



## Nuove prospettive per la tutela dei prodotti alimentari: il caso del miele

### Introduzione

L'attività ha riguardato lo sviluppo e la validazione di sistemi sensoristici elettronici, come e-nose ed e-tongue, progettati per simulare olfatto e gusto attraverso sensori specifici e algoritmi di elaborazione dati. Questi strumenti si sono dimostrati efficaci nel rilevare e discriminare in modo rapido e non invasivo le caratteristiche chimico-sensoriali di diverse matrici alimentari, restituendo un profilo complesso e distintivo – il fingerprint – utile per riconoscimento e autenticazione.

### Metodologia

L'uso combinato di e-nose ed e-tongue, insieme a una banca dati digitale contenente profili elettronici e metadati descrittivi, consente di identificare pattern ricorrenti e costruire modelli predittivi affidabili e riproducibili. Parallelamente è stata sviluppata la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) con dispositivi portatili di nuova generazione (es. SpectraPod e SciO). Grazie all'elaborazione dei segnali con modelli di intelligenza artificiale, è stato possibile definire la "firma spettrale" dei mieli in relazione all'origine floreale e geografica.

### Risultati e conclusioni

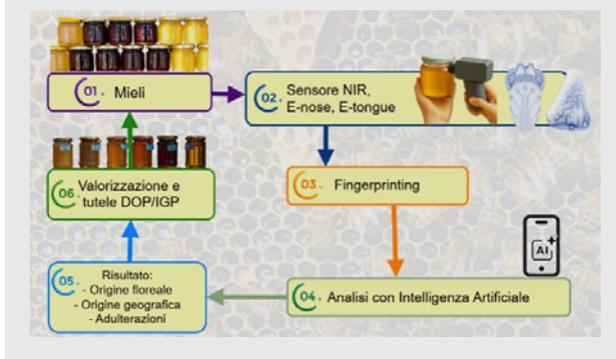
Gli studi hanno dimostrato che i sensori portatili permettono di classificare i mieli monoflorali con accuratezza,

confermando il potenziale della tecnologia. Il passo successivo sarà integrare queste soluzioni nei processi produttivi, per garantire controlli di autenticità capillari e trasparenti. Questa progettualità tutela i prodotti DOP e IGP, protegge i consumatori, valorizza il lavoro dei produttori e contrasta le frodi, rafforzando al contempo il legame tra prodotti tipici e territori e valorizzando la biodiversità locale.

### Applicazioni

Lo studio mira a sviluppare soluzioni sempre più compatte e integrate, fino a dispositivi collegati a microcontrollori o smartphone. Queste tecnologie rendono il controllo di qualità del miele e degli altri prodotti DOP IGP una pratica quotidiana lungo tutta la filiera, e forniscono alle aziende strumenti per autenticare e valorizzare i prodotti, prevenire frodi, garantire standard elevati, rafforzare la fiducia dei consumatori e accrescere la competitività grazie all'innovazione.

**Figura 1.** Iter procedurale di indagine con e-nose ed e-tongue e definizione della firma spettrale



### Autori

M. Russo, M. Merenda, A. Lazzaro, S. Alberto, F. Ligato, F. Ioppolo, M. Galluccio

### Ente di appartenenza



# Valutazione dell'impiego di cagliata fresca o conservata nella mozzarella vaccina

## Introduzione

Nella produzione di mozzarella vaccina non DOP è sempre più diffuso l'impiego di cagliata conservata, spesso di origine estera. Questa pratica, pur vantaggiosa dal punto di vista economico e logistico, solleva interrogativi sulla trasparenza, la qualità percepita e la corretta informazione al consumatore. Distinguere tra un prodotto fresco e uno ottenuto da semilavorati stagionati è complesso, soprattutto per l'assenza di strumenti analitici ufficialmente riconosciuti. La presente ricerca del Dipartimento DiSSPA dell'Università di Bari ha cercato di colmare questo vuoto, sviluppando un indice chemiometrico in grado di rilevare la presenza di cagliata conservata attraverso analisi proteomiche e chimiche mirate.

## Metodologia

Sono state analizzate 60 mozzarelle realizzate in laboratorio: 20 da cagliata fresca (con acidificazione diretta o sieroinnesto), 20 da cagliata conservata e 20 da miscele. L'approccio multi-analitico ha incluso:

- elettroforesi (urea-PAGE) per identificare la  $\alpha$ 1-I-caseina (indice di proteolisi primaria),
- HPLC delle frazioni azotate solubili (proteolisi secondaria),
- analisi cromatografica delle ammine biogene (indicatore di degrado).

- I dati raccolti sono stati normalizzati e integrati in un indice combinato basato su tre parametri chiave: intensità della banda  $\alpha$ 1-I-caseina, rapporto idrofobico/idrofilico (HO/HI) e contenuto totale di ammine.

## Risultati e conclusioni

Il nuovo indice si è rivelato efficace nell'identificare l'uso di cagliata fresca: tutti i relativi campioni sono stati correttamente classificati (0% di falsi positivi). La classificazione dei campioni con cagliata conservata è risultata corretta nel 41,7% dei casi, mostrando margini di miglioramento.

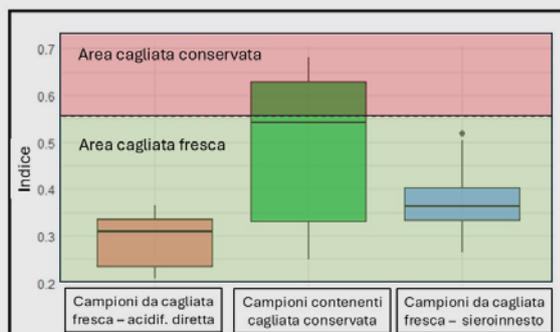
Il profilo delle ammine biogene ha mostrato concentrazioni significativamente più alte nei campioni con cagliata conservata. In particolare, la feniletilammina, nota per i suoi effetti vasoattivi, ha raggiunto valori prossimi alla soglia di rischio in alcuni casi. Non sono emersi, invece, rischi evidenti per soggetti sani rispetto a istamina e tiramina.

L'indice risulta quindi utile non solo per la tracciabilità qualitativa, ma anche per la valutazione della sicurezza alimentare.

## Applicazioni

Serve alle aziende casearie per rilevare uso di cagliata conservata, monitorare proteolisi e ammine biogene, migliorare sicurezza alimentare, garantire qualità DOP e tutelare competitività sul mercato.

**Figura 1.** Indice chemiometrico di valutazione del tipo di cagliata (fresca o conservata)



## Autori

M. Faccia, G. Natrella

## Ente di appartenenza





## Filiera trasparente: il primo riso in Italia con identità digitale per ogni confezione

### Introduzione

La crescente attenzione verso l'origine, la qualità e la sostenibilità dei prodotti agroalimentari rende fondamentale il ruolo della tracciabilità digitale, soprattutto per le filiere certificate. Nel contesto del progetto AGRITECH - Spoke 9, Antares Vision Group ha sviluppato una soluzione tecnologica pensata per supportare e comunicare la filiera trasparente, partendo da un caso d'uso concreto dedicato alla filiera del riso, e arrivando a consegnare un prodotto finito, grazie all'integrazione degli elementi sviluppati nel progetto con tecnologie proprietarie. L'obiettivo con il produttore è stato quello di comunicare e rendere trasparente ogni fase del ciclo di vita del prodotto, dal campo alla tavola per mostrare la sua filiera 100% italiana, offrendo al consumatore uno strumento semplice e immediato per conoscere la storia autentica del riso confezionato.

### Metodologia

Il progetto si basa sull'uso di un QR code univoco stampato su ciascuna scatola di riso, che permette di raccontare origine e caratteristiche di ogni singola confezione. La scansione del codice consente l'accesso a una scheda digitale del prodotto, che raccoglie tutte le informazioni di filiera dalla provenienza geografica con i poligoni dei terreni coltivati, alle trasformazioni industriali, fino alle pratiche di sostenibilità, e le certificazioni di qualità. Tutto questo è possibile trasformando il prodotto fisico in un prodotto digitale attraverso l'associazione di una identità univoca a ciascuna scatola di riso.

### Risultati e conclusioni

Il progetto ha dimostrato la fattibilità tecnica e comunicativa della tracciabilità digitale nella filiera trasparente del riso. L'adozione del QR code ha permesso di valorizzare l'identità territoriale del prodotto, e creare un canale digitale dinamico e facilmente accessibile attraverso cui è possibile rafforzare il rapporto con il consumatore. La soluzione è scalabile e applicabile anche ad altre filiere, offrendo una leva concreta per l'innovazione sostenibile nel settore agroalimentare. Tracciabilità e digitalizzazione diventano così uno strumento strategico capace di trasformare ogni confezione in un canale di comunicazione diretta e trasparente per produttori, consorzi e altri attori che operano nella filiera agroalimentare.

### Applicazioni

Serve alle aziende per adottare tracciabilità digitale con QR code, valorizzare identità territoriale, comunicare trasparenza, rafforzare fiducia dei consumatori e innovare sostenibilmente filiere agroalimentari.

**Figura 1.** Schema di funzionamento di filiera trasparente con input (in alto) e output (in basso)



### Autori

L. Moreschi, E. Almici

### Ente di appartenenza





# InSTraDaRe il futuro: dalla sperimentazione nuove opportunità per le filiere DOP e IGP

## Introduzione

Vino, olio e formaggi sono molto più che semplici prodotti: sono ambasciatori del Made in Italy, simboli di territori e tradizioni che il mondo ci invidia. Tuttavia, anche queste eccellenze si trovano oggi a fare i conti con sfide impegnative. La crescente attenzione alla sostenibilità, la richiesta di trasparenza da parte dei consumatori e le pressioni del mercato impongono nuovi strumenti. Da questa consapevolezza è nato InSTraDaRE - Innovazione, Sostenibilità e Tracciabilità Digitale per la Resilienza delle filiere agroalimentari, progetto vincitore di bando a cascata dello Spoke 9 di AGRITECH, che ha unito ricerca scientifica e imprese con un obiettivo preciso: sviluppare un sistema digitale capace di garantire tracciabilità e orientare la sostenibilità delle filiere DOP e IGP, incluse quelle a certificate in biologico.

## Metodologia

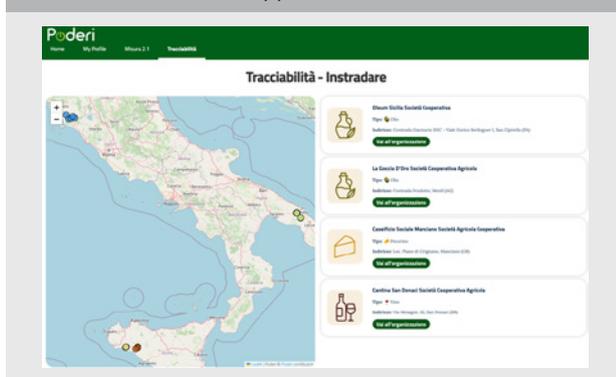
Il team di progetto ha lavorato sulle filiere vitivinicola, olivocolo-olearia e lattiero-casearia con l'obiettivo di migliorare raccolta e gestione dei dati, dalla produzione fino alla distribuzione. Tali dati sono stati integrati nella WebApp "Poderi", potenziata con un modulo di tracciabilità, capace di combinare registrazioni manuali e rilevazioni automatiche. Infatti, pur operando con standard di qualità certificata, e in alcuni casi di certificazione biologica, molte aziende non dispongono ancora di infrastrutture hardware per l'acquisizione automatica dei dati. Il potenziale inserimento manuale di informazioni garan-

tisce, quindi, l'accessibilità al sistema di tracciabilità anche a realtà meno digitalizzate. Inoltre, è stato sviluppato un *Decision Support System* in grado di analizzare i dati e simulare scenari, consentendo agli operatori di prendere decisioni più consapevoli e orientate alla riduzione di potenziali inefficienze nei processi. La sperimentazione si è svolta in tre aziende pilota certificate DOP/IGP e impegnate anche nella produzione biologica, in Puglia e Sicilia, territori che custodiscono grandi tradizioni, ma affrontano anche rilevanti gap strutturali.

## Risultati e conclusioni

In circa un anno di attività InSTraDaRE ha concluso le fasi di sviluppo, sperimentazione e testing di un sistema digitale per la tracciabilità e la valutazione della sostenibilità nelle suddette filiere. Gli strumenti realizzati, dal modulo di tracciabilità della WebApp al *Decision Support System*, sono stati validati tramite l'applicazione a casi d'uso reali, dimostrando la loro efficacia nel raccogliere e organizzare dati verificabili lungo le fasi produttive. Sebbene non ancora adottabili su larga scala, tali strumenti sono pronti per essere adattati a specifici contesti applicativi, resi scalabili, interoperabili e replicabili ad altre produzioni DOP/IGP. InSTraDaRE ha dimostrato che la digitalizzazione può diventare un alleato prezioso per garantire qualità e rafforzare la competitività delle filiere certificate, aprendo la strada a un futuro in cui tradizione e innovazione camminano insieme per portare l'eccellenza italiana sempre più lontano.

**Figura 1.** Infografica del modulo di tracciabilità sviluppato nell'ambito della WebApp Poderi



## Applicazioni

Serve alle aziende per digitalizzare tracciabilità e sostenibilità nelle filiere DOP/IGP, garantire qualità certificata, migliorare competitività, supportare decisioni strategiche e valorizzare tradizione attraverso innovazione scalabile.

## Autori

P. P. Miglietta, G. P. Agnusdei, D. Guidotti, A. Galati

## Enti di appartenenza





## Nuove metodologie per la sostenibilità, tracciabilità e autenticità dei mieli italiani

### Introduzione

L'apicoltura è a tutti gli effetti un settore produttivo a rischio. Il cambiamento climatico, l'uso indiscriminato di pesticidi, la crescente presenza dell'uomo negli ambienti rurali e l'aumento dei costi di produzione stanno mettendo in seria difficoltà le piccole imprese apicole e la produzione di miele. A questi fattori si aggiunge la diffusione, nel mercato italiano ed europeo, di prodotti contraffatti e adulterati con sciroppi di varia natura, spesso venduti a prezzi irrisori. Ciò rende i mieli delle aziende locali poco competitivi sul piano commerciale e contribuisce al progressivo abbandono della pratica apicola registrato negli ultimi anni. Al fine di contribuire alla salvaguardia del settore apistico, il progetto di ricerca MISTRAL dell'Università di Verona si propone di sviluppare strategie analitiche basate su strumentazione portatile per l'autenticazione e la tracciabilità dei mieli, nonché per la rilevazione di pesticidi neonicotinoidi, nocivi per le api e per l'uomo, e mettere a punto approcci innovativi per lo studio dei microrganismi presenti nel miele, al fine di ottenere informazioni utili sullo stato di salute dell'ape.

**Figura 1.** Strategia multidisciplinare per lo sviluppo di soluzioni portatili dedicate a garantire la tracciabilità e la sostenibilità della filiera del miele italiano



### Metodologia

Per lo sviluppo di modelli di autenticazione e tracciabilità dei mieli italiani è stata utilizzata strumentazione portatile FT-NIR, che consente di ottenere in pochi secondi, direttamente dal vasetto, una sorta di immagine contenente le informazioni necessarie per individuare adulteranti e certificare l'origine. Lo sviluppo dei sensori per la rilevazione dei pesticidi si basa invece su materiali a stampo molecolare (MIP), in grado di legarsi in modo selettivo alle molecole target e di generare un segnale anche a basse concentrazioni. Per quanto riguarda invece lo studio dei microrganismi, la procedura sperimentale mira all'ottenimento di un "fingerprinting filogenetico", ovvero un'impronta digitale microbica ottenuta in seguito all'estrazione di DNA dal miele.

### Risultati e conclusioni

I modelli di autenticazione e tracciabilità FT-NIR sviluppati nel corso del progetto permettono di stimare la quantità di adulterante presente con un errore inferiore al 15% e di tracciare l'origine dei mieli italiani rispetto a quelli di altra provenienza con un'accuratezza media di circa l'80%; il sensore MIP riesce a individuare tracce minime ( $10^{-12}$  mol/L) del pesticida acetamiprid nel miele ed è attualmente in corso la comparazione dei risultati ottenuti sul profilo microbico dei diversi mieli.

### Applicazioni

Serve alle aziende apistiche per garantire autenticità e tracciabilità dei mieli, rilevare pesticidi nocivi, valorizzare origine italiana, aumentare competitività e tutelare qualità e fiducia dei consumatori.

### Autori

M. Ciulu, A. Bossi, G. Felis, E. Salvetti, G. Zoccatelli, F. Mainente, F. Pagliarini, M. A. Khurshid

### Ente di appartenenza





## Poderi-Track: modulo digitale per la tracciabilità nelle filiere agroalimentari

### Introduzione

La soluzione è stata sviluppata nell'ambito del progetto InSTraDaRE, volto a migliorare la sostenibilità delle filiere agroalimentari attraverso la digitalizzazione della tracciabilità, con riferimento ai settori vitivinicolo, olivicolo-oleario e lattiero-caseario, e alle produzioni certificate DOP e IGP. Include un'App per la raccolta dati in campo e un sito web per l'inserimento delle informazioni di tracciabilità durante trasformazione e confezionamento, assicurando il collegamento tra il lotto e l'intero processo produttivo.

### Metodologia

Poderi-Track è un modulo prototipale per la tracciabilità e rintracciabilità delle fasi di produzione e trasformazione, destinato ad agricoltori, agronomi e consorzi e integrato nello strumento digitale Poderi. Poderi, sviluppato da AEDIT srl, supporta la consulenza agronomica e la gestione aziendale attraverso due interfacce: "Poderi App", per la raccolta di dati in campo, e "Poderi Studio", piattaforma web con funzionalità gestionali e di analisi dei dati. Lo sviluppo del modulo è stato preceduto dalla raccolta dei requisiti tecnologici e dall'individuazione della struttura dati necessaria e trasversale alle tre filiere produttive per la tracciabilità a livello di organizzazione.

Il modulo è stato integrato in Poderi Studio e permette alle organizzazioni di inserire, tramite fogli di calcolo con struttura definita, o in interoperabilità, le aziende conferenti, i conferimenti (es. quantità di uva, olive o latte, data e azienda), l'elenco dei prodotti, i contenitori aziendali e i relativi travasi (es. data, quantità, contenitore di partenza e di arrivo) e i lotti di confezionamento. Grazie a questa struttura, è possibile risalire dal lotto di confezionamento ai dati relativi non solo alla fase di trasformazione, ma anche alla fase di produzione, grazie all'integrazione fra Poderi Studio e l'App Poderi.

### Risultati e conclusioni

L'homepage del modulo di tracciabilità contiene l'elenco delle organizzazioni e la loro geolocalizzazione. Ogni organizzazione ha una pagina dedicata che mostra i lotti di confezionamento e, in una sezione separata, i conferimenti associati. Il modulo è stato testato con i dati di quattro organizzazioni, produttrici di Pecorino Toscano DOP, Olio DOP Val di Mazara e vini DOP e IGP del Salento. I dati relativi alla produzione, trasformazione e confezionamento sono stati inseriti nel modulo di tracciabilità, permettendo la digitalizzazione della tracciabilità, valorizzabile anche per la comunicazione con il consumatore.

### Applicazioni

Serve alle aziende per digitalizzare la tracciabilità nelle filiere DOP/IGP, collegare produzione e trasformazione, garantire trasparenza, valorizzare certificazioni, migliorare gestione interna e comunicazione verso i consumatori.

Figura 1. App Poderi-Track



### Autori

I. Volpi, D. Guidotti

### Ente di appartenenza



AEDIT SRL



## Smart tool per l'autenticazione del formaggio Canestrato di Castel del Monte

### Introduzione

Il Canestrato di Castel del Monte è un formaggio ovino tradizionale dell'Abruzzo, riconosciuto Presidio Slow Food. Il suo valore di mercato lo rende suscettibile a frodi ed è quindi cruciale garantire la sua autenticità e tracciabilità lungo tutta la filiera. Il progetto mira a sviluppare tecnologie smart basate su modelli predittivi per l'autenticazione e la tracciabilità, promuovendo sostenibilità, valorizzazione delle tradizioni locali e sviluppo economico territoriale.

### Metodologia

I campioni di Canestrato di Castel del Monte (CCM) sono stati raccolti direttamente dai produttori affiliati al Consorzio. Nello studio sono stati inclusi anche altri formaggi pecorini. Sono stati collezionati formaggi dai produttori del Consorzio del Pecorino Toscano, e formaggi freschi ("primo sale") prodotti dagli stessi caseifici che realizzano il CCM. I formaggi sono stati analizzati mediante spettroscopia IR, e analisi delle immagini (foto da smartphone). I dati ottenuti sono utilizzati per costruire modelli predittivi di autenticazione del Canestrato di Castel del Monte, distinguendolo dagli altri formaggi.

### Risultati e conclusioni

Nel caso della spettroscopia IR, il modello è stato in grado di riconoscere correttamente il 100% dei campioni di Canestrato di Castel del Monte e dei formaggi freschi. Solo il 3% dei pecorini toscani non è stato riconosciuto

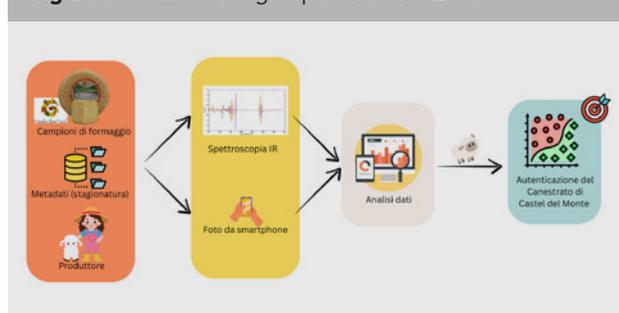
come tale, ma la percentuale è talmente bassa da non compromettere l'affidabilità del modello.

Per quanto riguarda l'analisi delle immagini, i campioni di formaggio sono stati fotografati con un comune smartphone, le immagini importate in piattaforme di elaborazione ed analizzate. I campioni di Canestrato di Castel del Monte sono stati riconosciuti correttamente nel 100% dei casi, confermando l'affidabilità del modello nell'autenticare il prodotto di interesse. I campioni di primo sale sono stati anch'essi riconosciuti al 100%; per i pecorini toscani si è raggiunto il 75%, ma il modello può essere perfezionato in sviluppi futuri. In generale, l'approccio apre la strada a una possibilità concreta: la realizzazione di strumenti rapidi e facilmente accessibili, capaci di distinguere il Canestrato di Castel del Monte da altri formaggi attraverso una semplice fotografia. In sintesi, i risultati ottenuti pongono le basi per la creazione di un sistema smartphone-based per l'autenticazione del Canestrato di Castel del Monte, utilizzabile in tempo reale non solo dagli operatori della filiera, ma anche dai consumatori. In prospettiva, questo studio rappresenta un modello virtuoso che potrà essere esteso anche ad altri formaggi e prodotti agroalimentari tipici, con un impatto positivo non solo in termini di sicurezza e trasparenza, ma anche di valorizzazione culturale ed economica delle eccellenze locali.

### Applicazioni

Serve alle aziende per garantire autenticità e tracciabilità del Canestrato di Castel del Monte, prevenire frodi, valorizzare tradizione locale, tutelare mercato e rafforzare competitività territoriale.

Figura 1. Iter metodologico per l'autenticazione



### Autori

A. Biancolillo, A. A. D'Archivio, M. Montanaro

### Ente di appartenenza





## Un approccio avanzato per la tracciabilità geografica di olio e vino

### Introduzione

In un mercato agroalimentare in cui i prodotti DOP e IGP sono sempre più apprezzati e ricercati dai consumatori diventa fondamentale sviluppare approcci scientifici sempre più raffinati e performanti per legare il prodotto al territorio attraverso analisi chimico-fisiche di laboratorio. Nel contesto italiano, olio extravergine d'oliva e vino sono certamente fra i prodotti più rilevanti; per questo, nell'ambito del progetto Agritech (Spoke 9), i ricercatori dell'Università degli Studi di Siena si sono focalizzati nello sviluppo di un approccio avanzato e innovativo per la tracciabilità dei prodotti derivanti dalle filiere olivicola e vitivinicola.

### Metodologia

Esistono diverse tecniche analitiche per lo studio dell'origine geografica di prodotti agroalimentari come olio e vino: alcune si basano sulla spettrometria di massa, spesso accoppiata a metodi cromatografici per isolare e analizzare i diversi composti in matrici complesse, altre sfruttano tecniche spettroscopiche con luce visibile, radiazione infrarossa o risonanza magnetica nucleare. Ciascun approccio, preso singolarmente, fornisce un'informazione valida ma non esaustiva; l'ap-

proccio qui sviluppato prevede quindi l'impiego sinergico di più tecniche avanzate per ottenere un'informazione combinata, in cui i singoli "tasselli" generino un quadro completo e affidabile, come in un puzzle.

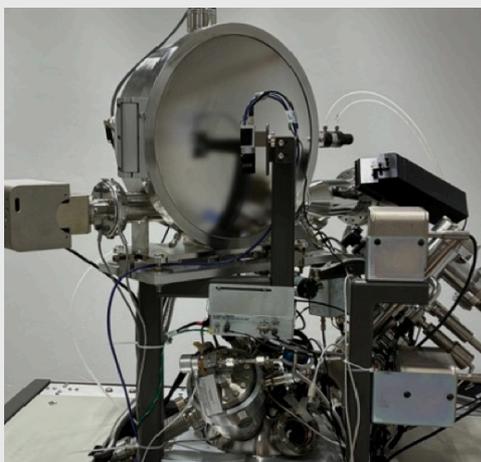
### Risultati e conclusioni

Le tecniche utilizzate sono in grado di raccogliere informazioni su tre parametri principali: i) Composizione organica (o metabolica), che rivela la natura e la quantità delle diverse molecole organiche (metaboliti) prodotti dalla pianta e che spesso rappresentano un marcatore molto efficiente della sua origine geografica; ii) Composizione inorganica, che mostra l'abbondanza di metalli e minerali, anche in tracce, solitamente correlabili con la geologia del luogo di coltivazione della specie vegetale; iii) Rapporto isotopico, sia per gli isotopi di elementi leggeri, quali H, C, O e N, sia di metalli – tale osservabile fisica è influenzata da fattori pedoclimatici e può essere dirimente per individuare l'origine geografica di un prodotto. Combinando tali informazioni con metodi di analisi statistica multivariata è stato possibile creare modelli affidabili per l'identificazione dell'origine geografica di oli e vini prodotti fra il 2022 e il 2025 in 9 diverse regioni italiane (Toscana, Emilia-Romagna, Veneto, Piemonte, Umbria, Lazio, Puglia, Campania, Sicilia). Nel caso della Toscana è stato possibile ottenere modelli in grado di discriminare oli e vini anche su scala sub-regionale, con una risoluzione dell'ordine delle poche decine di chilometri.

### Applicazioni

Serve alle aziende per certificare l'origine geografica di oli e vini, prevenire frodi, valorizzare territorialità, rafforzare tracciabilità e migliorare competitività sui mercati nazionali e internazionali.

**Figura 1.** Spettrometria di massa a tempo di volo di ioni secondari (TOF-SIMS)



### Autore

A. Facchiano

### Ente di appartenenza

