



Sapienza per tutti



METROFOOD-IT: il quaderno

*Conoscere l'Infrastruttura di Ricerca
dedicata alla qualità, alla sicurezza
e alla valorizzazione delle filiere
agroalimentari attraverso casi studio*

a cura di Cesare Manetti



University Press



SAPIENZA
UNIVERSITÀ EDITRICE

Collana Sapienza per tutti 32

METROFOOD-IT: il quaderno

*Conoscere l'infrastruttura di ricerca
dedicata alla qualità, alla sicurezza
e alla valorizzazione delle filiere
agroalimentari attraverso casi studio*

a cura di Cesare Manetti



SAPIENZA
UNIVERSITÀ EDITRICE

2026

Volume finanziato dal Progetto METROFOOD-IT - Strengthening of the Italian RI for Metrology and Open Access Data in support to the Agrifood”), finanziato dal PNRR, Missione 4 Componente 2, Investimento 3.1 (NextGenerationEU) - IR0000033.

Redattore Scientifico: Dott.ssa Clelia Palanza

Copyright © 2026

Sapienza Università Editrice

Piazzale Aldo Moro 5 – 00185 Roma

www.editricesapienza.it

editrice.sapienza@uniroma1.it

Iscrizione Registro Operatori Comunicazione n. 11420

Registry of Communication Workers registration n. 11420

ISBN: 978-88-9377-470-3

DOI: 10.13133/9788893774703

Pubblicato nel mese di giugno 2026 | *Published in June 2026*



Opera diffusa in modalità *open access* e distribuita con licenza
Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere
derivate 4.0 Internazionale (CC BY-NC-ND 4.0)

Work published in open access form and licensed under Creative Commons Attribution – NonCommercial – NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

In copertina | *Cover image: gingsulku_stock.adobe.com_1370204600.*

Indice

Introduzione	7
L'evoluzione del packaging bioattivo da scarti e sottoprodotti dell'agroalimentare italiano	9
<i>De Rinaldis G., Miccoli G., Del Fiore A., Nobili C., Rotolo P., Notarfonso M., Zoani C., Miceli V.</i>	
La firma spettroscopica del lievito naturale nel pane: Spettroscopia NIR e imaging iperspettrale per l'autenticazione	21
<i>Lombardi G., Rizzello C. G., Manetti C.</i>	
Modelli di explainable artificial intelligence e machine learning per l'agroalimentare: dall'origine e qualità degli alimenti ai servizi intelligenti per gli utenti	33
<i>Magarelli M., Novielli P., Di Bitonto P., Romano D., Ahsen R., Tangaro S.</i>	
Dal suolo al pomodoro: l'impronta geochemica per l'autenticazione di prodotti agroalimentari	53
<i>Ofano R., Ruggiero L., Agrelli D., Amalfitano C., Adamo P.</i>	
La volatilità per la sicurezza alimentare: impiego della tecnologia del naso elettronico e della gascromatografia spettrometria di massa ad alta risoluzione orbitrap integrate con tecniche di machine learning per la rivelazione di metaboliti volatili di micotossine emergenti in cereali	67
<i>Piergiovanni M., Giliberti C., Maffezzoni C., Errico D., Blandino M., Dall'asta C., Mattarozzi M., Bianchi F., Giannetto M., Careri M.</i>	

Piattaforma Open Data e Infrastruttura Blockchain per la Tracciabilità e la Fiducia nei Sistemi Agroalimentari <i>Salzano F., Pareschi R.</i>	77
Percorrendo la strada del cibo: nuovi modelli di coltivazione, trasformazione e confezionamento per una filiera sostenibile <i>Tozzi C., Parri S., Costa J., Romi M., Cai G., Marti P., Pogni R., Riccaboni A.</i>	89
Microplastics analyzer: una piattaforma digitale per la quantificazione e l'analisi morfologica e composizionale di microplastiche <i>Vicentini M., Acquavia M. A., Fadda M., Mariano A., Sacco A., Giovannozzi A. M., Rossi A. M., Manzin A.</i>	101

Percorrendo la strada del cibo: nuovi modelli di coltivazione, trasformazione e confezionamento per una filiera sostenibile

Cristiana Tozzi¹, Sara Parri^{2,}, Jessica Costa^{3,4}, Marco Romi², Giampiero Cai², Patrizia Marti^{1,5}, Rebecca Pogni^{3,4}, Angelo Riccaboni^{1,6}*

¹ Santa Chiara Lab, University of Siena, Italia

² Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Siena, Italia

³ Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia, Università di Siena, Italia

⁴ Consorzio Interuniversitario per lo sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase, Università di Firenze, Sesto Fiorentino (FI), Italia

⁵ Dipartimento di Scienze Sociali, Politiche e Cognitive, Università di Siena, Italia

⁶ Dipartimento di Studi Aziendali e Giuridici, Università di Siena, Italia

*Corresponding Author: sara.parri2@unisi.it

ABSTRACT – Può la tecnologia riscrivere il futuro della nostra alimentazione, conciliando produttività e salute in un'unica filiera circolare? Il Santa Chiara Living Lab dell'Università di Siena risponde a questa sfida attraverso l'integrazione di competenze interdisciplinari che coprono l'intero ciclo vitale del cibo. Il percorso parte dal Farming Lab, dove vengono studiati nuovi protocolli di crescita delle piante per ottimizzare lo sviluppo delle colture e potenziarne le proprietà nutritive. Prosegue nel Kitchen Lab, hub di fabbricazione digitale che impiega la stampa 3D alimentare per trasformare sottoprodotti industriali in alimenti funzionali e personalizzati. Infine, il Packaging Lab chiude il ciclo sviluppando materiali *biobased* e compostabili, derivati da scarti come chitosano e lignina, per estendere la *shelf life* dei prodotti. Questo ecosistema, culminante nella visione olistica del percorso FUSTO, propone un modello di innovazione aperta capace di trasformare il dato ambientale in risorsa e lo scarto in valore, garantendo la resilienza del sistema agroalimentare contemporaneo.

Keywords: Vertical Farming, Nutraceutica, Food design, Stampa 3D, Packaging Bio-based.

Introduzione

Il Santa Chiara Living Lab, luogo di incontro di competenze complementari

All'interno dell'ecosistema METROFOOD-IT, il Santa Chiara Lab dell'Università di Siena ha agito come un vero e proprio hub di integrazione, affermandosi punto di incontro tra ricercatori, produttori e consumatori del mondo agroalimentare. Con l'obiettivo di offrire soluzioni tecnologiche derivanti dalla ricerca alle necessità emerse dal confronto tra i portatori di interesse, è nato il Living Lab, definito dall'ENoLL (European Network of Living Labs) un sistema di innovazione aperta e sostenibile incentrato sull'utente, radicato in un preciso territorio, che segue un approccio basato sulle attività fondamentali di co-creazione, esplorazione, sperimentazione e valutazione. Implementati grazie al progetto METROFOOD-IT, Farming Lab, Kitchen Lab e Packaging Lab costituiscono il core dei laboratori specializzati del Santa Chiara Living Lab. Lo studio della produzione di materie prime vegetali, la loro trasformazione e validazione culinaria e la prototipazione di nuovi materiali per il confezionamento di alimenti sono le tematiche centrali sulle quali si articola l'infrastruttura che non rimangono fasi isolate: grazie a un approccio interdisciplinare, l'infrastruttura genera strumenti per la progettazione, la valutazione e la sostenibilità a lungo termine del complesso sistema agroalimentare.

Resistenza e qualità: il Farming Lab e gli obiettivi dell'agricoltura del domani

Il Farming Lab è un "ambiente intelligente" in cui coltivare e studiare le piante. Grazie a diversi sistemi di crescita e molteplici sensori, è possibile controllare le condizioni di crescita e riprodurre sia situazioni ottimali sia condizioni anomale che mimano la coltivazione di piante in contesti estremi o non convenzionali. Il Farming Lab è uno spazio in cui immaginare l'agricoltura del futuro: più controllata, più efficiente e in grado di affrontare sfide quali la scarsità di risorse, il cambiamento climatico e la necessità di produrre in ambienti diversi da quelli tradizionali. Accanto allo studio della tolleranza delle colture agli stress, all'interno del Farming Lab vengono studiati e applicati protocolli di crescita volti a incentivare l'accumulo nelle piante di composti bioattivi utili per

migliorarne il valore nutraceutico. L'infrastruttura è dotata di due sistemi *soilless*, il sistema aeroponico (Fig. 1A), dove le radici vengono vaporizzate a intervalli regolari con la soluzione nutritiva e idroponico (Fig. 1B), dove le radici crescono immerse nella soluzione nutritiva e due stazioni Microcosmo (Fig. 1C), simulatori di campo che prevedono la crescita in suolo. Questi sistemi sono a circuito chiuso, prevedono infatti il ricircolo di acqua e nutrienti non assorbiti dalle radici, permettendo di minimizzare l'impiego di risorse esterne e di contenere i costi di coltivazione. La tecnologia presente si integra con altra strumentazione che consente non solo la coltivazione, ma anche l'analisi, il controllo, la tracciabilità e lo studio delle componenti biologiche delle piante. Il Farming Lab è quindi un laboratorio che integra agronomia, biologia, sostenibilità e innovazione tecnologica, e rappresenta la fase iniziale della filiera, in cui si sperimentano nuovi metodi di produzione.

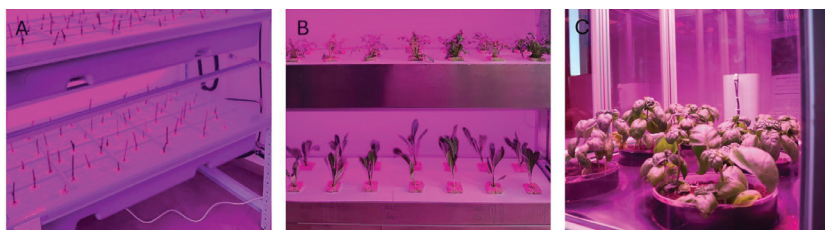


Figura 1. (A) Portainnesti di vite in aeroponica; (B) varietà antiche di ortaggi a foglia in idroponica; (C) Piante di basilico in Microcosmo.

La ricerca al Farming Lab: incremento del potenziale di crescita e del contenuto nutraceutico delle lattughe

É possibile incrementare la qualità nutraceutica delle colture mediante la modulazione di specifici parametri ambientali? Quali condizioni di crescita permettono l'accumulo di biomassa, centrale in ambito produttivo, e incentivano nella pianta la sintesi di molecole bioattive utili per l'alimentazione umana? Per rispondere a queste domande, al Farming Lab è stato testato l'effetto di diverse intensità di luce blu e la presenza di far-red sulla crescita e l'accumulo di molecole antiossidanti di quattro varietà di ortaggi a foglia conservate nella Banca Regionale toscana del Germoplasma: Cicoria del Marzocco (*Chicorium intybus*), Radicchia di Lucca (*Chicorium endivia*), Foglia di Cerro (*Lactuca sativa*) e Rossina di Pescia (*Lactuca sativa*) (Anichini et al., 2025). Le piante,

cresciute in sistema aeroponico, sono state sottoposte a diversi spettri luminosi LED variando il rapporto tra luce rossa e blu (87:13, 75:25, 60:40) in presenza e in assenza di far-red. Sono stati misurati parametri morfologici, fisiologici e biochimici. Alla base dello studio vi è l'idea che la luce non serva soltanto alla fotosintesi, ma possa essere utilizzata come strumento per modulare la fisiologia e la produzione di composti antiossidanti (Carotti et al., 2021; Zou et al., 2023; Paglialunga et al., 2024). I risultati hanno chiaramente mostrato che la risposta alla luce è fortemente dipendente dal genotipo. Dal punto di vista morfologico, Cicoria del Marzocco e Radicchia di Lucca si sono mostrate meno sensibili delle lattughe (Rossina di Pescia e Foglia di Cerro), sulle quali la presenza di far-red favorisce l'accumulo di biomassa e l'espansione fogliare, mentre un'elevata percentuale di luce blu tende a ridurre il peso fresco, il peso secco e l'area fogliare. Sul piano fisiologico, l'aumento della percentuale di luce blu è associato a una maggiore conduttanza stomatica e a un miglioramento dei parametri fotosintetici. Tuttavia, questi vantaggi fisiologici non si traducono necessariamente in una crescita maggiore; al contrario, il lavoro evidenzia un vero e proprio *trade-off* tra produttività e accumulo di metaboliti secondari. Le condizioni ottimali per aumentare la biomassa, infatti, non sono necessariamente le stesse che massimizzano il valore nutrizionale o antiossidante delle foglie: elevate percentuali di luce blu tendono ad aumentare il contenuto di polifenoli e flavonoidi, confermando il suo ruolo di fattore che stimola il metabolismo secondario. Tuttavia, l'effetto del far-red non è uniforme: se nelle due specie di *Cichorium* e in Foglia di Cerro, l'aggiunta di far-red potenzia la capacità antiossidante, questo non avviene in Rossina di Pescia. Questo aspetto è fondamentale, in quanto suggerisce che nei sistemi di coltivazione controllata la luce possa essere modulata per orientare la produzione verso obiettivi diversi, come una maggiore resa o una maggiore concentrazione di concentrazione di composti salutari, e che non sia conveniente adottare una strategia luminosa unica per tutte le colture, ma sia invece più efficace sviluppare protocolli di illuminazione personalizzati per ciascun gruppo varietale. L'elevata ricchezza nutraceutica delle varietà locali dimostra infine come la biodiversità coltivata non sia un residuo del passato, ma una risorsa per costruire sistemi agricoli più resilienti, sostenibili e in grado di garantire alimenti di alta qualità.

Il Kitchen Lab: un'infrastruttura transdisciplinare per l'innovazione alimentare sostenibile e personalizzata

Il Kitchen Lab rappresenta un modello emergente di infrastruttura transdisciplinare per l'innovazione alimentare, in cui pratiche culinarie, metodologie di design e tecnologie digitali convergono per ridefinire il modo in cui il cibo viene concepito, prodotto ed esperito. Il Kitchen Lab è concepito come una “cucina-laboratorio” che combina le potenzialità di una cucina professionale con strumenti di fabbricazione digitale. Questa integrazione consente il passaggio da pratiche culinarie tradizionali a processi di prototipazione sperimentale, in cui il cibo può essere modellato digitalmente, ingegnerizzato a livello materiale e iterativamente perfezionato. Tecnologie come la stampa 3D alimentare (ad esempio Foodini), i sistemi di scansione tridimensionale e i software di modellazione 2D e 3D permettono di intervenire su diversi livelli – dalla composizione degli ingredienti alla geometria e alla texture – ampliando così lo spazio progettuale della produzione alimentare. All'interno di questo quadro, il Kitchen Lab supporta lo sviluppo di soluzioni alimentari personalizzate, adatte a specifiche esigenze nutrizionali, sensoriali e culturali. Ciò include alimenti progettati per individui con bisogni dietetici particolari, così come prodotti finalizzati a promuovere comportamenti alimentari più sani attraverso il design estetico ed esperienziale. La possibilità di controllare sia la composizione nutrizionale sia le caratteristiche formali del cibo – come forma, consistenza e attrattività visiva – colloca il laboratorio all'avanguardia nel campo della nutrizione personalizzata e del design alimentare inclusivo. Un elemento altrettanto rilevante è l'attenzione alla sostenibilità, in particolare attraverso la valorizzazione dei sottoprodotti alimentari e l'esplorazione delle filiere locali. Integrando sperimentazione tecnica, trasferimento tecnologico e *public engagement*, il laboratorio trasforma l'atto della prototipazione in uno strumento conoscitivo per affrontare le sfide della sostenibilità e dell'inclusività nei sistemi alimentari contemporanei.

La ricerca al Kitchen Lab

Il potenziale innovativo del Kitchen Lab si concretizza in alcune linee di ricerca principali, che affrontano temi quali la sostenibilità, il design data-driven e la trasformazione biotecnologica del cibo.

Pasta stampata in 3D per la valorizzazione dei sottoprodotti alimentari

La prima linea di ricerca riguarda lo sviluppo di pasta arricchita attraverso la valorizzazione dei sottoprodotti alimentari, in particolare le bucce di pomodoro. Questo lavoro affronta le problematiche ambientali ed economiche legate allo spreco alimentare, trasformando materiali di scarto in ingredienti nutrizionalmente preziosi. Infatti, la lavorazione del pomodoro genera ingenti quantità di scarti – oltre 200.000 tonnellate annue in Europa – che tuttavia risultano ricchi di composti bioattivi come i polifenoli (Marti et al., 2025). La ricerca integra sistemi di coltivazione controllata (idroponica e aeroponica) con tecnologie di trasformazione e stampa 3D per produrre pasta arricchita (Fig. 2A). Il processo prevede l'essiccazione e la polverizzazione delle bucce, la loro integrazione nell'impasto e la fabbricazione mediante stampa additiva. I risultati mostrano che le proprietà antiossidanti vengono in larga parte mantenute lungo l'intero processo, anche dopo la cottura (Marti et al., 2025). Questa linea di ricerca dimostra come l'innovazione tecnologica possa sostenere modelli di economia circolare, trasformando gli scarti in alimenti funzionali ad alto valore.

Dati edibili: rappresentazione multisensoriale dei dati ambientali

La seconda linea di ricerca esplora il concetto di *edible data*, in cui il cibo diventa un mezzo per rappresentare informazioni ambientali attraverso esperienze multisensoriali. In questo approccio, il design parametrico e la stampa 3D alimentare sono utilizzati per codificare dati – come emissioni di gas serra, consumo idrico e uso del suolo – nelle proprietà fisiche e sensoriali del cibo. Ad esempio, dessert al cioccolato al latte vengono progettati con forme, texture e colori che riflettono l'impatto ambientale di diversi tipi di latte utilizzati nella lavorazione del dessert (Fig. 2B). Queste rappresentazioni visive sono ulteriormente arricchite da elementi gustativi, olfattivi e sonori, creando un'esperienza immersiva che favorisce il coinvolgimento cognitivo ed emotivo. I risultati sperimentali indicano che tali approcci possono aumentare la consapevolezza e stimolare una riflessione critica sui temi della sostenibilità. Questa ricerca posiziona il cibo come interfaccia interattiva per la comunicazione dei dati, ampliando il campo della data *physicalization* verso dimensioni sensoriali ed esperienziali.



Figura 2. (A) Pasta prodotta con stampante 3D arricchita con bucce di pomodoro; (B) dessert al cioccolato al latte con forme e texture che riprendono l'impatto ambientale del latte contenuto; (C) tempeh di ceci e fagioli neri.

Tempeh: la fermentazione come processo biotecnologico progettuale

La terza linea di ricerca indaga la fermentazione come piattaforma per la produzione di alimenti sostenibili e nutrizionalmente avanzati, con particolare attenzione al tempeh di ceci e di fagioli neri (Fig. 2C). In questo contesto, la fermentazione viene reinterpretata come un processo biotecnologico progettuale, controllabile e ottimizzabile. Attraverso protocolli di fermentazione controllata, la ricerca dimostra come i processi microbici possano migliorare la qualità proteica, aumentarne la biodisponibilità e generare composti funzionali benefici per la salute. Al contempo, il tempeh si configura come una fonte proteica a basso impatto ambientale, coerente con la transizione verso diete più sostenibili. La ricerca esplora inoltre l'integrazione del tempeh nella cucina mediterranea attraverso pratiche di co-creazione, evidenziando come l'innovazione alimentare possa connettere sviluppo tecnologico e tradizione culturale.

Il Packaging Lab: sviluppo, caratterizzazione e scale-up di materiali sostenibili

Il Packaging Lab nasce con l'obiettivo di sviluppare soluzioni innovative per la valorizzazione degli scarti, trasformandoli in nuove risorse ad alto valore aggiunto, in linea con i principi dell'economia circolare. In questo contesto, l'attenzione è rivolta in particolare alla progettazione e realizzazione di materiali *biobased* e *home compostable*, in grado di ridurre l'impatto ambientale rispetto ai materiali plastici convenzionali e di contribuire a sistemi produttivi più sostenibili. Uno degli aspetti più critici in questo ambito è rappresentato dallo *scale-up* dei processi, ovvero il passaggio dalla scala di laboratorio alla scala in-

dustriale. Questo processo non è banale, poiché le proprietà dei materiali possono variare significativamente in funzione delle tecnologie di trasformazione impiegate. Ad esempio, tecniche come l'estrusione comportano modifiche strutturali e reologiche del materiale, influenzandone le prestazioni finali. Inoltre, i processi industriali richiedono generalmente grandi quantità di materia prima per la produzione di prototipi, rendendo difficile una fase preliminare di ottimizzazione su piccola scala. In questo scenario si inserisce il Packaging Lab, concepito come un ambiente intermedio tra laboratorio e industria, che consente di simulare e testare processi produttivi su scala ridotta, riducendo costi, tempi e sprechi di materiale. Il laboratorio è dotato di strumentazioni che riproducono, in versione ridotta, le principali tecnologie industriali per la trasformazione dei polimeri e dei materiali innovativi. Tra queste: un mini-estrusore, un sistema di stampaggio a iniezione (MiniJet) per la realizzazione di provini, una termopressa manuale per la produzione di film e sistemi di stampa 3D a granulo (Fig. 3), utili per la prototipazione rapida e la realizzazione di geometrie complesse. Parallelamente, il Packaging Lab è attrezzato per la caratterizzazione dei materiali, aspetto fondamentale per valutare le prestazioni dei prodotti sviluppati. In particolare, è possibile determinare le proprietà meccaniche dei materiali, come resistenza a trazione, modulo elastico e allungamento a rottura, parametri essenziali per verificare il comportamento dei materiali per specifiche applicazioni. Le principali linee di ricerca sviluppate all'interno del laboratorio comprendono:

- Prototipazione di packaging attivi, progettati per aumentare il tempo di conservazione del prodotto confezionato;
- Packaging intelligenti, basati sull'integrazione di indicatori di pH o altri sensori, in grado di monitorare lo stato di conservazione degli alimenti;
- Sviluppo di adesivi sostenibili;
- Realizzazione di supporti per idroponica e aeroponica, sistemi innovativi per l'agricoltura sostenibile che richiedono materiali performanti e biodegradabili;
- Sviluppo di soluzioni per l'agricoltura, come teli di pacciamatura biodegradabili e materiali per la produzione di microgreen, da materie prime seconde progettati per ridurre l'impatto ambientale e facilitare la gestione dei rifiuti.

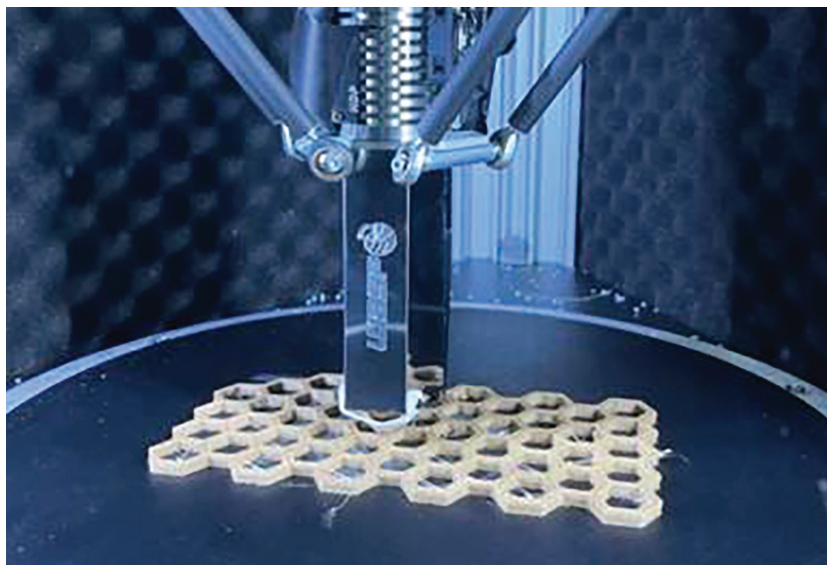


Figura 3. Stampante 3D a granulo nel Packaging Lab.

Nel complesso, il Packaging Lab rappresenta un'infrastruttura strategica per colmare il divario tra ricerca e applicazione industriale, favorendo lo sviluppo di materiali sostenibili e accelerando il trasferimento tecnologico verso il mercato.

Caso studio: sviluppo di packaging attivi da scarti alimentari

Come caso studio, è stato approfondito lo sviluppo di sistemi di packaging attivo a partire da scarti alimentari, con l'obiettivo di valorizzare sottoprodotti dell'industria agroalimentare e trasformarli in materiali funzionali ad alto valore aggiunto. Ogni anno vengono generate enormi quantità di rifiuti alimentari, che rappresentano una risorsa ancora largamente sottoutilizzata. All'interno di questi scarti sono infatti presenti numerosi biopolimeri di grande interesse, come tannini da residui agricoli, lignina da scarti lignocellulosici, la pectina estratta dalle bucce di agrumi e il chitosano ottenuto dai gusci dei crostacei. Queste molecole, oltre a essere rinnovabili, presentano proprietà intrinseche che le rendono particolarmente adatte allo sviluppo di materiali sostenibili con proprietà aggiuntive. Tra questi, il chitosano riveste un ruolo di particolare rilievo. Si tratta di un biopolimero ottenuto principalmente da scarti di crostacei, caratterizzato da eccellenti proprietà filmogene, adesive e attività antibatterica che è stato utilizzato per la produzione

di un packaging attivo contenente anche nanoparticelle di lignina come biofiller attivo (Capecchi et al., 2022; Costa et al., 2024; Russo et al., 2025). Inoltre, grazie al contenuto di azoto, può essere impiegato come fertilizzante, contribuendo ulteriormente alla chiusura del ciclo nell'ottica dell'economia circolare. Ulteriori studi hanno considerato anche l'impiego della cheratina, derivata da piume di struzzo, derivante come scarto dall'industria della moda di lusso, come componente funzionale. L'approccio adottato si basa quindi sulla combinazione sinergica di diverse biomolecole, ciascuna caratterizzata da proprietà specifiche, al fine di ottenere materiali con prestazioni migliorate rispetto ai singoli componenti. Questa strategia consente di sviluppare sistemi avanzati di packaging biodegradabili e compostabili in grado non solo di svolgere una funzione di contenimento, ma anche di contribuire attivamente alla conservazione degli alimenti, prolungandone la *shelf life*.

Dal FUori Suolo alla Tavolo e Oltre (FUSTO), il percorso tracciato da Metrofood e Agritech

I laboratori Farming Lab, Kitchen Lab e Packaging Lab non sono entità isolate, ma rappresentano i pilastri di un unico percorso chiamato "FUSTO" ideato dal Santa Chiara Lab. Si tratta di una linea ideale che va dalla produzione del cibo fino al suo consumo e oltre (Fig. 4). Il Farming Lab si trova all'inizio di questo percorso e si occupa della produzione. È il luogo in cui gettare le basi per un'agricoltura sostenibile e resiliente. Il Kitchen Lab rappresenta il luogo della trasformazione. È qui che il prodotto grezzo viene trasformato in un'esperienza culinaria. Il Packaging Lab si colloca nella fase finale del processo, quella della conservazione e della distribuzione con la creazione di imballaggi sostenibili a partire dagli scarti dell'agricoltura e dell'industria alimentare, chiudendo così il cerchio della sostenibilità. L'obiettivo di FUSTO è, però, più ambizioso della somma delle attività dei singoli laboratori, in quanto mira a costruire un percorso interdisciplinare innovativo che coinvolga la ricerca, le imprese e il territorio con un approccio ampio alla sostenibilità. Per questo motivo, il progetto comprende anche un Track & Quality Lab che si occupa di identificare l'origine e la qualità dei prodotti attraverso analisi genetiche e chimiche, nonché un hub per la sostenibilità, come il laboratorio ESG4AGRI, dedicato alla mi-

surazione delle performance di sostenibilità delle aziende, e AgriHub, per l'analisi degli scenari del settore. Tutti questi elementi, insieme a Santa Chiara Next (uno *spin-off* universitario nato per supportare le imprese nel percorso di allineamento agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'ONU), fanno di FUSTO un ecosistema per l'innovazione nel settore agroalimentare.



Figura 4. Schematizzazione del percorso FUSTO (Dal FUori Suolo alla Tavola e Oltre).

Bibliografia

- Anichini, S., Bellini, A., Cai, G., Romi, M., & Parri, S. (2025). Light spectrum differentially modulates physiology and secondary metabolism in underutilized leafy greens grown in aeroponics. *Plant Physiology and Biochemistry*, 110546.
- Capecci, E., Tomaino, E., Piccinino, D., Kidibule, P. E., Fernández-Lobato, M., Spinelli, D., ... & Saladino, R. (2022). Nanoparticles of lignins and saccharides from fishery wastes as sustainable uv-shielding, antioxidant, and antimicrobial biofillers. *Biomacromolecules*, 23(8), 3154-3164.
- Carotti, L., Potente, G., Pennisi, G., Ruiz, K. B., Biondi, S., Crepaldi, A., ... & Antognoni, F. (2021). Pulsed LED light: exploring the balance between energy use and nutraceutical properties in indoor-grown lettuce. *Agro-nomy*, 11(6), 1106.
- Costa, J., Baratto, M. C., Spinelli, D., Leone, G., Magnani, A., & Pogni, R. (2024). A novel bio-adhesive based on chitosan-polydopamine-xanthan gum for glass, cardboard and textile commodities. *Polymers*, 16(13), 1806.
- Marti, P., Cai, G., Parri, S., Di Noi, A., Mastrodonato, S., & Gullì, A. (2025). Plant to fork: from sustainably sourced bio-based feedstock to 3D printed delicacies. *Ahfe international*, 160, 550-558.
- Paglalunga, G., Moscatello, S., Battistelli, A., Mattioni, M., Del Bianco, M., & Proietti, S. (2024). Continuous Blue Light Treatment Enhances the Nutritional

Value of Hydroponically Grown *Eruca vesicaria* L. by Improving Ascorbic Acid Biosynthesis. *Foods*, 13(13), 2141.

Russo, A., D'Alessandro, A., Di Paola, M., Cerasuolo, B., Renzi, S., Meriggi, N., ... & Cavalieri, D. (2025). On the role of bacterial gut microbiota from supralittoral amphipod *Talitrus saltator* (Montagu, 1808) in bioplastic degradation. *Science of the Total Environment*, 972, 179109.

Zou, J., Fanourakis, D., Tsaniklidis, G., Woltering, E. J., Cheng, R., & Li, T. (2023). Far-red radiation during indoor cultivation reduces lettuce nutritional quality and shortens the shelf-life when stored at supra optimal temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 198, 112269.

CONSIGLIO SCIENTIFICO-EDITORIALE
SAPIENZA UNIVERSITÀ EDITRICE

Presidente

AUGUSTO ROCA DE AMICIS

Membri

MARCELLO ARCA

ORAZIO CARPENZANO

MARIANNA FERRARA

CRISTINA LIMATOLA

ENRICO ROGORA

FRANCESCO SAITTO

COLLANA SAPIENZA PER TUTTI

Per informazioni sui volumi precedenti della collana, consultare il sito:
www.editricesapienza.it | *For information on the previous volumes included
in the series, please visit the following website: www.editricesapienza.it*

22. Il clima che cambia
Passato e presente
Franco Bruno
23. L'albero del drago
Soqotra, paradiso di diversità
Franco Bruno e Fabio Attorre
24. Biodiversità
Animale e vegetale
Franco Bruno
25. Sapienza a Scuola: Laboratorio di anamorfosi tra arte e scienza
Un progetto di Terza Missione
a cura di Sofia Menconero, Vittoria Castiglione, Michela Ceracchi
26. Lezioni di storia (AA 2024-2025)
Incontri con Chris Wickham, Francisco Bethencourt, Tamar Herzog
e Umberto Gentiloni Silveri
a cura di Serena Di Nepi e Umberto Longo
27. La Terza Missione in Sapienza: 45 modi per valorizzare la conoscenza
Casi studio per la VQR 2020-2024
a cura di Fabio Lucidi, Fabiola Fratini, Giulia Antinucci
28. Le piante medicinali attraverso la storia
Franco Bruno e Andrea Bonito
29. La Rosa dall'antichità romana ad oggi
Stelvio Coggiatti †, Stefano Marzullo, Franco Bruno
30. *Spillover*: come ti racconto la *One Health*
Comunicazione, scienza, salute
Michaela Liuccio
31. Il libro che cambia forma
Esperienze di lettura tra immateriale e visivo
a cura di Marianna Ferrara
32. METROFOOD-IT: il quaderno
Conoscere l'infrastruttura di ricerca dedicata alla qualità, alla sicurezza
e alla valorizzazione delle filiere agroalimentari attraverso casi studio
a cura di Cesare Manetti



METROFOOD-IT: il quaderno presenta l'Infrastruttura di Ricerca italiana per la metrologia e i dati aperti a supporto del sistema agroalimentare. L'obiettivo del progetto è quello di rafforzare l'eccellenza scientifica italiana nella sicurezza alimentare attraverso lo sviluppo di piattaforme e servizi per la qualità, autenticità e rintracciabilità di materie prime e prodotti e per la digitalizzazione del settore è l'obiettivo del progetto METROFOOD-IT finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Attraverso una selezione di casi studio, il volume mostra come ricerca, tecnologie avanzate e condivisione dei dati possano tradursi in strumenti concreti per garantire qualità, sicurezza, autenticità e sostenibilità lungo le filiere alimentari. Spettroscopia, metabolomica, intelligenza artificiale, blockchain, sensoristica, analisi delle microplastiche e packaging innovativo sono alcuni degli ambiti presentati, evidenziando il valore dell'approccio multidisciplinare e del trasferimento dell'innovazione.

Cesare Manetti è Professore Associato di Chimica Fisica presso la Sapienza Università di Roma. La sua attività scientifica comprende la caratterizzazione chimica degli alimenti, la spettroscopia NMR, la metabolomica e lo studio dell'autenticità e qualità dei prodotti agroalimentari. È referente scientifico di Sapienza per METROFOOD-IT.

ISBN 978-88-9377-470-3



9 788893 774703

