sull'applicazione di sistemi di analisi non distruttiva e dispositivi portatili, che si affianca al sistema di Spettroscopia Laser Fotoacustica sviluppato da ENEA con sistemi laser spettroscopia infrarossa e Raman, spettrofluorimetria e telerilevamento.

Infine, un importante aggiornamento riguarda la facility "HPC e data center" che fa capo al sistema **CRESCO7**, la seconda infrastruttura di calcolo in Italia situata presso il Centro Ricerche ENEA di **Portici**, che ha acquisito componenti specificatamente dedicate a METROFOOD-IT, quali: sistemi di storage ad alte prestazioni, software per la gestione HPC, aggiornamento del router e dell'infrastruttura di connettività e nodi GPU ad alta memoria. Al servizio di METROFOOD-IT, CRESCO7 si combina con gli altri due importanti sistemi di calcolo e data storage. In particolare:

- **L'Università del Molise** ha acquisito numerose risorse hardware e software per lo Stake Lab, che combinando elevata potenza di elaborazione, ampia memoria, archiviazione veloce e sicura ad una rete robusta con funzioni di sicurezza avanzate, è

particolarmente adatta alle applicazioni di archiviazione mission-critical e all'integrazione di sistemi blockchain, fornendo così servizi all'intera infrastruttura METROFOOD-IT.

- **L'Università di Bari** ha effettuato un importante aggiornamento del sistema HPC che gestisce grandi dataset ed elabora e archivia i risultati in modo efficiente, rendendoli disponibili in tutte le fasi del processo di analisi dei dati, concentrandosi sullo sviluppo di algoritmi di Intelligenza Artificiale incentrati in particolare sulla rintracciabilità, determinazione di autenticità ed origine, caratterizzazione delle produzioni alimentari in termini di qualità e sicurezza alimentare.

L'Università di Bari ha inoltre allestito un laboratorio dedicato alla didattica e al trasferimento tecnologico equipaggiato con visori 3D e telecamera 360° per soluzioni didattiche in realtà virtuale e realtà aumentata.

Numerose le facility chimico-analitiche, impiantistiche e dedicate ai sistemi IoT implementate o aggiornate anche presso gli altri partner del consorzio. Alcuni esempi:

Presso **l'Università di Napoli Federico II**:

- Laboratorio di analisi multielementale e laboratorio di spettroscopia infrarossa, implementati con sistemi di spettrometria di massa per misurazioni altamente sensibili di macro- e micro-elementi e terre rare negli alimenti, ma anche approcci che consentono l'autenticazione dei prodotti agroalimentari (DOP, IGP) secondo la zona geografica di provenienza, l'individuazione di frodi e la caratterizzazione in termini di parametri di qualità.
- Laboratorio alimenti & salute, potenziato con un sistema utile per la valutazione della qualità nutrizionale dei prodotti agroalimentari lungo l'intera filiera
- Laboratorio di metagenomica ed ecologia microbica, implementato con nuove attrezzature utili per l'analisi, isolamento e caratterizzazione di microrganismi strettamente anaerobi da alimenti, suolo e microbioma umano, l'identificazione rapida di isolati microbici e letture di crescita microbica; liofilizzatori ed ultracongelatori per la conservazione di microrganismi; attrezzature per la biologia molecolare, stazioni robotizzate per la preparazione di librerie metagenomiche e un simulatore gastro-intestinale che permette di testare l'effetto di alimenti, nutrienti o microrganismi sul microbioma umano.

L'Università di Parma

Grazie a METROFOOD-IT è stato possibile allestire laboratori all'avanguardia con facility, per lo sviluppo e la validazione di sensori analitici smart a supporto dell'agroalimentare. Tra le principali strumentazioni acquisite: sistemi di spettrometria di massa ad alta risoluzione e naso elettronico per studi di metabolomica per la qualità, rintracciabilità e autenticità degli alimenti; sistemi sensoristici che permettono l'acquisizione simultanea di segnali da 10 sensori per lo sviluppo di lingue elettroniche; un lettore multi-piastra per la rivelazione rapida di allergeni.

L'Università Sapienza di Roma

I fondi METROFOOD-IT sono stati investiti in attrezzature e software destinati all'Unità "Smart assessment of food quality & safety" ed in particolare alla facility "Farm2Fork quality & safety assessment lab", tra cui sistemi per studiare qualità e sicurezza dell'intera filiera dal campo alla tavola con particolare riferimento allo studio delle risposte delle colture soggette a vari stress con un focus specifico su cambiamenti climatici, parassiti e agenti patogeni; lo sviluppo e la validazione di metodi per l'analisi di contaminanti alimentari, vitamine, pesticidi chirali e composti aromatici e per la valutazione dell'autenticità attraverso metodi di sequenziamento innovativi. I laboratori lavorano in sinergia per studiare lo sviluppo di sistemi per la crescita controllata delle piante e per il controllo online e in tempo reale del volatiloma, espressione delle diverse vie metaboliche attivate sotto diversi stress, grazie anche allo Smart PHYTOTRON, un sistema integrato di apparecchiature che consente di effettuare misurazioni in vivo, delineando il tempo-risposta di diversi processi funzionali, identificando per ciascuno il miglior marcatore funzionale e metabolico.

INRIM

Grazie a METROFOOD-IT, l'INRiM ha provveduto all'integrazione del "Laboratorio Metrologico per la sicurezza alimentare" con l'acquisizione di un sistema Raman ad alta risoluzione per l'imaging avanzato 2D e 3D dedicato alla caratterizzazione di campioni alimentari ed alla determinazione di micro- e nano-particelle (es. analisi di micro- e nano-plastiche negli alimenti). Sono stati effettuati inoltre l'upgrading del sistema NMR con sonde ad alta risoluzione per l'analisi di campioni liquidi, l'analisi di campioni biologici, nanoparticelle e polimeri insolubili, applicato in particolare alla biosicurezza, agli imballaggi alimentari e all'analisi di micro e nanoplastiche. È stata inoltre implementata un'infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni, equipaggiata con schede grafiche di ultima generazione, utilizzata per attività di simulazione numerica avanzata e per l'analisi, il processing e la gestione di dati su larga scala con tecniche di intelligenza artificiale. Un esempio di applicazione nell'ambito di METROFOOD-IT è il supporto alla caratterizzazione sperimentale e alla quantificazione di microplastiche, che possono essere rilasciate negli alimenti dagli imballaggi.

Presso l'**Università di Siena** è ospitato l'"AgriFood Fab Lab", che combina un ambiente fisico ed un ambiente virtuale volti ad ispirare i principi della sostenibilità. Le azioni di co-creazione ruotano intorno all'utilizzo condiviso di diverse strutture, quali in particolare, i laboratori "cucina", idroponico, packaging e tracciabilità.