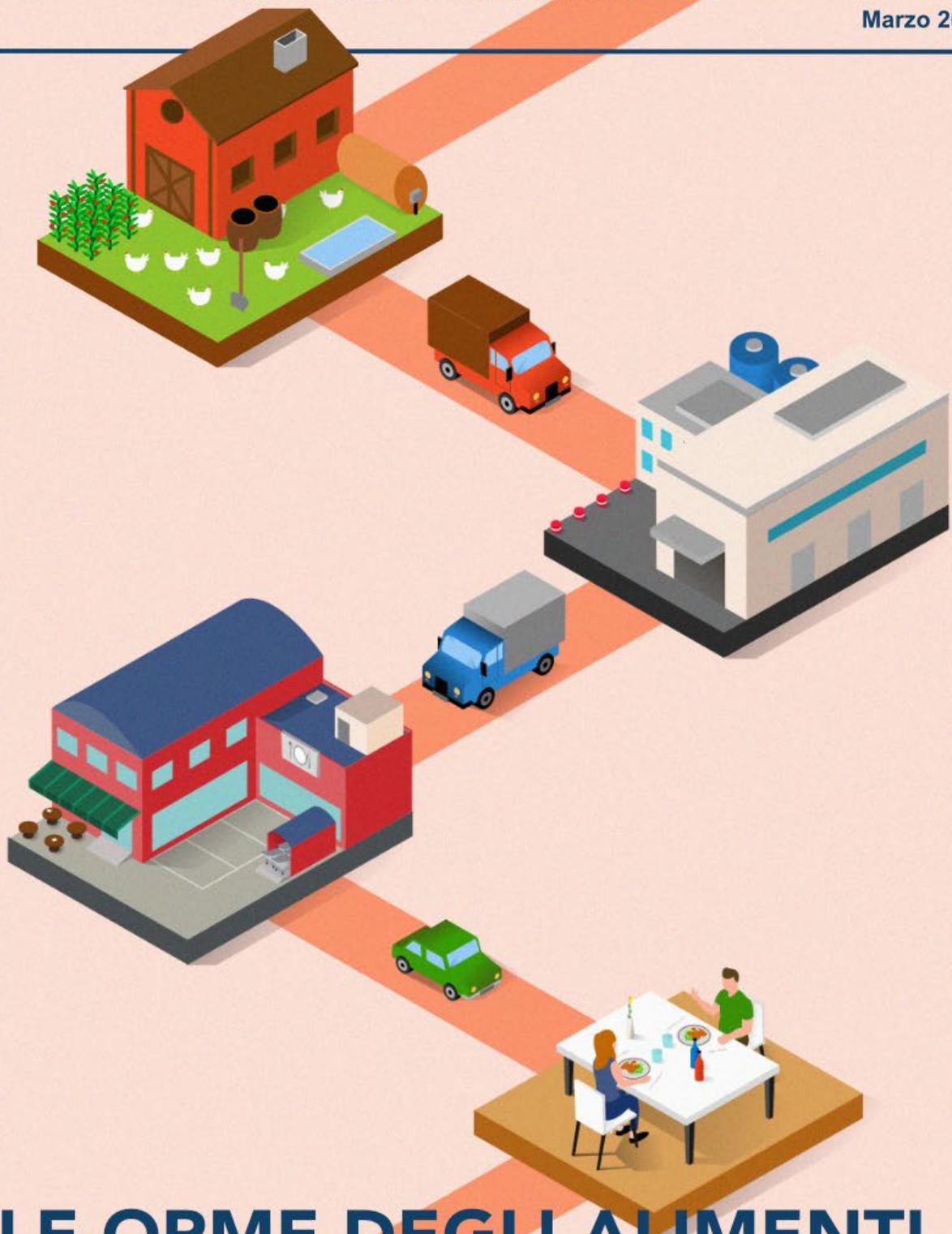


Food Hub

IL FUTURO È NEL CIBO

N.6

Marzo 2020

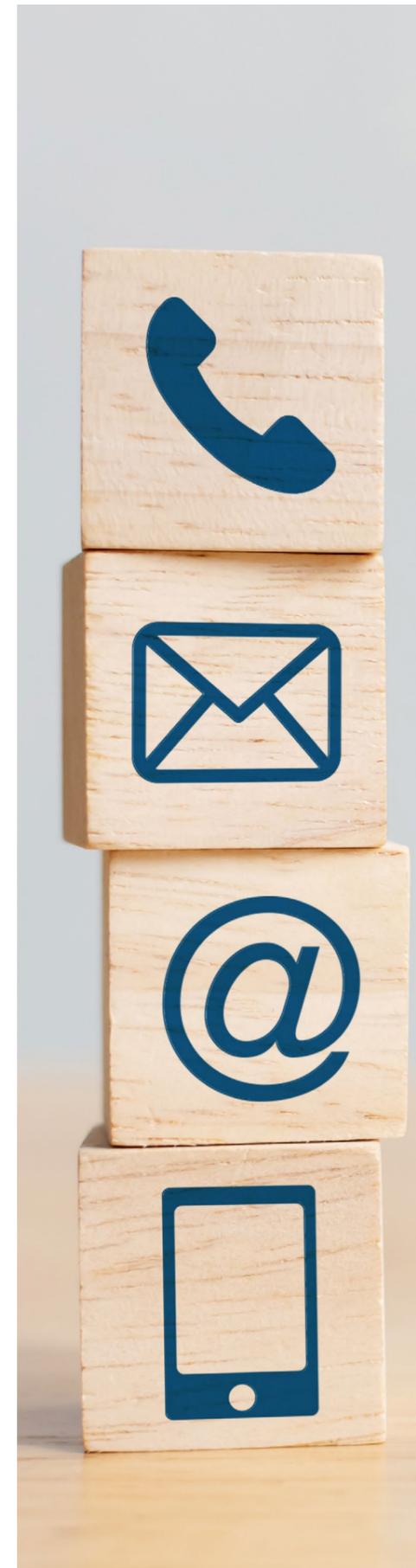


SULLE ORME DEGLI ALIMENTI
Le tecnologie al servizio
della tracciabilità

“

Ho bisogno di conoscere la storia di un alimento. Devo sapere da dove viene. Devo immaginarmi le mani che hanno coltivato, lavorato e cotto ciò che mangio.

Carlo Petrini



Proposte e collaborazioni
info@foodhubmagazine.com

Segnalazioni
redazione@foodhubmagazine.com

Seguici sui nostri social



Il progetto

Quello che stiamo vivendo è un momento storico per il settore agroalimentare, che mai come negli ultimi anni ha assistito a innovazioni radicali. In questo millennio, come forse non mai, il concetto di cibo sta man mano acquisendo un ventaglio considerevole di sfaccettature. Da mera fonte di sostentamento, **il cibo si è ormai tramutato in un momento di condivisione, uno stile di vita, un vincolo con la tradizione e molto altro.** Sempre più persone, tra esperti e amatori, si interessano a questo argomento costantemente all'avanguardia e poliedrico.

È da questa prospettiva che nasce Food Hub, **il primo portale italiano interamente dedicato alle innovazioni in campo agroalimentare, per supportare gli stakeholders del settore nel loro percorso di crescita professionale e valorizzare il lavoro della ricerca.** Food Hub dedica la sua attenzione a chi vuole inoltrarsi in questo nuovo mondo, con un occhio di riguardo a tutti i professionisti del settore.

L'auspicio più grande, da cui deriva il nome stesso della rivista, è quello di poter creare una fitta rete di specialisti del settore agroalimentare, per condividere esperienze e nozioni, aprendosi sempre più verso un contesto internazionale.

La nostra mission?

Accompagnare gli stakeholders del settore agroalimentare verso il futuro del cibo. Crediamo che l'innovazione passi prima di tutto per l'informazione e la conoscenza, ecco perchè è importante formarsi e aggiornarsi costantemente.

I fondatori



Fabio D'Elia
Co-Fondatore

La curiosità e la voglia di fare qualcosa di grande sono il motore che ogni giorno mi spinge a mettercela tutta in questo progetto. Grazie a Food Hub posso continuare ad approfondire e scoprire nuovi orizzonti del panorama agroalimentare.

Francesco De Carolis
Co-Fondatore

Il desiderio di innovare è il lievito che metto in questo progetto giorno per giorno. Food Hub nasce proprio con il proposito di andare oltre i confini disegnati dal percorso universitario, collegando terreni e competenze diverse.



I collaboratori



Antonella Pacillo

Gestione autori e redazione

La ricerca e l'innovazione rappresentano il volano per la crescita sostenibile del nostro pianeta, ed è su di esse che dobbiamo basarci per continuare a progredire. Grazie a Food Hub possiamo diffondere sapere e competenza, primi passi per far fronte al futuro agroalimentare.

David Iohan Pigatto

Sviluppo copertina e palette

Come per le precedenti uscite, anche questa volta, ho avuto il piacere di dare il mio contributo a questo nuovo numero di Food Hub. Ho realizzato la copertina e studiato i colori con l'obiettivo di risaltare il carattere unico e innovativo di questo magazine.



Grazia Scioscia

Revisione articoli

Per raccontare la mia esperienza occorre citare il buon Venditti: *"Certi amori non finiscono, fanno dei giri immensi e poi ritornano"*. Food Hub non è solo articoli da revisionare, è un continuo confronto, divertirsi e appassionarsi ad argomenti attuali e accattivanti.

Annalisa Porelli

Supporto redazione

Studiamo e revisioniamo ogni articolo per garantire sempre contenuti di alto livello. Supportare la redazione mi permette di apprendere continuamente le novità del mondo dell'agroalimentare e allo stesso tempo, di continuare a coltivare la mia passione per la scrittura.



L'editoriale



Food Hub
m a g a z i n e

Non avremmo mai immaginato di pubblicare il sesto numero di Food Hub in un momento storico così concitato e complesso: l'emergenza COVID-19 tiene da settimane i cittadini e i potenti di tutto il mondo col fiato sospeso.

Il virus, esploso nell'area di Wuhan, giunto in Europa e insinuatosi persino negli angoli più remoti del pianeta, mette quotidianamente a dura prova il nostro Bel Paese: l'hashtag più quotato sui social è #iorestoacasa ed è ciò che ci chiede il Governo da ormai settimane. Scuole, università, luoghi ricreativi, palestre, piscine e uffici chiusi, eventi annullati o posticipati, tutto sembra essersi cristallizzato, le metropoli hanno riscoperto la calma, i piccoli borghi hanno accolto la quiete.

In questa circostanza così surreale, ma neanche così troppo lontana alla memoria delle vecchie generazioni, le famiglie e i giovani si ritrovano a trascorre la maggior parte del proprio tempo a casa, rivivendo così la spensieratezza di preparare un buon dolce o un gustoso primo piatto insieme. In questa cornice il cibo si rivela un collante sociale, tuttavia emerge indubbiamente per il suo scopo principale: sfamare il pianeta, come direbbe Phil Collins, "Against all odds", contro tutte le avversità. L'approvvigionamento alimentare, infatti, è una delle massime priorità per tutti i Paesi: non c'è giorno che i supermercati non vengano riforniti (e con la stessa frequenza inutilmente svuotati), inoltre ai piccoli alimentari è stato permesso di non abbassare la serranda e di dare il massimo per garantire a ogni cittadino il bene di prima necessità per eccellenza.

Ci ritroviamo dunque ancora una volta a riflettere sul valore inestimabile del cibo, ed è questo il fil rouge che Food Hub intende seguire: offrire cibo controllato, di qualità, tracciabile e rintracciabile grazie all'immenso supporto che la tecnologia odierna vanta, tutelandone peculiarità e varietà. In questo viaggio il lettore sarà accompagnato da scienziati, imprenditori ed esperti del settore che condivideranno le informazioni più aggiornate e i progetti più all'avanguardia.

Buona lettura, i fondatori.

Fabio D'Elia

Francesco De Carolis

Indice

Sfrutta l'interattività! Clicca su qualsiasi punto dell'indice per navigare all'interno della rivista.



14

Emanuele Samorì

Considerazioni tecnico pratiche ed elementi progettuali per un sistema di rintracciabilità nel settore alimentare



34

Ubaldo Montanari

Tracciabilità e anticontraffazione: il contributo delle tecnologie digitali



42

Giada Necci

La tracciabilità vista con gli standard GS1



56

Tommaso Cattivelli

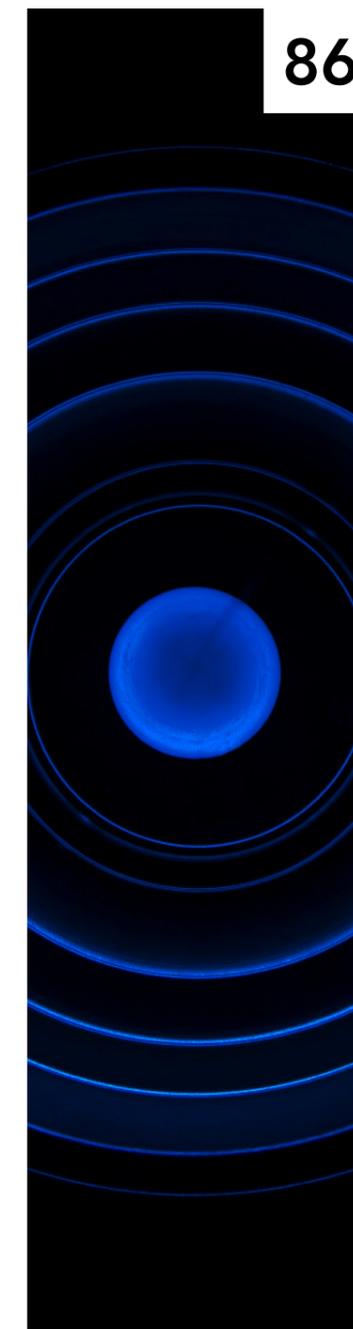
QR e Agrifood: tracciabilità e vantaggi operativi e strategici per logistica e marketing



70

Antonio Bondanese e Mattia Nanetti

WENDA: la piattaforma digitale per navigare i dati delle catene del freddo del Food



86

Tracy Ann Landicho

Track & Trace: una panoramica



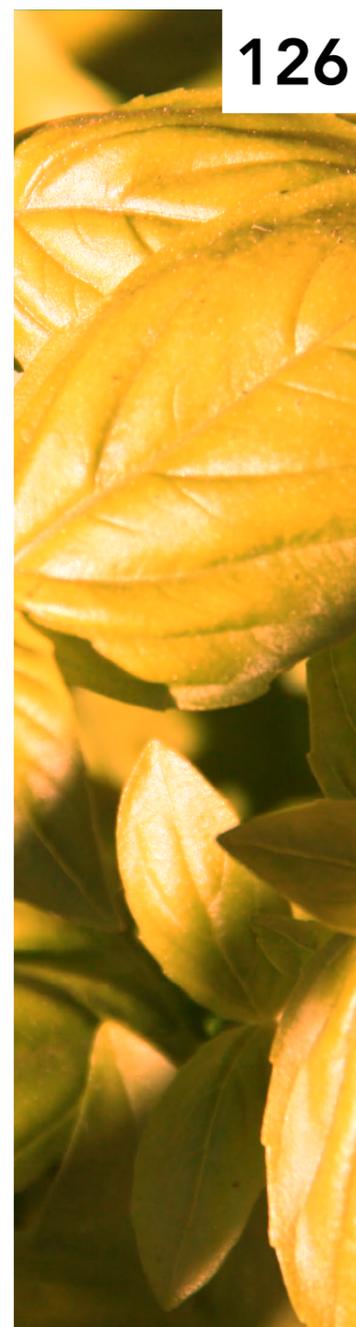
98

Elio E. Palumbieri
 Rintracciabilità e tracciabilità degli alimenti: una questione di filiera e tecnologia



108

Fabio Malosio - IBM
 La blockchain e il cibo "onesto"



126

Nicola Moramarco
 Eatalico.it porta il Made in Italy verso nuove frontiere



136

Elena Eloisa Albertini
 Rouge, una tutela tutta nuova per l'arancia rossa di Sicilia IGP



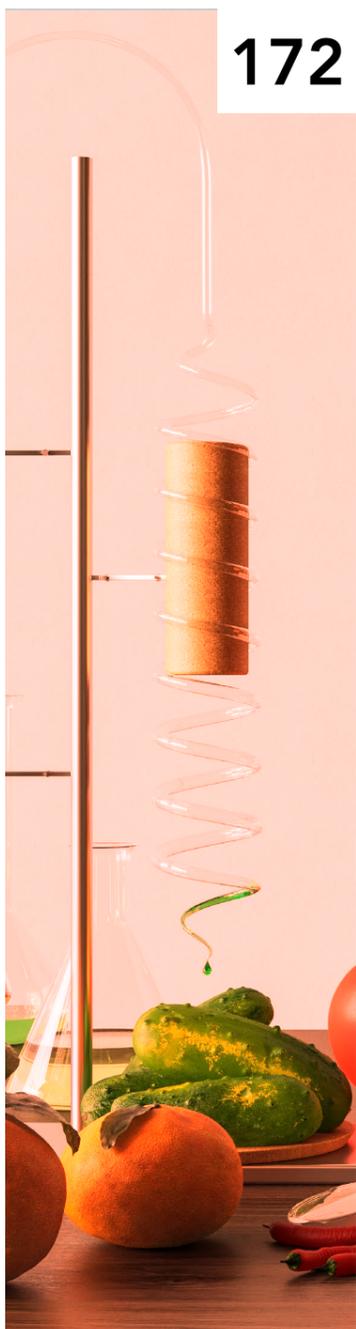
144

Luigi Ruggiero
 Tracciabilità e autenticazione geografica: due facce della stessa medaglia



154

Luana Bontempo, Federica Camin e Matteo Perini
 Tracciabilità isotopica dei prodotti agroalimentari e nutraceutici



172

Luigi Lucini e Gabriele Rocchetti

La metabolomica come strumento per la tracciabilità e autenticità



186

Cristina De Ceglie

La spettrometria di massa ad alta risoluzione per la determinazione della provenienza geografica dell'olio EVO italiano



200

Federica Corrado, Anna Cutarelli e Giandomenico Corrado

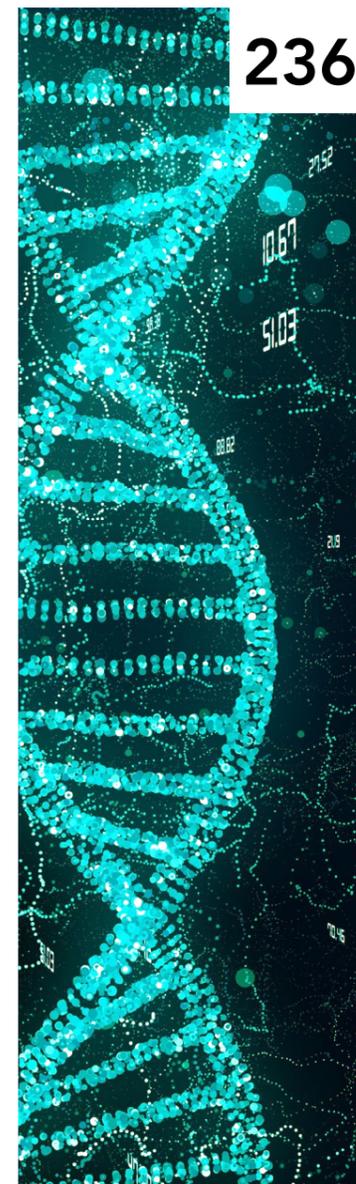
Dalla tracciabilità genetica alla tracciabilità genomica



214

Andrea Armani

Tracciabilità molecolare dei prodotti della pesca



236

Valerio Joe Utzeri e Luca Fontanesi | Griffa

Dalla genetica alla genomica: le nuove frontiere dell'autenticazione degli alimenti



244

Gianfranco Picone

Le impronte digitali degli alimenti

L'AUTORE

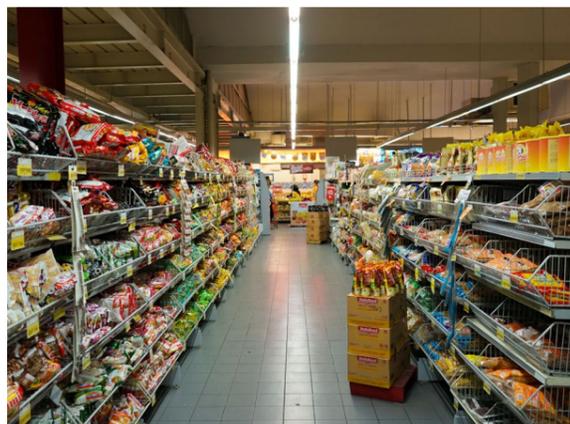
**Emanuele Samorì**

Consulente, formatore, auditor negli ambiti qualità, certificazione, HACCP ed etichettatura alimentare, costantemente impegnato nel valorizzare e promuovere la "persona", la legalità, l'efficacia e l'efficienza delle organizzazioni.

CONSIDERAZIONI TECNICO PRATICHE ED ELEMENTI PROGETTUALI PER UN SISTEMA DI RINTRACCIABILITÀ NEL SETTORE ALIMENTARE

Il processo di rintracciabilità ha origine dalla esigenza di conoscere la storia, l'utilizzazione o l'ubicazione dell'elemento che si sta considerando qualsiasi esso sia [1]. Esso consiste, quindi, nel raccogliere informazioni che ci permettono di risalire il flusso delle fasi di distribuzione, trasformazione e produzione, o anche di una singola fase, da valle a monte [2]. La tracciabilità, diversamente dalla rintracciabilità, fa riferimento al processo che produce informazioni per ciascun elemento si ritenga utile considerare lungo il flusso delle fasi da monte a valle.

Rintracciabilità e tracciabilità sono due processi fra loro diversi e speculari



In questa occasione si prenderà in considerazione il processo di rintracciabilità la cui realizzazione rappresenta un requisito di legge. Gli aspetti tecnico-pratici e gli elementi progettuali che caratterizzano un sistema per la rintracciabilità dei prodotti alimentari [3] dipendono strettamente dalle finalità che il sistema intende perseguire. **Nel settore alimentare la rintracciabilità è considerata come quell'azione che permette di ripercorrere il tragitto compiuto da un alimento e dei propri eventuali componenti, attraverso tutte le fasi che hanno contribuito alla sua realizzazione e distribuzione [4].** In merito alle finalità sopracitate possiamo distinguere quelle definite dalla legislazione vigente e quelle stabilite volonta-

riamente dall'organizzazione operante nel settore alimentare; naturalmente la priorità deve essere assegnata ai requisiti legali che possono, a seconda dei casi, offrire precise indicazioni in merito a modalità operative come avviene per il settore carni bovine [5] o ancora per i prodotti della pesca [6], oppure fornire gli obiettivi senza offrire alcuna ulteriore indicazione lasciando all'operatore del settore alimentare [7] la responsabilità di individuare le modalità più opportune per porre in atto la rintracciabilità [8], analogamente accade per gli alimenti non assoggettati nel merito a specifiche prescrizioni.

In ogni caso, da un punto di vista pratico, **la rintracciabilità è possibile solo se gli elementi componenti l'alimento hanno lasciato una traccia registrata del loro passaggio attraverso le diverse fasi;** inoltre, la rintracciabilità può essere più facilmente garantita se applicata in modo metodico attraverso un sistema che, nella definizione delle procedure, sia tecnicamente applicabile ed economicamente giustificabile. In questa occasione verranno presi in considerazione gli elementi di un sistema di rintracciabilità mirato al rispetto dei requisiti generali di legge indicati dal Regolamento (CE) 178/2002 Art. 18.

Il sistema di rintracciabilità e i requisiti generali di legge

Qualora si pensi alla realizzazione di un sistema di rintracciabilità che soddisfi i requisiti generali di legge, occorre, come già accennato, riferirsi al Regolamento (CE) 178/2002 Art. 18 che, nella sua formulazione non definisce modalità esecutive, ma lascia all'operatore del settore alimentare (di seguito indicato con l'acronimo OSA) una discreta **flessibilità nel raggiungimento degli obiettivi.** È utile chiarire sin da ora che dal punto di vista normativo la rintracciabilità non è considerata un'attività di prevenzione adottata per rendere più sicuro un alimento ma è da considerarsi una prassi impiegata per limitare problemi di sicurezza alimentare [9].

Gli obblighi dettati dal Regolamento riguardano:

- il prodotto inteso in tutte le sue forme [10] del quale occorre conoscere il fornitore ed il cliente;
- la disponibilità di informazioni che consentano di individuare, per ciascun prodotto, il fornitore e il cliente (diverso dal consumatore finale);
- informazioni necessarie all'identificazione dei prodotti per agevolare la rintracciabilità.



La flessibilità accordata dai requisiti generali di legge consentirebbe agli operatori di documentare il mero ricevimento di alimenti e/o materie prime, la vendita dei prodotti e identificare tali prodotti affinché possano essere ricondotti ai documenti di acquisto e di vendita. Questo approccio, a prima vista tecnicamente ed economicamente vantaggioso, nasconde più di un'insidia: il classico esempio può essere rappresentato dalla situazione in cui l'OSA commercializza tutti i propri prodotti identificandoli, ai fini della rintracciabilità, con la data di produzione; in tal caso, se dovesse essere necessaria un'azione di ritiro o di richiamo per un prodotto, l'OSA sarebbe costretto ad applicare l'azione su tutti i prodotti commercializzati identificati dalla stessa data di produzione con un evidente aggravio di costi in termini di tempi di ritiro e/o richiamo nonché di gestione dei prodotti ritirati.

L'OSA deve definire sotto la propria responsabilità il livello di dettaglio delle informazioni relative alla rintracciabilità e stabilire le modalità necessarie per soddisfare tale necessità tenendo in debita considerazione l'efficacia e l'efficienza delle azioni adottate



Nel caso sopra riportato, la procedura di rintracciabilità risulta senz'altro efficace nella misura in cui consente di riconoscere la partita o lotto di alimenti a rischio ed intervenire di conseguenza, tuttavia non può essere considerata efficiente in quanto obbliga l'OSA a un intervento sovradimensionato e per nulla mirato al solo alimento considerato a rischio. Efficacia ed efficienza possono essere conseguite attraverso l'adozione di un sistema specificamente progettato e realizzato considerando tutti gli alimenti comprendenti le sostanze destinate a comporlo ed il loro flusso nell'ambito delle fasi poste sotto il controllo dell'OSA. Una volta definiti gli obiettivi da conseguire attraverso il sistema di rintracciabilità sarebbe opportuno

stabilire i confini che l'OSA è chiamato a presidiare, dunque definire all'interno della filiera alimentare la parte che risulta essere posta sotto il suo controllo. Questo aspetto dovrebbe essere valutato con maggiore attenzione nei casi in cui l'OSA affidi alcune fasi dei propri processi produttivi mettendo talvolta a disposizione anche materie prime o prodotti semilavorati.

In tal caso, la definizione delle fasi poste sotto il controllo dell'OSA e le derivanti responsabilità dovrebbero suggerire la necessità di regolamentare, attraverso opportuna contrattualistica, non solo gli aspetti tecnico-commerciali ma anche eventuali attività o procedure di supporto compresa la rintracciabilità.



Da un punto di vista metodologico si procede con una **mappatura di tutti i prodotti e le sostanze che compongono l'alimento** individuando, per ciascuno di essi, le fonti di approvvigionamento. In questa fase, pur non essendo richiesto dalla legge, potremmo verificare se e secondo quale modalità i fornitori identificano a loro volta i prodotti consentendo, qualora si rendesse necessario, un intervento più mirato anche nei confronti delle forniture ricevute. Immaginiamo ad esempio di dovere gestire un ritiro o richiamo e di avere,

conformemente a quanto richiesto dalla legge, rintracciato il fornitore; l'azione conseguente consisterebbe nel blocco di tutto il prodotto del fornitore senza distinguere date e lotti di ricevimento. Questa situazione potrebbe avere ripercussioni sull'attività produttiva e quindi anche economiche. Alla fase di mappatura dei prodotti e delle sostanze segue quella dedicata all'analisi del loro flusso per capire quando e in quali condizioni e luoghi i prodotti e sostanze vengono gestite o ne viene modificata la natura.

Generalmente il risultato di un processo di trattamento, di trasformazione, di miscelazione, di manipolazione di prodotti o sostanze destinate a far parte dell'alimento conduce ad un nuovo prodotto che, se anche non modificato nei contenuti, lo può essere nella forma (es: processo di confezionamento), pertanto conoscere esattamente il flusso di tali prodotti e sostanze consente di individuare le modalità e le tecniche più adeguate di identificazione garantendo la possibilità di non smarrirne l'origine. L'identificazione è l'elemento che consente la rintracciabilità dei componenti presi in considerazione. Per l'identificazione si ricorre all'impiego di codici che possono riassumere in maniera sintetica diverse informazioni od ancora possono essere impiegati come elementi di connessione, come chiavi che consentono un riferimento univoco ad una serie di informazioni.

Perdite di identificazione non sono da escludere e possono essere causate da diverse condizioni quali ad esempio l'inadeguatezza dei supporti impiegati (carta, inchiostri, altri supporti), condizioni di stoccaggio in grado di deteriorare i supporti identificativi, movimentazione non accurata (urti, sfregamenti, deformazioni, altri stress meccanici). Un sistema di rintracciabilità efficace dovrebbe considerare e attuare tutte le azioni preventive necessarie a evitare l'eventuale perdita di identità dei prodotti nonché stabilire come procedere nel caso in cui ciò avvenisse. Le fasi finora considerate consistono in una semplice descrizione di materie, sostanze e flussi, tuttavia, è a partire da questa che l'OSA potrà decidere quante e quali informazioni rac-

ogliere, come e se conservarle anche per un tempo superiore a quanto indicato dalla legge vigente [11]. In figura 1 si propone lo schema di un ipotetico breve flusso di prodotti e sostanze destinate a far parte dell'alimento allo scopo di evidenziare gli elementi e le situazioni che contribuiscono a definire la complessità di un sistema di rintracciabilità.

L'ipotesi considera:

- Nr. 3 materie prime
- Nr. 5 produttori
- Nr. 2 processi necessari ad ottenere i semilavorati da impiegare per la produzione dell'alimento
- Nr. 1 processo produttivo
- Nr. 1 processo di confezionamento

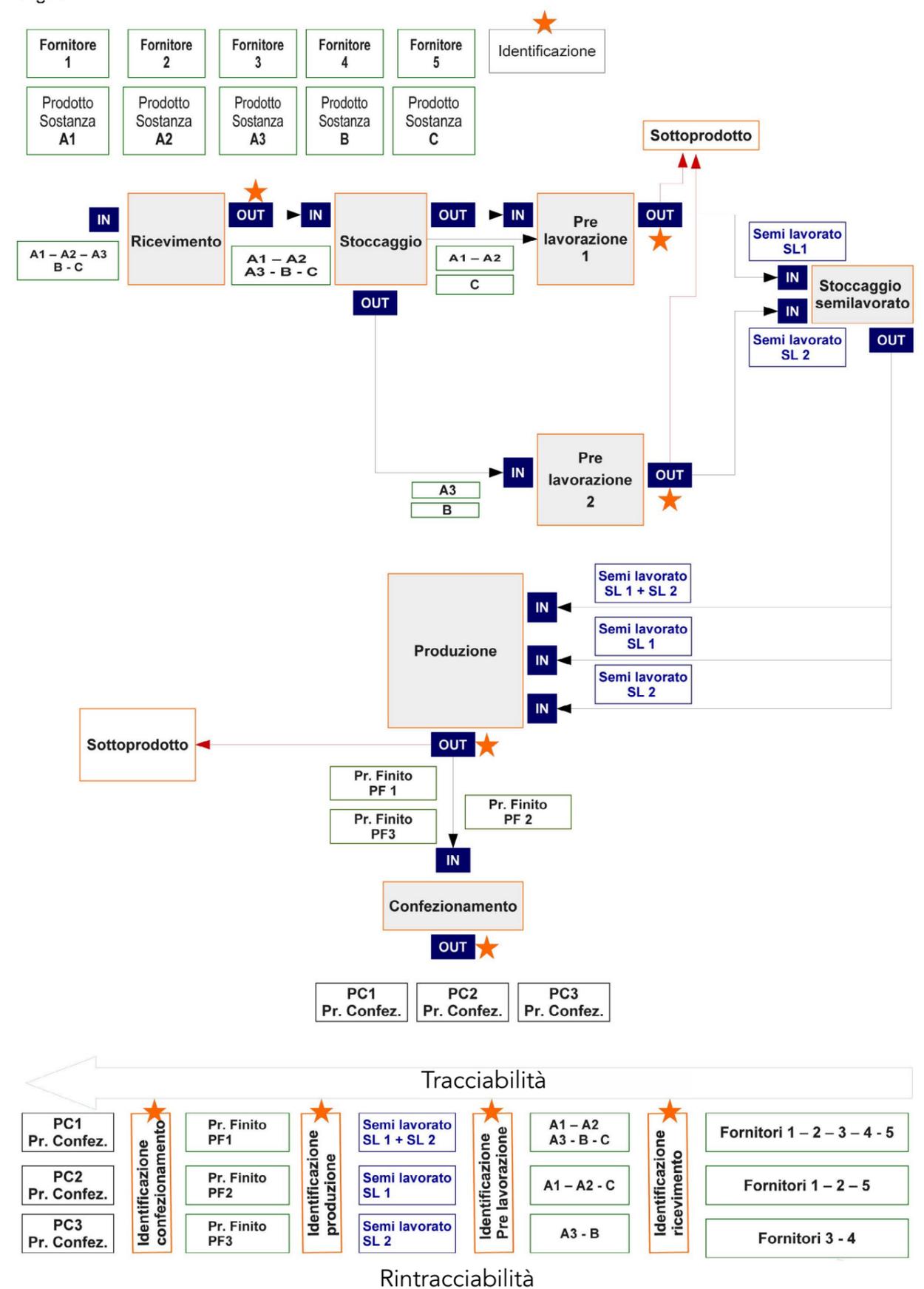


Fig. 1

Dallo schema emerge come il prodotto confezionato pronto per essere distribuito sul mercato sia, nel primo caso, ottenuto impiegando tutti e cinque i fornitori, nel secondo caso tre fornitori e nel terzo caso due fornitori. È facile dedurre che per ottemperare gli obblighi dettati dall'articolo 18 del Regolamento (CE) 178/2002 sia necessario identificare le materie prime e i prodotti e registrare l'informazione lungo i diversi passaggi affinché possa essere impiegata in caso di necessità. In figura 2 sono riportate, a solo titolo di esempio, le informazioni che potrebbero essere raccolte lungo il flusso rappresentato in figura 1 e quali fra queste dovrebbero essere necessariamente conservate.

L'OSA una volta determinate le necessità di identificazione, registrazione e definite le informazioni necessarie deve:

- stabilire il livello di dettaglio da raggiungere con la rintracciabilità;
- stabilire la quantità di prodotto ottenuta in condizioni simili che ritiene necessario identificare.



FASE	POSSIBILI INFORMAZIONI DISPONIBILI IN ENTRATA	INFORMAZIONE DA CONSERVARE ^[1]	NOTE
Ricevimento	<ul style="list-style-type: none"> • Data di ricevimento • Prodotto / sostanza • Identificazione / lotto • Identità del fornitore • Quantità • Eventuali specifiche tecniche 	Nome indirizzo del fornitore Identità prodotti forniti	Una volta ricevute le materie prime queste generalmente sono codificate secondo criteri definiti volontariamente dall'azienda. L'impiego di un codice evita la necessità di riportare per esteso le informazioni sulle materie prime che entreranno nei successivi processi
Stoccaggio	<ul style="list-style-type: none"> • Data di ricevimento • Prodotto / sostanza • Identificazione / lotto • Identità del fornitore • Quantità • Eventuali specifiche tecniche 	Nome indirizzo del fornitore Identità prodotti forniti	Una corretta identificazione consente di ottemperare ai requisiti di legge e, se collegabile alle informazioni in entrata, agevola la gestione della rotazione delle Scorte. L'identità del fornitore potrebbe essere indicata direttamente sul prodotto oppure indirettamente tramite un codice che riconduce ad esso.
Pre-lavorazione	<ul style="list-style-type: none"> • Codice assegnato all'atto del ricevimento • Locazione di stoccaggio • Tempi di stoccaggio 	L'informazione che consente di risalire a nome indirizzo del fornitore identità prodotti forniti	Nel flusso in Fig. 1 si è ipotizzata la Pre-lavorazione. E' comune nel settore alimentare il ricorso a più di un processo per l'ottenimento del prodotto finito. Nei processi di trattamento, miscelazione, trasformazione possono essere impiegate materie prime di diversa natura e origine, ognuna di queste è accompagnata dalla propria identificazione, è conveniente pertanto assegnare un nuovo codice al prodotto ottenuto dal processo che riassume o riconduca all'identità delle materie Che lo compongono.
Produzione	<ul style="list-style-type: none"> • Codice del prodotto semi lavorato ottenuto in pre-lavorazione • Data di pre-lavorazione • Impianto impiegato • Quantità prodotta • Operatore coinvolto 	L'informazione che consente di risalire a nome indirizzo del fornitore identità prodotti forniti	Nel flusso in Fig. 1 si è ipotizzata la Pre-lavorazione. E' comune nel settore alimentare il ricorso a più di un processo per l'ottenimento del prodotto finito. Nei processi di trattamento, miscelazione, trasformazione possono essere impiegate materie prime di diversa natura e origine, ognuna di queste è accompagnata dalla propria identificazione, è conveniente pertanto assegnare un nuovo codice al prodotto ottenuto dal processo che riassume o riconduca all'identità delle materie Che lo compongono.
Confezionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Codice del prodotto lavorato ottenuto in produzione • Data di produzione • Impianto impiegato • Quantità prodotta • Operatore coinvolto 	L'informazione che consente di risalire a nome indirizzo del fornitore identità prodotti forniti Nome indirizzo del cliente identità prodotti consegnati volume, se del caso, o quantità	Nel flusso in Fig. 1 si è ipotizzata la Pre-lavorazione. E' comune nel settore alimentare il ricorso a più di un processo per l'ottenimento del prodotto finito. Nei processi di trattamento, miscelazione, trasformazione possono essere impiegate materie prime di diversa natura e origine, ognuna di queste è accompagnata dalla propria identificazione, è conveniente pertanto assegnare un nuovo codice al prodotto ottenuto dal processo che riassume o riconduca all'identità delle materie Che lo compongono.

[1] Informazione tratta da documento: ORIENTAMENTI SULL'ATTUAZIONE DEGLI ARTICOLI 11, 12, 14, 17, 18, 19, E 20 DEL REG. (CE) N.178/2002 SULLA LEGISLAZIONE ALIMENTARE GENERALE Conclusioni del Comitato permanente per la catena alimentare e la salute degli animali Pag.21

Fig. 2

Livello di dettaglio

Per definire il livello di dettaglio di un sistema di rintracciabilità è opportuno tenere sempre in considerazione i principi di fattibilità tecnica e accettabilità economica; inoltre, non sempre è possibile raggiungere il livello di dettaglio desiderato a causa delle caratteristiche intrinseche del processo. Se prendiamo in esempio la figura 1 noteremo che i prodotti finiti confezionati conducono ad un numero minimo di 2 fornitori e ad un massimo di 5, in particolare nei prodotti "PC 1" e "PC 2" troviamo rispettivamente 5 e 3 fornitori della stessa materia prima "A". Nel caso in cui il prodotto "PC 1" rappresentasse un pericolo per la salute e la sicurezza saremmo costretti ad intervenire bloccando e sospendendo l'impiego delle materie prime di tutti i fornitori in attesa di chia-

rimenti in merito all'origine del pericolo: in questo caso possiamo considerare il sistema di rintracciabilità senz'altro efficace. Ridurre il numero dei fornitori che contribuisce alla realizzazione di un prodotto condurrebbe senza dubbio a una maggiore efficienza e, questa scelta, in riferimento ai requisiti generali dettati dall'articolo 18 del Regolamento 178/2002, spetta all'OSA anche attraverso la valutazione della profondità [12] ed estensione [13] del sistema di rintracciabilità. Profondità ed estensione sono le due dimensioni che caratterizzano un sistema di rintracciabilità e la loro valutazione può offrire un prezioso contributo nella definizione del campo di applicazione del sistema e conseguentemente del livello di dettaglio.



Lotto

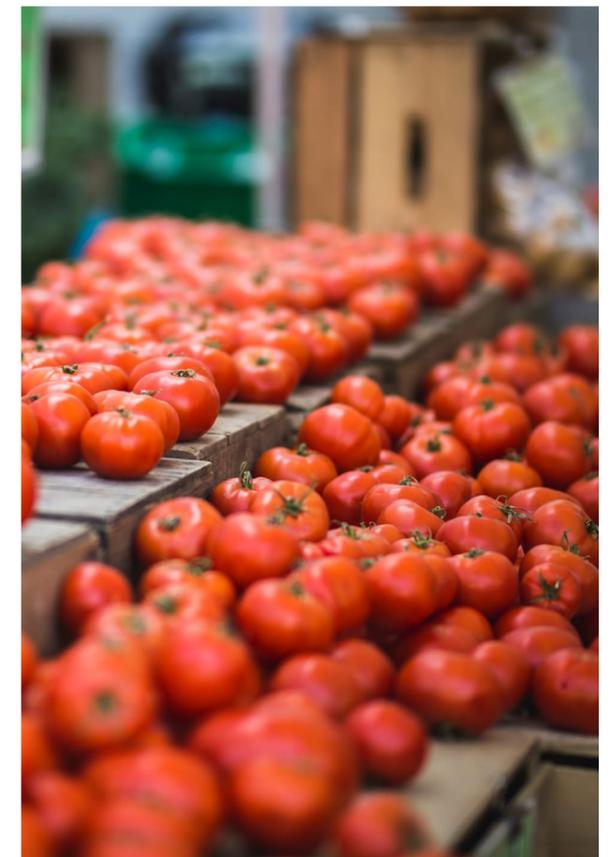
Una volta stabilite le modalità di identificazione segue l'attività di assegnazione al prodotto del codice identificativo decidendo, quindi, la quantità di prodotto che verrà identificata con lo stesso codice. La quantità rappresentata da uno stesso codice viene indicata generalmente con il termine **lotto** in quanto costituita da un "insieme di unità di un prodotto prodotte e/o lavorate o confezionate in condizioni simili" [14].

Le dimensioni del lotto condizionano inevitabilmente il livello di dettaglio in quanto all'aumentare delle dimensioni del lotto aumenta la pos-

sibilità di ritrovarvi un numero più elevato di fornitori o di informazioni con evidenti riflessi sull'efficacia del processo di analisi delle cause in caso di emergenze alimentari, per cui sarebbe opportuno definire con attenzione i criteri di dimensionamento del lotto in relazione al livello di dettaglio atteso. A seguito di un'attenta valutazione costi/benefici sarebbe bene individuare la quantità minima rintracciabile per la quale riteniamo necessario recuperare le informazioni, sostanzialmente, si tratta di stabilire una **unità minima rintracciabile** [15]

I criteri di dimensionamento possono considerare:

- la quantità espressa in peso;
- la quantità espressa in numero di confezioni;
- i tempi di lavorazione (ore);
- la data di lavorazione o di scadenza;
- l'impianto impiegato per la lavorazione;
- l'unità logistica impiegata (es: container).





Questo principio è chiaramente espresso dal Regolamento (CE) 178/2002 comma 6 dell'articolo 14 "Se un alimento a rischio fa parte di una partita, lotto o consegna di alimenti della stessa classe o descrizione, si presume che tutti gli alimenti contenuti in quella partita, lotto o consegna siano a rischio a meno che, a seguito di una valutazione approfondita, risulti infondato ritenere che il resto della partita, lotto o consegna sia a rischio".

Modalità di indicazione delle informazioni di rintracciabilità sul prodotto finito

L'identificazione attuata secondo i criteri stabiliti dall'OSA, salvo ulteriori modalità e requisiti previsti in materia da disposizioni più specifiche, deve essere riportata anche sul prodotto finito immesso sul mercato o pronto per esservi immesso. La normativa vigente prevede che l'etichetta di tali prodotti contenga elementi utili per agevolarne la rintracciabilità pertanto si tratta di un'informazione obbligatoria prevista dal Regolamento (CE) 178/2002 e non dalle norme che regolamentano l'etichettatura degli alimenti. Dunque, tecnicamente il "Lotto di rintracciabilità" non necessariamente coincide con il lotto inteso come indicazione obbligatoria [16] da riportare in etichetta; certamente sarebbe opportuno considerare la possibilità di impiegare le indicazioni obbligatorie già previste per l'etichettatura degli alimenti quali elementi utili per agevolare la rintracciabilità.

Informazioni obbligatorie che potrebbero essere impiegate al fine di consentire la rintracciabilità a titolo di esempio potrebbero essere:

- il lotto;
- la data di scadenza;
- la data TMC (termine minimo di conservazione);
- la data di congelamento o di primo congelamento [17].

In taluni casi, le etichette alimentari riportano l'informazione relativa alla rintracciabilità impiegando una codificazione specifica che può essere preceduta o meno da diciture (es: cod. rint. od ancora rint.). La modalità o forma con la quale deve essere riportata l'informazione che consente la rintracciabilità non risulta essere regolamentata, e non deve essere necessariamente interpretabile dal consumatore in quanto la sua principale funzione consiste nel permettere agli OSA ed alle Autorità Competenti, come gli Organismi Ufficiali di Controllo, di intervenire al fine di limitare i pericoli in grado di compromettere la sicurezza degli alimenti.

Considerazioni finali

L'argomento non può certamente ritenersi esaurito in queste poche righe, tuttavia gli elementi considerati e i riferimenti citati possano essere fonte di approfondimento e riflessione. Nel testo il frequente ricorso all'uso del modo condizionale non offre certezze in termini interpretativi e applicativi ma si è ritenuto corretto ricorrervi data la genericità di parte dei contenuti della normativa vigente e la complessità del settore alimentare e delle sue filiere.

BIBLIOGRAFIA

1. Commissioni Tecniche: UNI/CT 016GL 02 Gestione per la qualità e metodi statistici; UNI/CT 016GL 01 Concetti e terminologia . (2015 23 settembre). UNI EN ISO 9000:2015 " Sistemi di gestione per la qualità - vocabolario". Disponibile da: http://store.uni.com/catalogo/index.php/uni-en-iso-9000-2015?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com
2. 3. 4. 7. 8. Parlamento Europeo e Consiglio. (2019 26 luglio). REGOLAMENTO (CE) N. 178/2002 del 28 gennaio 2002 che stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità europea per la sicurezza alimentare e fissa procedure nel campo della sicurezza alimentare (GU L 31 dell'1.2.2002, pag. 1). Disponibile da: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002R0178-20190726&from=EN> Note: "Rintracciabilità" vedere definizione al Capo 1 Art. 3 punto 15). "Prodotto alimentare" o "Alimento" vedere definizione riportata al Capo 1 Art. 2. "Operatore del Settore Alimentare" vedere definizione riportata al Capo 1 Art. 3 punto 3). Capo 2 Sez. 4 Art. 18 "Rintracciabilità"
5. Parlamento Europeo e Consiglio. (2014 13 dicembre). REGOLAMENTO (CE) N. 1760/2000 del 17 luglio 2000 che istituisce un sistema di identificazione e di registrazione dei bovini e relativo all'etichettatura delle carni bovine e dei prodotti a base di carni bovine, e che abroga il regolamento (CE) n. 820/97 del Consiglio (GU L 204 dell'11.8.2000, pag. 1). Disponibile da: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000R1760-20141213&from=IT>
6. Parlamento Europeo e Consiglio. (2013 01 luglio). REGOLAMENTO (CE) N. 2065/2001 DELLA COMMISSIONE del 22 ottobre 2001 che stabilisce le modalità d'applicazione del regolamento (CE) n. 104/2000 del Consiglio per quanto concerne l'informazione dei consumatori nel settore dei prodotti della pesca e dell'acquacoltura (Testo rilevante ai fini del SEE) (GU L 278 del 23.10.2001, pag. 6). Disponibile da: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02001R2065-20130701&from=IT>
9. Orientamenti sull'attuazione degli articoli 11,12,14,17,18,19 e 20 del Regolamento (CE) N. 178/2002 sulla legislazione alimentare generale- Conclusioni del comitato permanente per la catena alimentare e la salute degli animali Capitolo III punto III.1 Disponibile da: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/gfl_req_implementation-guidance_it.pdf
10. Nota: Materia prima; prodotto semilavorato; prodotto finito
11. CONFERENZA PERMANENTE PER I RAPPORTI TRA LO STATO LE REGIONI E LE PROVINCE AUTONOME DI TRENTO E BOLZANO. (2005 28 luglio). Accordo, ai sensi dell'articolo 4 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, tra il Ministro della salute e i Presidenti delle Regioni e delle Province autonome sul documento recante «Linee guida ai fini della rintracciabilità degli alimenti e dei mangimi per fini di sanità pubblica», volto a favorire l'attuazione del regolamento (CE) n. 178 del 2002 del Parlamento e del Consiglio del 28 gennaio 2002. (Rep. atti n. 2334). (GU Serie Generale n.294 del 19-12-2005 - Suppl. Ordinario n. 205). Disponibile da:

BIBLIOGRAFIA

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2005/12/19/05A11176/sg>
 Nota: All.1 Art. 5 comma 6 "6. Ferma restando l'applicazione di norme più specifiche di natura sanitaria, fiscale, ecc., le informazioni di cui ai commi 2 e 3 dell'articolo 18, dovendo essere messe a disposizione delle autorità competenti che le richiedono, vanno conservate per un congruo periodo di tempo, che indicativamente può essere riferito ai periodi di tempo sotto indicati: 3 mesi per i prodotti freschi (es. prodotti di panetteria o pasticceria, ed ortofruttili) i 6 mesi successivi alla data di conservazione del prodotto deperibile, per i prodotti "da consumarsi entro il"; i 12 mesi successivi alla data di conservazione consigliata, per i prodotti "da consumarsi preferibilmente entro "; i 2 anni successivi, per i prodotti per i quali non e' prevista dalle norme vigenti l'indicazione del termine minimo di conservazione ne altra data. Ovviamente vanno conservate sia le informazioni, come anche le fonti dalle quali le stesse sono scaturite, al fine di permettere una verifica di valore oggettivo."

12. 13. 15. ACCREDIA Ente Italiano di Accreditamento dipartimento Certificazione e Ispezione. (2015 21 aprile). Prescrizioni per l'accREDITamento degli Organismi di Certificazione operanti le certificazioni a fronte della norma UNI EN ISO 22005. Disponibile da: <https://www.accredia.it/documento/rt-17-rev-00-prescrizioni-per-%C2%92accredita-mento-degli-organismi-di-certificazione-operanti-le-certificazioni-a-fronte-della-norma-uni-en-iso-22005/> Note: Punto 3 DEFINIZIONI "Profondità: insieme delle fasi di produ-

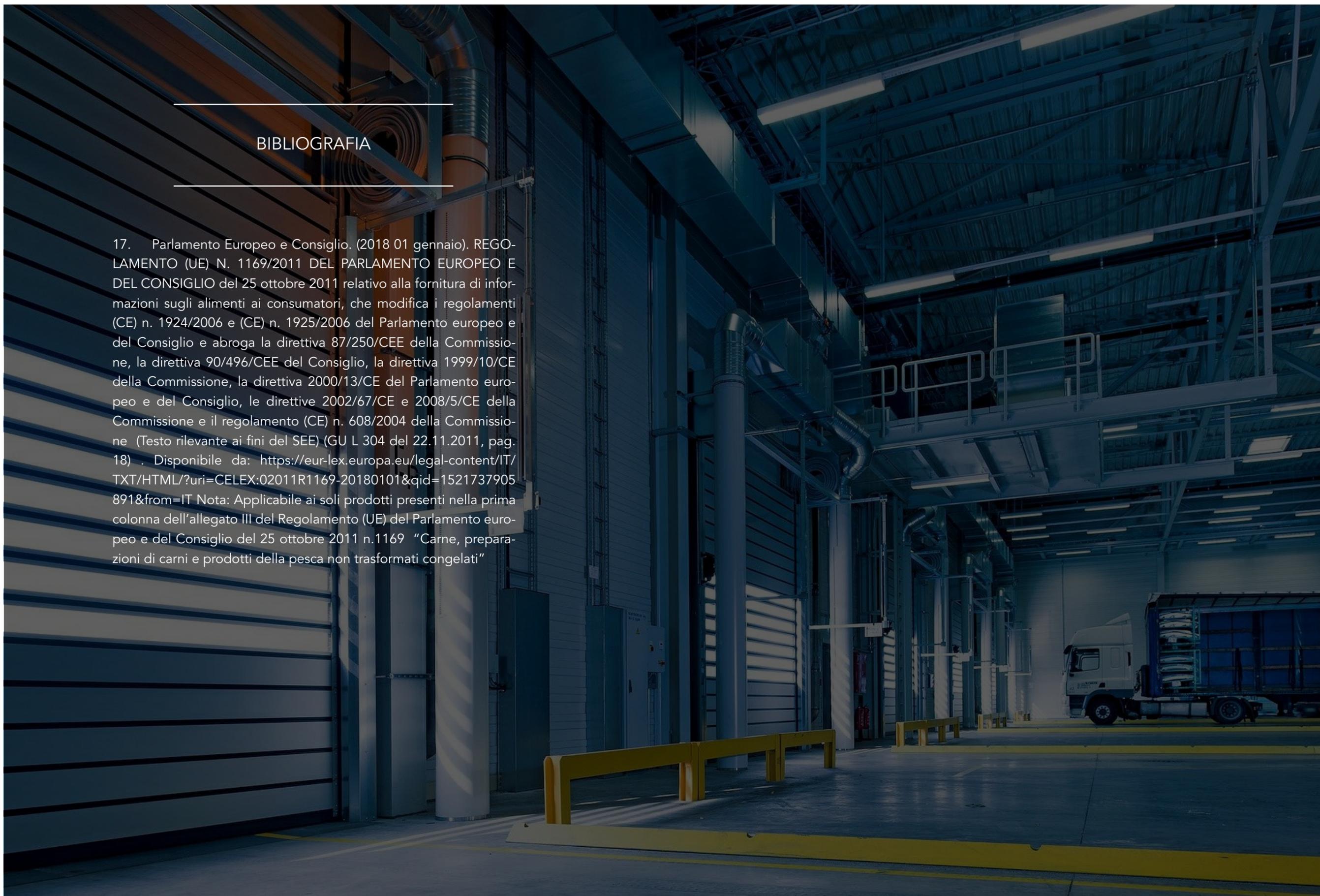
zione, trasformazione, commercializzazione, ecc., coperte da sistema in modo continuo" Punto 3 DEFINIZIONI "Estensione: insieme dei componenti il prodotto coperto dal sistema in modo continuativo" Punto 3 DEFINIZIONI "Unità Minima Rintracciabile (UMR): quantità minima omogenea, espressa in peso o volume, per la quale esiste la necessità di recuperare informazioni predefinite e che può essere prezzata, ordinata o fatturata ed è oggetto della verifica della conformità all'interno del sistema di rintracciabilità"

14. Commissioni Tecniche: Agroalimentare UNI/CT 003; Sistemi di gestione per la sicurezza alimentare UNI/CT 003GL 14. (2008 17 gennaio). UNI EN ISO 22005:2008 "Rintracciabilità nelle filiere agroalimentari - Principi generali e requisiti di base per progettazione di sistemi e attuazione". Disponibile da: <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-22005-2008> Nota: punto 3 TERMINI E DEFINIZIONI punto 3.3 "lotto"

16. Presidenza della Repubblica. (2017 15 dicembre). Decreto Legislativo 15 dicembre 2017 n. 231 Disciplina sanzionatoria per la violazione delle disposizioni del regolamento (UE) n. 1169/2011, relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori e l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del medesimo regolamento (UE) n. 1169/2011 e della direttiva 2011/91/UE, ai sensi dell'articolo 5 della legge 12 agosto 2016, n. 170 «Legge di delegazione europea 2015». Disponibile da: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/8/18G00023/sg>

BIBLIOGRAFIA

17. Parlamento Europeo e Consiglio. (2018 01 gennaio). REGOLAMENTO (UE) N. 1169/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 2011 relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori, che modifica i regolamenti (CE) n. 1924/2006 e (CE) n. 1925/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio e abroga la direttiva 87/250/CEE della Commissione, la direttiva 90/496/CEE del Consiglio, la direttiva 1999/10/CE della Commissione, la direttiva 2000/13/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive 2002/67/CE e 2008/5/CE della Commissione e il regolamento (CE) n. 608/2004 della Commissione (Testo rilevante ai fini del SEE) (GU L 304 del 22.11.2011, pag. 18) . Disponibile da: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:02011R1169-20180101&qid=1521737905891&from=IT> Nota: Applicabile ai soli prodotti presenti nella prima colonna dell'allegato III del Regolamento (UE) del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2011 n.1169 "Carne, preparazioni di carni e prodotti della pesca non trasformati congelati"



TRACCIABILITÀ E ANTICONTRAFFAZIONE: IL CONTRIBUTO DELLE TECNOLOGIE DIGITALI

Tenenga è un integratore di sistemi specializzato nel mondo dell'Auto-ID (barcode, RFID, NFC, BLE, RTLS, IoT e anticontraffazione). Essendo partner dei più importanti produttori a livello mondiale, è in grado di offrire ai clienti le migliori soluzioni/tecnologie disponibili sul mercato per risolvere le problematiche esistenti.



I vantaggi di una filiera certificata

Fino alla prima metà del 1900 nei Paesi industrializzati la produzione e la distribuzione degli alimenti era legata al mercato locale, le derrate erano prodotte e distribuite localmente e ci si basava sulla credibilità personale per garantire sicurezza e qualità di un prodotto.

Il miglioramento della tecnologia di conservazione, unita alla riduzione dei costi nei trasporti, hanno permesso l'avanzare della globalizzazione dei mercati. Molto spesso il consumatore accede a un pro-

dotto che può provenire da qualsiasi angolo del pianeta in funzione di stagione, disponibilità e richiesta del mercato, e di conseguenza, può potenzialmente venire esposto a rischi per la salute.

Nel tempo perciò, è aumentata l'attenzione sia della sanità pubblica sia dei consumatori in materia di sicurezza e qualità degli alimenti, e si è fatta evidente l'importanza della tracciabilità alimentare. La tracciabilità di un prodotto, per essere credibile, richiede una **supply chain trasparente** e un completo



Ubaldo Montanari

Presidente & CEO Tenenga srl. È un tecnico con esperienze nel mondo dell'automazione industriale, della sicurezza e dell'identificazione automatica. Ha collaborato alla realizzazione di alcune pubblicazioni sulla tecnologia RFID in Italia; due edizioni del libro bianco della Fondazione Ugo Bordoni, il Quaderno del CNIPA, fino alla dispensa di AIM Italia. Su queste tematiche ha scritto vari articoli e ha tenuto numerose presentazioni a fiere e convegni.

trasferimento delle informazioni e deve possedere due requisiti: un sistema di identificazione unico e affidabile e un meccanismo credibile e verificabile per la preservazione di tale identità.



La tracciabilità di un prodotto



Quando parliamo di **tracciabilità**, ci si riferisce al processo che segue il prodotto da monte a valle della filiera mentre, per **rintracciabilità**, si intende il processo inverso che permette di risalire all'origine della produzione, la cui conoscenza è fondamentale nel caso di emergenze alimentari che rendano necessario il ritiro del prodotto dal mercato nel più breve tempo possibile.

Dunque, tracciabilità e rintracciabilità sono concetti estremamente correlati tra di loro: non può esservi rintracciabilità se non vi è stata inizialmente una gestione della tracciabilità.

Un sistema di tracciabilità deve essere affidabile, rapido, preciso e fare in modo che gli operatori della filiera siano in grado di individuare fornitori e provenienza delle materie prime e al tempo stesso le aziende a cui hanno fornito il prodotto stesso. A tal scopo esistono diverse tecnologie, definite AIDC (Auto-

matic Identification and Data Capture), che consentono di identificare in modo più o meno automatico i prodotti, materie prime e/o fasi produttive. Infatti, identificando con certezza e precisione cose, persone o animali si consente la gestione e il controllo del flusso dei dati all'interno di un'azienda o di un processo distributivo, disponendo delle informazioni in modo rapido ed esente da errori.

Processo che segue il prodotto da monte a valle della filiera

AIDC Technologies

Garanzia di non contraffabilità e identità del prodotto

Tra le tecnologie più diffuse ed economiche che consentono di identificare un prodotto vi è sicuramente quella del **codice a barre** che tuttavia **non garantisce la non contraffabilità**, motivo per cui, in alternativa o congiuntamente a essa, è opportuno associare tecnologie identificative come l'**RFID - Radio Frequency Identification** (Figura 1), il **SixTrue** per l'identificazione/anticontraffazione, oppure il **BLE - Bluetooth Low Energy** per la localizzazione indoor e il monitoraggio della catena del freddo (Figura 2).

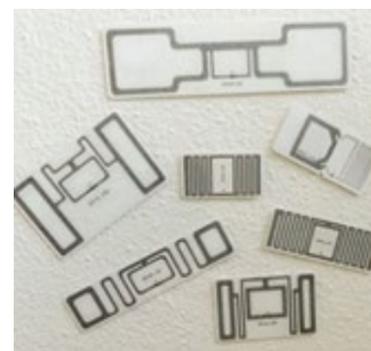


Fig. 1 - Esempi Label RFID UHF

Oltre però alle tecnologie per identificare un prodotto, vi è un altro aspetto molto importante, ovvero la gestione e la fruizione dei dati prodotti dalla filiera e la necessità di garantire la protezione di tali dati evitando la loro manomissione da parte di terzi. **Identità di prodotto e sicurezza dei dati di filiera sono due aspetti completamente diversi ma al contempo connessi**, difatti se l'identifi-

cazione di un prodotto non fosse certa, ne risentirebbe l'affidabilità e la veridicità dell'intero processo.

Il codice a barre, incluso quello 2D – bidimensionale (ad esempio il QRCode), è di fondamentale importanza per l'identificazione del prodotto in logistica e nella supply chain in generale ma non è uno strumento di anticontraffazione come spesso si è portati a credere. In modo analogo, la blockchain, se correttamente realizzata, garantisce che i dati digitali inseriti in essa non possano essere alterati, ma se i dati di partenza non sono veritieri, tali restano. **Pertanto, la blockchain, l'RFID o altri sistemi di identificazione e/o anticontraffazione sono singoli pezzi di un puzzle che necessita di tutte le altre caselle per risultare efficace.**

Tra le diverse tecnologie definite "abilitanti", che consentono di realizzare sistemi di identificazione automatica, ritroviamo: Barcode; RFID; SixTrue e BLE - Bluetooth Low Energy.



Fig. 2 - Esempi dispositivi BLE

Barcode

Prime fra tutte le varie famiglie di codici a barre monodimensionali chiamate anche "1D", esistenti da decenni e utilizzate inizialmente nei supermercati, sono state affiancate nella metà degli anni '80 dalle tipologie bidimensionali dette "2D" come il codice PDF417, il Datamatrix o il QRCode. Punto a favore del codice a barre è l'estrema economicità, mentre per contro bisogna sottolineare il fatto che questo sistema è facilmente riproducibile praticamente da chiunque.



RFID

Tra le tecnologie in rapidissima diffusione ritroviamo la tecnologia RFID: infatti, alcune fonti stimano che sono circa 20 miliardi i TAG RFID prodotti nel 2019. Ricadono sotto la definizione di "RFID" dispositivi molto diversi fra loro secondo quelli che sono gli standard internazionali, le frequenze di lavoro, i costi, le prestazioni e l'utilizzo, ma in gene-

rale vengono definiti "RFID" tutti quei dispositivi (TAG) che in qualche modo "dialogano" senza un collegamento fisico con una unità "intelligente" (Reader). Possiamo ritrovare tantissimi esempi di applicazioni di tecnologia RFID nella quotidianità: è un RFID il Telepass, la carta di credito "contactless", l'abbonamento della metropolitana, l'immo-



bilizer delle automobili. In altre parole, questa tecnologia è molto più pervasiva di quanto l'utenza media possa rendersi conto e attualmente due sono le aree/frequenze preponderanti, ovvero le applicazioni HF "High Frequency" e NFC "Near Field Communication", e quella denominata UHF "Ultra High Frequency". Entrambe utilizzano TAG passivi, cioè non dotati di alimentazione elettrica propria come le batterie, ma che si energizzano tramite il segnale ricevuto dai reader. Nelle prime, ovviamente con specifiche diverse, ricade tutto il mondo della lettura a brevissima distanza (pochi centimetri) come appunto tessere di controllo accessi, carte di credito e ticketing. Un grande impulso alla diffusione di questa tipologia di RFID e delle applicazioni a essa collegate è stata l'adozione di dispositivi di lettura all'interno di smartphone e tablet. L'UHF è invece la frequenza applicata più di recente essendo comparsa sul mercato agli inizi degli anni 2000 e autorizzata in Italia nel luglio del 2007, ed è nata per consentire distanze di lettura di alcuni metri ed essere così utilizzata tipicamente nel mondo della logistica. Riassumendo, si può dire che la prima viene molto spesso utilizzata per applicazioni B2C (Business to Consumer) mentre la seconda in applicazioni B2B (Business to Business). Si ritiene però che, a seguito della recente comparsa sul mercato dei primi smartphone dotati sia di lettori NFC che UHF, anche la tecnologia UHF potrà essere utilizzata per applicazioni bivalenti: in determinati momenti e processi utilizzata dalle aziende per la logistica e tracciabilità, e in altri momenti utilizzata dal consumatore per identificazione, gestione delle garanzie e come

anticontraffazione.

A favore dell'utilizzo di tecnologie RFID vi è la possibilità, in certe condizioni, di lettura e scrittura senza che le etichette siano visibili, ma soprattutto di avere una "targa", un numero identificativo univoco a livello mondiale e non alterabile. Questo consente, oltre ai normali utilizzi, l'implementazione di sistemi di verifica dell'originalità dei prodotti, l'anticontraffazione e il controllo di eventuali mercati grigi.

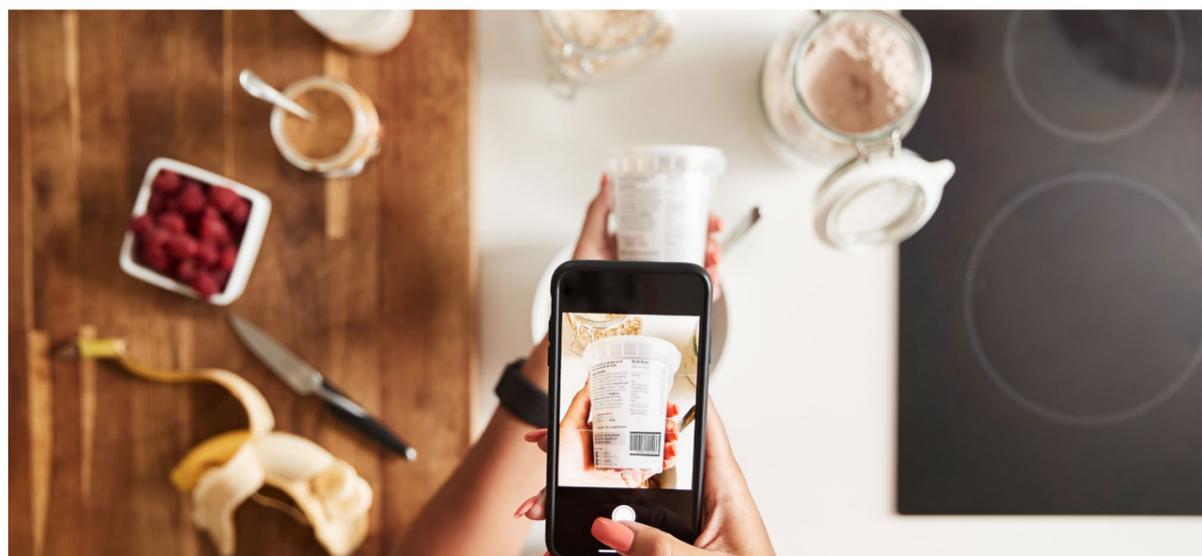
Un grande impulso alla diffusione di questa tipologia di RFID e delle applicazioni a essa collegate è stata l'adozione di dispositivi di lettura all'interno di smartphone e tablet

Ovviamente questa tecnologia ha un costo maggiore del codice a barre e questo è il motivo per cui viene attualmente utilizzata in modo meno massivo dei barcode.

Un altro punto molto importante è, considerato l'elevato numero di TAG RFID prodotti annualmente, la recente disponibilità sul mercato di un TAG "green", che a differenza di quelli tradizionali non contiene né materiali plastici (PET) né alluminio, pur avendo le stesse caratteristiche di costi e prestazioni. Questa innovazione tecnologica eserciterà una più intensa spinta nell'adozione di questa tecnologia su molte tipologie di prodotti e processi.

SixTrue

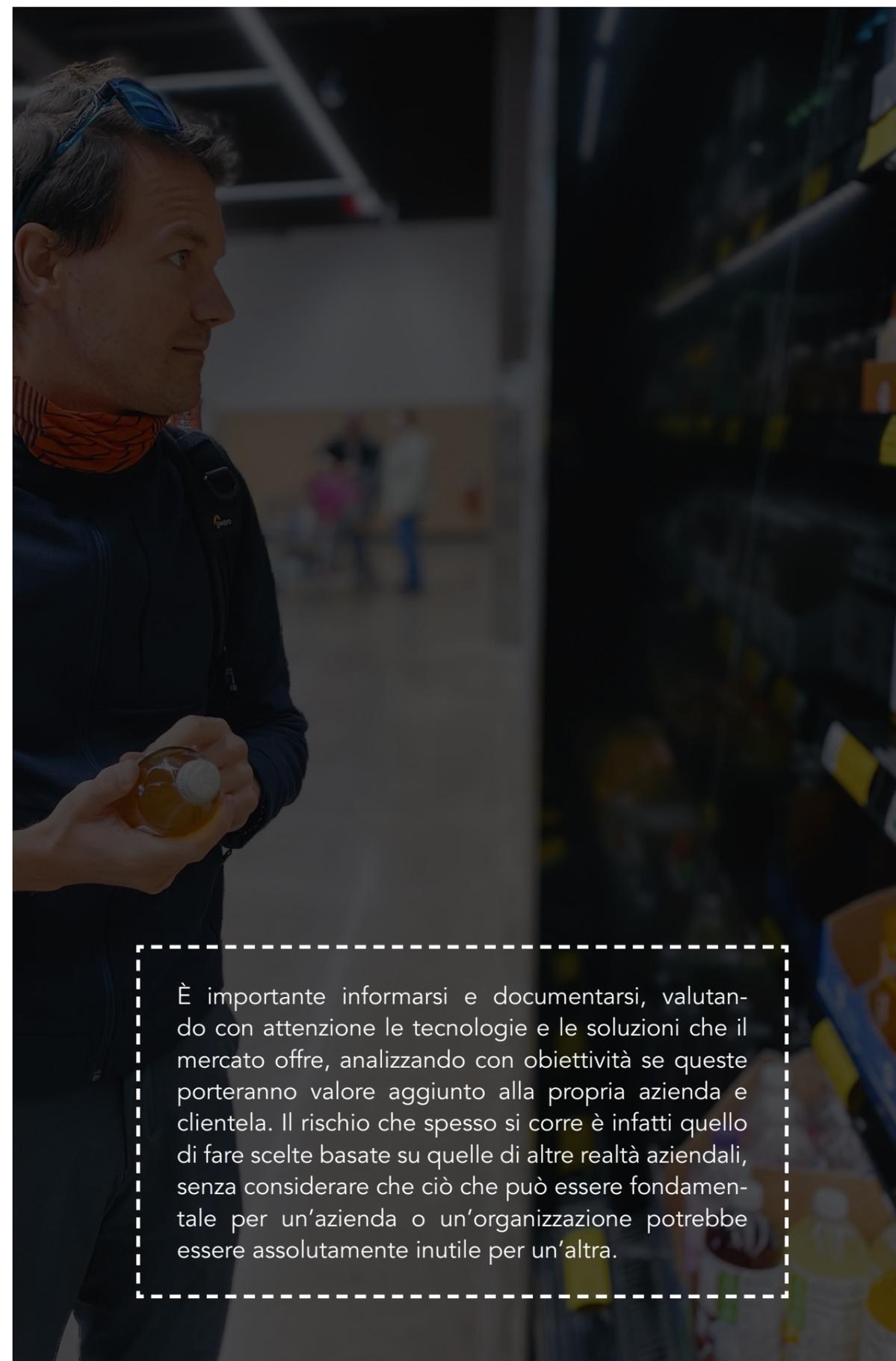
Oltre ai già citati barcode e RFID che sostanzialmente nascono per fare identificazione automatica, vi sono anche tecnologie che nascono principalmente per fare anticontraffazione. Il SixTrue è una **soluzione che sfrutta una tecnologia di stampa cromatica random con un QRCode posto al suo interno consentendo una assolutamente univoca e certificata identificazione**. Il vantaggio di questa tecnologia è il costo bassissimo, che ne consente l'utilizzo anche su prodotti con basso costo di vendita, e la possibilità di essere utilizzata da qualsiasi smartphone, anche datato, poiché l'APP utilizza semplicemente la fotocamera.



BLE - Bluetooth Low Energy

Una delle tecnologie più recenti è la BLE: i suoi dispositivi vengono comunemente chiamati "beacon" e, a differenza dei TAG RFID passivi, sono **dotati di batterie e gestibili tramite smartphone e tablet** poiché operano in modalità analoghe ai dispositivi Bluetooth. Essendo inoltre dotati di una fonte di energia propria, possono avere sensoristica a bordo come misuratori di temperatura, umidità, luminosità, vibrazione e accelerazione. Alcune tipologie

di questi beacon, con una opportuna infrastruttura composta da dei dispositivi definiti "ancore", consentono anche di realizzare sistemi RTLS (Real Time Location System) e PLS (Proximity Location System): in altre parole di identificare la posizione del beacon all'interno di una determinata area. Con questa tecnologia è possibile realizzare impianti con precisione di un paio di metri, che in moltissimi casi è più che sufficiente per le necessità del cliente.



È importante informarsi e documentarsi, valutando con attenzione le tecnologie e le soluzioni che il mercato offre, analizzando con obiettività se queste porteranno valore aggiunto alla propria azienda e clientela. Il rischio che spesso si corre è infatti quello di fare scelte basate su quelle di altre realtà aziendali, senza considerare che ciò che può essere fondamentale per un'azienda o un'organizzazione potrebbe essere assolutamente inutile per un'altra.

LA TRACCIABILITÀ VISTA CON GLI STANDARD GS1

GS1 Italy è l'associazione senza scopo di lucro che riunisce 35 mila imprese di beni di consumo.

Ha l'obiettivo di facilitare il dialogo e la collaborazione tra aziende, associazioni, istituzioni per creare valore, efficienza, innovazione, per dare più slancio alle imprese e più vantaggi al consumatore.

GS1 Italy sviluppa e mantiene gli standard più usati al mondo per la comunicazione tra imprese, i sistemi standard GS1. GS1 Italy è conosciuta soprattutto per il codice a barre, definito dalla BBC come una delle "50 cose che hanno reso globale l'economia".



L'Italia, l'Europa, il mondo pongono sempre maggiore attenzione alla tematica della **tracciabilità** e alla necessità di rendere disponibili al consumatore informazioni più dettagliate sulla provenienza di ciò che tutti giorni viene consumato o utilizzato. L'introduzione di nuove normative non solo favorisce la tutela del consumatore, ma permette anche a quest'ultimo una scelta più consapevole e informata dei prodotti al momento dell'acquisto; d'altra parte, però, richiede alle aziende di gestire e scambiare con i partner della filiera un volume maggiore di informazioni. I concetti di tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti rappresenta-

no oggi un punto caldo per le aziende e costituiscono le basi per fronteggiare vecchie e nuove sfide che garantiscono la qualità del prodotto e la sicurezza dei consumatori.

Parlare di tracciabilità e rintracciabilità significa costruire un percorso solido e strutturato che lasci **"adeguate tracce"** lungo le diverse filiere produttive e distributive e, attraverso il quale, le **"tracce lasciate"** possano essere ripercorse in maniera puntuale e precisa. **Una linea continua che deve essere costruita in ogni stadio della produzione e commercializzazione di un prodotto e che deve poter essere seguita e ripercorsa in caso di necessità.**



Giada Necci

Laureata in Ingegneria Gestionale, ricopre presso GS1 Italy il ruolo di new solution specialist nell'area nuovi settori ed è responsabile delle attività nel campo della tracciabilità. Per diversi settori coordina le attività di implementazione delle soluzioni standard e segue le attività di manutenzione e sviluppo degli strumenti dello standard GS1. È inoltre docente dell'Academy di GS1 Italy.

Si pensi per esempio ai processi di product recall, alle regolamentazioni nazionali e internazionali relative alla tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti nei diversi settori merceologici, alla digitalizzazione e alla sempre crescente domanda di informazioni sul prodotto, alla fidelizzazione dei clienti. In questo senso parlare di tracciabilità del prodotto significa anche parlare di trasparenza nel fornire informazioni dettagliate ed

esaurienti e di capacità di rispondere alle nuove richieste degli stakeholder in maniera efficiente. A questo proposito, gli standard GS1 vengono sempre più utilizzati all'interno delle filiere e le soluzioni utilizzabili dai diversi attori della filiera, per semplificare gli scambi informativi, rendendoli più efficienti e sicuri, crescono sempre più con le esigenze delle aziende.



Ma cosa sono gli standard GS1? E chi è GS1?

Gli standard GS1 sono il linguaggio comune per identificare, catturare e condividere le informazioni lungo la supply chain e assicurano che le informazioni importanti siano accessibili, corrette e facilmente comprensibili. Il più conosciuto tra gli standard GS1 è il **codice a barre, usato da oltre un milione di imprese nel mondo, che permette lo scambio di informazioni tra industria e distribuzione con chiarezza, semplicità e senza errori.**

GS1 (Global Standards 1) è un'organizzazione non-profit dedicata allo sviluppo, alla manutenzione e all'implementazione degli standard mondiali e delle soluzioni per accrescere l'efficienza e la visibilità dei processi di filiera attraverso vari settori e a livello mondiale.

GS1 Italy è una delle 114 organizzazioni locali di GS1 e raggruppa in sé una community di oltre **35 mila imprese di beni di largo consumo.**

Ha l'obiettivo di facilitare il dialogo e la collaborazione tra aziende, associazioni, istituzioni per creare valore, efficienza, innovazione, per dare più slancio alle imprese e più vantaggi al consumatore.

Identificare, catturare e condividere le informazioni lungo la supply chain



I codici che identificano i prodotti e i codici a barre GS1



Tutti lo conoscono come codice a barre, ma in realtà il suo vero nome è **GTIN®** (Global Trade Item Number) ed è il codice che identifica un prodotto o un imballo. L'utilizzo di codici identificativi standard, costruiti secondo regole ben definite, è fondamentale nell'ottica di tracciabilità di filiera e **consente agli operatori di identificare in maniera univoca e definita le unità commerciali** oggetto degli scambi, le spedizioni o le sedi dei diversi operatori, che rappresentano gli elementi da registrare in un sistema di tracciabilità. Se il GTIN serve per identificare le unità commerciali, il codice che identifica l'unità logistica per le spedizioni è **l'SSCC** (Serial Shipping Container Code) mentre le sedi dei diversi operatori sono identificate attraverso il codice **GLN** (Global Location Number).

GTIN, SSCC e GLN sono il punto di partenza di un sistema di tracciabilità che può essere condiviso in una filiera.

È necessario però raccogliere e registrare anche altre informazioni fondamentali per la tracciabilità che possono differire per i diversi settori merceologici. Per esempio, il numero di lotto, il numero seriale, le date di produzione e di scadenza sono dati con cui le aziende hanno quotidianamente a che fare. Per permettere di raccogliere e processare e registrare tali informazioni, GS1 mette a disposizione delle aziende una serie di simboli che permettono di rappresentare i dati e processarli automaticamente. Si tratta dei codici a barre GS1 che insieme alle etichette RFID costituiscono gli strumenti dell'AIDC (Automatic Identification and Data Capture) e permettono l'identificazione e la cattura automatica delle informazioni, consentendo alle aziende delle diverse filiere di identificare e individuare, in maniera condivisa tra i partner, sia le unità consumatore che le unità imballo (entrambe sia a peso fisso che a peso variabile) e le unità logistiche. Inoltre, **permettono di riportare in maniera efficiente, a ogni livello, le informazioni che devono essere presenti in etichetta per garantire la tracciabilità e la rintracciabilità, consentendo di essere conformi alle normative nazionali ed internazionali.**

Il codice a barre GS1 che può supportare le attività di tracciabilità per la parte upstream delle filiere è il **GS1-128**. È un codice a barre di tipo lineare, il più grande di dimensioni tra tutti i codici GS1 ma che permette di trasportare sull'etichetta più informazioni relative ai prodotti. Il GS1-128, applicato ad imballi o pallet, consente di trasferire le informazioni più rilevanti per la gestione della tracciabilità tra i diversi operatori della filiera, quindi è la simbologia più indicata per gli scambi B2B.

Altri codici GS1 che possono supportare le attività di tracciabilità per la parte downstream delle filiere sono il **GS1 DataBar®** e il **GS1 DataMatrix** che possono essere utilizzati per trasferire contemporaneamente molte informazioni e che arrivano fino ai consumatori finali. Il GS1 DataBar è un codice simile al GS1-128 ma di dimensioni decisamente ridotte. Il GS1 DataMatrix invece è facile da riconoscere perché è un codice bidimensionale, 2D come si sente

spesso nominare, ed anche lui è un codice a barre di dimensioni ridotte, molto utilizzato nel settore healthcare e adatto ai prodotti di piccole dimensioni.

Le informazioni vengono rappresentate nei codici a barre attraverso delle regole standard comuni a livello globale. Attraverso dei tag, chiamati AI (Application Identifier), riconosciuti a livello globale da chi utilizza gli standard GS1, si consente allo scanner e alle app che decodificano le informazioni riportate nei codici a barre, di leggere esattamente ciò che è scritto dentro il simbolo a barre.

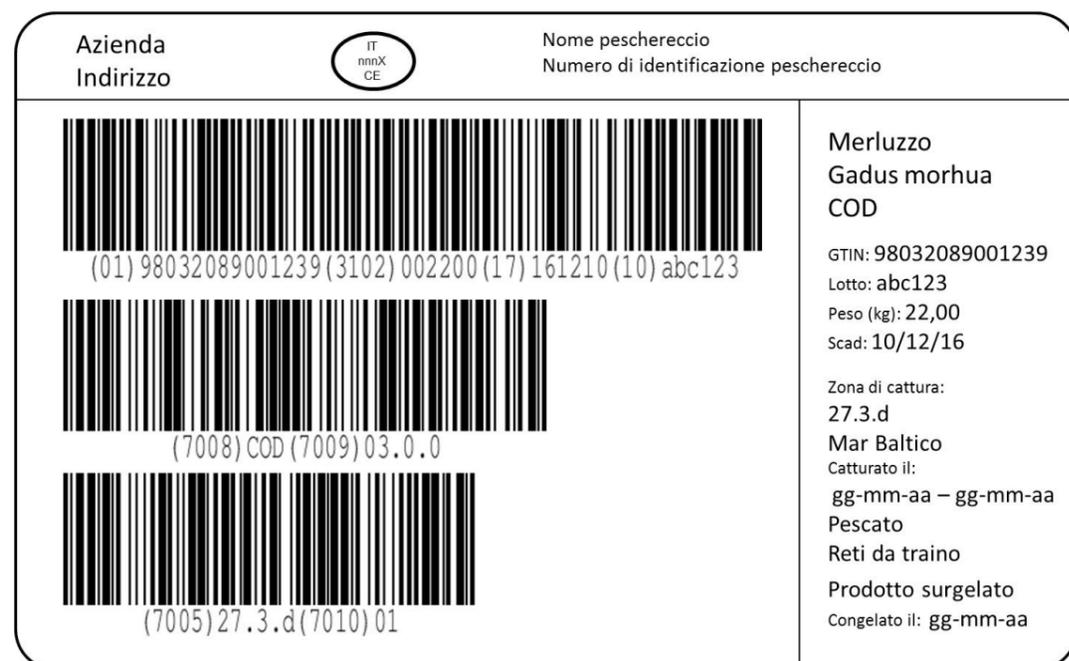


Fig. 1 - Un'etichetta imballo con un codice GS1-128 [Fonte GS1 Italy]

La tecnologia RFID (Radio Frequency Identification), invece, utilizza un processo diverso di codifica e decodifica del dato ma che porta essenzialmente alla medesima soluzione. Raccoglie e registra le informazioni riportate su un'etichetta che con la tecnologia RFID è elettronica perché costituita da un microchip e delle antenne che emettono onde elettromagnetiche. Il sistema di lettura e decodifica delle informazioni contenute nell'etichetta è costituito da una serie di apparati, antenne e reader che captano le onde elettromagnetiche emesse dall'etichetta e ne decodificano le informazioni contenute.

EPC (Electronic Product Code™) è lo standard GS1 che identifica in modo univoco e inequivocabile i singoli prodotti, cattura le informazioni importanti per

la movimentazione delle merci lungo la supply chain e le rende disponibili grazie alla radiofrequenza (RFID). EPC è un codice univoco che riporta anche un numero seriale. Si tratta di un numero che identifica il singolo pezzo in modo inequivocabile, non solo il tipo di referenza come, invece, fa il codice GTIN.

Utilizzati per trasferire contemporaneamente molte informazioni fino ai consumatori finali

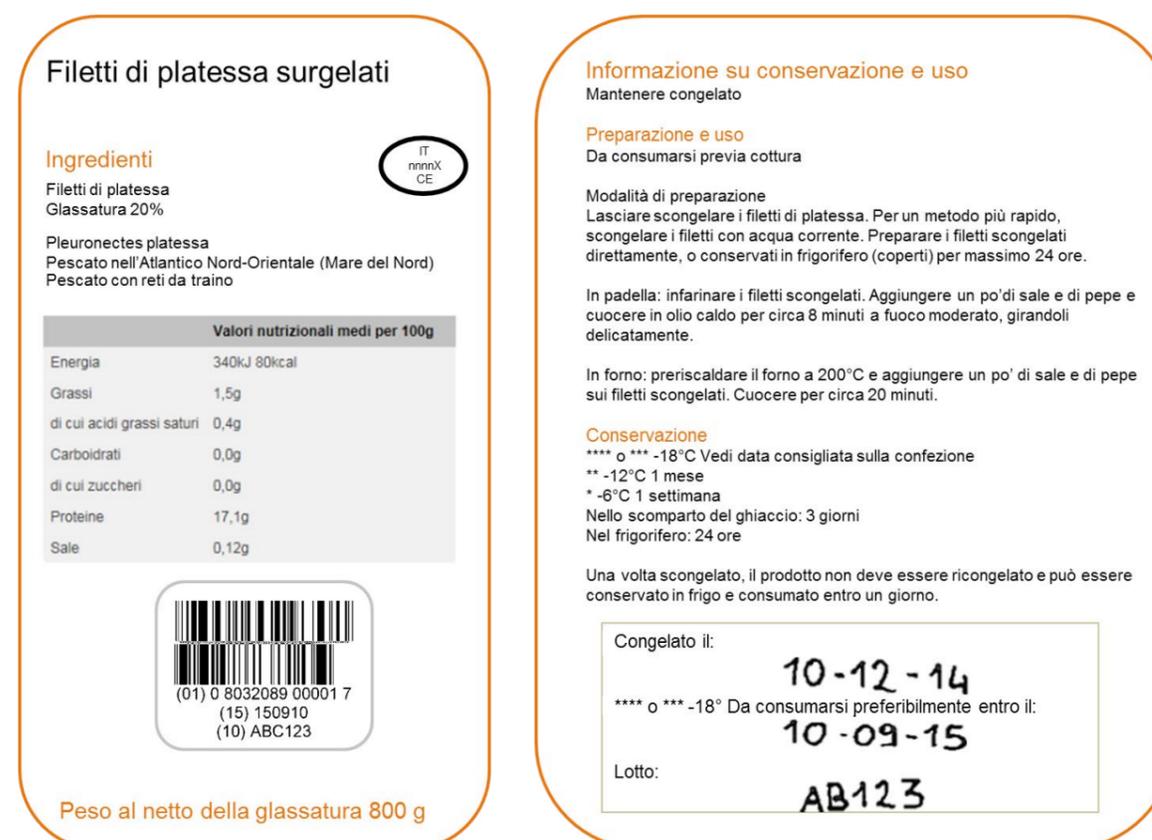


Fig. 2 - Un'etichetta prodotto con un codice GS1 DataBar [Fonte GS1 Italy]



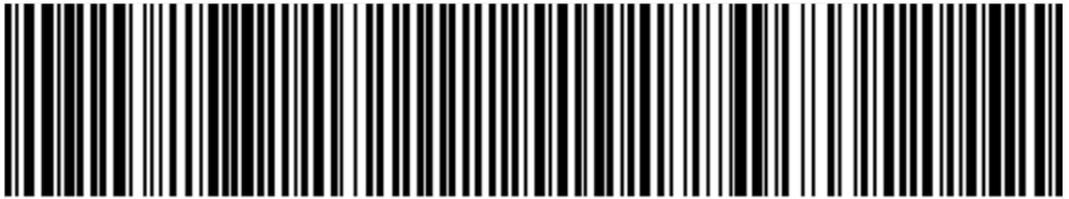
	Azienda Indirizzo		Peschereccio HMS Global Standards Numero di identificazione: 8032089001007
GTIN: 98032089001239 Lotto: abc123 Peso (kg): 22,0 Scad: 10/12/16	Merluzzo Gadus morhua COD Prodotto surgelato Congelato il: 04-10-14	Zona di cattura: 27.3.d Mar Baltico Catturato il: 01-10-14 – 03-10-14 Pescato Reti da traino	
 (01) 9 8032089 00123 9 (3101) 000220 (17) 161210 (10) abc123			

Fig. 3 - Un'etichetta imballo con un codice GS1 DataMatrix e un codice GS1-128 [Fonte GS1 Italy]

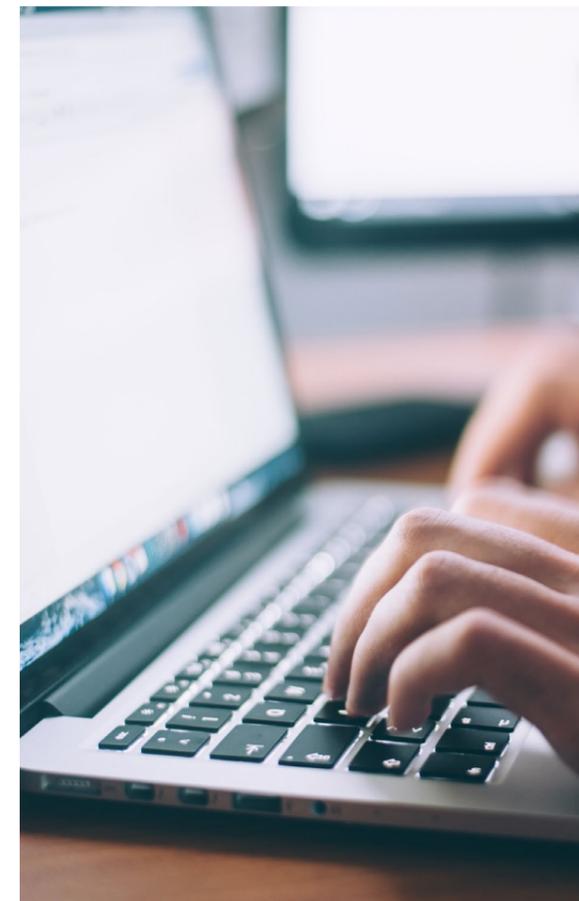
GS1 EDI e lo scambio di informazioni "elettroniche" va più veloce

Fabbricanti, produttori, trasformatori e distributori, tutti gli attori professionali di una filiera: è a loro che si rivolge **GS1 EDI** (Electronic Data Interchange), lo standard che consente ai partner commerciali di scambiarsi tutti i documenti commerciali del ciclo ordine-consegna merce-pagamento in un formato elettronico strutturato. Con concreti e immediati vantaggi, a partire dalla riduzione dei costi e degli errori. Ordini d'acquisto e successive conferme, avvisi di spedizione e fatture: **con GS1 EDI tutte le informazioni contenute in questi documenti vengono trasferite e integrate nei sistemi informativi aziendali** attraverso messaggi strutturati secondo

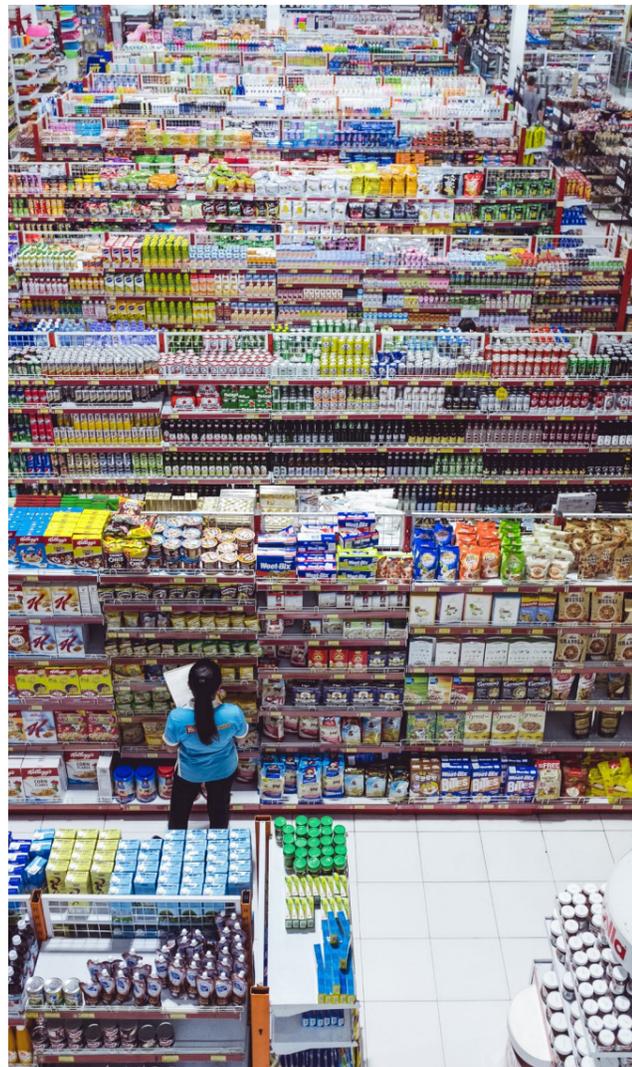
precisi standard e tramite collegamenti elettronici da un'applicazione all'altra. Questo riduce al minimo l'intervento umano. Scambiando un documento via GS1 EDI con il proprio cliente o fornitore si elimina l'attività di data entry in fase di ricezione del documento, in quanto **i dati vengono direttamente integrati nell'ERP** dell'azienda destinataria del messaggio. Questo si traduce in una diminuzione del rischio di errori, in una riduzione dei costi, dello stock e dei lead time, e in una velocizzazione dei processi di trasferimento delle informazioni.

La qualità del dato trasmesso con GS1 EDI comporta altri benefici, ad esempio nella predisposizione del magazzino prima della ricezione merce poiché le informazioni dettagliate della consegna sono già state integrate nei sistemi informativi, o ancora si semplificano le attività di riconciliazione tra i vari documenti, come fattura, bolla e ordine, e si facilita lo scambio di documenti in ambito internazionale, in modo rapido e sicuro, utilizzando un linguaggio univoco e globale. In altre parole, **adottando l'EDI, gli attori della filiera possono operare in modo più snello ed efficiente, sia in Italia che sui mercati esteri.**

Tra tutti i messaggi strutturati messi a disposizione dall'EDI, l'avviso di spedizione, o despatch advice o **DESADV**, è il messaggio elettronico EDI utilizzato per la tracciabilità.



Tramite il DESADV i due partner commerciali possono scambiarsi tutte le informazioni relative alla transazione e ai prodotti oggetto della spedizione, comprese tutte le **informazioni rilevanti per gestire la tracciabilità**, come i numeri di lotto, le date di produzione, di scadenza e spedizione, le informazioni sull'origine e sugli operatori coinvolti. Inoltre lo standard GS1 EDI è anche l'unico sistema standard che permette agli attori della filiera di scambiarsi tutte le informazioni previste dalla legge. Questo lo rende uno strumento indispensabile per garantire la tracciabilità e la rintracciabilità di ogni prodotto nei diversi settori merceologici.



La tracciabilità in tempo reale

Da soli codici a barre ed EDI possono supportare autonomamente un processo di tracciabilità e rintracciabilità. Tuttavia in un contesto globale sempre più complesso e veloce, implementare un sistema di tracciabilità in tempo reale sta diventando sempre più importante e sensibile per gli operatori professionali che operano nelle filiere. Ciò consente anche al consumatore finale di essere costantemente e prontamente informato sul prodotto che sta acquistando.

Sono sempre più diffuse, pertanto, soluzioni che abilitano la **raccolta e la condivisione dei dati di tracciabilità in real time**. Anche GS1 ha sviluppato uno standard che permette di capire la storia di un prodotto in una filiera.

Cosa, quando, dove e perché un prodotto è stato rilevato lungo la filiera? Sono queste le domande a cui risponde l'**EPCIS** (EPC Information Services), lo standard GS1 che cattura le informazioni dinamiche su un prodotto "in movimento" e le struttura in un'ottica di tracciabilità. Le risposte che fornisce sono dettagliate: rileva l'identificativo seriale o di partita del prodotto (leggendo un codice a barre con identificativo e lotto o seriale oppure un'etichetta RFID), la data, l'ora, il minuto e il secondo in cui il prodotto è stato visto, il luogo in cui è stato letto fisicamente dal sistema e infine

il cosiddetto business step e cioè il perché quel prodotto è stato visto in quel preciso istante e in quel luogo. In origine l'EPCIS richiedeva l'uso di codici elettronici di prodotto e l'identificazione in radiofrequenza (RFID) come strumento di supporto dei dati. Inoltre era vincolato ad avere l'identificazione seriale di ogni pezzo. **Oggi l'EPCIS si è evoluto con le necessità aziendali e i requisiti espressi dalle pratiche operative e dalle norme e non richiede necessariamente l'uso di codici elettronici di prodotto né l'identificazione RFID.** La versione EPCIS 1.1 non necessita l'identificazione seriale di ogni pezzo e permette di registrare anche dati inerenti alla partita dell'oggetto (identificativo con lotto).

L'obiettivo è quello di fornire un linguaggio comune e delle regole comuni per consentire a diverse applicazioni di creare e di condividere queste informazioni sia all'interno dell'azienda che tra gli altri attori della filiera. Un beneficio significativo per gli operatori dei diversi settori, in particolare per quelli con brand destinati al consumatore finale, nonché la base informativa su cui costruire altri servizi.

Cattura le informazioni dinamiche su un prodotto "in movimento" e le struttura in un'ottica di tracciabilità

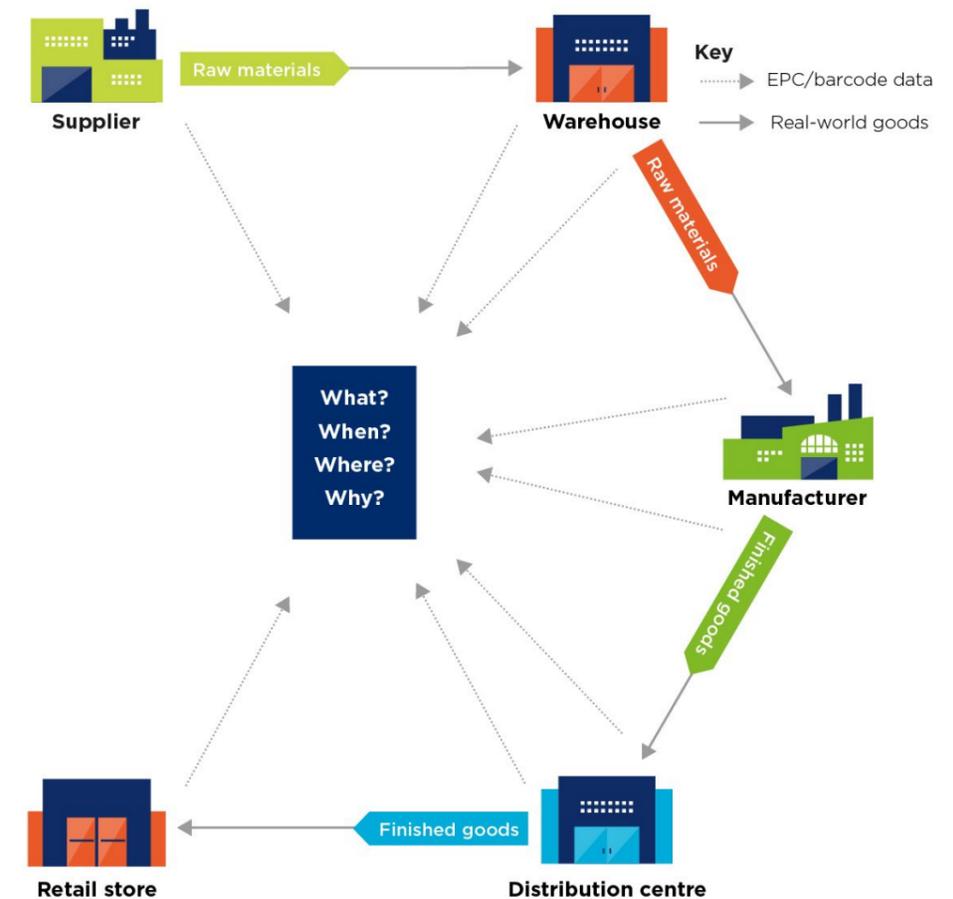


Fig. 4 - Il processo dello standard EPCIS [Fonte GS1 Italy]



Food Hub

Non fermarti solo al magazine!



Visita il nostro portale: ti aspetta un blog ricco di contenuti, ogni settimana pubblichiamo un nuovo articolo redatto da un esperto del settore. Seguici sulle nostre pagine social per non perderti tutte le novità!

foodhubmagazine.com

Aiutaci a migliorare:

Lasciaci un feedback per farci capire cosa ti piace e cosa vorresti migliorissimo.

Lavoriamo ogni giorno perchè Food Hub sia il miglior portale per la tua crescita professionale. Scrivici all'indirizzo mail!

**Marco Frusca - Quality Managment e
Food Application in Sirap group.**



” In un mondo dove ognuno può scrivere e divulgare quanto crede, anche senza preparazione e basi scientifiche, Food Hub può rappresentare un punto di riferimento scientifico nel settore delle tecnologie alimentari.

Scrivi a:

info@foodhubmagazine.com

QR E AGRIFOOD

TRACCIABILITÀ E VANTAGGI OPERATIVI E STRATEGICI PER LOGISTICA E MARKETING

CRU Agency è la business unit di Adv Media Lab verticalizzata su consulenza e servizi di marketing digitale per tutte le imprese del agrifood italiano. Nasce nel 2017 per ampliare la conoscenza specialistica sul settore agroalimentare all'interno di Adv Media Lab e sfrutta figure dalle competenze trasversali al fine di offrire la migliore consulenza a tutte le imprese clienti.



Lo sappiamo e ne sentiamo parlare spesso: il nostro Paese è ricco di **varietà agroalimentari**, di materie prime, lavorazioni e prodotti. Ogni piccolissima area geografica e ogni territorio sono capaci di dare origine a materie prime e prodotti di sostanziale differenza. Su queste materie prime e sui prodotti che ne risultano, **si innestano le pratiche di allevamento, le tecniche di produzione, le imprese e l'uomo.**

Questo intreccio di fattori non è nuovo, soprattutto per chi produce qualità. È il concetto di terroir, fino a poco tempo fa (e talvolta ancora oggi), associato solo al settore vitivinicolo, e ora applicato a tutto l'universo agrifood.

Tuttavia, non possiamo dimenticare le difficoltà che tantissime aziende, in Italia, come in tante altre regioni del mondo, trovano tutti i giorni nella gestione efficiente del lavoro e nella valorizzazione di tutti quei aspetti, anche più edonistici, del lavoro e della loro produzione. Spesso manca l'adozione di modelli organizzativi adeguati alla struttura, di metodologie di marketing e di selezione e utilizzo dei mezzi tecnologici più funzionali a questi scopi. In quest'ultimo punto il QR Code dimostra di essere un mezzo estremamente economico e utile per raggiungere obiettivi di efficienza ed efficacia.



Tommaso Cattivelli

Consulente di food marketing digitale per CRU Agency, la business unit di Adv Media Lab. All'interno di CRU copre il ruolo di digital project manager, in Adv Media Lab è responsabile dell'area paid social. Dal 2017 è relatore di corsi di web marketing per il settore agrifood presso Confcommercio e l'ENFAP Marche. Ha partecipato come speaker ad eventi come SPS IPC Drives Italia, Cibiamoci Festival e Milano Digital Week.

Il QR Code è morto? È più vivo che mai

QR Code sta per **Quick Response Code**, nonchè un codice a barre a risposta rapida. Se inquadrato con uno smartphone (tramite relative applicazioni di lettura o integrate con la fotocamera) è in grado di restituire informazioni all'utente. Il primo impiego di questa tecnologia è nato proprio dall'esigenza di tracciare materiali e informazioni nei settori industriali [1] e dagli anni '90 ad oggi il suo utilizzo è stato allargato ai mercati più disparati, dal finanziario (soprattutto per i pagamenti), al turistico, in ambito medico, nella moda, nel

marketing e nella comunicazione, all'istruzione, fino all'agroalimentare, dove ha trovato una delle sue collocazioni più appropriate.

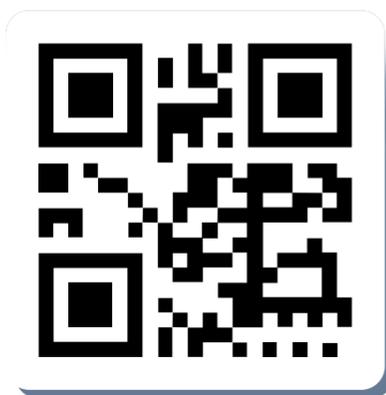
Spesso manca l'adozione di modelli organizzativi adeguati alla struttura, di metodologie di marketing e di selezione ed utilizzo dei mezzi tecnologici più funzionali

Il suo uso è stato per lungo tempo relegato solo a operatori specializzati per lo svolgimento delle loro funzioni, mentre l'incremento nell'uso da parte di utenti finali è visibile da circa 10 anni grazie al crescente adeguamento dei dispositivi cellulari alla lettura del QR.

Le statistiche parlano chiaro: **la penetrazione della tecnologia QR sugli smartphone è cresciuta dal 10% del 2014, al 36% del 2018** [2]. Questi dati sono chiaramente legati alla crescita nell'utilizzo da parte degli utenti. Nel 2018 circa 3 milioni di famiglie statunitensi hanno scansionato un QR Code per ottenere un coupon [2].

Nel 2018 circa 3 milioni di famiglie statunitensi hanno scansionato un QR Code per ottenere un coupon

Nel 2019 diversi brand hanno scelto di utilizzare il codice QR nelle loro campagne pubblicitarie, trovandolo un ottimo metodo per integrare attività online e offline con il proximity marketing [3]. Una ricerca di Statista, mostra le stime di crescita nell'utilizzo del QR per il 2020 negli Stati Uniti da parte di ben 11 milioni di famiglie [2].



Il QR Code fra tracciabilità alimentare, logistica e marketing

Se riteniamo che i dati appena illustrati siano validi e che le stime siano veritiere, il QR si conferma un ottimo strumento per migliorare alcune tra le attività svolte all'interno e all'esterno di un'impresa. Come già detto, nell'agrifood la scelta di adottare questa tecnologia può essere davvero azzeccata.

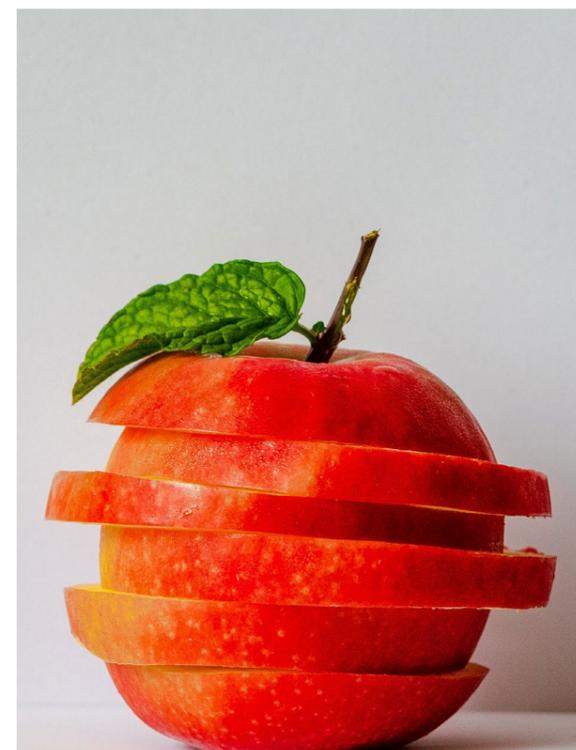
Sono tre gli ambiti in cui il QR Code può essere molto utile: **tracciabilità, logistica e marketing**. Tra questi tre servizi c'è una forte correlazione nata in particolare dall'esigenza di **dover tracciare la destinazione e la provenienza dei prodotti alimentari**.

I driver per una maggior trasparenza informativa

Sappiamo bene che per le imprese alimentari la tracciabilità e la rintracciabilità non sono un'opzione, ma un servizio obbligatorio che va fornito per legge (nel 2002 il primo regolamento europeo a renderla obbligatoria) ed è ormai promosso sia da organi pubblici e privati, in nome di una maggiore sicurezza e trasparenza.

Per riuscire a comprendere meglio le cause della richiesta da parte delle sfere pubblica e privata di un maggiore controllo sull'origine dei prodotti agroalimentari, abbiamo raccolto e diviso in tre categorie i driver principali:

- Frodi alimentari
- Pressione pubblica e privata
- Normative e regolamenti



Maggiore sicurezza e trasparenza

Frodi alimentari

La frode alimentare è definita come la **produzione ed il commercio di alimenti non conformi alle normative vigenti**. Le frodi possono rappresentare un'alterazione del prodotto dal punto di vista commerciale (i.e. in etichetta) e/o sul piano della composizione vera e propria del prodotto, pensiamo allo scandalo relativo alla carne di cavallo venduta come carne di manzo [4]).

È chiaro che **ogni alterazione di questo tipo può avvenire a monte della catena di fornitura ma anche nelle varie fasi distributive**, fino al punto vendita, coinvolgendo potenzialmente anche attori esterni alla supply chain (vedasi il famoso caso delle bottiglie d'acqua avvelenata nei supermercati nei primi anni 2000 [5]).

Oltre ai casi di scorretta etichettatura degli alimenti, che possono essere legati anche a semplici errori di forma, è facile comprendere che i casi più gravi

di contraffazione siano da riferirsi alla **contaminazione o all'alterazione della composizione stessa degli alimenti**.

In queste situazioni le perdite maggiori non sono economiche, si parla infatti di perdite serie, in termini di salute e di vite umane, come nel caso del metanolo del 1986 [6]. È altrettanto scontato affermare che non siano tanto gli errori legati al mancato inserimento di alcune informazioni (allergeni a parte) a causare la perdita di fiducia da parte dei clienti finali nei sistemi di tracciabilità tradizionali e nelle imprese stesse, ma siano proprio le frodi sanitarie.



Pressione pubblica e privata

Consumatori, governi, enti pubblici e privati, buyer e fornitori stanno chiedendo sempre più trasparenza riguardo all'origine dei prodotti e delle materie prime, come anche un controllo e un monitoraggio sulle condizioni di produzione e di distribuzione. Anche le aziende oggi stanno affrontando la sfida posta dai consumatori affamati di informazioni attendibili, da consultare quando desiderate.

Oltre alle questioni etiche, dal punto di vista del marketing queste attività hanno **ripercussioni sul grado di fedeltà alla marca** e quindi, sulla stessa profittabilità delle imprese, soprattutto per quelle più grandi.

Le stesse attività, legate alla gestione della filiera, dovranno considerare l'utilizzo di canali informativi che oltre ad essere dedicati ai consumatori finali, saranno soprattutto utili agli attori della supply chain, in ottica di **trasparenza e di controllo della logistica**.

Normative e regolamenti

Ultimo ma non da meno importante, **il rispetto delle normative e dei regolamenti nazionali e internazionali** relativi a materie come la qualità (il principio standard di qualità, comprendente gli aspetti della realtà suscettibili di classificazione o di giudizio), la sostenibilità, la sicurezza e la sanità sul lavoro **è uno dei principali driver per l'adozione di un sistema innovativo di tracciabilità agroalimentare**.

Secondo la Commissione europea, ogni consumatore deve avere il diritto di conoscere origine, la produzione, le lavorazioni, il confezionamento, l'etichettatura e la vendita di ciò che consuma. Tra gli obiettivi principali della politica di sicurezza alimentare della Commissione europea troviamo infatti la **volontà di assicurare la sanità dei prodotti del mercato food** [7].

In particolare la Food Law Regulation emanata dalla Commissione, prevede che i prodotti agroalimentari siano tracciabili lungo tutta la linea di produzione, lavorazione e distribuzione [8].

Inoltre, data la gravità della questione e l'interesse mostrato da parte delle istituzioni europee, anche le Nazioni Unite attraverso la politica sulla sostenibilità hanno incluso nel programma temi relativi al cibo e alla sua tracciabilità.

Tra i 17 obiettivi del programma il n. 2 riguarda proprio il problema della sicurezza alimentare, mentre il n. 12 fa luce sulla produzione e sul consumo sostenibile di cibo: tale obiettivo che troverebbe grandi risultati nell'applicazione di un modello efficiente di collaborazione e partenariato tra attori di una stessa filiera [9].

La Food Law Regulation prevede che i prodotti agroalimentari siano tracciabili lungo tutta la linea di produzione, lavorazione e distribuzione

QR e tracciabilità come asset strategici di logistica e di marketing digitale

Vantaggi logistici

Attraverso l'adozione di un modello di condivisione delle informazioni all'interno dell'impresa e attraverso un'integrazione tra piattaforme software, basate su cloud e, se ritenuto necessario, su piattaforme decentralizzate peer-to-peer (anche basate su strutture di tipo blockchain), un'impresa deve innanzitutto prendere consapevolezza del valore delle sue informazioni e dell'utilizzo delle tecnologie per la raccolta, il monitoraggio e la gestione delle stesse.

Per esempio, parlando di un'azienda vinicola, la raccolta di informazioni fedeli deve avvenire in luoghi e momenti diversi:

- nel vigneto
- tra vigneto e cantina
- in cantina
- nella distribuzione

In questo senso, tecnologie come il QR possono aiutare a rendere queste informazioni disponibili agli operatori della filiera in modo semplice e immediato. Oltre al QR Code sono utilizzati con molta frequenza anche i famosi tag NFC e RFID che, a differenza del QR, emettono un segnale e necessitano di essere acquistati per essere utilizzati.



Vantaggi di marketing e comunicazione

Chi si occupa di marketing sa bene che a causa del sovraccarico informativo che tutti viviamo, oggi più che mai la leva di più grande valore per ottenere il massimo da un utente/consumatore è l'interesse, lo stesso che il consumatore può provare per un determinato prodotto, il marchio e l'impresa.

Applicando la metodologia dell'inbound marketing al settore food è chiaro come **le informazioni relative a prodotto, territorio e impresa possano fungere da importantissime leve per stimolare lo sviluppo di un rapporto di fiducia** e per la creazione di un canale privilegiato di comunicazione tra utente e impresa. In questo senso è opportuno sfruttare tutti i canali disponibili (digitali e non) per utilizzare nel miglior modo possibile l'informazione come leva per avvicinarci ai nostri potenziali clienti.

Anche in questo caso **il QR Code si dimostra un valido alleato nel facilitare le attività di marketing e comunicazione**. Un mezzo in grado di eliminare l'attrito nella comunicazione tra utente e impresa, integrando marketing offline e online. Tra gli utilizzi di cui si è par-

lato più spesso abbiamo, le campagne promozionali, i concorsi e la generazione di contatti attraverso l'etichetta (Lead Generation) [10].

Il QR Code si dimostra un valido alleato nel facilitare le attività di marketing e comunicazione



Due casi di applicazione del QR Code per tracciabilità, logistica e marketing

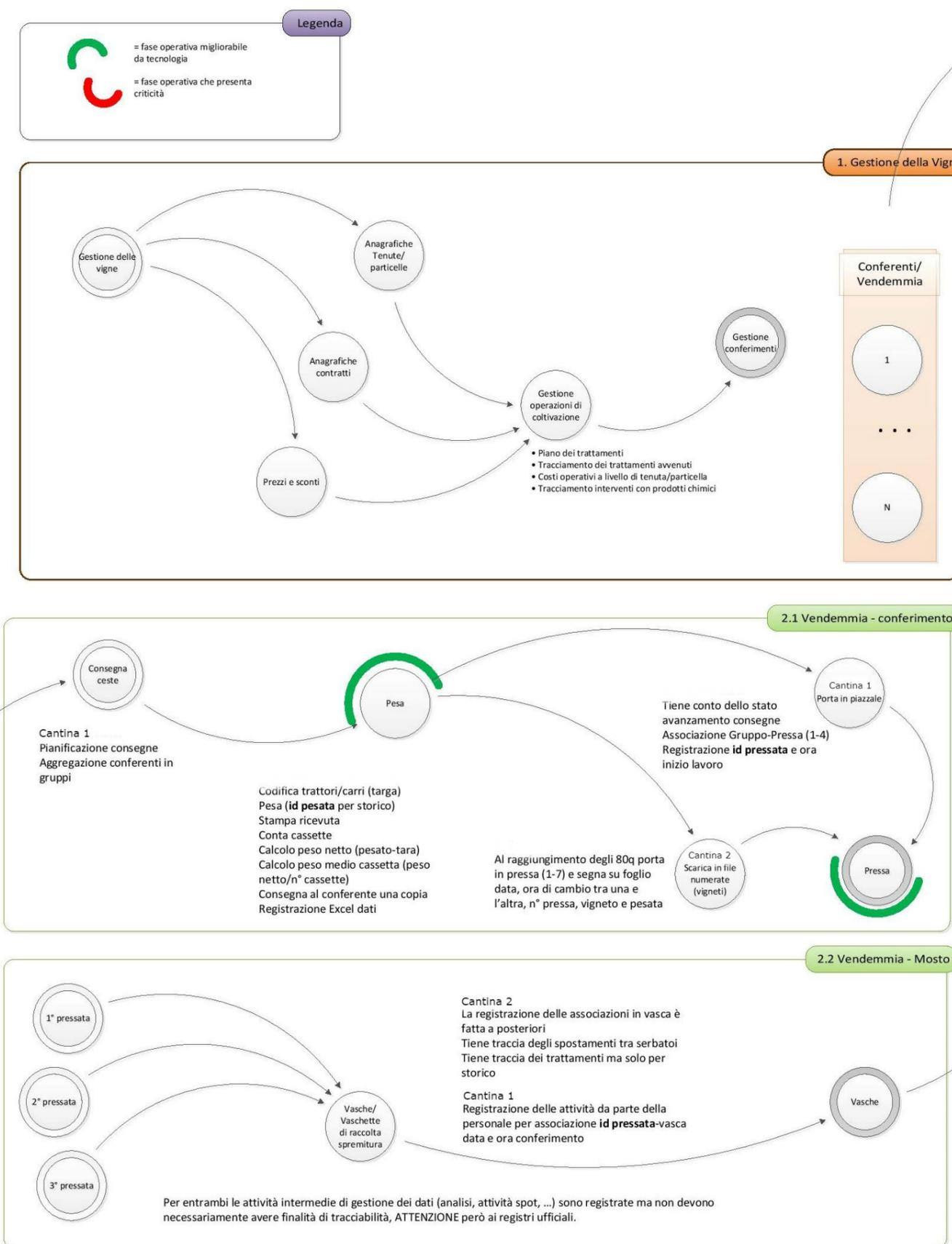
Caso 1: logistica, tracciabilità e rintracciabilità in due cantine

Le aziende del caso hanno tracciato tutta la filiera produttiva del proprio vino spumante per rendere più efficienti i processi produttivi e garantire che tutti le fasi di produzione siano svolte correttamente.

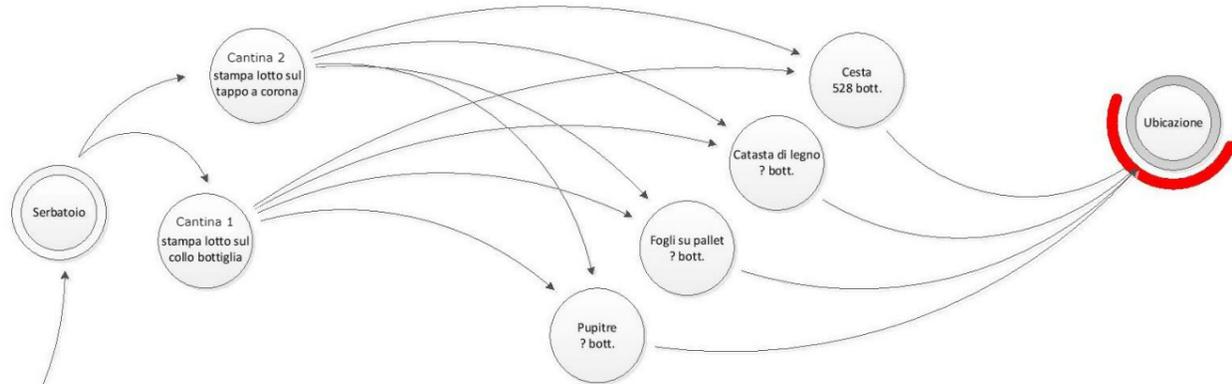
In questo caso oltre al QR Code sono stati utilizzati anche altri strumenti come i tag NFC e gli RFID in grado di emettere un segnale letto automaticamente da appositi strumenti posti in varchi.

L'intero processo era poi monitorabile in tempo reale attraverso device come un semplice smartphone.

Ecco i flussi di tracciabilità per le due cantine coinvolte nel progetto.



3.1 Produzione - Imbottigliamento/Logistica di cantina/Remouage



La gestione della produzione prevede:

- creazione distinta base
- valorizzazione dei costi
- definizione magazzini
- gestione imballi/accessori
- flusso passivo
- gestione acquisti
- gestione delle fascette

Per entrambi il versamento delle unità di movimentazione in ubicazioni è un aspetto critico.

Soluzione

- Identificare contenitore (barcode, NFC, UHF)
- Identificare ubicazione
- Tracciare a sistema i versamenti
- Tracciare a sistema i lotti contenuti

Caso 2: marketing e valorizzazione delle informazioni di produzione del vino

In questo caso parliamo di **un'azienda nota per essere stata tra le prime a certificare la sua produzione di vino utilizzando il sistema decentralizzato della blockchain**. Parliamo della Cantina Placido Volpone e della sua Filiera certificata a "Km 0 virtuale" [11]. Attraverso la scansione di un codice QR sul retro-etichetta è possibile visionare **l'intera storia del vino, dal vigneto, all'affinamento, fino alla**

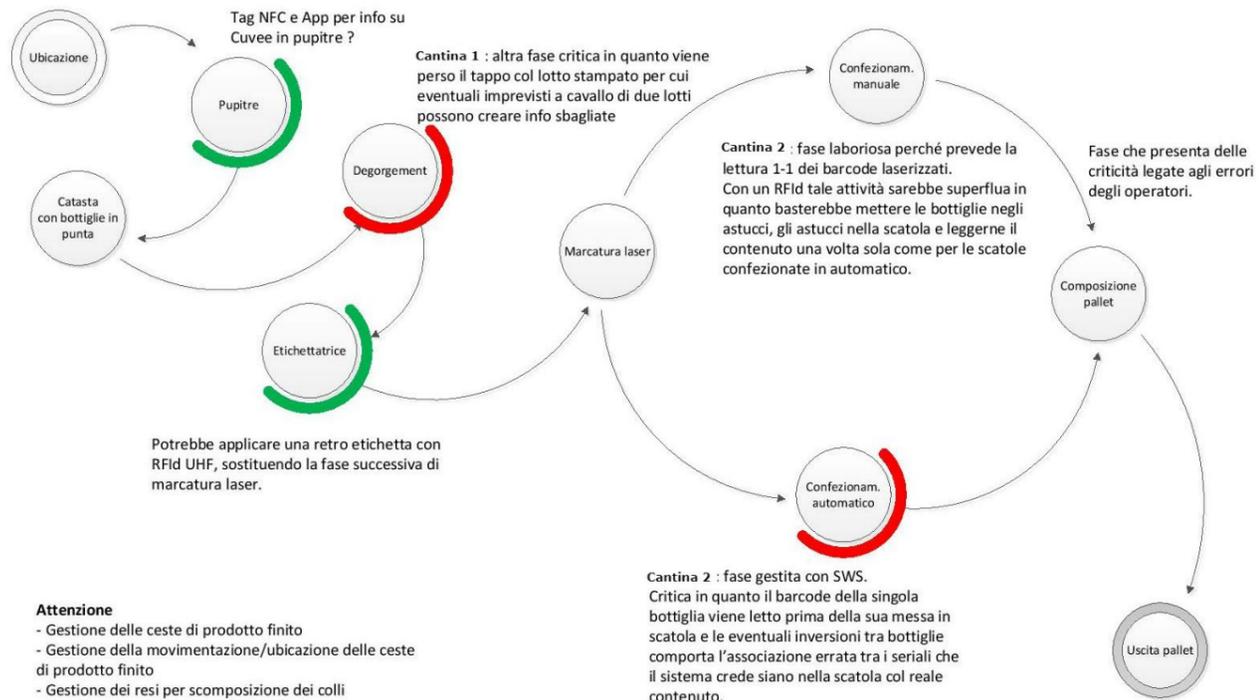
bottiglia: dal campo in cui è stato coltivato alle sementi utilizzate, dai trattamenti effettuati ai passaggi della filiera, compreso il numero di "chilometri" percorsi dal campo agli scaffali del punto vendita [11].

Conclusioni

Il QR Code rappresenta uno degli strumenti più utili allo svolgimento delle attività aziendali, soprattutto per quanto riguarda logistica e marketing. Alla base dei servizi offerti troviamo sempre dati e informazioni, oggi più che mai tra le risorse più importanti ai fini strategici e operativi di un'impresa. Sappiamo come **dati e informazioni siano essenziali per la tracciabilità e rintracciabilità dei prodotti alimentari** e che, trattandosi di servizi obbligatori per legge, sia necessario renderli più efficienti e di più facile fruizione. Allo stesso modo, se pensiamo al settore agroalimentare, possiamo renderci subito conto che siano proprio le informazioni relative all'identità di materie prime, prodotti, territori e imprese a rivelarsi come leve fondamentali al posizionamento di un prodotto e alla maturazione della scelta

di acquisto da parte di un utente/consumatore. Tuttavia, ciò che non va mai dato per scontato è che non sia il mezzo a rendere efficace un'attività. Il mezzo è, appunto, solo un tramite grazie al quale possiamo raggiungere il nostro scopo. Ecco perché è molto importante preparare il terreno sul quale andremo ad utilizzare tali tecnologie: **condivisione di informazioni, accettazione da parte del gruppo di lavoro, integrazione software**. Il valore di un'attività di marketing e/o di logistica mediata da un QR Code deve stare nelle informazioni e nei contenuti veicolati, dunque nella consapevolezza dell'uso dello strumento come facilitatore, non come soluzione ad un problema.

3.2 Produzione - Degorgement/Etichettatura/Spedizione



Cantina 1 : altra fase critica in quanto viene perso il tappo col lotto stampato per cui eventuali imprevisti a cavallo di due lotti possono creare info sbagliate

Cantina 2 : fase laboriosa perché prevede la lettura 1-1 dei barcode laserizzati. Con un RFID tale attività sarebbe superflua in quanto basterebbe mettere le bottiglie negli astucci, gli astucci nella scatola e leggerne il contenuto una volta sola come per le scatole confezionate in automatico.

Fase che presenta delle criticità legate agli errori degli operatori.

Potrebbe applicare una retro etichetta con RFID UHF, sostituendo la fase successiva di marcatura laser.

Cantina 2 : fase gestita con SWS. Critica in quanto il barcode della singola bottiglia viene letto prima della sua messa in scatola e le eventuali inversioni tra bottiglie comporta l'associazione errata tra i seriali che il sistema crede siano nella scatola col reale contenuto. Con un RFID potremmo leggere il contenuto della scatola a inscatolamento avvenuto.

Attenzione

- Gestione delle ceste di prodotto finito
- Gestione della movimentazione/ubicazione delle ceste di prodotto finito
- Gestione dei resi per scomposizione dei colli

BIBLIOGRAFIA

1. Think With Google, Cos'è il QR Code e come regola l'accesso alle informazioni con gli smartphone, (Luglio 2019). Disponibile su: https://www.thinkwithgoogle.com/intl/it-it/risorse-di-marketing/glossario-marketing/QR-Code-cosa-e-come-usarlo/?gclid=EAlaQobChMIml-z8J7C5wIVAqoYCh2IMgiYEAAYA-SAAEgIExfD_BwE
2. Scanova.io, QR Code Statistics 2020. Disponibile su: <https://scanova.io/blog/qr-code-statistics/>
3. Sneh Ratna, QR Code Marketing: QR Code use cases for proximity marketing in 2020, (27/01/2020). Disponibile su: <https://blog.beaconstac.com/2019/01/qr-code-use-cases-for-proximity-marketing-in-2019/>
4. Nicol Degli Innocenti, Carne equina, lo scandalo diventa europeo, (2013). Disponibile su: https://st.ilsole24ore.com/art/notizie/2013-02-12/carne-equina-scandalo-diventa-064115.shtml?uuid=Abr0VYTH&refresh_ce=1
5. Acqua avvelenata: i casi degli ultimi 2 anni, (2005). Disponibile su: https://www.corriere.it/Primo_Piano/Cronache/2005/09_Settembre/07/acquabomber.html
6. Scandalo del vino al metanolo in Italia. Disponibile su: https://it.wikipedia.org/wiki/Scandalo_del_vino_al_metanolo_in_Italia
7. Food Safety Overview. Disponibile su: <https://ec.europa.eu/food/>
8. Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:031:0001:0024:en:PDF>
9. 17 Goals to Transform Our World. Disponibile su: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
10. Tommaso Cattivelli, Etichetta e Lead Generation, (20/02/2018). Disponibile su: <https://www.cru.agency/blog/etichetta-food-marketing-lead-generation>
11. Filiera certificata a "Km 0 virtuale". Disponibile su: <https://placidovolpone.it/blockchain-vini/>

WENDA: LA PIATTAFORMA DIGITALE PER NAVIGARE I DATI DELLE CATENE DEL FREDDO DEL FOOD

Wenda è una startup tecnologica nata a Bologna nel febbraio 2015 grazie alla sinergia tra e Antonio Catapano, CEO e CTO e Mattia Nanetti, COO e CMO dell'azienda. Il nucleo è composto da un team multilingua di professionisti innovatori, sia giovani sia esperti, con competenze significative nell'integrazione di sistemi e tecnologie, che consente a Wenda di gestire una soluzione scalabile dal respiro internazionale.



La nascita di nuovi mercati, l'allargamento delle reti globali, il moltiplicarsi delle filiere internazionali, il proliferare dei regolamenti di sicurezza alimentare e la rinnovata consapevolezza dei consumatori rispetto alla qualità del prodotto sono tra gli elementi che hanno determinato una ridefinizione complessiva delle supply chain regionali e globali [1], spingendo **le aziende del settore Food a strutturare catene del freddo che garantiscano freschezza, sicurezza e qualità ai prodotti che trattano.** La freschezza è infatti un

elemento chiave della qualità, inoltre, il contributo di catene del freddo ininterrotte e ben gestite è fondamentale affinché le Food supply chain possano garantire la sicurezza alimentare. Di seguito introduciamo alcune caratteristiche delle Food cold chain insieme alle tecnologie che ne permettono un monitoraggio avanzato; mostriamo concretamente come la piattaforma Wenda possa aiutare gli attori della distribuzione alimentare a capire e governare i dati di catena del freddo e tracciabilità, e infine proponiamo alcuni sviluppi futuri.



Antonio Bondanese

Filosofo che da circa due anni è in Wenda per cui lavora nella parte di Digital Marketing e Comunicazione che gli permette di valorizzare le sue capacità di ricerca e analisi e le sue conoscenze tecniche redazionali e di comunicazione. Antonio si occupa di progettazione europea, co-definizione ed esposizione di proposte di marketing e comunicazione, ideazione e composizione di elementi di copywriting.

Mattia Nanetti

Economista agrario che ha co-fondato Wenda, una startup che vuole rendere la catena del Food & Beverage più smart, sostenibile e cooperativa. In Wenda, Mattia ha il ruolo di COO/CMO, che prevede abilità comprovate in strategic thinking e coordinamento di risorse aziendali. Il suo ruolo lo porta a occuparsi di posizionare un servizio sul mercato, intessendo rapporti significativi con gli investitori. Ha all'attivo più di 50 discorsi pubblici, sia sales sia investor pitch.



La catena del freddo

La catena del freddo è una condizione secondo la quale un prodotto dovrebbe trovarsi ad corretta temperatura dalla produzione alla vendita comprese le fasi di trasporto e stoccaggio, per preservare qualità e sicurezza di prodotti sensibili o deperibili. Il rispetto della catena del freddo determina la possibilità di presentare un prodotto di qualità e sicuro, ottenendo clienti soddisfatti, maggiore domanda per quel prodotto e una maggiore pro-

tezione della salute pubblica. Al contrario, l'interruzione della catena del freddo rappresenta un problema cruciale, perché i prodotti possono subire diversi danni: degradazione strutturale, perdita di qualità nutrizionali e organolettiche, perdita di colore, crescita microbica, fino ad arrivare alla perdita totale di tutte le caratteristiche che ne garantiscono la sicurezza alimentare e quindi la commestibilità.

Nel 2018, il mercato della logistica con catena del freddo ha raggiunto il valore di 159.988,1 milioni \$ e ci si aspetta che arrivi a 585.105,6 milioni \$ entro il 2026, registrando un CAGR del 17.9% dal 2019 al 2026.

La regione Asia-Pacifico ha rappresentato la quota di mercato più consistente nel 2019 e le proiezioni future ne confermano la leadership [2]. Lo spreco alimentare nella fase di distribuzione, prima del consumo, è elevato e in crescita. Questi numeri confermano la mission di Wenda, e cioè **contribuire a creare una Food chain più sicura, intelligente e sostenibile** grazie a soluzioni innovative che fanno leva su tecnologie di ultima generazione quali Big Data Analytics e IoT, che quindi procediamo ad analizzare.

L'interruzione della catena del freddo rappresenta un problema cruciale



Le tecnologie

I Big Data sono quegli asset informativi caratterizzati da volume, velocità e varietà tanto grandi da richiedere tecnologie e metodi di analisi perché si trasformino in valore [3]. Le analitiche sono l'insieme di algoritmi, tecnologie e metodologie di analisi di dati massivi, insieme che indica la capacità di estrapolare, analizzare e mettere in relazione un'enorme mole di dati eterogenei, strutturati e non strutturati, per scoprire i legami tra fenomeni diversi e prevedere quelli futuri. La combinazione di Big Data e analitiche crea le Big Data Analytics: tecnologie e software applicati allo studio e alla ricerca di connessioni e relazioni tra Big Data, e in grado di estrarre nuove informazioni e creare nuove forme di valore: le analytics possono infatti apportare un grande vantaggio competitivo, e appaiono in differenti settori commerciali, in tutte le fasi delle supply-chain.



Internet of Things (IoT) è un'infrastruttura globale per la società dell'informazione che favorisce servizi avanzati grazie all'interconnessione fisica e virtuale tra gli oggetti, basata su tecnologie interoperabili della comunicazione e dell'informazione [4]. Più concretamente, l'IoT descrive sia la proliferazione di dispositivi connessi illimitatamente e in grado di acquisire e comunicare dati, sia l'ambiente virtuale creato dalla loro interconnessione. Ogni dispositivo IoT è in grado di effettuare svariate operazioni, tra cui auto-identificazione, localizzazione, diagnostica, acquisizione e comunicazione di dati, processing, esecuzione, e si può connettere grazie a protocolli standard di comunicazione.

Sebbene non siano le uniche tecnologie digitali, Big Data Analytics e IoT sono comunque le chiavi di volta che garantiscono il funzionamento della Piattaforma Wenda, di cui adesso vediamo più nel dettaglio le caratteristiche.



La piattaforma

Wenda ha creato una Piattaforma digitale che aiuta gli attori della distribuzione alimentare a capire e governare i dati di catena del freddo e tracciabilità, agendo e modulandosi sulle varie fasi delle supply chain attraverso l'integrazione IoT con i diversi hardware e software di tracciabilità (data logger, pistole termometriche a raggi infrarossi, TMS, WMS).

Da questi, la piattaforma raccoglie e analizza automaticamente i dati per fornire informazioni, statistiche e analisi su catena del freddo e freschezza ai manager nei punti vendita, nei centri di distribuzione, nelle piattaforme distributive, nelle cucine, nei centri cottura e nelle sedi centrali, facilitandone la collaborazione.

Tutti i dati di temperatura relativi alle varie parti della filiera - a partire dall'ingresso dei prodotti in azienda, passando per le fasi di lavorazione o stoccaggio in magazzino, fino all'uscita verso i canali di vendita - **sono facilmente accessibili da un'unica schermata: così si ha la garanzia che la**

catena del freddo non sia stata interrotta e si velocizzano e semplificano le operazioni, consentendo a manager e operatori di visualizzare statistiche e reportistica, prendere decisioni data-driven, aumentare i profitti, tagliare i costi di gestione della sicurezza alimentare, accrescere fiducia, trasparenza e sostenibilità nella filiera, ottimizzare i processi logistici, potenziare i processi di decision-making, e dimostrare a enti regolatori e compagnie assicurative il rispetto delle norme vigenti, mantenendo tutti i dati in un unico punto in Cloud.

La piattaforma raccoglie e analizza automaticamente i dati per fornire informazioni, statistiche e analisi su catena del freddo e freschezza



Da una singola dashboard si possono seguire le condizioni di integrità del prodotto, acquisendo visibilità completa dei punti di rischio nella supply chain. La Piattaforma dispone di un sistema per la gestione degli allarmi, che notifica in automatico il responsabile in caso di problemi o scostamento dalle soglie di temperatura prefissate, fornendo tutte le informazioni necessarie per prendere le migliori decisioni in base ai dati.

La Piattaforma permette anche di gestire e assegnare gli allarmi ai propri collaboratori: Wenda può fornire un numero illimitato di profili in modo da facilitare la condivisione dei dati in tempo reale con i dipartimenti di Logistica, Qualità, Gestione e con i clienti, abbattendo i silos informativi e facilitando sia la collaborazione tra i vari dipartimenti sia la governabilità delle operazioni da parte dei manager.

Inoltre, **tutti i documenti di ogni spedizione, stoccaggio, ingresso o uscita merce sono disponibili in un cloud wallet dedicato**, per una rapida condivisione con partner e clienti, o per mostrare il rispetto delle procedure a enti regolatori e compagnie assicurative.

Infine, Wenda può assicurare continuità con le nuove tecnologie e non impattare sulla compatibilità del sistema, essendo in grado di integrare tutti i data logger e gli strumenti di misurazione disponibili sul mercato. Queste tecnologie sono sempre di più e sono tendenzialmente scollegate tra loro: questo complica la fruizione dei dati raccolti, che spesso sono sparsi su diverse piattaforme (a volte anche cartacee), e non favorisce rapidità e proattività nei processi di decision making. **Le caratteristiche avanzate di integrazione di Wenda assicurano continuità con le differenti tecnologie e rendono la piattaforma una soluzione digitale IoT universale.** Al fine di garantire un servizio conveniente ed efficiente, ma

al contempo specifico per ogni caso d'uso, Wenda ha stretto collaborazioni con i migliori fornitori di data logger e strumentazione di misura per l'utilizzo delle seguenti componenti hardware:

- Pistola termometrica Bluetooth a raggi infrarossi (pistola IR);
- Data logger USB per la registrazione della temperatura;
- Data logger wi-fi per temperatura in tempo reale nelle celle di stoccaggio del magazzino;
- Data logger con connessione 2G/3G per posizione e temperatura della spedizione in tempo reale, oltre che apertura porte dei mezzi;
- Strumenti fissi montati su camion per il monitoraggio in tempo reale di temperatura e posizione;
- Strumenti fissi montati in celle frigorifere e magazzini per il monitoraggio in tempo reale della temperatura.



La Piattaforma è suddivisa per processi specifici della filiera e permette di selezionare i moduli giusti per ogni caso d'uso. Presi singolarmente, i moduli hanno la capacità di gestire la freshness in processi ben definiti della supply chain, ma quando usati in combinazione permettono di ottenere piena visibilità dei dati di freshness per ciascuno dei processi coinvolti. Andiamo dunque ad analizzare un caso d'uso per illustrare concretamente il funzionamento della piattaforma, per poi accennare ad alcuni sviluppi futuri che si muovono nella direzione dell'utilizzo di soluzioni AI per il potenziamento delle caratteristiche della piattaforma stessa.

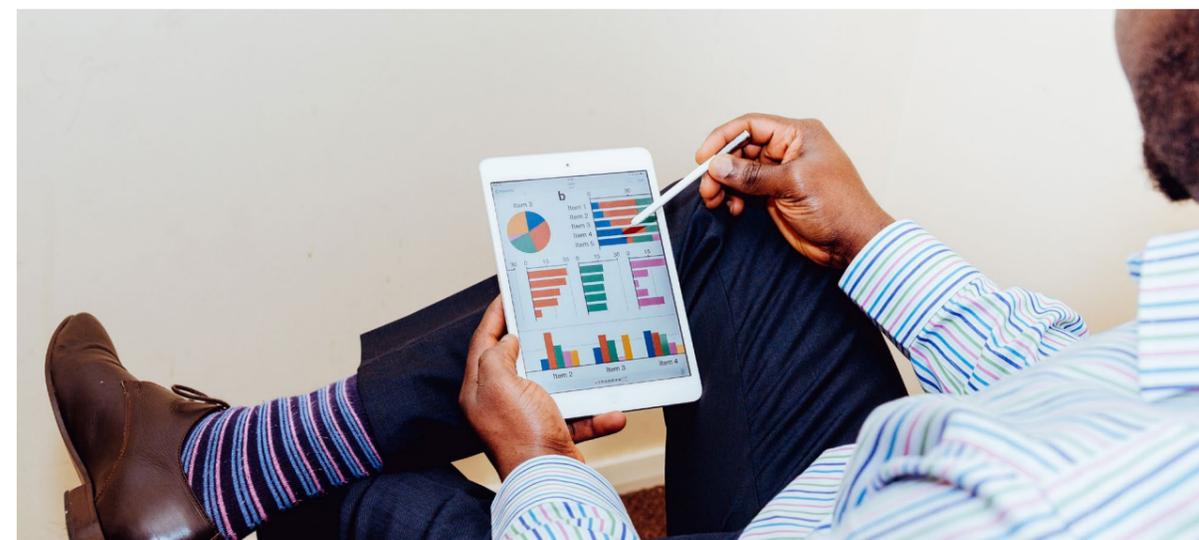
Un caso studio

Un'azienda italiana che importa prodotti alimentari deperibili da mercati extraeuropei e li distribuisce ai suoi canali di vendita Ho,Re,Ca, e GDO ha scelto Wenda per gestire i propri dati di tracciabilità nelle fasi di ingresso merce, lavorazione, stoccaggio, uscita merce e spedizione. In particolare, nello stoccaggio è dotata di 3 celle frigorifere, di cui due a -50°C dedicate ai prodotti pre-lavorati e una a -20°C per conservare i prodotti dopo le fasi di lavorazione.

L'azienda ha espresso il bisogno di **monitorare i parametri di temperatura da remoto**, gestendo un set facilmente accessibile di strumenti analitici per ottenere visibilità end-to-end della sua catena del freddo e quindi valutare in tempo reale i rischi di integrità, capire se i processi di lavorazione siano eseguiti correttamente, stabilire il corretto funzionamento delle sue celle frigorifere e conoscere gli eventuali punti critici nella sua filiera.

Per realizzare l'operazione, Wenda ha fornito all'azienda Piattaforma e App mobile sviluppate in house e integrate con dispositivi per la tracciabilità disponibili in commercio, poiché l'azienda non disponeva di hardware proprietario. Se l'azienda avesse avuto dispositivi o sistemi di misurazione e tracciabilità già implementati internamente, Wenda li avrebbe potuti integrare.

Le componenti hardware necessarie sono state: una pistola termometrica Bluetooth a raggi infrarossi (pistola IR) che permette di ottenere la temperatura di un oggetto con il semplice puntamento; un data logger USB per la registrazione e lo scarico successivo dei dati di temperatura; dei data logger wi-fi per il monitoraggio in tempo reale della temperatura del prodotto in magazzino; dei data logger 2G/3G per il monitoraggio in tempo reale di localizzazione e temperatura del prodotto in fase di spedizione.



Processo: Ingresso Merce

Modulo Piattaforma: Inbound

Prima della partenza, il fornitore colloca nel container un data logger USB per registrare i dati di temperatura. Quando il carico arriva in azienda in Italia, con la pistola IR l'operatore rileva la temperatura di container e prodotti nel momento della consegna per avere un'indicazione immediata in App di accettare o meno i prodotti in base al rispetto dei parametri di integrità concordati con il fornitore. L'operatore recupera il data logger e scarica rapidamente i dati per una successiva analisi statistica. Compila anche una checklist di stato del mezzo e aspetto visivo della merce, sempre in App. Tutti questi dati passano in automatico dall'App alla Piattaforma, dove vengono automaticamente elaborati e messi

a disposizione dei responsabili qualità e di magazzino insieme a quelli delle fasi successive, secondo i diversi livelli di accesso ai dati per collaboratori differenti.

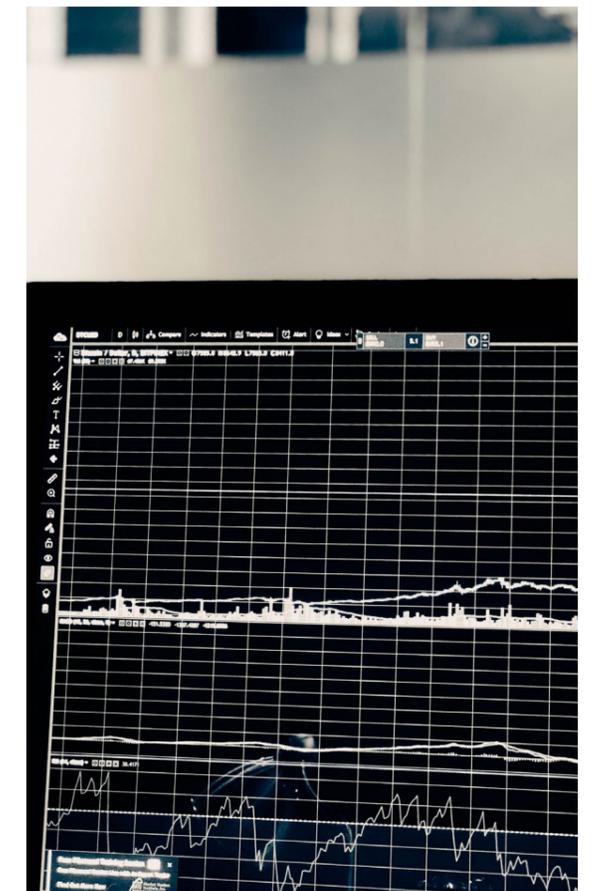
Il fornitore colloca nel container un data logger USB per registrare i dati di temperatura



Processi: Lavorazione e Stoccaggio

Modulo Piattaforma: Storage

La lavorazione avviene in due celle frigorifere mantenute a -50°C e monitorate dalla piattaforma con data logger wi-fi. Un operatore ne rileva la temperatura con la pistola IR all'inizio e alla fine del processo per capirne le variazioni in questa fase. I dati passano automaticamente dalla pistola IR all'App, da cui sono inviati alla piattaforma con un semplice comando. Conclusa la lavorazione, i prodotti sono collocati in una cella frigorifera a -20°C , insieme a data logger wi-fi connessi ad App e piattaforma per monitorarne la temperatura in tempo reale. I dati vengono inseriti automaticamente nella piattaforma, per valutare le condizioni dei prodotti immagazzinati, verificare il funzionamento delle celle frigorifere, risparmiare tempo nei processi di controllo qualità e reportistica, mostrare il rispetto dei regolamenti e dei protocolli HACCP.



Processo: Uscita Merce

Modulo Piattaforma: Outbound

Al momento della preparazione delle spedizioni verso i canali di vendita, l'operatore rileva con la pistola IR sia le temperature dei prodotti nel momento in cui vengono prelevati dalle celle frigo sia quelle del camion che verrà utilizzato per il trasporto, poi trasmesse in automatico ad app e piattaforma. L'operatore inserisce nell'app i nominativi di prodotto, cliente destinatario, trasportatore e mezzo di trasporto, e compila una Checklist sullo stato di temperatura del mezzo secondo quanto previsto dalla normativa HACCP. La spedizione è pronta a partire.



Processo: Spedizione

Modulo Piattaforma: Shipment

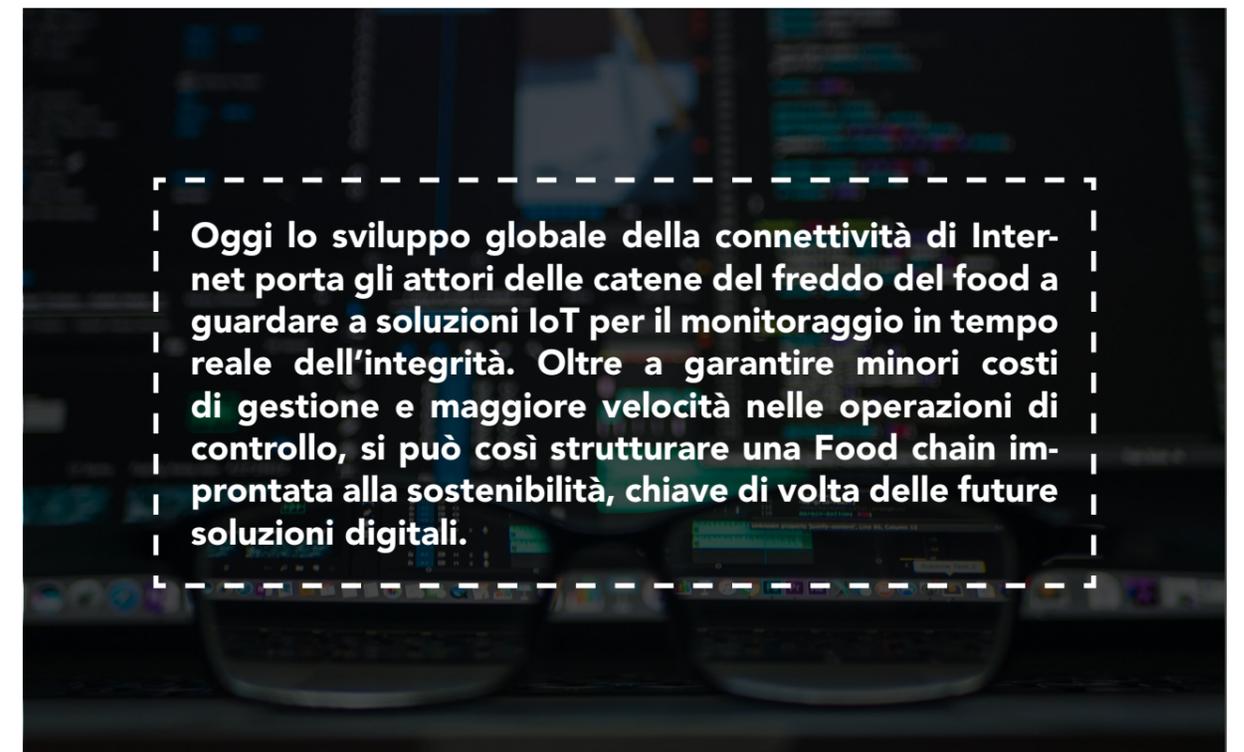
Terminate le procedure di preparazione della spedizione, i data logger 2G/3G e i container con i prodotti vengono posizionati all'interno del mezzo di trasporto e la spedizione è pronta per partire verso i canali di vendita. La piattaforma garantisce ai responsabili di Controllo Qualità e Vendite una visibilità in tempo reale sia dei dati di temperatura dei prodotti spediti ai clienti sia della localizzazione del carico. I responsabili ricevono eventuali segnalazioni di allarme, con le informazioni su dove e quando le temperature superano le soglie di conservazione prestabilite. Tramite la piattaforma, si possono impostare segnalazioni automatiche via email da inviare ai responsabili della spedizione o ad altri attori della catena.

Sviluppi futuri

Attualmente, Wenda punta a dare ai propri clienti visibilità dei dati di catena del freddo e tracciabilità lungo i vari processi della supply chain, ma la piattaforma è in piena evoluzione. Le linee future di sviluppo di Wenda consistono nell'**elaborazione di algoritmi di AI e machine learning per analitiche predittive** (ovvero, strumenti digitali che utilizzano i dati per prevedere eventi futuri, facilitando i processi di decision-making in tempo reale e di pianificazione anticipata riguardanti strategie e performance) dedicate al calcolo delle probabilità di deterioramento di un

prodotto e di insorgenza degli allarmi di integrità quando questo attraversa le fasi di distribuzione.

Sono in corso di sviluppo anche algoritmi per analitiche prescrittive che, basandosi sulla grande quantità di dati sin qui raccolti, possano fornire informazioni precise per indicare proattivamente e in tempo reale eventuali azioni correttive, garantendo la migliore scelta aziendale al verificarsi di determinate condizioni o eventi avversi e muovendo un passo decisivo verso la creazione di uno standard di gestione dei problemi nelle catene del freddo del Food.



Oggi lo sviluppo globale della connettività di Internet porta gli attori delle catene del freddo del food a guardare a soluzioni IoT per il monitoraggio in tempo reale dell'integrità. Oltre a garantire minori costi di gestione e maggiore velocità nelle operazioni di controllo, si può così strutturare una Food chain improntata alla sostenibilità, chiave di volta delle future soluzioni digitali.

BIBLIOGRAFIA

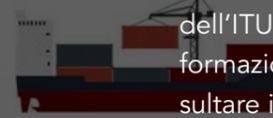
1. Giorgio Grappi – Logistica, Roma, Ediesse, 2016, passim
2. Lalit Katare & Anvay Sonpimple, Allied Market Research, Cold Chain Logistics Market by End Use Industry (Fruits & Vegetables, Bakery & Confectionary, Dairy & Frozen Desserts, Meat, Fish & Sea Food, Drugs & Pharmaceuticals, and Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019-2026
3. Andrea De Mauro, Marco Greco, Michele Grimaldi, "A Formal definition of Big Data based on its essential features", Library Review, vol. 65, n° 3, 2016, pp. 122-135.
4. Questa definizione è stata data dalla Internet of Things Global Standards Initiative, una delle Global Standards Initiatives dell'ITU – l'agenzia dell'ONU specializzata nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Per maggiori informazioni, consultare il seguente URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>



Warehouse



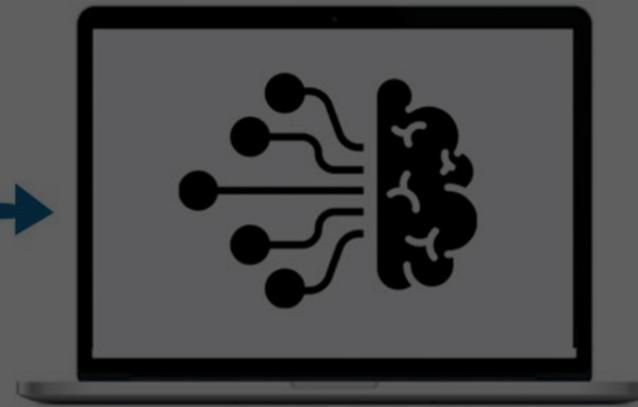
Truck



Ship



Last Mile



You
Clients
Suppliers

Simplify!



Food Hub

**Ti senti ispirato?
Unisciti a noi!**



Siamo sempre alla ricerca di persone che vogliono entrare nel team di Food Hub.

Se pensi di essere la persona giusta contattaci!

info@foodhubmagazine.com

Le testimonianze del team:

Cecilia Maiorana, Copywriter



La mia collaborazione con Food Hub è iniziata per caso e proseguita per scelta. Non solo ho avuto la possibilità di migliorare le mie capacità di copywriting e social media management, e di lanciarmi in nuove avventure (come la versione audio della newsletter), ma ho trovato un team di persone energiche, motivate e propositive che ogni giorno mi spinge a dare il meglio.



Antonella Pacillo, Gestione autori e redazione

La mia unione al team di Food Hub ha rappresentato fin da subito un'esperienza di formazione continua: lavorare nella redazione è un'opportunità unica per entrare in contatto sia con professionisti locali che internazionali. L'ambiente familiare e giovane è per me una grande fonte di ispirazione, che mi stimola ad affrontare quotidianamente piccole sfide e trasformare idee in azioni concrete. Contaminazione dei saperi, condivisione delle competenze e vera innovazione. Credo siano queste le chiavi principali che caratterizzano il nostro lavoro.

foodhubmagazine.com

TRACK & TRACE: UNA PANORAMICA

Anyl è una piattaforma che consente ai dispositivi IoT di connettersi a qualsiasi tipo di blockchain, ad esempio eseguendo transazioni e smart contracts, autonomamente e senza password. Anyl Nasce nel Marzo 2018 a Berlino dall'intuizione di Lorenzo Pieri, PhD in fisica teorica con esperienza nella matematica alla base della tecnologia blockchain. L'azienda ha ricevuto due round di finanziamenti da investitori internazionali, tra cui Techstars, e da partner strategici come Bosch. Ad oggi Anyl opera principalmente nell'Unione Europea con sede a Berlino, ma conta di espandersi negli Stati Uniti nei prossimi anni



Negli ultimi anni la tracciabilità ha acquisito notevole rilevanza non solo nell'industria alimentare ma più in generale entrando nel vocabolario dei consumatori, i quali diventano sempre più consapevoli riguardo ciò che mangiano.

Per tracciabilità (tracking) alimentare si intende l'insieme delle informazioni raccolte riguardo l'origine delle materie prime utilizzate, il luogo di produzione, le attrezzature, le tecniche coinvolte per la trasformazione e infine la distribuzione del prodotto finito. La rintracciabilità (tracing), invece, rappresenta la capacità

di ricostruire a ritroso l'intera storia di un prodotto: dal suo stato finale sino alle materie prime utilizzate. Al livello europeo la rintracciabilità è codificata nell'articolo 18 del Reg. (CE) n. 178/2002, il quale, in particolare, prevede che gli operatori del settore alimentare debbano attuare procedure che consentano di mettere a disposizione delle autorità competenti le informazioni sui prodotti [1]. In sintesi, la rintracciabilità, un concetto introdotto dal Reg. (CE) n.178/2002 e reso obbligatorio a partire dal 1° gennaio 2005, è la capacità di **ricostruire la storia del prodotto**, mentre la tracciabilità



Tracy Ann A. Landicho

Tracy ha conseguito il titolo di Dottoranda Magistrale in Biotecnologie Industriali e Ambientali presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Appassionata di tecnologie innovative applicate alla sicurezza alimentare, si è occupata di argomenti come HACCP, lievito non convenzionale e depurazione delle acque contaminate.

è lo strumento che permette di gestire il flusso di informazioni e creare rintracciabilità. Lo scopo è quello di tutelare gli interessi del consumatore, garantire la sicurezza alimentare e in caso di non conformità permettere una rapida comunicazione del problema, il ritiro del

prodotto in questione da parte delle autorità competenti e infine l'individuazione di eventuali responsabilità. Molto spesso le allerte alimentari non vengono gestite in maniera rapida ed efficiente a causa della mancanza di informazioni nella "catena di custodia", ovvero la raccolta sistematica di documentazioni riguardo le varie fasi della produzione e distribuzione commerciale. Questo accade perché **la costruzione della catena è resa complessa dalla partecipazione di molteplici attori che adottano eterogenee modalità di documentazione**. Per esempio, in alcune fasi la documentazione è ancora affidata a strumenti cartacei e in altre a modalità elettroniche in cui la veridicità e correttezza dell'inserimento dei dati è comunque riposta nell'onestà dell'operatore stesso. Tutte queste lacune nella filiera generano un terreno fertile per le frodi alimentari causando non solo un'ingente perdita economica ma anche una perdita di immagine per molte aziende con conseguente calo di fiducia da parte dei consumatori.



Ne costituisce un esempio lo scandalo Fipronil (2017), un insetticida ad ampio spettro utilizzato negli allevamenti intensivi di pollame per controllare gli infestanti, riscontrato nelle uova prodotte nei Paesi Bassi. Queste ultime avevano una concentrazione di 0.72 mg per kg di uovo, ben 144 volte superiore rispetto alla massima quantità ammessa dall'Unione Europea di 0.005 mg per kg di uovo. Andare oltre questo limite danneggia non solo l'immagine degli allevatori onesti ma anche la salute umana, specialmente nei soggetti più predisposti come i bambini [2].

Questa vicenda ha coinvolto non solo diversi paesi dell'Unione Europea ma anche il Regno Unito, la Svizzera e Hong Kong. La segnalazione anonima, sull'uso illegale presso gli allevamenti avicoli, era stata fatta presso le autorità olandesi nel novembre 2016, ma la gestione dell'allerta alimentare è iniziata solo dopo tre settimane a causa della mancanza di informazioni e di coordinazione tra le autorità competenti. Si è stimato un danno economico pari a 33 milioni di euro dal momento che 258 aziende non hanno potuto commercializzare carne di pollo o uova durante il periodo dell'allerta alimentare [3].

Non solo questo episodio, ma anche altri scandali alimentari del passato, tra i più noti ricordiamo lo scandalo della mucca pazza, l'influenza aviaria e la carne alla diossina [4], hanno evidenziato la vulnerabilità della filiera alimentare e la continua presenza di lacune nei controlli, soprattutto per i prodotti di origine animale.



Le lacune nella filiera generano un terreno fertile per le frodi alimentari causando il conseguente calo di fiducia da parte dei consumatori

La blockchain come tecnologia emergente



A mitigare il problema di mancanza di trasparenza e perdita di informazioni lungo la filiera viene in aiuto la rivoluzione informatica portata dalla blockchain.

La blockchain è essenzialmente un database distribuito, ovvero un registro pubblico di tutte le transazioni o eventi digitali che sono stati eseguiti e condivisi tra i partecipanti. In particolare, le transazioni sono raggruppate in "blocchi" e i blocchi sono aggiunti in ordine cronologico, formando una catena facilmente consultabile e verificabile in futuro. Prima di essere inserita definitivamente nel registro pubblico, ogni blocco e ciascuna transazione contenuta nel blocco viene verificato e autenticato attraverso un meccanismo di consenso operato dai partecipanti della blockchain.

Volendo semplificare, ognuno dei partecipanti costituisce un nodo della blockchain e ogni nodo contiene una intera copia della blockchain; è proprio la ridondanza di questa informazione

che crea la resistenza alla contraffazione in questa tecnologia. La novità cruciale rispetto a un sistema tradizionale è che grazie a un meccanismo di consenso completamente automatizzato, non vi è bisogno di un'autorità centrale per raggiungere un accordo su quale sia la catena di transazioni corretta. Questo è molto attraente in uno scenario di supply chain, in cui i diversi attori non hanno attualmente autorità e servizi che si estendono per tutta la filiera, essendo questa troppo eterogenea.

Un punto fondamentale è che una volta inserita l'informazione, quest'ultima non può più essere eliminata, corrotta o retrodatata arbitrariamente da uno dei partecipanti.

In sintesi, **la tecnologia della blockchain permette di registrare le transazioni o qualsiasi interazione digitale in maniera sicura, trasparente, verificabile, senza l'intervento di terze parti e soprattutto azzerando la possibilità di corrompere i dati immessi nel sistema** [5].

La blockchain da sola non basta

Questa tecnologia è molto promettente per applicazioni di tracciabilità, tuttavia i lettori più astuti avranno storto il naso all'idea che un meccanismo di consenso matematico possa effettivamente verificare le transazioni inserite nel registro pubblico. Certamente l'algoritmo può verificare l'identità dell'utente e la disponibilità di altre risorse digitali (come chiavi crittografiche, valute digitali e passwords), ma **sussiste ancora il problema della veridicità dei dati immessi nel sistema, visto che a oggi l'immissione dei dati è per la maggior parte dei casi affidata all'inserimento manuale da parte degli operatori.** In gergo informatico questo problema viene chiamato **"Garbage In - Garbage Out"**, ovvero un dato in input errato può solo che restituire una risposta in output errata; per esempio, se un produttore dovesse inserire un dato falso nel sistema, la blockchain rimarrebbe un database integro, ma che riporta un dato fraudolento. Per questo motivo la blockchain da sola non è sufficiente, va infatti abbinata a un sistema che raccolga i dati in maniera automatizzata e in tempo reale. Una solida connessione tra mondo reale e mondo digitale è ora possibile tramite la tecnologia IoT ovvero "Internet of Things". La tecnologia IoT, letteralmente tradotta come "Internet delle cose", è una delle nuove frontiere dell'uso della rete internet e la sua funzione è quella di collegare il mondo reale con il mondo digitale. Il funzionamento è abbastanza semplice e si può riassumere in tre fasi:

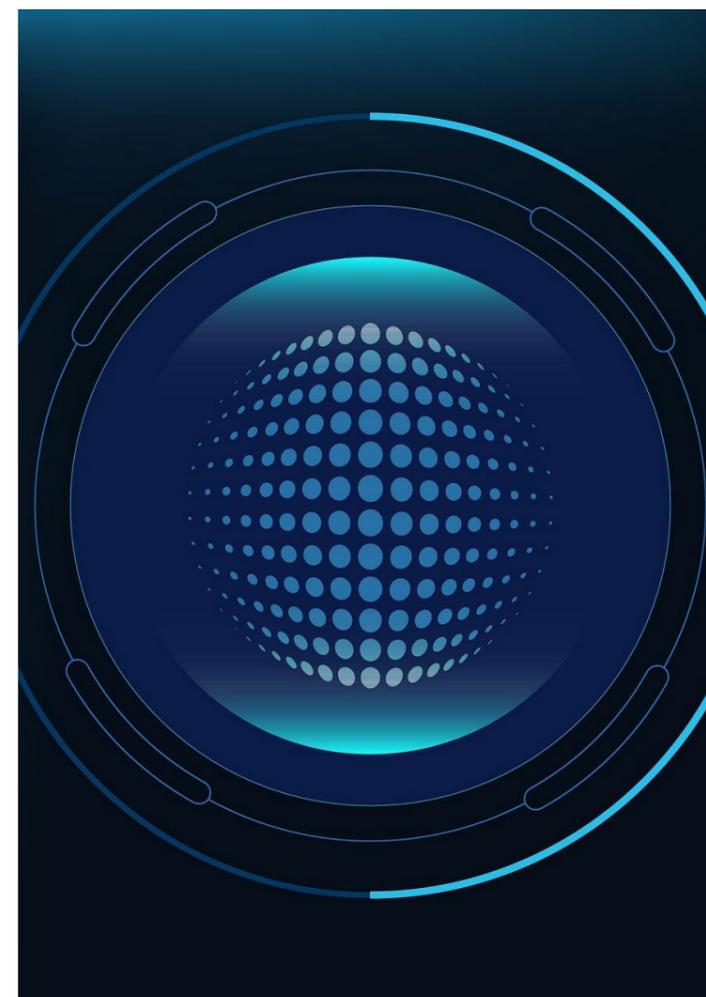
raccolta di dati da oggetti del mondo reale; aggregazione dei dati e, infine, presentazione dei risultati all'utente in maniera tale da poter prendere decisioni. A grandi linee esistono due famiglie di dispositivi IoT: dispositivi passivi (come RFID e NFC tags) e dispositivi attivi (come smart meters, smart cameras e sensori ambientali).

I dispositivi passivi si distinguono per la mancanza di un'alimentazione energetica interna e un costo per unità molto ridotto. Si connettono a Internet indirettamente tramite dei lettori esterni (per esempio smartphones), dai quali traggono l'alimentazione attraverso segnali wireless. Nonostante le capacità limitate, l'IoT passivo è sicuramente destinato a trovare larghe applicazioni, specialmente nella tracciabilità di prodotti di valore medio-basso.

I dispositivi attivi, quelli che i puristi definirebbero i veri "IoT devices", comprendono al loro interno una o più MCUs (MicroController Units), dei veri e propri mini computer capaci di connettersi a Internet direttamente, senza l'ausilio

La blockchain da sola non è sufficiente, va infatti abbinata a un sistema che raccolga i dati in maniera automatizzata e in tempo reale. Una solida connessione tra mondo reale e mondo digitale è ora possibile tramite la tecnologia IoT ovvero "Internet of Things".

di lettori. La varietà dei device attivi è immensa. Tra i fattori più rilevanti vi possono essere la potenza di calcolo, la memoria, i protocolli di comunicazione (Bluetooth, Wi-Fi, 4G e decine di altri), i diversi tipi di sensori e le dimensioni. I dispositivi attivi tendono a essere più costosi e più difficili da schierare sul campo a causa della fonte energetica attiva, solitamente una batteria. Il campo è però in continuo miglioramento tecnologico e l'arrivo del 5G porterà ulteriore crescita nel settore e quindi un abbassamento dei prezzi. Le applicazioni più rivoluzionarie per la tracciabilità, in particolare quelle più automatizzate e legate alla blockchain, si vedranno in questo settore [6].



Soluzioni nella filiera agroalimentare

Le filiere agroalimentari costituiscono un sistema articolato e complesso. In situazioni di emergenza o di rischio alimentare è difficile assicurare i consumatori e attuare efficaci misure di controllo e di gestione.

In un sistema di tracciabilità basato sulla combinazione di due tecnologie all'avanguardia come la blockchain e l'IoT si avrebbe una struttura decentralizzata in cui ogni attore della filiera alimentare (fornitori, certificatori, produttori, trasportatori, immagazzinatori, distributori, autorità competenti) avrebbe una partecipazione attiva e più responsabile, in cui ogni ingrediente che farà parte del prodotto finito è identificato tramite un

sistema che colleziona e trasferisce i dati in maniera automatizzata. Collegando il prodotto a un sistema IoT, ogni membro della rete avrà in tempo reale le informazioni riguardanti i vari passaggi della filiera, così riducendo la possibilità di azioni fraudolente.

I dati raccolti saranno immagazzinati nel sistema blockchain condiviso con tutti gli utenti, immutabili, per cui in caso di allerte alimentari questo permetterebbe alle autorità competenti di risalire immediatamente ai responsabili e di attuare misure di azioni efficaci, creando in questo modo un circolo virtuoso che premia davvero le aziende che investono su prodotti genuini e sostenibili.



Progetti in corso



Ci sono numerose aziende e startup che hanno come progetto quello di migliorare la filiera agroalimentare integrando la tecnologia combinata blockchain e IoT.

Come già accennato una delle filiere alimentari più vulnerabili a fenomeni fraudolenti è quella basata sui prodotti animali. Secondo uno studio condotto dall'organizzazione americana Oceana un terzo dei prodotti ittici non corrisponde a quello che effettivamente i consumatori acquistano leggendo l'etichetta e molto spesso lungo la filiera si perdono informazioni fondamentali come l'origine, le modalità di lavorazione/conservazione oppure la corrispondenza tra il pesce e la specie indicata sull'etichetta. Tutto questo alimenta la possibilità di effettuare frodi e **pesca illegale** [7].

Per risolvere questo problema HyperLedger, un'iniziativa open source della

Linux Foundation, adotta una soluzione per la **tracciabilità del settore ittico attraverso una piattaforma basata su blockchain** (Sawtooth Blockchain) e l'utilizzo di sensori IoT. Più in dettaglio, nella blockchain viene registrata la geolocalizzazione e le condizioni del prodotto ittico dal momento della cattura (es. temperatura, umidità). Questo è possibile poiché, immediatamente dopo la cattura, al prodotto viene attaccato un sensore ambientale che registra i dati in maniera accurata e continua. Questo nuovo processo genera un maggiore controllo "dalla barca alla tavola" del prodotto e assicura al consumatore che il pesce acquistato non abbia subito cicli di congelamento-scongelo durante il trasporto [8].

Anche i maggiori colossi delle GDO come Walmart e Carrefour stanno orientando la loro attenzione verso l'utilizzo della tecnologia combinata blockchain e IoT per ottimizzare il processo di tracciabilità e di comunicazione verso i consumatori. Walmart ha iniziato nel 2018 un programma chiamato Walmart Food Traceability Initiative al fine di garantire una maggiore sicurezza dei suoi prodotti. Questo programma, utilizzando la rete **IBM Food Trust Blockchain**, richiede ai fornitori di raccogliere e registrare in tempo reale tutti i dati riguardanti il ciclo di vita del prodotto per poter risalire in maniera tempestiva al lotto compromesso senza danneggiare altri lotti.

Attualmente i progetti che hanno avuto più successo riguardano la tracciabilità del maiale in Cina e del mango in Centro America. In particolare per quest'ultimo è stato possibile migliorare le tempistiche di rintracciabilità da 7 giorni a 2 secondi! Questo permette di non fermare la supply chain in corso e di minimizzare i danni di immagine. Per grandi catene come quelle di Walmart, IBM ha stimato il risparmio nell'ordine delle decine di milioni di dollari per singolo evento [9].

Anche Carrefour è intenzionata a cavalcare lo stesso trend e punta entro il 2022 a tracciare, mediante la piattaforma blockchain IBM, gran parte dei prodotti sotto il marchio "Linea Qualità Carrefour" (come pollo, miele, uova, latte) [10].

Le prove di concetto effettuate finora utilizzano sensori IoT che inviano i dati in cloud per poi essere inseriti successivamente nella blockchain. Questo è necessario perché i **sensori tradizionali non comunicano con lo stesso linguaggio della blockchain**, ovvero non hanno un client (i client più famosi sono i cosiddetti "full node" i quali richiedono centinaia di Gigabyte di memoria) a bordo a causa delle limitate risorse computazionali. Vi sono però anche soluzioni ancora più avanzate che eliminano questo step intermedio del cloud, con conseguente risparmio di risorse e eliminando la necessità di fidarsi del cloud provider. A prova di ciò, Anyl ha sviluppato un software client che permette a sensori IoT (attivi) di interfacciarsi direttamente con diverse blockchain, tra cui HyperLedger. Le transazioni blockchain partono direttamente dal device IoT, il quale diventa un vero e proprio attore

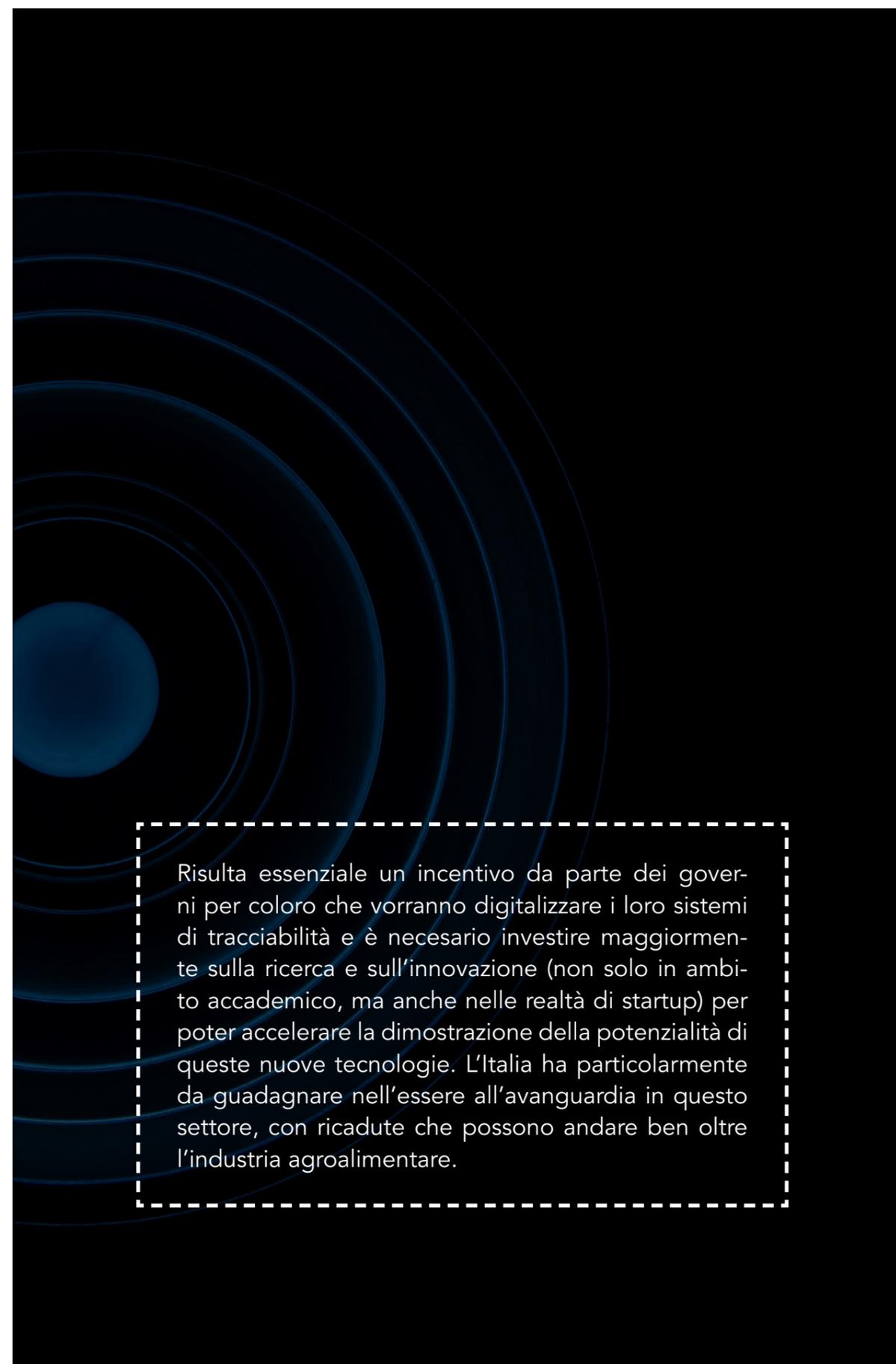
autonomo sulla blockchain. Tecnologie di questo tipo sono molto interessanti anche per la futura monetizzazione (data economy) dei dati raccolti dai sensori, che può avvenire in maniera affidabile e tracciabile.

Conclusioni

Gli scandali alimentari del passato stanno spingendo le aziende del settore agroalimentare a migliorare sempre di più i loro processi di tracciabilità. Alcune aziende stanno iniziando a convertire le loro infrastrutture informatiche in un sistema basato sulla blockchain e l'IoT per garantire maggiore trasparenza e continuità delle informazioni condivise tra gli attori della filiera.

La strada per il consolidamento della tecnologia è ancora lunga.

Diversi sono gli ostacoli da superare, tra questi citiamo: l'ingente investimento economico iniziale, l'imaturità della tecnologia e infine il problema di stabilire una collaborazione efficace tra i diversi attori della filiera. Il premio, tuttavia, risulta essere molto allettante per la comunità: una supply chain alimentare più sicura, efficiente e (nel lungo termine) con conseguente diminuzione dei costi per i consumatori.



Risulta essenziale un incentivo da parte dei governi per coloro che vorranno digitalizzare i loro sistemi di tracciabilità e è necessario investire maggiormente sulla ricerca e sull'innovazione (non solo in ambito accademico, ma anche nelle realtà di startup) per poter accelerare la dimostrazione della potenzialità di queste nuove tecnologie. L'Italia ha particolarmente da guadagnare nell'essere all'avanguardia in questo settore, con ricadute che possono andare ben oltre l'industria agroalimentare.

BIBLIOGRAFIA

1. Regolamento (CE) n. 178/2002 del Parlamento Europeo e del Consiglio
2. Marco Bella, M. B. (28 Agosto 2017). Uova contaminate, cos'è il Fipronil e quali sono i suoi effetti nel lungo termine. Disponibile da
3. <https://www.ilfattoquotidiano.it/2017/08/28/uova-contaminate-cose-il-fipronil-e-quali-sono-i-suoi-effetti-nel-lungo-termine/3820203>
4. Jim Cook, J.C (12 Ottobre 2017). Fipronil in eggs- another food issue in Europe. Disponibile da
5. <https://www.sgs.com/en/news/2017/10/fipronil-in-eggs-another-food-issue-in-europe>
6. Foodsccovery. Scandali alimentari degli ultimi anni. Disponibile da <https://www.foodsccovery.it/foodheroes-magazine/scandali-alimentari/>
7. Mastering Bitcoin 2nd Edition - Programming the Open Blockchain - Disponibile da <https://bitcoinbook.info/>
8. Qusay F. Hassan, Atta ur Rehman Khan, Sajjad A. Madani. (15 Dicembre 2017)
9. Internet of Things: Challenges, Advances, and Applications.
10. Oceana Study Reveals Seafood Fraud Nationwide. Disponibile da <https://oceana.org/>
11. Bringing traceability and accountability to the supply chain through the power of Hyperledger Sawtooth's distributed ledger technology. Disponibile da <https://sawtooth.hyperledger.org/examples/seafood.html>
12. How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric. Disponibile da:
13. <https://www.hyperledger.org/resources/publications/walmart-case-study>
14. Guaranteeing the safety and traceability of food products. Disponibile da <https://actforfood.carrefour.com/our-commitments>

L'AUTORE

**Elio E. Palumbieri**

È tra i fondatori dello Studio Legale Ambientale SAFE Green (www.safegreen.it), presidente della Scuola di Alta Formazione Agroalimentare e opera presso la Law Boutique Palumbieri. È "lawblogger" su eliopalumbieri.it e co-autore, insieme agli Avvocati Paolo Felice e Massimo Zortea dello studio "Riqualificare le Filiere Agroalimentari", pubblicato da Wolters Kluwer Italia.

RINTRACCIABILITÀ E TRACCIABILITÀ DEGLI ALIMENTI: UNA QUESTIONE DI FILIERA E TECNOLOGIA

Un alimento, prima di poter giungere al consumatore, attraversa differenti passaggi, dalla manipolazione della materia prima alle trasformazioni successive sino ad arrivare alla commercializzazione del prodotto. Per questo motivo, prima di intraprendere ogni argomentazione inerente alla rintracciabilità del prodotto alimentare, è necessario introdurre il concetto di filiera agroalimentare. Si tratta di un termine usato – e qualche volta abusato – del quale, però, spesso non si conoscono i reali contorni definitivi. Si parla, infatti, di filiera corta, filiera lunga, filiera forte o debole, ad esempio. Ebbene, questi concetti assumono significati e declinazioni differenti a seconda del contesto in cui vengono utilizzati e sono in grado di condizionare la percezione che il consumatore ha di un determinato prodotto alimentare.

È, quindi, il caso di precisare che con il termine “filiera” si intende l’individuazione delle fasi che l’alimento percorre prima di giungere sulle nostre tavole: produzione delle materie prime, commercializzazione o trasformazione delle stesse, commercializzazione del prodotto finito.

Ciò posto, come già evidenziato, a seconda delle caratteristiche tipiche della filiera questa può essere lunga e complessa ovvero corta. Tali concetti possono essere definiti in base ad almeno due distinti criteri: spazio tra le imprese della filiera e quantità delle medesime. **Una filiera può, quindi, essere definita “lunga” se è composta da molti operatori ovvero se questi sono distanti tra loro.**

Ora, la definizione di filiera trova un riscontro a livello normativo non tanto dal punto di vista definitorio quanto da quello metodologico. In tal senso vale la pena volgere lo sguardo al 2002, anno di entrata in vigore del Regolamento (CE) 178/2002.

Individuazione delle fasi che l’alimento percorre prima di giungere sulle nostre tavole

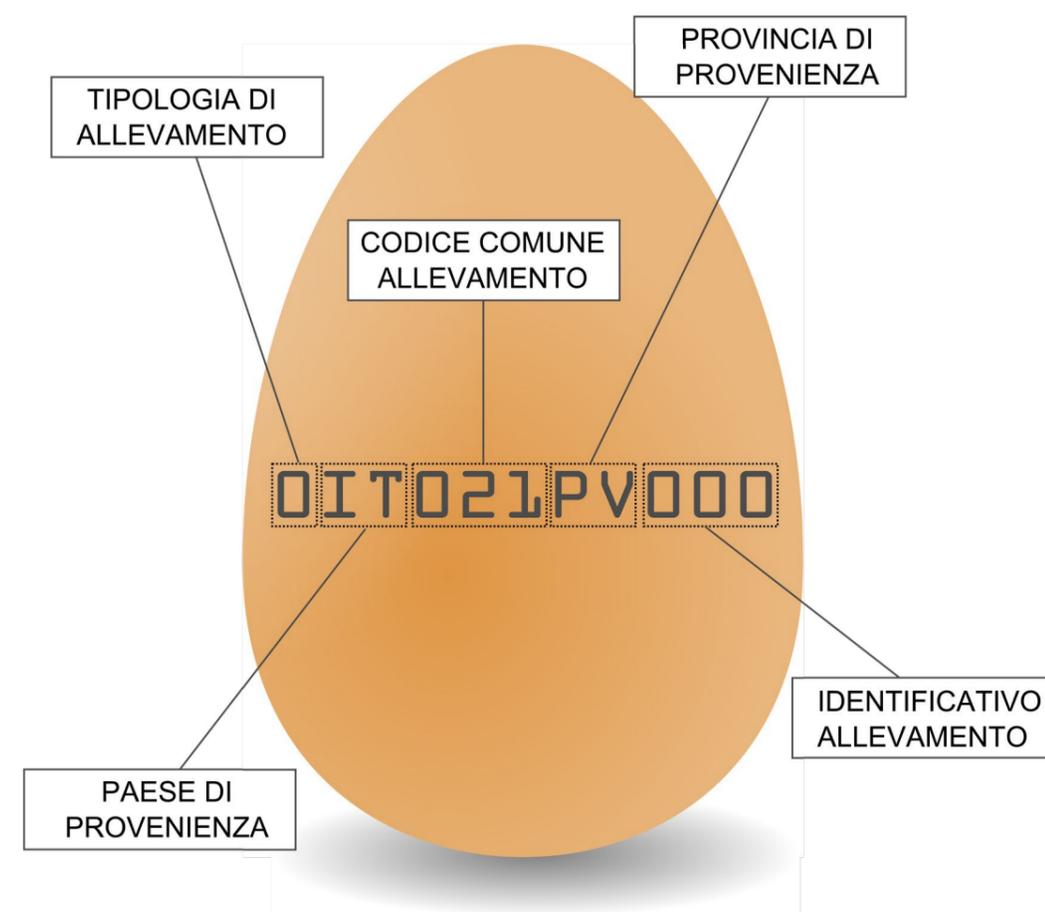
È con questo Regolamento, infatti, che il legislatore europeo pone in evidenza **l’intenzione di disciplinare il diritto agro-alimentare** in maniera sistematica e, soprattutto, avendo riguardo non solo al mercato ma anche alla tutela del consumatore. Si tratta, per questo, del più importante tentativo di disciplinare la filiera agro-alimentare tramite norme orizzontali in grado di garantire la food safety all’interno di ogni passaggio di produzione e commercializzazione.

Ora, è proprio il regolamento in commento a definire principi e norme inerenti alla sicurezza alimentare mirando, in tale contesto, anche ad assicurare il rispetto della medesima durante l’intero percorso che il prodotto compie dalla produzione primaria alla commercializzazione, introducendo la cosiddetta rintracciabilità.

La rintracciabilità degli alimenti rappresenta un principio cardine del diritto agroalimentare. Gli scopi principali possono essere ricondotti a due aree. Da un lato, infatti, vi è la necessità di garantire la circolazione dei soli alimenti salubri eventualmente togliendo dal mercato quelli che non lo sono. Dall’altro lato, invece, vi sono gli obblighi di informazione che ogni operatore del settore alimentare ha nei confronti del consumatore. Accanto al principio di rintracciabilità c’è anche quello – speculare – della tracciabilità. Entrambi i principi rispondono allo scopo di **tutelare il consumatore** tramite un sistema in grado di garantire, ove necessario, ritiri immediati dei prodotti non sicuri risalendo nel minor tempo possibile alla causa del pericolo per la salute.



“Per affrontare il problema della sicurezza alimentare in maniera sufficientemente esauriente e organica è opportuno assumere una nozione lata di «legislazione alimentare», che abbracci un’ampia gamma di disposizioni aventi un’incidenza diretta o indiretta sulla sicurezza degli alimenti e dei mangimi, tra cui disposizioni sui materiali e gli oggetti a contatto con gli alimenti, sui mangimi e su altri mezzi di produzione agricola a livello di produzione primaria”.



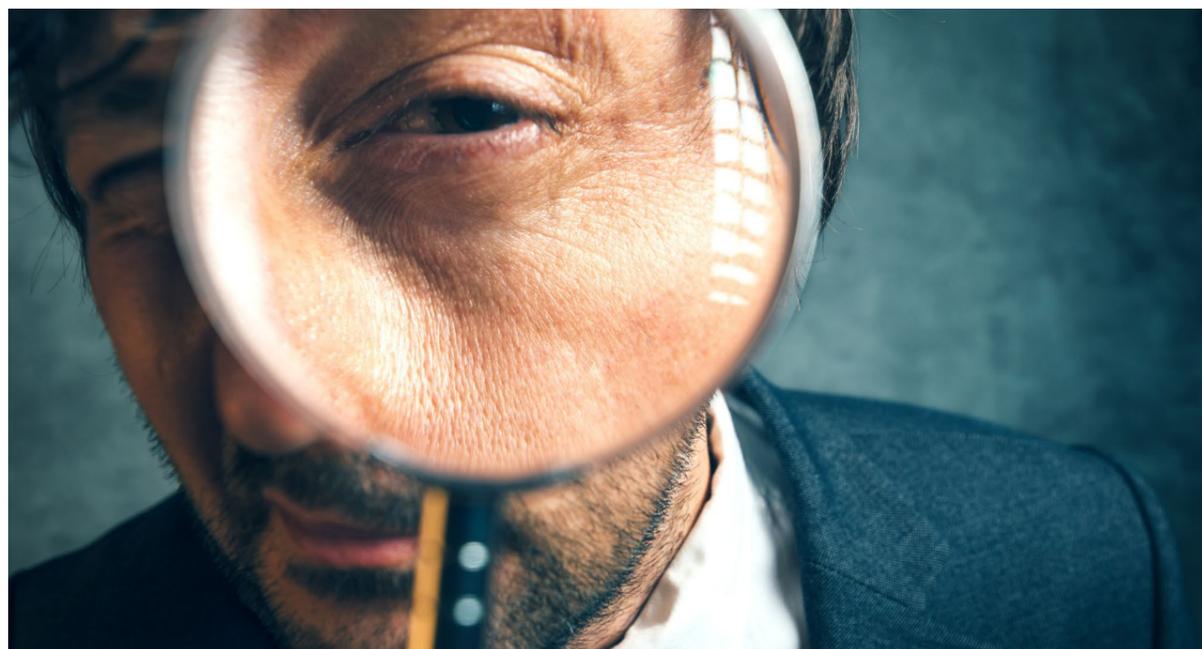
Rintracciabilità: il Regolamento 178/2002

Partendo dalle norme vale la pena specificare che, per poter analizzare una definizione del principio di rintracciabilità, occorre fare riferimento all'articolo 3 n. 15) del Regolamento 178/2002, il quale così lo inquadra: *la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, di un mangime, di un animale destinato alla produzione alimentare o di una sostanza destinata o atta ad entrare a far parte di un alimento o di un mangime attraverso tutte le fasi della produzione, della trasformazione e della distribuzione.*

Ora, volendo fornire un'interpretazione dell'articolo in commento pare opportuno soffermarsi su un dettaglio di non poco rilievo. Il principio in parola, infatti, può essere correttamente analizzato solo se si fa riferimento a quella che

potremmo definire come "la storia" del prodotto alimentare. È, infatti, questa a dover essere seguita dall'OSA ed è su questa che lo stesso è chiamato a rispondere fornendo le corrette informazioni. In capo agli operatori del settore alimentare, infatti, opera un **obbligo di tenere specifici comportamenti finalizzati ad individuare e fornire informazioni circa il percorso seguito dall'alimento.** Tale compito viene assolto tramite la predisposizione di sistemi e procedure in grado di raccogliere tali informazioni e, all'occorrenza, metterle a disposizione delle autorità competenti.

Si è però accennato alla differenza tra rintracciabilità e tracciabilità del prodotto alimentare. Vale la pena analizzarla più nello specifico.



Rintracciabilità e tracciabilità

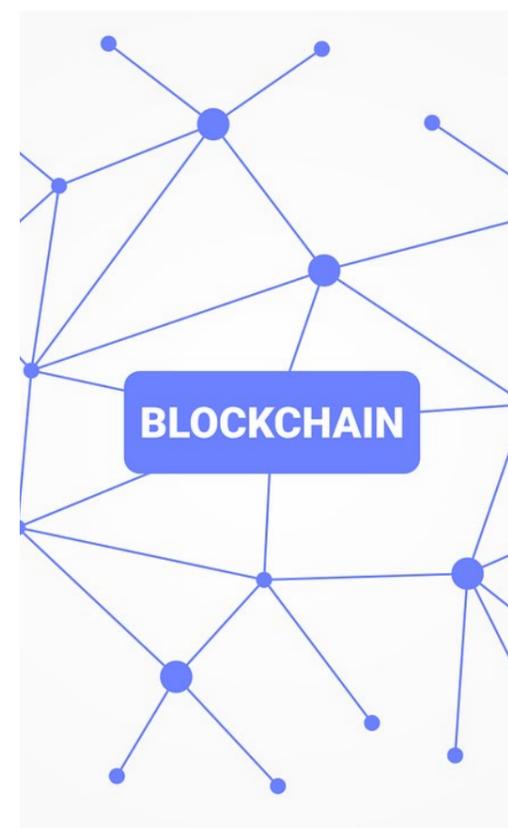
Si noti che il Regolamento sopra menzionato parla di rintracciabilità mentre ad introdurre il concetto di tracciabilità è il successivo **Regolamento (CE) n. 1830/2003** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 settembre 2003, concernente la tracciabilità e l'etichettatura di organismi geneticamente modificati e la tracciabilità di alimenti e mangimi ottenuti da organismi geneticamente modificati, nonché recante modifica della Direttiva 2001/18/CE.

La questione merita, allora, un approfondimento: con il termine rintracciabilità, infatti, si indica quel processo volto a **ripercorrere la catena di produzione di un prodotto**, dall'alimento finito sino alla materia prima al fine di ricercare un preciso evento o un'azione.

Per tracciabilità, invece, si intende **quella serie di azioni volte a tenere traccia di tutti gli elementi che intervengono lungo la filiera e che creano, modificano o trasformano un prodotto.**

Si tratta, come evidente, di due azioni distinte, volte, da un lato, a tenere traccia di tutti i passaggi che portano alla commercializzazione di un prodotto e, dall'altro, a poter risalire lungo l'intera filiera.

I due processi, allora, nel realizzare un percorso che, tramite comunicazione e archiviazione di dati ne consente una rapida consultazione, non fanno che riportare la storia del prodotto con riferimento ai materiali e agli operatori che concorrono alla sua formazione, commercializzazione e fornitura.



A questo punto occorre porsi una domanda. Come può la tecnologia semplificare questi processi? Vale la pena affrontare, proprio con riferimento alla rintracciabilità, la questione relativa alle possibili applicazioni della tecnologia blockchain al settore food.

La tecnologia in oggetto, nata nel mondo delle criptomonete, viene utilizzata per archiviare e condividere informazioni rendendole immutabili. Le criptomonete, come noto, agiscono in assenza di banche centrali e, per questo, necessitano di una rete decentralizzata in grado di gestire i flussi di dati permettendo la registrazione di tutte le transazioni e, conseguentemente, la possibile consultazione delle stesse da parte di tutti gli utenti.

Blockchain: è applicabile per la rintracciabilità?



Di recente è stata più volte paventata e, in alcuni casi, testata, l'applicabilità della tecnologia blockchain al settore alimentare proprio nell'ambito della rintracciabilità. Il passaggio di materie prime, ingredienti, lavorati e semilavorati di cui si è appena parlato, infatti, avviene tra diverse aziende che, in caso di necessità devono essere, appunto, rintracciate. Oggi tale procedimento avviene tramite un'opera a ritroso di azienda in azienda, procedendo dal momento dell'acquisto o della somministrazione al consumatore per arrivare fino all'azienda produttrice della materia prima. Un processo lungo e dispendioso che mette in serio pericolo l'effettiva efficacia dei sistemi di controllo e di allarme nel caso di rischio per la salute. Per converso, la blockchain, tramite un sistema di archi-

viazione e comunicazione decentralizzato, sarebbe in grado di riportare, in ogni momento, tutte le informazioni necessarie sull'alimento analizzato.

Dal punto di vista pratico, dunque, la tecnologia potrebbe prevenire le frodi fornendo in tempi brevissimi tutte le informazioni relative alla rintracciabilità del prodotto alimentare e, al contempo, garantendone la pressoché totale inviolabilità grazie proprio alla decentralizzazione del processo di archiviazione. La catena Walmart ha condotto due test provando l'efficacia del sistema con e senza la blockchain. Senza la tecnologia sono stati necessari sei giorni per risalire al produttore di un determinato ingrediente ritenuto pericoloso per la salute umana, con la tecnologia appena due secondi.



Non solo sicurezza però! La tecnologia in oggetto potrebbe determinare un vero punto di svolta dal punto di vista comunicativo. Si pensi alla rilevanza che l'origine del prodotto riveste, specie nel nostro Paese. Senza voler annoiare con le norme che regolano questo aspetto, basti dire che negli ultimi tempi il legislatore italiano – e non solo – ha dato il via ad una stagione legislativa strettamente legata all'indicazione d'origine del prodotto e dell'ingrediente primario. Ebbene, la tecnologia blockchain, se utilizzata propriamente, ben potrebbe fornire una risposta ai quesiti dei consumatori in tal

senso, garantendo le informazioni di cui questi hanno bisogno.

Ciò posto, però, non possono evidenziarsi anche alcune criticità. Si pensi, ad esempio, all'errore di inserimento di un'informazione nel sistema blockchain che renderebbe quell'informazione immutabile e – immutabilmente – sbagliata. Una mela, insomma, inserita nel sistema come "pera", rimarrebbe tale per tutta la sua vita nella filiera agroalimentare con, peraltro, poche chance di riconoscere l'errore in un sistema totalmente digitalizzato.

Ulteriore elemento di difficoltà legato all'utilizzo del sistema blockchain in ottica di rintracciabilità è quello relativo agli smart contracts. Come noto, infatti, la blockchain utilizza, per poter funzionare correttamente, dei contratti digitali i quali stabiliscono che al realizzarsi della condizione A, si avvera la condizione B. Gli smart contract, quindi, sono forme contrattuali in cui le clausole vengono analizzate e eseguite automaticamente al realizzarsi di determinate condizioni.



Ora, la difficoltà principale legata a questo modello è quella legata all'interpretazione dei contratti. Non tutte le transazioni, infatti, possono essere ricondotte al semplice schema riportato e, soprattutto, forme di contrattualizzazione degli accordi più complessi difficilmente verrebbero "capiti" dal codice

dello smart contract. Ultima criticità è quella legata alle infrastrutture. Lavorare con la blockchain comporta la necessità di generare e utilizzare una enorme mole di dati e, quindi, connessioni veloci e dati pubblici.

Ora, al netto della cronica difficoltà di ottenimento dei dati, radicata in una determinata mentalità imprenditoriale, unita all'attuale assenza di infrastrutture, specie nelle zone agricole del nostro Paese, rende naturalmente ardua la sfida della crescita tecnologica nel settore agroalimentare, almeno per come qui inquadrata. Su questo, senza dubbio, occorre ancora lavorare – e la tecnologia 5G potrebbe essere d'aiuto - ma, in conclusione, può dirsi che di sicuro quella della blockchain è una tecnologia potenzialmente in grado di rivoluzionare uno dei settori maggiormente rilevanti per il diritto e il mercato agroalimentare.

Importanti novità per te:

Food Hub ci tiene a darti la possibilità di usufruire dei suoi contenuti nel miglior modo possibile. Per questo adesso puoi ascoltare in modalità audio le newsletter settimanali.

Sono arrivati i podcast

Adesso restare aggiornati è ancora più semplice. Ti basterà far partire il podcast per ascoltarci in tutta comodità.

Seguire Food Hub è ancora più facile e divertente!

Spreaker★

Spotify®

[foodhubmagazine.com](https://www.foodhubmagazine.com)

LA BLOCKCHAIN E IL CIBO "ONESTO"

Con 109 anni di storia, IBM è leader nell'Innovazione al servizio di imprese e istituzioni in tutto il mondo. Opera in 170 Paesi con circa 380 mila dipendenti, e in Italia dal 1927 contribuendo allo sviluppo dell'innovazione in ogni settore economico.

L'azienda offre alle organizzazioni l'accesso alle tecnologie esponenziali per la trasformazione digitale dei modelli di business: una piattaforma Cloud che abilita le soluzioni di Intelligenza Artificiale per la comprensione dei dati e l'impiego della Blockchain, infrastrutture sicure e flessibili, servizi di consulenza e di progetto specifici per ogni comparto industriale e una ricerca che spazia dalla Cybersecurity al Quantum Computing.



Blockchain e DLT: cosa sono?

La tecnologia Blockchain, nata come strumento alternativo di pagamento con la cryptocurrency bitcoin, sta mostrando importanti ambiti di **applicazione in settori diversi da quello finanziario**.

Nello specifico la più estesa famiglia delle DLT – Distributed Ledger Technology [1], che comprende la tecnologia Blockchain, è basata su un ecosistema di nodi/partecipanti che condividono

le modifiche ad un registro distribuito mantenuto in multiple copie condividendone anche regole di alimentazione e controllo.

Ogni attore della DLT, nel nostro caso della filiera Food, potrà inserire nel Registro (Ledger) le informazioni di propria pertinenza, nel rispetto delle regole della comunità, che avrà la possibilità di controllare e validare il contributo mantenendone una propria copia.



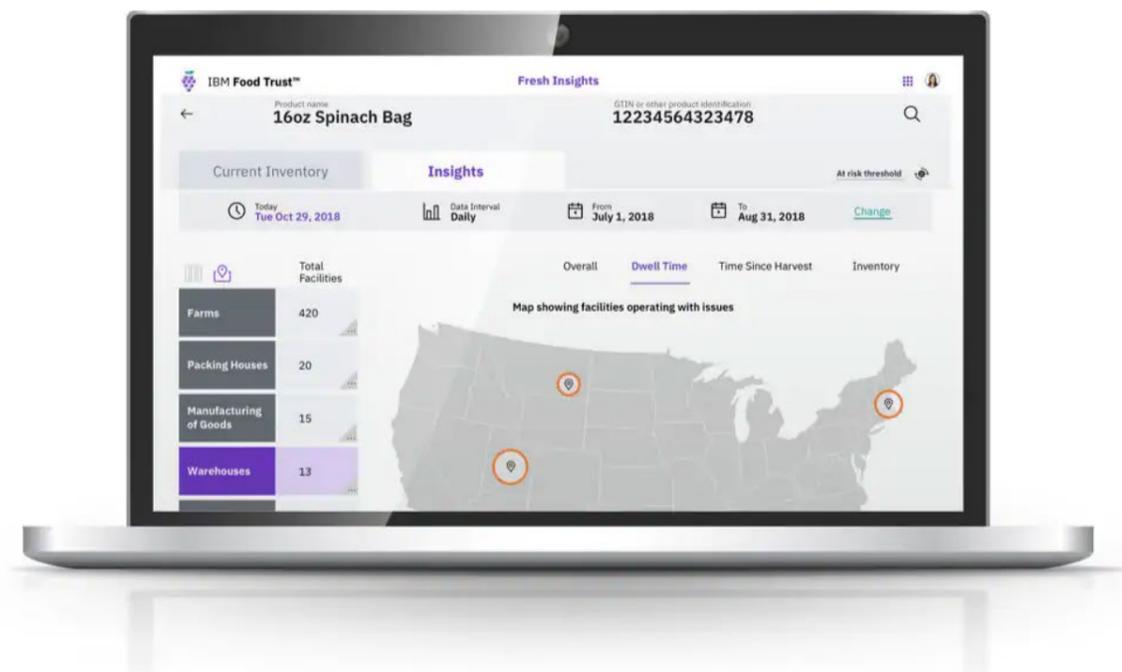
Fabio Malosio

Laureato in Economia e Commercio, lavora in IBM dove ha ricoperto differenti responsabilità.

Si occupa di Blockchain dal 2015 come responsabile delle soluzioni Blockchain IBM per il mercato italiano (tra queste IBM Food Trust) con la responsabilità di diffondere la conoscenza dei benefici che questa nuova tecnologia può portare, sviluppare un ecosistema di partner e disegnare soluzioni ad hoc per le imprese clienti.

La distribuzione dei registri e il controllo esercitato dai membri della comunità garantiscono i valori di:

- Immutabilità
- Trasparenza
- Fiducia
- Decentralizzazione



A cosa serve una DLT/Blockchain per il Food

I valori alla base di una DLT si prestano ad affrontare e agevolare la soluzione a diversi aspetti riguardanti la filiera del food (Figura 1).

- **Food Safety/Cibo Sicuro:** una tracciatura efficace e trasparente permette una gestione ottimale degli inevitabili casi di RECALL per qualunque causa (es. per contaminazione) che diventano più efficienti in quanto mirati e immediati: con la Blockchain è possibile **ricostruire la storia del prodotto in secondi invece che in giorni a tutto vantaggio della salute del consumatore** (e a favore della brand reputation).
A domanda diretta, 9 consumatori su 10 in Italia credono vi sia un valore importante nell'avere cibo tracciabile sulla blockchain per garantire maggiore sicurezza e recall immediati [2].

- **Riduzione dello spreco di cibo:** una gestione del richiamo prodotti mirata è un grande contributo a limitare lo spreco di cibo che oggi riguarda quasi un terzo del cibo prodotto [3]. **I consumatori di molti Paesi sono sensibili al tema Food Waste** (75% dei consumatori italiani). Il 53% dei consumatori italiani, inoltre, dichiara di comprare con maggiore favore presso supermercati che mostrano iniziative rivolte alla riduzione dello spreco [4].
- **Efficienza della filiera** nel suo complesso grazie alle informazioni a disposizione di tutti gli attori della stessa in modo trasparente e immediato. Basta zone grigie e informazioni blindate in silos organizzativi o applicativi.

- **Consumatore informato:** le informazioni raccolte col contributo degli attori della filiera possono essere messe a disposizione del consumatore, sempre più attento ai temi della sostenibilità (sia da un punto di vista ambientale che etico) e al tema della provenienza. Grazie alle informazioni registrate in modo immutabile sul registro condiviso i prodotti potranno raccontare la loro storia in maniera garantita e completa. Almeno 8 consumatori su 10 in Italia credono vi sia valore nel conoscere l'autenticità, la data di produzione e la vita sullo scaffale del prodotto. Ancora più importante un terzo di loro riconosce un premium del 5%, e un terzo del 10% [5].
- **Garanzia di sostenibilità etica e ambientale.** Parliamo di integrazione con i documenti di certificazione, audit, analisi e altro.
- **Lotta a contraffazioni e frodi.**
- **Tutela del "Made in Italy":** dare visibilità e trasparenza alla Filiera del Made in Italy contribuisce alla sua tutela e ad affrontare il problema dell'ita-

lian sounding: nel 2018 è salito a oltre 100 miliardi il valore del falso Made in Italy agroalimentare nel mondo con un aumento record del 70% nel corso dell'ultimo decennio, mentre l'export italiano si è attestato a circa 42 miliardi [6]. Inoltre, l'88% dei consumatori italiani ritiene importante la provenienza del prodotto. [7]



Oggi le filiere tradizionali del food limitano la trasparenza

Il problema:

- I dati sono chiusi in silos di ogni partecipante e l'accesso richiede un permesso a tempo
- Lo scambio di informazioni avviene tipicamente tra coppie di partner. Ottenere informazioni su partner non adiacenti richiede intermediari, tempo e risorse
- La maggior parte delle transazioni sono ancora paper-based, creando inefficienze e sprechi e facilitando le opportunità di frodi
- Il fatto che ogni attore mantenga una propria versione delle transazioni provoca contestazioni e dispute quando vi sono differenze spendendo tempo e risorse per riconciliare



Fig. 1 (a)

Blockchain trasforma i sistemi con la fiducia e la trasparenza

La soluzione:

- Blockchain fornisce una piattaforma decentralizzata per la condivisione e la distribuzione dei dati
- Tutti possono così avere una immediata trasparenza sulle transazioni che sono autorizzati a vedere, senza necessità di intermediari
- L'immutabilità dei dati crea una storia auditabile, disincentivando comportamenti fraudolenti
- Le dispute vengono ridotte a zero o comunque è possibile definirne una risoluzione automatica con gli smart contract, risparmiando tempo e risorse.



Fig. 1 (b)

Un caso in produzione: IBM Food Trust



Analizziamo nel dettaglio la soluzione più estesa presente oggi sul mercato: IBM Food Trust.

Un viaggio iniziato da IBM nel 2016 con Walmart, il maggiore retailer mondiale, con due sperimentazioni sulla tracciatura della filiera del mango negli USA e della carne di maiale in Cina. Il successo dell'iniziativa ha portato IBM, col supporto iniziale di Walmart, a lanciare sul mercato la prima iniziativa Blockchain globale per il cibo, col nome di IBM Food Trust TM (IFT) piattaforma in produzione dal 2018.

IFT si presenta tecnologicamente come una soluzione composta da servizi modulari implementati su una Blockchain permissioned (Hyperledger Fabric) e i cui nodi sono ospitati sulla piattaforma cloud IBM chiamata IBM Blockchain Platform (IBP) (Figura 2).

I moduli principali svolgono 4 funzioni:

- **Data Entry:** permette il popolamento del registro da parte degli attori di filiera con diverse modalità (tramite interfaccia utente, file excel e dalle applicazioni).
- **Trace:** permette la gestione del Tracing ricostruendo la storia del prodotto da un punto di vista logistico e di eventi (vengono utilizzati gli standard GS1 EPCIS) e da un punto di vista degli ingredienti che lo compongono; permette inoltre la gestione efficiente dei recall.
- **Documents:** permette di associare agli eventi e conservare in maniera ordinata i documenti (o meglio la prova dell'esistenza dei documenti) di varia natura associati al prodotto e ai suoi eventi.
- **Hyper Insight:** permette una analisi di dettaglio sui tempi di rotazione e permanenza nelle fasi logistiche evidenziando lotti e pallets a rischio dal punto di vista freschezza del prodotto e dando

una visione d'insieme delle prestazioni e criticità degli attori di filiera.

Per facilitare l'accesso del mondo agricolo viene offerta una Farmer App e per consentire l'accesso alle informazioni del registro ai consumatori viene offerta una Consumer App.

In pratica quando un utente, per esempio, scansiona il QR Code stampato sulla confezione del prodotto, utilizzando come un puntatore le informazioni tracciate in maniera immutabile sulla Blockchain, **sarà possibile ricostruire la vita di un qualunque prodotto dalla sua origine.**

Le informazioni visualizzabili sono potenzialmente tutte quelle tracciate, ed è responsabilità dei vari attori che partecipano alla filiera contribuire con una granularità maggiore o minore.

Un prodotto può essere tracciato da quando è prodotto finito, oppure possiamo tracciare i singoli ingredienti da cui è composto e la loro origine.

Il successo dell'iniziativa ha portato IBM, col supporto iniziale di Walmart, a lanciare sul mercato la prima iniziativa Blockchain globale per il cibo

IBM Food Trust fa leva sulla blockchain per indirizzare i problemi dell'ecosistema food

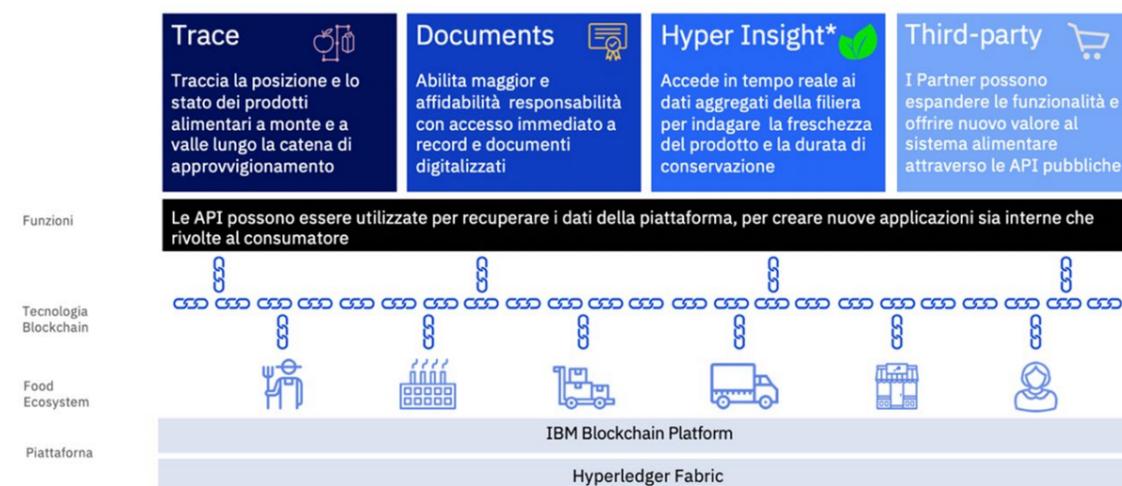


Fig. 2

La ricchezza delle informazioni di una filiera dipenderà dunque dalla numerosità di attori che parteciperanno e dai dati e dagli eventi che ognuno di essi vorrà rappresentare sulla Blockchain e mettere a disposizione di tutti gli attori della filiera.

Potranno essere memorizzate oltre alle informazioni sugli eventi tipici (commissioning, decommissioning, aggregation, disaggregation, transformation, observation) certificati, analisi, ispezioni, dati su consumi e sostenibilità.

Il successo della piattaforma sarà misurabile dal numero e dalla varietà dei partecipanti (non solo gli attori tipici della filiera, ma certificatori, laboratori di analisi, ristorazione e mense, consorzi e associazioni). Tutti gli attori dovranno trovare un beneficio (o un obbligo) nella sua partecipazione, aumentando il valore complessivo della rete blockchain (Figura 3). La soluzione offre delle API pubbliche con le quali chiunque potrà creare le proprie App o personalizzare quelle esistenti ed interagire coi moduli di Food Trust.

Ecosistema Food Trust



Fig. 3

Vi sono API utilizzate per popolare Blockchain con le informazioni di tracciatura e altre API per interrogare le Blockchain ed estrarre le informazioni utili alla gestione di recall, alla condivisione col consumatore delle informazioni del prodotto e della sua storia, alle richieste delle autorità e delle varie associazioni.

Inoltre la piattaforma è aperta e permette ad altri sviluppatori di implementare nuovi moduli che potranno diventare in futuro ulteriori estensioni e servizi di Food Trust.

Nella soluzione IBM Food Trust vale il principio: **“You upload, you own, you control: i dati appartengono a chi li carica”**.

Proprio chi li carica ha la possibilità di determinarne il grado di visibilità (per tutti, per i partner di filiera, solo per sé stessi).

IBM Food Trust: chi lo sta utilizzando per fare cosa?

IBM Food Trust Milestones

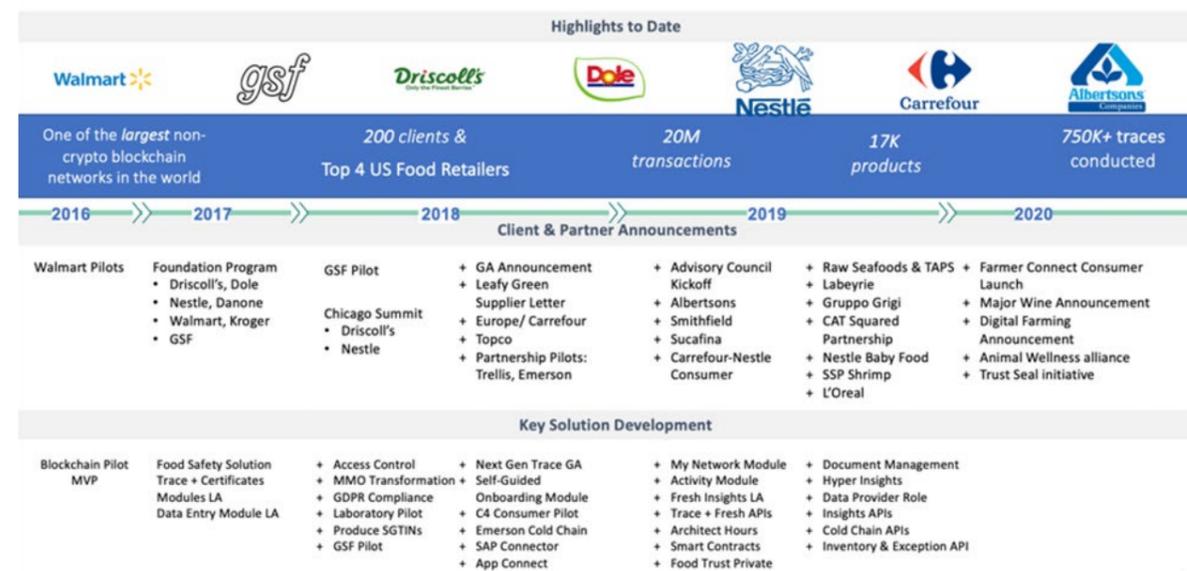


Fig. 4

In produzione dalla metà del 2018, IBM Food Trust viene utilizzato da più di 200 clienti, **traccia più di 17.000 prodotti**, ha registrato più di 20 milioni di transazioni (Figura 4).

Gli esempi pratici sono dunque molti; riassumiamo qui sinteticamente i principali rimandando per gli approfondimenti ai link presenti in bibliografia e alle referenze rintracciabili in rete:

Frutta/Verdura

Walmart – USA – Iniziativa Fresh Leafy Green [8]: è la prima iniziativa di larga scala di Walmart indirizzata alla gestione efficiente di possibili recall sulle insalate verdi a foglia larga (spinta dal grave caso di contaminazione di lattuga romana da Escherichia coli della primavera 2018 che ha causato 5 morti e più di 210 casi, preceduta da grave

caso sugli spinaci nel 2006). Walmart, già attiva sulla Blockchain Food Trust, ha comunicato a tutti i fornitori di verdure verde a foglia larga l'obbligo di tracciare il ciclo di vita del prodotto su IBM Food Trust entro il 2019.

Lo scopo è quello di raccogliere le informazioni sui lotti dei prodotti grazie alla tecnologia Blockchain in secondi invece che in giorni e settimane (Walmart ha dichiarato che senza Food Trust ha un tempo medio superiore ai sei giorni per raccogliere tutte le informazioni sui lotti e gestire un recall).

Tutto ciò ha il fine di tutelare la salute del consumatore e la reputazione del brand.

Walmart ha già dichiarato che tale obbligo si estenderà in futuro ad altre tipologie di prodotti.

Ricordiamo un concetto importante: il cibo "trust", in cui avere fiducia, non è quello perfetto, ma quello onesto, che non nasconde i problemi, ma li condivide insieme alle azioni per superarli.

Carrefour Francia – Tracciatura agrumi [9]: la tracciatura sulle arance ha permesso a Carrefour di raccogliere i primi dati di impatto sull'adozione della Blockchain. La strategia di Carrefour è guidata dalla trasparenza e dalle informazioni che si vogliono trasmettere al consumatore finale. I risultati mostrano un incremento nelle vendite e un cosiddetto "halo effect": la fiducia che il consumatore ripone nelle arance tracciate ha aumentato anche le vendite del pompelmo.

Carrefour ha deciso di tracciare: agrumi, pollo, uova, latte e prodotti organici. Il piano prevede di portare gradualmente le informazioni sui prodotti della private label sulla Blockchain sempre in una strategia orientata al consumatore informato.

Carrefour/Nestlé – Francia – Tracciatura purè Mousline [10]: caso di collaborazione, non scontata, tra produttore e retailer al fine di garantire la provenienza francese delle patate utilizzate per il purè.



Carne

Golden State Food - USA – Tracciatura Hamburger [11]: caso di integrazione fra Blockchain e IoT per la gestione della catena del freddo nei vari passaggi. Carrefour - Spagna – Tracciatura Pollo Camperos [12].

Olio

CHO - Tunisia – Olio d'oliva [16].



Caffè

Farmer Connect – Svizzera – Caffè [17]: strategia orientata, oltre alla tracciatura del ciclo di vita del caffè, al tema della sostenibilità etica: rende possibile una connessione diretta (con relative donazioni) tra il coltivatore del caffè e il consumatore finale.

Pasta

Gruppo Grigi - Italia – Pasta Aliveris [18]: la prima pasta al mondo (bio) garantita Blockchain

Prodotti infanzia

Gerber-Nestlé – USA – Prodotti infanzia [19].



Pesce

Kvaroy – Norvegia – Tracciatura salmone [13].

Raw Sea Food – USA – Tracciatura filetto Merluzzo [14]. Sustainable Shrimp Partnership (SSP) – Perù – Tracciatura scampi [15].



I punti critici

Una tracciatura DLT/Blockchain per la trasparenza della filiera food presenta dei punti di attenzione individuati dalle critiche più comuni che vanno considerate per giungere ad una soluzione matura e completa.

Il primo punto riguarda **la capacità di creare un ecosistema completo**, che coinvolga il più alto numero possibile di attori della filiera, dal mondo agricolo di produzione a quello della trasformazione, della logistica e della distribuzione. A questo possiamo aggiungere gli utenti dello stesso: ristorazione, mense, consumatori finali.

Qui **la sfida consiste nel trovare i benefici e gli obblighi che portino ad una convinta partecipazione di tutti.**

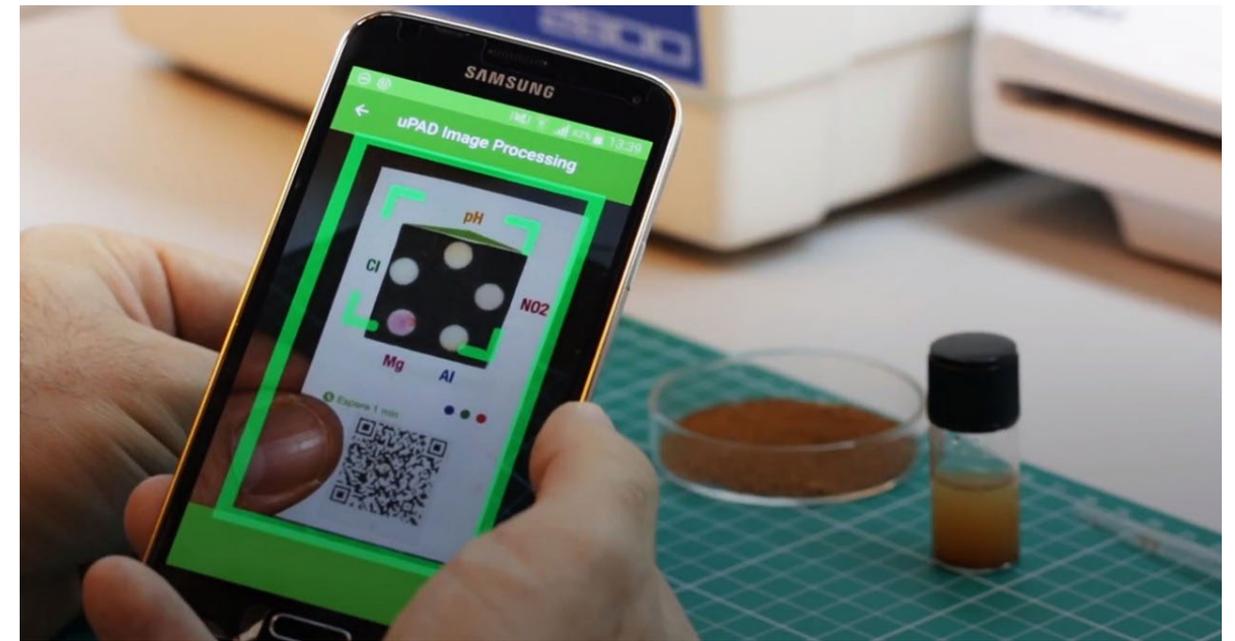
Per questo è fondamentale e necessario:

- avere nell'ecosistema il mondo delle autorità di controllo, governative e soprattutto gli enti certificatori ai diversi livelli;
- facilitare l'accesso e la digitalizzazione del mondo agricolo;
- educare il consumatore a "ricercare" i prodotti più trasparenti e a riconoscere agli stessi un valore "premium" con lo scopo di tornare e dare il giusto prezzo al prodotto che consumiamo e ridare ossigeno al mondo del cibo troppo stretto nelle logiche di grande distribuzione a bassi prezzi.

Il secondo punto: non va mai dimenticato che la DLT/Blockchain per il food, dà una rappresentazione digitale di un mondo fisico e non può di per sé garantire la veridicità delle informazioni memorizzate.

Come un affidabile notaio, Blockchain registra e rende immutabile le informazioni memorizzate, legandole anche al momento esatto nel tempo (timestamp) e assegnando la responsabilità/proprietà del dato inserito.

Dichiarazioni mendaci rimangono memorizzate permettendo l'emergere di frodi con maggiore facilità ed è sempre evidente chi ha inserito cosa nella Blockchain.



Grazie alle regole codificate negli smart contract della Blockchain è possibile prevedere una serie di controlli e automazioni a ogni inserimento di informazioni ed eventi (le cosiddette transazioni) che garantiscono un primo livello nella qualità e completezza del dato.

Un secondo livello è rappresentato dal **coinvolgimento degli enti certificatori, auditor, laboratori a tutti i livelli.**

Per le informazioni di pertinenza diventeranno loro i garanti della bontà delle informazioni: potranno inserire direttamente nel registro le prove di analisi di laboratorio, ispezioni, audit, certificati rilasciati.

Il loro ruolo sarà ancora più importante e visibile di oggi e il loro lavoro potrà essere velocizzato e reso più efficiente dalla massa di informazioni cui disporranno grazie al registro condiviso.

Una terza modalità che aumenta la credibilità delle informazioni è **la naturale convergenza fra la Blockchain e l'IoT** (Internet of Things). La sensoristica sempre più raffinata potrà comunicare in automatico e senza intervento umano tutta una serie di informazioni legate al ciclo di vita del prodotto (trattamenti, rispetto delle temperature di trasporto e della catena del freddo).

Oltre alla sensoristica si stanno sperimentando altre tecnologie atte ad avere un gemello digitale (digital twin) del bene fisico che vogliamo seguire nella sua vita: citiamo come esempi Agropad [20] per condurre veloci ed economiche analisi sulla qualità del suolo e i crypto-anchor [21].

Evoluzioni



La DLT/Blockchain si sta affermando al di fuori del mondo finanziario come attore principale di quello che viene definito Internet of Value.

Il suo utilizzo ha senso solo in ambienti collaborativi e spinge alle aggregazioni in ecosistemi anche nuovi.

La presenza di diverse Blockchain e DLT sul mercato ci mostra già oggi che in futuro queste blockchain interagiranno fra loro esattamente come avviene nel mondo reale.

In tema di tracciatura non è difficile immaginare una economia circolare supportata da una serie di Blockchain: per esempio, il cibo prodotto spesso deve viaggiare e una parte della sua tracciatura potrà essere svolta da una blockchain specializzata nella logistica (già in produzione è TradeLens sviluppata da IBM e Maersk) [22].

Le aziende che importano ed esportano saranno garantite da banche per finanziamenti e pagamenti (e anche qui abbiamo una blockchain di Trade Finance in produzione: we.Trade [23]) e vorremmo anche riciclare il packaging in plastica premiando la raccolta virtuosa della stessa e il suo riciclo (vedere come esempio la banca della plastica: Plastic Bank)[24].

Emergeranno anche nuovi temi già presenti quali il packaging sostenibile, l'animal welfare, bio e vegan ecc.

Il mondo delle DLT/Blockchain con la sua trasparenza e immutabilità si presta perfettamente per promuovere la ricompensa di comportamenti virtuosi e l'emersione di quelli viziosi



La Blockchain/DTL impatta un aspetto tipicamente umano delle relazioni: la fiducia. Con Blockchain si può ottenere fiducia tramite un algoritmo matematico. Per questo promette di avere un impatto importante sul mondo del futuro.

Costituisce una grande opportunità per rendere trasparente la nostra eccellenza in Italia e nel mondo.

Ricordiamoci che la fiducia nei rapporti umani non si basa sulla perfezione, ma sull'onestà.

Il futuro prodotto di successo sarà quello onesto che non avrà paura di esporre anche i propri difetti insieme alle azioni future per migliorarsi [25].

BIBLIOGRAFIA

1. Legge 11 febbraio 2019, n 12 – Articolo 8-Ter, comma 1. Si definiscono “tecnologie basate su registri distribuiti” le tecnologie e i protocolli informatici che usano un registro condiviso, distribuito, replicabile, accessibile simultaneamente, architeturalmente decentralizzato su basi crittografiche, tali da consentire la registrazione, la convalida, l’aggiornamento e l’archiviazione di dati sia in chiaro che ulteriormente protetti da crittografia verificabili da ciascun partecipante, non alterabili e non modificabili”
2. Morning Consult e IBM (Novembre 2019) - European Food Sustainability Study – Survey Results. Vedi anche: <http://www.data-manager.it/2019/12/italian-food-responsibility-study-italiani-impegnati-a-proteggere-il-suolo-e-attenti-alla-sostenibilita-alimentare/>
3. Morning Consult e IBM (novembre 2019) - European Food Sustainability Study – Survey Results
4. Morning Consult e IBM (novembre 2019) - European Food Sustainability Study – Survey Results
5. Morning Consult e IBM (novembre 2019) - European Food Sustainability Study – Survey Results
6. Coldiretti (2019) - <https://www.coldiretti.it/tag/italian-sounding>
7. Morning Consult e IBM (novembre 2019) - European Food Sustainability Study – Survey Results
8. Walmart Greenleaf: https://corporate.walmart.com/media-library/document/leafy-greens-food-safety-traceability-requirements-faq/_proxyDocument?id=00000166-0c8e-dc77-a7ff-4dff95cb0001
9. Carrefour agrumi: <https://www.reuters.com/article/us-carrefour-blockchain/carrefour-says-blockchain-tracking-boosting-sales-of-some-products-idUSKCN1T42A5>
10. www.freshpointmagazine.it/tech-logistica/blockchain-carrefour-nestle-ibm-pure-mousline-campo/
11. Golden State Food: <https://www.businessinsider.com/sc/food-blockchain-iot-meat-2019-1?IR=T>
12. Carrefour Pollo Camperos:
13. Kvaroy Salmone: <https://kvaroy-ci.eu-de.mybluemix.net/#/>
14. Raw Seafood: <http://www.rawseafoods.com/news/post/ibm-and-raw-seafoods-to-improve-seafood-traceability-using-blockchain>
15. Sustainable Shrimp Partnership (SSP) - Scampi: <https://newsroom.ibm.com/2019-05-06-Shrimp-Tastes-Sweeter-With-Blockchain-Based-Traceability>
16. CHO – Olio Delyssa: <https://www.ibm.com/easytools/runtime/hspx/prod/public/X0027/PortalX/it/it/page/pageTemplate?s=78c374df5c884363b46454a5ffefb5d9&c=16c9e7647ffa495a84a280487594501a>
17. Caffè – Farmer Connect: <https://www.farmerconnect.com/>
18. Grigi – Aliveris: <https://fooditaliae.com/news/arriva-dallumbria-la-prima-pasta-al-mondo-certificata-da-blockchain/>
19. Gerber: www.supplychaindive.com/news/blockchain-test-food-trust-nestle-gerber-baby-food/529390/

BIBLIOGRAFIA

20. Agropad: <https://www.youtube.com/watch?v=UYVc0TeuK>
21. Cryptoanchor: www.youtube.com/watch?v=LUFWk55w5o0
22. TradeLens: <https://www.tradelens.com/>
23. we.Trade: <https://we-trade.com/>
24. Plastic Bank: <https://plasticbank.com/>
25. CGF for Futerra (2018) - The Honest Product: <https://www.wearefuterra.com/2018/10/the-honest-product-are-you-ready-for-the-new-frontier-of-sustainable-business/>

EATALICO.IT PORTA IL MADE IN ITALY VERSO NUOVE FRONTIERE

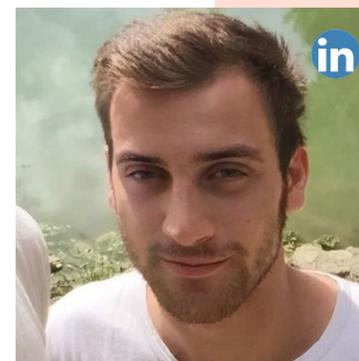
Eatalico.it è una start up innovativa che opera all'interno del settore agroalimentare italiano. Si prefigge l'obiettivo – impegnativo, ma al contempo urgente – di tutelare e garantire il reale Made in Italy da frodi e raggiri che causano danni su più fronti, coinvolgendo i reali produttori italiani e i consumatori finali, oltre che all'immagine del nostro Bel Paese nel mondo. È proprio per offrire delle soluzioni efficaci e adeguate ai problemi di cui soffre da anni il Made in Italy, eatalico.it ha sviluppato una piattaforma di certificazione davvero unica nel suo genere.



I problemi urgenti dell'agroalimentare Made in Italy

Quando si parla di prodotti agroalimentari Made in Italy, in ogni consumatore sorge il sospetto che in realtà non si tratti di prodotti realmente italiani. Il dubbio è più che legittimo, dal momento che il vasto giro di contraffazioni e frodi riguardanti il Made in Italy non fa altro che corro-

dere la fiducia dei consumatori, che in questo marasma si sentono sempre più sperduti, privi della necessaria chiarezza e, soprattutto, di strumenti in grado di orientarli. Il fenomeno del falso Made in Italy prende il nome di Italian sounding e nel 2019 – solo per citare l'anno appena concluso – ha avuto effetti negativi



Nicola Moramarco

Laureato in Economia e Commercio, sin dai tempi del liceo è stato appassionato di Cryptovalute e Blockchain, tanto che la sua tesi di laurea fu: "Platform Economy: dal World Wild Web alla Blockchain". Dopo alcuni mesi dalla proclamazione ha lanciato la sua "piattaforma" a difesa dei prodotti Made in Italy, nata a Dicembre 2018: "Eatalico.it". Insieme a lui, in questo progetto innovativo, altri due soci, due suoi coetanei e amici, il tecnologo Antonio Di Benedetto e il programmatore Carlo Centoducati.

per tutta l'economia che gravita attorno al Made in Italy. Secondo le stime Col-diretti, **l'Italian sounding ha un giro d'affari di 100 miliardi di euro, con una conseguente perdita di 300 mila posti di lavoro.** Tra i prodotti ingannevoli (due su tre con certificati Made in Italy sono in realtà fasulli) vi sono anche la mozzarella Casa Italia, il vino Bordolino e la mortadella Milano, che in realtà nemmeno esistono nel nostro paese [1]. Non si tratta, perciò, solo di prodotti imitati, ma anche di prodotti "inventati" di sana pianta e spacciati per italiani. Il problema, però, non riguarda solamente il mercato estero (Usa, Russia

e Australia sono in prima fila tra i paesi produttori di articoli italian sounding), dal momento che anche in Italia è pratica ricorrente fregiarsi del marchio Made in Italy, pur avendo importato materie prime dall'estero.

Eatalico.it costituisce un saldo argine contro questo processo che sembra inarrestabile. Perché sia possibile un ritorno al vero e autentico agroalimentare Made in Italy, eatalico.it ha predisposto degli strumenti in grado di restituire chiarezza, certezza e di distinguere ciò che è originale e italiano da ciò che è solo una copia.

Primo strumento di garanzia: la blockchain

La normativa europea, ovvero il REGOLAMENTO (CE) N. 178/2002 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 28 gennaio 2002, ha sottolineato la **necessità della rintracciabilità ai fini di garantire al consumatore la sicurezza alimentare**. Per rintracciabilità si intende *“la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, [...] attraverso tutte le fasi della produzione, della trasformazione e della distribuzione”*[2].

È proprio per fornire uno strumento trasparente e funzionale che eatalico.it ha implementato una piattaforma di certificazione basata sulla tecnologia blockchain

In altre parole, il consumatore deve avere la possibilità, acquistando un prodotto alimentare, di risalire, andare a ritroso nella catena di produzione, fino a monte della filiera. Affinché un prodotto sia rintracciabile, è indispensabile che prima sia stato tracciato. La tracciabilità è rappresentata dalle tracce, appunto, che un prodotto lascia dietro di sé. Queste **tracce sono le procedure, i certificati, le identificazioni**, tutto ciò che è in grado di documentare la storia



di un prodotto. Il regolamento europeo sopracitato rimette questo processo alla responsabilità del produttore, tramite strumenti cartacei o elettronici che, però, sono sempre sottoposti alla discrezionalità del produttore. In altri termini, queste procedure sono ancora ultimamente soggettive. Pertanto, per quanti produttori seguono la strada dell'onestà cercando in tutti i modi di garantire un prodotto autentico, ve ne sono altrettanti che approfittano di questa soggettività delle procedure e delle falle del sistema che la legislazione, sia a livello europeo che italiano, non riesce ancora a coprire.

È proprio per fornire uno strumento trasparente e funzionale che eatalico.it ha implementato una piattaforma di certificazione basata sulla tecnologia blockchain. **La blockchain è un registro dati decentralizzato e immutabile**. Il produttore che desidera ottenere la certificazione da eatalico.it, deve in primo luogo caricare ogni dettaglio e informazione circa il prodotto sulla blockchain. Per essere caricata all'interno del registro pubblico, ogni singola informazione deve seguire un protocollo di convalida gestito dai partecipanti. Terminata questa procedura, ogni dato immesso sulla piattaforma è imm modificabile (non si può manipolare) e consente la rintracciabilità del prodotto: materie prime utilizzate, i processi, le tecniche e il luogo di lavorazione e trasformazione, fino al confezionamen-

to. **L'impiego della blockchain ha l'inevitabile vantaggio di rendere trasparente e visibile l'intera storia di un prodotto**. D'altro canto, però, sussiste un problema: il produttore potrebbe caricare un dato falso, dal momento che l'inserimento dei dati è gestito dal produttore stesso. In questo caso, la blockchain restituisce un dato realmente inserito, ma comunque ingannevole.



Secondo strumento di garanzia: i parametri di qualità

Il team di Eatalico.it, consapevole di questo limite della blockchain, ha avuto una ottima intuizione, singolare e unica nel suo genere. Infatti, ha pensato di affiancare all'impiego della blockchain dei parametri qualitativi a cui il prodotto deve uniformarsi per ottenere la certificazione. Il ragionamento è molto lineare: **la rinomanza e la diffusione su scala mondiale dell'agroalimentare Made in Italy non è causata solo da un dato di provenienza geografica, ma – innanzitutto – dalla comprovata qualità dei prodotti enogastronomici italiani.**

È proprio a questo livello che eatalico.it ha deciso di affiancare il criterio d'origine a quello di qualità.

La qualità del prodotto è stabilita in base a tre parametri: **merceologia, tecnologia e tossicologia.** Con i parametri merceologici, eatalico.it appura le caratteristiche, le proprietà, la composizione e le modalità d'uso delle materie prime impiegate per la produzione. In breve, si stabilisce il reale valore delle merci lavorate. I parametri tecnologici, invece, riguardano le tecniche e le procedure di lavorazione con cui si trasforma il prodotto. Con l'analisi tossicologica, infine, si assicura la totale assenza di sostanze nocive (come pesticidi, additivi, fitofarmaci etc.), inquinanti e potenzialmente pericolose per la salute del consumatore. Proprio questo passaggio rappresenta la "marcia in più" e l'aspetto di

innovazione e – per certi versi – rivoluzione che eatalico.it ha messo a punto.



Vantaggi per tutti gli attori coinvolti



Il produttore che avrà completato con successo il procedimento di certificazione, riceverà un apposito Qr Code da apporre sul prodotto certificato. La piattaforma eatalico.it, infatti, genera automaticamente un codice identificativo solo se vengono rispettati – in fase preliminare – gli standard qualitativi. Questo significa che il produttore può anche mentire circa l'origine del prodotto (in questo caso eatalico.it si è dotato di un disciplinare interno per sanzionare le condotte fraudolente), ma è sostanzialmente impossibile presentare un prodotto italiano che non rispetti gli alti standard qualitativi degli autentici prodotti agroalimentari Made in Italy. Questo favorisce indubbiamente i produttori per primi. Coloro che ancora si ostinano a "fare le cose per bene", a preferire l'onestà e l'integrità professionale,

per commercializzare prodotti controllati e di qualità, trovano finalmente nella piattaforma eatalico.it un "porto sicuro", uno strumento con cui tutelarsi e certificare il prodotto del proprio lavoro. Si potrebbe sintetizzare affermando che tale piattaforma offre uno **strumento di promozione, garanzia e valorizzazione per i reali produttori del Made in Italy**, mentre costituisce un deterrente per tutti gli altri. Chi opta per la certificazione eatalico.it, sceglie anche una assicurazione per il proprio prodotto. Chi, al contrario, non sceglie uno strumento di certificazione probabilmente ha qualcosa da perdere! Tuttavia, i vantaggi nell'uso della certificazione eatalico.it si estendono anche al consumatore. La blockchain, infatti, è un registro pubblico e, pertanto, visualizzabile da chiunque. Il consumatore che vuole acquistare un prodotto certificato da eatalico.it può scansionare il Qr Code di riferimento e ottenere tutte le informazioni (la suddetta rintracciabilità) sull'articolo selezionato.

Nuova frontiera di trasparenza e veridicità che ridona al consumatore certezza e, in particolar modo, fiducia nei confronti dei produttori

Si tratta, perciò, di una nuova frontiera di trasparenza e veridicità che ridona al consumatore quella certezza e, in particolar modo, quella fiducia fin troppo spesso tradita e circuita.

Il consumatore, allora, avrà la sicurezza e la garanzia circa i prodotti acquistati e portati a tavola. In ultimo, ma non da ultimo, eatalico.it riporta in alto anche il valore dell'autentico agroalimentare Made in Italy e, di conseguenza, anche la notorietà dei prodotti italiani. I benefici insiti nel ricorso alla certificazione eatalico.it riguardano non solo i produttori e i consumatori, ma anche il territorio, e innanzitutto l'area di provenienza dei prodotti.

Difendere e tutelare il patrimonio enogastronomico italiano significa anche preservare un pezzo consistente e importante della nostra cultura. L'Italia è riconosciuta in tutto il mondo, insieme alla moda, proprio per la sua cucina, invidiata (e copiata) in lungo e in largo. Ecco perché i vantaggi sono molteplici anche per l'intero settore agroalimentare italiano, che tanto necessita di uno strumento affidabile e sicuro di certificazione, tutela, valorizzazione dei prodotti, di difesa dei produttori e di garanzia per i consumatori, di promozione della nostra cultura e della tradizione secolare che contraddistingue il vero Made in Italy.



I casi, ormai all'ordine del giorno, di falsificazioni e adulterazioni di prodotti alimentari, l'abuso ingiustificato dell'etichetta Made in Italy e i diversi fenomeni di imitazione e contraffazione stanno oramai spingendo produttori, lavoratori coinvolti nei vari passaggi della filiera, consumatori a richiedere con insistenza nuovi strumenti – sicuri e non aggirabili – di certificazione. È chiaro che le vecchie forme di garanzia sono obsolete e non riescono più a rispondere alle sfide di un mercato sempre più globalizzato e, di conseguenza, meno controllabile e gestibile. Anche la Coldiretti, da tempo, spinge per l'adozione della tecnologia blockchain: "le potenzialità per l'agroalimentare, così come per tutti i settori economici, si presentano interessanti e concrete. [...] La Coldiretti è comunque pronta a puntare su questo sistema che può costituire, una volta a regime, un valido strumento per garantire i capisaldi della strategia della maggiore organizzazione agricola italiana ed europea e cioè sicurezza e tracciabilità delle produzioni e lotta dura ai cibi taroccati". [3]

Eatalico.it ha l'indubbio merito di aver intuito questi problemi in anticipo e di aver fornito soluzioni funzionali e uno strumento di grande utilità. Nell'articolo citato, infatti, si precisa che il sistema fondato sulla tecnologia blockchain "è ancora sperimentale con infrastrutture tutte da costruire". Eatalico.it, dal canto suo, non solo ha implementato una piattaforma che utilizza tale tecnologia, ma le ha anche affiancato dei parametri qualitativi che vanno ad integrare il sistema di certificazione. Ci troviamo, a tutti gli effetti, in una nuova era dell'agroalimentare Made in Italy.

BIBLIOGRAFIA

1. Tgcom24 Mediaset. (2019). Coldiretti: falso cibo Made in Italy, un affare da 100 miliardi di euro [online] Disponibile da: https://www.tgcom24.mediaset.it/economia/coldiretti-falso-cibo-made-in-italy-un-affare-da-100-miliardi-di-euro_3206919-201902a.shtml [Accesso 10 Feb. 2020]
2. Parlamento Europeo e del Consiglio. (2002 28 gennaio). REGOLAMENTO (CE) N. 178/2002 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 28 gennaio 2002 che stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità europea per la sicurezza alimentare e fissa procedure nel campo della sicurezza alimentare (GU L 31 del 1.2.2002, pag. 1). Disponibile da: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20060428:IT:PDF>
3. Con la blockchain arriva il sistema della tracciabilità perfetta. Il Punto Coldiretti. (2019). Accesso: 10 February 2020. Disponibile da: <https://www.ilpuncocoldiretti.it/attualita/innovazione/con-la-blockchain-arriva-il-sistema-della-tracciabilita-perfetta/>

ROUGE, UNA TUTELA TUTTA NUOVA PER L'ARANCIA ROSSA DI SICILIA IGP

R.O.U.G.E. Red Orange Upgrading Green Economy è il progetto di Digital Trasformation del Consorzio di Tutela dell'Arancia Rossa di Sicilia che permetterà, per la prima volta su di un prodotto ortofrutticolo IGP, di utilizzare la tecnologia Blockchain al fine di garantire autenticità, provenienza e contrastare i fenomeni di contraffazione.

Rouge vuole portare valore a tutta la filiera, e non solo su parti isolate di essa, attraverso la creazione di una piattaforma digitale centralizzata.



Un'opportunità da (rac)cogliere

Creata appositamente da Alma-viva per il Consorzio, Rouge si basa su soluzioni strategiche smart che perseguono al tempo stesso gli obiettivi della Green Economy. In particolare si propone di offrire un efficiente gestione della Supply Chain Management che si dovrà articolare, secondo un approccio end-to-end, all'intera catena del valore, ovvero tra le attività dei produttori in campo fino ai distribu-

tori e operatori logistici. All'interno della Supply Chain le imprese coinvolte genereranno dei flussi informativi in grado di incidere sulla produttività del sistema **Arancia Rossa Igp**, fornendo indicatori essenziali nelle scelte strategiche di penetrazione nei mercati nazionali ed esteri.



Elena Albertini

Vicepresidente Consorzio di Tutela dell'Arancia Rossa di Sicilia Igp con delega alla comunicazione e responsabile progetto R.O.U.G.E dal 2017. Componente Alleanza delle Cooperative nel Gruppo di Contatto Agrumi ITA-SPA-FRA-POR dal 2016 e membro del COGECA nel "Fruit and Vegetables Market Observatory" EU dal 2019. Coordinatore del comitato arance del tavolo Interprofessionale riconosciuto dal MIPAAFT Ortofrutta Italia dal 2012. Agronomo e titolare dell'azienda agricola specializzata in agrumi biologici sita a Mineo (CT) dal 1997.

La vision di rafforzare l'intero flusso di scambio si fonda sui seguenti aspetti:

- paperless,
- minori costi di gestione,
- dissuadere frodi e falsificazioni,
- trasparenza e tracciabilità delle transazioni,
- sicurezza e resilienza,
- potenziamento dei processi di business della Supply Chain utilizzando sistemi innovativi (ICT-IOT),
- crescita delle capacità informative e di analisi del mercato,
- accrescere le capacità contrattuali e l'analisi dei processi decisionali per il controllo e gestione del Consorzio Arancia Rossa Igp.



Rouge è anche un bollino tecnologico apposto sul packaging delle arance rosse e se scansionato racconterà le caratteristiche e l'origine del prodotto. Inoltre, grazie alle nuove tecnologie, è considerato più all'avanguardia rispetto allo strumento della tracciabilità di filiera: infatti, saranno monitorate le condizioni e le temperature delle arance durante il trasporto e lo stoccaggio fino al punto vendita, in modo da garantire nelle fasi più a valle della filiera un prodotto d'eccellenza.

Il progetto è già attivo, in via sperimentale, a partire dal raccolto 2019-20 dell'Arancia Rossa Igp. Il vero valore aggiunto della piattaforma risiede nelle garanzie di **identificazione del prodotto**: se un carico parte viaggiando su gomma ma poi passa alla nave o al camion, siamo in grado di conoscere nei dettagli ogni singolo passaggio, comprese le condizioni in cui quel trasporto sta avvenendo. È come avere un passaporto con impronte digitali di un intero carico di arance che ci consente in ogni momento di sapere dove è il prodotto e in che condizioni si trova.



La piattaforma Tecnologica Almaviva



La soluzione realizzata da Almaviva consente al Consorzio di Tutela dell'Arancia Rossa di Sicilia IGP di supportare ciascuna delle aziende associate in un processo di digitalizzazione e crescita sostenibile, mettendo a disposizione **una piattaforma modulare con la quale fornire servizi integrati o perfezionando le tecnologie applicative prescelte dall'azienda per l'agricoltura di precisione e la tracciabilità certificata delle produzioni a protezione del Made in Italy.**

Una piattaforma modulare completamente OPEN che permette al consorzio di tracciare le diverse produzioni, di eseguire analisi IoT e di condividere tra tutti gli associati eventuali best practice di agricoltura di precisione, con l'obiettivo di incentivare progetti di innovazione

per tutti gli aderenti, fornendo servizi da parte degli associati delle start-up locali. Come si direbbe in inglese *Let's give new value to agriculture, together!*.

Come anticipato precedentemente, i servizi della piattaforma di tracciabilità ideata per il consorzio sono proposti con tecnologia **Blockchain in configurazione modello ibrido Almaviva.**

La scelta di tale modello permette di coniugare le caratteristiche tipiche di una Blockchain Permissioned, per esempio un layer di controllo degli accessi basato su uno o più soggetti "trusted" delegati a scrivere il registro, e quelle di una Blockchain Permissionless, in particolare per la capacità di garantire l'immutabilità dei dati.

Il sistema si basa sull'interazione tra il portale già in uso da parte del Consorzio, la quale mostra i dati provenienti dalle varie fonti, per il monitoraggio del prodotto lungo la supply chain, e un'App su smartphone a uso del consumatore che permette la rintracciabilità dell'Arancia Rossa di Sicilia IGP.

I dati privati raccolti e messi a disposizione dalle varie aziende saranno integrati con quelli cosiddetti pubblici (piano di coltivazione grafico delle aziende agricole) non appena sarà finalizzata la convenzione Regione-Agea.

Attraverso un Trasponder (RFID TAG/ NFC o altri dispositivi) si avrà la possibilità di conoscere l'azienda di produzione tramite il sistema di geolocalizzazione della mappa, la data del raccolto, le modalità di conservazione, di trasporto e di distribuzione, anche presso la GDO. Il bollino hi-tech collegato al sistema Blockchain garantirà sia la riconoscibilità certa dei dati, basati su informazioni provenienti dalla pubblica amministrazione e dalle aziende appartenenti al Consorzio di tutela, sia il corretto legame con la storia certificata e immutabile del prodotto.

Al momento della lettura del TAG NFC, l'APP mobile creerà una "dispensa virtuale" con le informazioni relative a ciascuna scansione: tramite collegamento con il sito aziendale sarà possibile l'acquisto di ulteriori quantitativi di prodotto.

La piattaforma realizzata da Al-maviva è studiata appositamente per operare nel settore dell'agrifood: sono state affrontate e analizzate tutte le esigenze degli attori della filiera proponendo sistemi digitali innovativi coniugati con servizi di consulenza tecnologica e di system integration.



Conclusioni



L'app e la piattaforma di tracciabilità serviranno anche a garantire la nostra produzione destinata all'estero, sempre più in crescita dopo la recente intesa sull'export con il Giappone e gli accordi commerciali firmati con la Cina. Il progetto è dedicato a tutte le aziende associate e al coinvolgimento degli attori della filiera che partecipano alla creazione della storia di valore del prodotto/brand per offrire servizi a valore aggiunto come:

- fiducia del consumatore;
- lotta alla contraffazione;
- sicurezza Alimentare;
- semplificazione degli adempimenti burocratici;
- riduzione degli errori di imputazione dei dati;
- miglioramento delle operazioni di controllo e della sua gestione;
- monitoraggio del settore da parte degli attori della filiera;
- promozione e valorizzazione del prodotto, del territorio e delle persone.

La soluzione architeturale di Rouge garantisce di estrarre il massimo valore dagli ecosistemi di Blockchain stabilendo criteri di interoperabilità e comunicazione. Sarà possibile concentrarsi sulle funzionalità e le tecnologie che ottimizzate in maniera trasparente, non avranno impatti sui livelli di servizio. Le varie soluzioni strategiche verranno assegnate a tutti gli attori in modalità progressiva.

La fase evolutiva del progetto prevede di tramutare il transponder in una smart label utile a integrare i differenti processi industriali (confezionatori, produttori di imballaggi, Logistica, GDO, Antitaccheggio, Export) attraverso l'utilizzo di un unico TAG in grado di operare in tutto l'ecosistema della filiera. Inoltre, sono allo studio ulteriori approcci innovativi di tracciabilità legati alle caratteristiche fisiche dell'Arancia Rossa di Sicilia IGP per una identificazione unica del prodotto con lo scopo di contrastare eventuali frodi alimentari.

Rouge garantisce di estrarre il massimo valore dagli ecosistemi di Blockchain stabilendo criteri di interoperabilità e comunicazione



Food Hub

**Hai mai partecipato
ai nostri webinar?**



foodhubmagazine.com

Di cosa si tratta?

I nostri webinar sono un modo per aiutarti a portare le tue conoscenze a un livello superiore, in modo da rimanere sempre aggiornato in un settore in rapida evoluzione come quello agroalimentare.

Per questo abbiamo deciso di organizzare periodicamente dei Webinar Live, tenuti dai maggiori esperti italiani, professionisti e startup innovative su specifici temi.

**Lorenzo Bissoli - Responsabile amministrativo
e controllo qualità presso Patuzzo e
Malvezzi Clovers Trade srl**



Webinar semplice, interattivo, diretto ed efficace.
L'interesse per l'argomento trattato e la preparazione
degli interlocutori hanno reso oro il tempo investito.

foodhubmagazine.com

L'AUTORE

**Luigi Ruggiero**

Laureato in Scienze Ambientali e Forestali e in Scienze e Tecnologie Agrarie magistrale presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. Attualmente, studente di Dottorato in Food Science svolge il suo progetto di ricerca nello sviluppo di varie tecniche analitiche per definire e tracciare i prodotti alimentari di alta qualità, con particolare attenzione agli indicatori suolo dipendenti.

TRACCIABILITÀ E AUTENTICAZIONE GEOGRAFICA: DUE FACCE DELLA STESSA MEDAGLIA

Negli ultimi decenni, il crescente interesse da parte dei consumatori di sapere da dove viene il cibo che mangiano sta portando le aziende produttrici a investire e sviluppare metodi più o meno innovativi per soddisfare questa necessità. Basti pensare all'utilizzo della blockchain, strumento nato per la verifica delle transazioni dei Bitcoin, adattato a strumento di tracciabilità di un prodotto alimentare "dal campo alla tavola". Le ragioni di questo interesse sono sicuramente legate alla stretta relazione tra cibo e terra, intesa anche come origine geografica, infatti, il cibo è stato sempre legato al nostro territorio d'origine sulla base di fattori socioculturali e disponibilità di risorse locali [1].

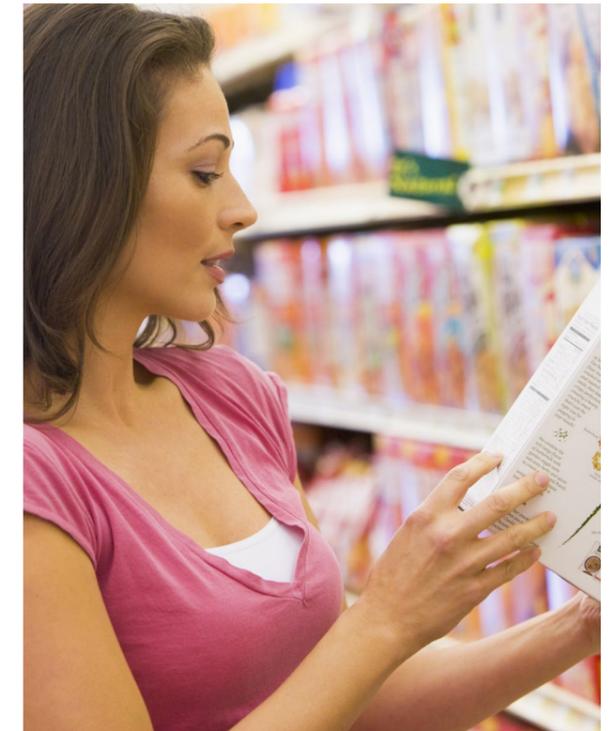
Questa relazione è svanita nel tempo a causa della globalizzazione che ha portato a una conformità delle abitudini alimentari. Inoltre, le suddette ragioni sono anche legate alla sicurezza alimentare, in particolare alla riduzione della fiducia nella qualità e sicurezza dei prodotti al di fuori della loro regione, paese o UE [1]. Secondo un recente studio del Food Marketing Institute (FMI), circa l'87% dei consumatori è fortemente interessato a conoscere le modalità di produzione, la provenienza e la natura degli ingredienti del cibo che consumano. Nel 1992 l'Unione Europea, con i Regolamenti 2080/1992 e 2081/1992, ha istituito dei "Marchi Collettivi" quali la Denominazione di Origine Protetta (D.O.P.), Indicazione Geografica Protetta (I.G.P.)

e Attestazione di Specificità o Specialità Tradizionale Garantita (A.S o S.T.G.) che danno la possibilità alle aziende di un determinato territorio, detentrici di un determinato processo di produzione, di utilizzare i vari marchi in etichetta per dare al prodotto un valore aggiunto, che molto spesso è sinonimo di qualità. Per i più attenti, questi marchi, oltre a essere sinonimo di qualità, sono sinonimo di valorizzazione del "local food", ossia, come indicato nella premessa del Reg. CE n.2081/92, lo scopo di questi prodotti è quello di promuovere il territorio migliorando i redditi agricoli e favorendo la permanenza della popolazione nelle zone rurali [2].



Etichetta...come fidarsi?

Sempre secondo lo studio sopracitato (FMI), la maggior parte dei consumatori (circa il 75%) diffida delle **informazioni riportate in etichetta**, e proprio in questa prospettiva entra in gioco il concetto di "autenticazione". L'autenticazione di un prodotto alimentare è intesa come il processo che verifica la conformità di un alimento alla descrizione dell'etichetta. Ciò può comprendere, tra l'altro, l'origine (specie, provenienza geografica o genetica), il metodo di produzione o le tecnologie di elaborazione [3], dunque, l'autenticazione gioca un ruolo importante e fondamentale nella verifica ultima delle informazioni riportate in etichetta.



Il suolo nel piatto

Tra gli strumenti per la verifica della provenienza geografica degli alimenti, degne di nota sono sicuramente le tecniche analitiche che consentono di legare un determinato prodotto al luogo d'origine, tenendo conto delle relazioni che questo ha con le condizioni ambientali del luogo dove è stato coltivato. Grande importanza sicuramente deve essere data sia al suolo di coltivazione che all'ambiente in cui questi prodotti crescono. Varie sono le tecniche che permettono di fare ciò, tuttavia è chiaro che la chiave di volta del problema è essere in grado di interpretare la

firma geochimica del suolo e l'impronta dell'ambiente che si riflettono nel cibo che mangiamo. Tra le tecniche analitiche di maggior successo sicuramente le tecniche di spettrometria di massa, dall'analisi isotopica al contenuto minerale degli alimenti, giocano un ruolo fondamentale per **legare il Cibo alla Terra**. L'analisi dei rapporti isotopici, in particolare quella degli isotopi dello stronzio, si basa sull'ipotesi che questo elemento, presente in tracce negli alimenti, ha un diverso rapporto tra gli isotopi ^{87}Sr e ^{86}Sr .

Inoltre, non essendovi un significativo frazionamento isotopico (ossia il rapporto tra i due isotopi rimane lo stesso) quando l'elemento viene assorbito dalle piante, o al variare delle stagioni e delle annate, esso può rappresentare uno **strumento affidabile e durevole di tracciabilità** [4]. Nonostante i costi strumentali siano piuttosto elevati, vari sono i lavori scientifici che hanno dimostrato la valenza effettiva di questa tecnica su alimenti: il succo d'arancia proveniente da nord e sud America, Africa e Europa [5], l'asparago bianco di Bassano del Grappa DOP, il pistacchio verde di Bronte DOP [4] e il lambrusco DOP [6].

Come si evince da alcuni dei lavori sopracitati, molto spesso, l'utilizzo del rapporto isotopico dello stronzio è molto più efficace se accoppiato all'analisi di isotopi leggeri come gli isotopi del carbonio ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), ossigeno ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), idrogeno ($^2\text{H}/^1\text{H}$), azoto ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) e zolfo ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$). L'impiego ausiliario anche di questi elementi ci permette di indagare, in massima parte, sulle relazioni che i prodotti hanno non solo con il suolo, ma anche con l'ambiente in cui crescono.



Infatti, la possibilità di differenziare due campioni in base all'analisi isotopica è legata, come detto in precedenza, al fenomeno di **frazionamento isotopico** che avviene nelle materie prime, ovvero nella deviazione dalla distribuzione isotopica (stesso elemento ma con massa diversa) degli elementi in conseguenza a fenomeni biogeochimici naturali, come: frazionamento nell'acqua, temperatura e frazionamento biosintetico nei vegetali; o artificiali, tra cui: trattamenti e concimazioni o aggiunte nei processi produttivi.

L'influenza del suolo sui prodotti agroalimentari quanto può incidere se confrontato con altri parametri?

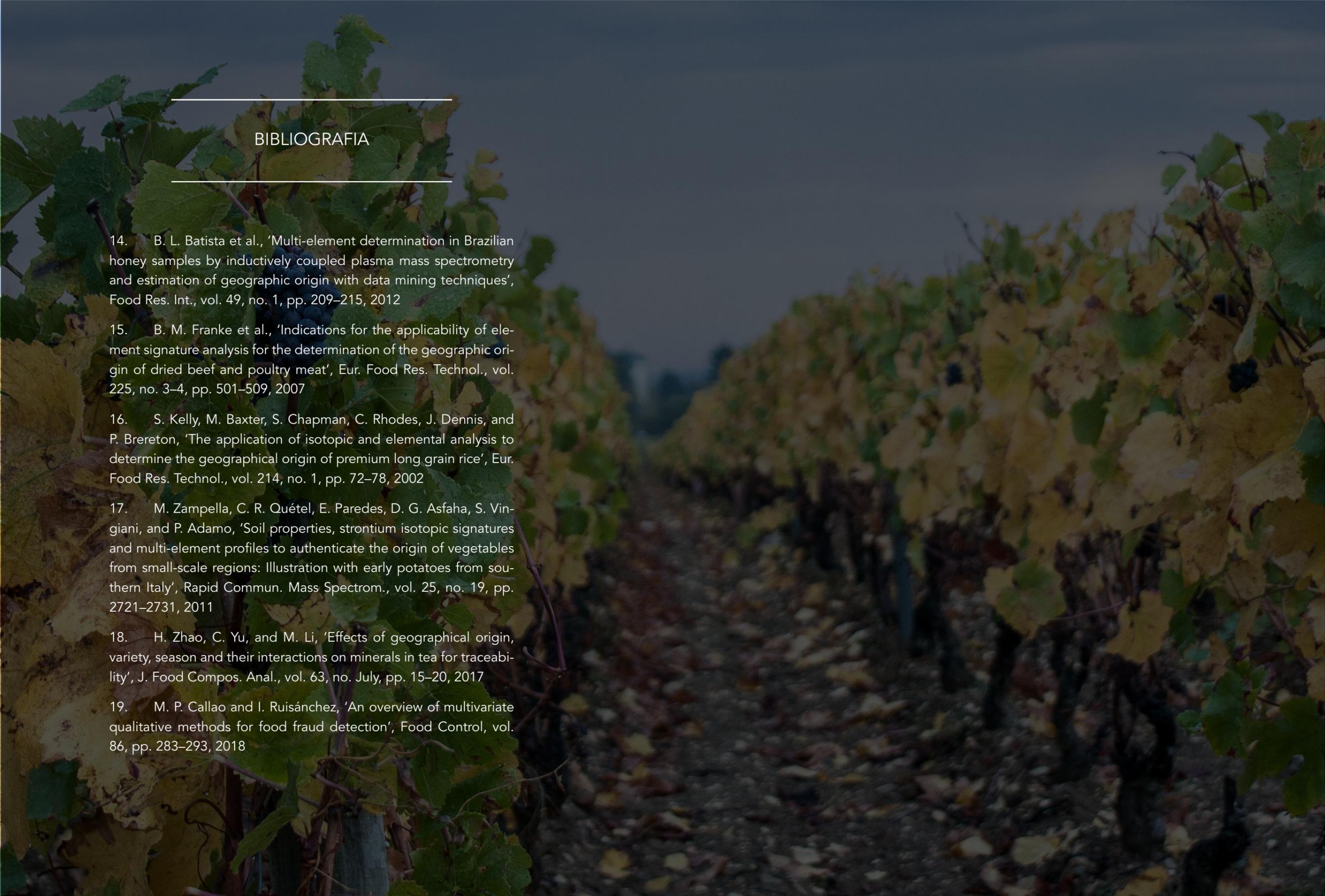
Un'altra tecnica "soil-related", degna di nota, in lavori di autenticazione geografica è l'**analisi del contenuto minerale degli alimenti**. Questo approccio si basa sull'ipotesi secondo la quale i suoli formati in diverse aree geografiche, hanno diverse caratteristiche geochimiche (pH, contenuto d'acqua, contenuto e tipo di sostanza organica), composizione e biodisponibilità di elementi minerali, e che queste differenze si riflettono nei prodotti. Tra i molti prodotti studiati, sia di origine vegetale che animale, troviamo: la Tonda Gentile delle Langhe, o Nocciola Piemonte IGP [7], il Limone Interdonato di Messina IGP [8], il riso Arròs De València DOP [9], il cavolo cinese [10], le arance australiane [11], riso [12] [13], miele [14], petto di pollo e manzo essiccato [15]. **Una determinazione accurata dell'origine geografica di un prodotto alimentare sembra fattibile quando vengono misurati vari parametri in un prodotto alimentare**. Allo stesso modo, una combinazione di diverse tecniche analitiche potrebbe essere più utile che basarsi su un singolo metodo. Infatti, la tendenza in questo tipo di lavori, per rafforzare il potere discriminan-

te dei modelli, è unire le due tecniche, analisi isotopica e composizione minerale. Un lavoro simile è stato svolto per il Premium Long Grain Rice [16] e patate novella [17]. In particolare, in quest'ultimo caso [17] è interessante notare come i campioni di patate novelle, coltivate in condizioni climatiche simili, in uno studio su piccola scala (58'651 km²), presentano caratteristiche uniche (impronta isotopica e minerale) per ogni singolo sito di coltivazione. Inoltre, i risultati finali hanno mostrato che la comprensione e la conoscenza delle caratteristiche geo-pedologiche di una regione possono essere utilizzate per stabilire l'origine dei prodotti alimentari. L'influenza del suolo sui prodotti agroalimentari quanto può incidere se confrontato con altri parametri? In uno studio pubblicato nel 2017 sulle foglie di tè in Cina [18] è stato affrontato questo problema: i risultati ottenuti hanno dimostrato che sei minerali erano capaci di discriminare i campioni provenienti da tre zone diverse del Paese e che questi elementi minerali erano strettamente relazionati alla provenienza geografica molto di più rispetto alla varietà e alla stagione di raccolta.



BIBLIOGRAFIA

1. D. M. A. M. Luykx and S. M. van Ruth, 'An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products', *Food Chem.*, vol. 107, no. 2, pp. 897–911, 2008
2. I. L. Consiglio and D. Comunit, 'REGOLAMENTO (CEE) N. 2081 / 92 DEL CONSIGLIO del 14 luglio 1992', vol. 20, pp. 8–14, 1992
3. G. P. Danezis, A. S. Tsagkaris, F. Camin, V. Brusic, and C. A. Georgiou, 'Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches', *TrAC - Trends Anal. Chem.*, vol. 85, pp. 123–132, 2016
4. Zannella, C., Carucci, F., Aversano, R., Prohaska, T., Vingiani, S., Carputo, D., & Adamo, P. (2017). Genetic and geochemical signatures to prevent frauds and counterfeit of high-quality asparagus and pistachio. *Food Chemistry*, 237, 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.158>
5. S. Rummel, S. Hoelzl, P. Horn, A. Rossmann, and C. Schlicht, 'The combination of stable isotope abundance ratios of H, C, N and S with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ for geographical origin assignment of orange juices', *Food Chem.*, vol. 118, no. 4, pp. 890–900, 2010
6. C. Durante et al., 'An analytical approach to Sr isotope ratio determination in Lambrusco wines for geographical traceability purposes', *Food Chem.*, vol. 173, pp. 557–563, 2014
7. M. Oddone, M. Aceto, M. Baldizzone, D. Musso, and D. Osella, 'Authentication and traceability study of hazelnuts from piedmont, Italy', *J. Agric. Food Chem.*, vol. 57, no. 9, pp. 3404–3408, 2009
8. A. G. Potortì et al., 'Traceability of Protected Geographical Indication (PGI) Interdonato lemon pulps by chemometric analysis of the mineral composition', *J. Food Compos. Anal.*, vol. 69, no. March, pp. 122–128, 2018
9. A. González, S. Armenta, and M. De La Guardia, 'Geographical traceability of "arrs de Valencia" rice grain based on mineral element composition', *Food Chem.*, vol. 126, no. 3, pp. 1254–1260, 2011
10. Y. S. Bong et al., 'Determining the geographical origin of Chinese cabbages using multielement composition and strontium isotope ratio analyses', *Food Chem.*, vol. 135, no. 4, pp. 2666–2674, 2012
11. W. A. Simpkins, H. Louie, M. Wu, M. Harrison, and D. Goldberg, 'Trace elements in Australian orange juice and other products', *Food Chem.*, vol. 71, no. 4, pp. 423–433, 2000
12. P. Cheajesadagul, C. Arnaudguilhem, J. Shiowatana, A. Siripinyanond, and J. Szpunar, 'Discrimination of geographical origin of rice based on multi-element fingerprinting by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry', *Food Chem.*, vol. 141, no. 4, pp. 3504–3509, 2013
13. S. Shen, L. Xia, N. Xiong, Z. Liu, and H. Sun, 'Determination of the geographic origin of rice by element fingerprints and correlation analyses with the soil of origin', *Anal. Methods*, vol. 5, no. 21, pp. 6177–6185, 2013



BIBLIOGRAFIA

14. B. L. Batista et al., 'Multi-element determination in Brazilian honey samples by inductively coupled plasma mass spectrometry and estimation of geographic origin with data mining techniques', *Food Res. Int.*, vol. 49, no. 1, pp. 209–215, 2012
15. B. M. Franke et al., 'Indications for the applicability of element signature analysis for the determination of the geographic origin of dried beef and poultry meat', *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 225, no. 3–4, pp. 501–509, 2007
16. S. Kelly, M. Baxter, S. Chapman, C. Rhodes, J. Dennis, and P. Brereton, 'The application of isotopic and elemental analysis to determine the geographical origin of premium long grain rice', *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 214, no. 1, pp. 72–78, 2002
17. M. Zampella, C. R. Quézel, E. Paredes, D. G. Asfaha, S. Vingiani, and P. Adamo, 'Soil properties, strontium isotopic signatures and multi-element profiles to authenticate the origin of vegetables from small-scale regions: Illustration with early potatoes from southern Italy', *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, vol. 25, no. 19, pp. 2721–2731, 2011
18. H. Zhao, C. Yu, and M. Li, 'Effects of geographical origin, variety, season and their interactions on minerals in tea for traceability', *J. Food Compos. Anal.*, vol. 63, no. July, pp. 15–20, 2017
19. M. P. Callao and I. Ruisánchez, 'An overview of multivariate qualitative methods for food fraud detection', *Food Control*, vol. 86, pp. 283–293, 2018

GLI AUTORI



Luana Bontempo

Responsabile dell'Unità Tracciabilità presso il Centro Ricerca e Innovazione della Fondazione Edmund Mach. Laurea in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche, specializzazione in Metodologie Chimiche di Controllo e Analisi (Università di Padova), Dottorato in Scienze degli Alimenti (Università di Udine). Sviluppa metodi analitici basati sull'analisi dei rapporti di isotopi stabili e sul profiling NMR per la tracciabilità dei prodotti alimentari.



Federica Camin

Professore associato presso l'Unità Tracciabilità della Fondazione Edmund Mach ed il Centro Agricoltura, Alimenti e Ambiente dell'Università di Trento. Si occupa di sviluppo e validazione di metodi analitici e modelli in studi mirati alla tracciabilità e al controllo di autenticità dei prodotti agroalimentari. È stata nominata 'Distinguished Professor and Supervisor' da due istituti di ricerca cinesi.



Matteo Perini

Laurea in Farmacia all'Università di Padova, dottorato di ricerca in scienze e biotecnologie agrarie all'Università di Udine. Dal 2003 lavora come tecnologo presso la Fondazione Edmund Mach, in cui svolge il ruolo di responsabile tecnico dell'unità "Isotopi stabili e tracciabilità" del Centro Trasferimento Tecnologico. È autore di oltre 40 lavori scientifici e numerose comunicazioni a conferenze nazionali e internazionali.

TRACCIABILITÀ ISOTOPICA DEI PRODOTTI AGROALIMENTARI E NUTRACEUTICI

Tracciabilità dell'origine e lotta alla contraffazione dei prodotti agroalimentari sono due dei campi in cui trovano maggiore applicazione le tecniche basate sull'analisi dei rapporti tra isotopi stabili di bioelementi, cioè gli elementi 'leggeri' che costituiscono tutti i materiali biologici (carbonio C, azoto N, ossigeno O, idrogeno H e zolfo S). Utilizzate ormai da quasi 30 anni come analisi ufficiali per l'individuazione di zuccheraggio e annacquamento in vino (OIV MA-AS311-05, MA-AS312-06, MA-AS2-12), succhi di frutta, vegetali e miele (AOAC 995.17, 2004/01, 998.12; ENV 12140, 12141, 13070) oggi esse vengono utilizzate anche nel controllo di autenticità dei formaggi grattugiati DOP a pasta dura Grana Padano e Parmigiano Reggiano (metodo UNI 11692:2017).

Tali applicazioni si basano sul fatto che i rapporti isotopici dei composti presenti in natura hanno valori diversi a seconda dell'origine (latitudine, altitudine, distanza dal mare), del clima (temperatura, umidità, piovosità) e delle caratteristiche geologiche dell'area di provenienza, nonché delle pratiche di concimazione adottate (concimazione organica/minerale) e del tipo di pianta (alberi da frutta, compresa la vite, rispetto a mais, canna o barbabietola da zucchero). Le variazioni naturali dell'abbondanza isotopica sono conseguenza delle diverse proprietà chimico-fisiche degli isotopi di uno stesso elemento dovute alla loro differente massa e spin nucleare.



L'identificazione di alcuni tipi di sofisticazione, l'accertamento dell'origine botanica e geografica o dell'annata di un prodotto avviene per confronto dei dati isotopici ottenuti con quelli riportati in letteratura e/o in banche dati di riferimento annuali, quali quella del vino istituita secondo i Regolamenti UE 273 e 274 del 2018.

La determinazione dei rapporti isotopici ($^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ espressi in $\delta\%$ rispetto a standard di

Le caratteristiche isotopiche, inoltre, possono essere **trasferite ai prodotti animali** in quanto vengono 'ereditate' dai prodotti ingeriti attraverso la dieta [1].

Le variazioni naturali dell'abbondanza isotopica sono conseguenza delle diverse proprietà chimico-fisiche degli isotopi

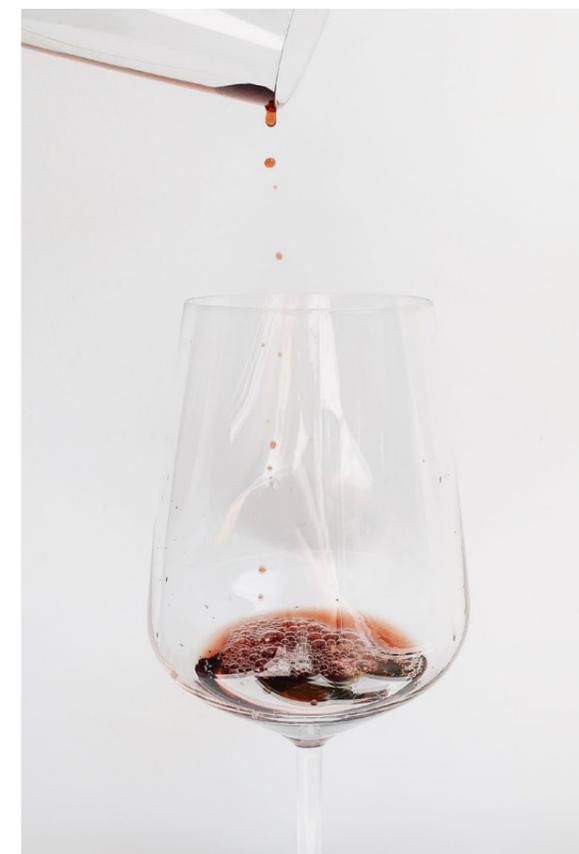
riferimento internazionale, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$) viene condotta utilizzando tecniche quali la **spettroscopia NMR di tipo sitospecifico**, ossia mirata a determinati siti della molecola (**SNIF-NMR**) [2] e la spettrometria di massa isotopica (**IRMS**) [3].

SNIF-NMR

Lo SNIF-NMR può **misurare i diversi rapporti isotopici dell'idrogeno in ciascuna posizione di una molecola**, identificando così, per esempio, l'aggiunta di zucchero esogeno ad un vino. Infatti, lo zucchero di canna proviene da un diverso ciclo fotosintetico rispetto allo zucchero dell'uva e quindi contiene diverse proporzioni di isotopi di idrogeno (^1H e ^2H - o D deuterio). In particolare, nel caso del vino, durante la fermentazione alcolica gli idrogeni e deuteri che vanno a costituire il gruppo metilico ($-\text{CH}_3$) derivano principalmente dagli zuccheri che vengono fermentati (rapporto isotopico detto $(\text{D}/\text{H})_i$), mentre gli idrogeni del gruppo metilenico ($-\text{CH}_2$) derivano dall'acqua di fermentazione che è legata alle caratteristiche geografiche e climatiche del luogo di crescita della pianta stessa (rapporto isotopico detto $(\text{D}/\text{H})_{ii}$). In particolare, il rapporto isotopico sito specifico, di un dato sito molecolare, i , è definito come:

$$(\text{D}/\text{H})_i = D_i/H_i$$

dove D_i è il numero di atomi di deuterio nel sito i . Poiché la presenza di molecole bi-deuterate di solito può essere trascurata, D_i rappresenta il numero di isotopomeri mono-deuterati nel sito i . H_i , il numero totale di atomi di idrogeno di tipo i , è uguale a $P_i \cdot \text{NH}_i$, dove P_i è il numero di posizioni equivalenti nel sito i e NH_i il numero di molecole completamente protonate. La tecnica SNIF-NMR è attualmente l'unico modo per determinare direttamente e contemporaneamente i rapporti isotopici dell'idrogeno, $(\text{D}/\text{H})_i$, associati a posizioni diverse, i , in una data molecola. In particolare, per



l'**analisi dell'alcool ottenuto dalla distillazione dei vini**, il campione viene aggiunto di tetrametilurea (TMU) quale standard interno e di esafluorobenzene come sostanza di stabilizzazione del campo di frequenza (stabilizzatore del lock). Nello spettro ottenuto durante l'analisi si ottengono dei picchi corrispondenti ai due isotopomeri $\text{DCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ e CH_3CHDOH . Confrontando l'altezza dei picchi dei due isotopomeri con quella della TMU, si determinano i seguenti rapporti isotopici:

- $(\text{D}/\text{H})_i$ rapporto isotopico dell'isotopomero I $\text{DCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- $(\text{D}/\text{H})_{ii}$ rapporto isotopico dell'isotopomero II CH_3CHDOH
- ed il rapporto $R=2(\text{D}/\text{H})_{ii}/(\text{D}/\text{H})_i$

Il tenore di (D/H), dell'alcool etilico di fermentazione ha un valore di ca. 92 ± 1 ppm nella bietola da zucchero, di ca. 98 ± 2 ppm per frutta come mele, pere, ciliegie o cereali (ad es. frumento e orzo), di ca. 102 ± 2 ppm per la vite che sono tutte piante a ciclo C_3 , mentre per le piante a ciclo C_4 (come la canna da zucchero) si ottengono valori intorno a 110 ± 1 ppm. **L'analisi isotopica dell'etanolo ottenuto per distillazione di vino o fermentando gli zuccheri dei succhi di frutta può risultare quindi un metodo valido per rintracciare sofisticazioni con zuccheri ottenuti da altre fonti.**



IRMS

L'analisi dei rapporti isotopici di H, C, N, O e S (δ^2H , $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{34}S$ in molecole organiche prevede una prima fase di pirolisi o combustione del campione con produzione rispettivamente di H_2 , CO , CO_2 , N_2 e SO_2 e una successiva fase spettrometrica di analisi dei diversi isotopomeri delle specie considerate. Ciò implica l'accoppiamento di due diversi strumenti: un pirolizzatore, un analizzatore elementare dotati di colonna gascromatografica per la separazione dei gas, con uno spettrometro di massa isotopica. **Il ciclo di analisi inizia con l'introduzione del campione nell'analizzatore elementare o nel pirolizzatore all'interno dei quali brucia violentemente.** I gas che si formano passano attraverso un sistema di filtri che disperdono ed eliminano i possibili gas interferenti e successivamente attraverso una colonna cromatografica dove le molecole gassose di interesse vengono separate (H_2 , CO , CO_2 , N_2 e SO_2). In seguito vengono trascinate dal gas-carrier verso lo spettrometro di massa per isotopi stabili costituito, secondo il disegno originale di Nier (1947), da tre componenti essenziali: **una sorgente ionica, un tubo di volo ed un collettore ionico.** Nella sorgente ionica le molecole vengono trasformate in ioni monopositivi che vengono collimati in un fascio ed accelerati verso il tubo di volo. Nel tubo di volo gli ioni sono sottoposti ad un campo magnetico ed assumono una traiettoria il cui raggio di curvatura dipende dalla massa (ad es. nell'analisi degli isotopi del carbonio vengono selezionati i raggi costituiti da ioni di massa $44-^{12}C^{16}O_2^-$,

$45-^{13}C^{16}O_2^-$ e $46-^{12}C^{18}O^{16}O^-$). I raggi ionici così selezionati vengono collimati verso dei collettori (coppe di Faraday) e l'impatto viene convertito in impulso elettrico successivamente amplificato. Il parametro che interessa è il rapporto R dei segnali rilevati nei tre collettori, in particolare $^2H/^1H$, $^{13}C/^{12}C$, $^{15}N/^{14}N$, $^{18}O/^{16}O$, $^{34}S/^{32}S$ espresso poi in delta per mille ($\delta\%$) secondo l'espressione:

$$\delta\% = \frac{R(\text{campione}) - R(\text{standard})}{R(\text{standard})}$$

dove R(campione) e R(standard) sono i rapporti relativi al campione e ad un materiale di riferimento internazionalmente riconosciuto. Per convenzione internazionale, gli standard di riferimento sono V-PDB per $^{13}C/^{12}C$, l'azoto dell'aria per $^{15}N/^{14}N$, V-SMOW per $^2H/^1H$ e $^{18}O/^{16}O$, V-CDT $^{34}S/^{32}S$.



Vino e prodotti vitivinicoli

L'analisi dei rapporti tra isotopi stabili, in particolare $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ è utilizzata da circa 30 anni come **analisi ufficiale per l'individuazione di zuccheraggio e annacquamento in vino** (OIV MA-AS311-05, MA-AS312-06, MA-AS2-12), succhi di frutta ed estratti vegetali (AOAC 995.17, 2004/01; ENV 12140, 12141, 13070). La variabilità di questi parametri isotopici infatti è legata all'origine botanica degli zuccheri (in particolare uva, canna o bietola) e alle caratteristiche climatiche e geografiche del luogo di crescita della pianta [4]. L'interpretazione dei risultati analitici viene condotta tramite i riferimenti di letteratura o, soprattutto nel caso del $\delta^{18}\text{O}$ tramite raffronto con le banche dati di riferimento. Il parametro è fortemente influenzato dalle condizioni meteorologiche durante la fase di maturazione e raccolta e questo implica una costante variazione dei range di variabilità co-

stringendo ad una mappatura annuale. I parametri possono essere utilizzati quindi anche per confermare l'origine e l'annata di produzione di un vino o di un mosto.

Oltre alle analisi normate da metodi ufficiali OIV negli ultimi anni sono stati sviluppati nuovi approcci analitici che rendono sempre più performante questa tipologia di analisi. Tra essi ricordiamo l'analisi del $\delta^{18}\text{O}$ sull'etanolo ottenuto per distillazione che consente, confrontato con lo stesso parametro misurato sul prodotto tal quale, di identificare con maggior precisione la pratica dell'annacquamento oltre che migliorare la discriminazione tra le diverse tipologie di alcool [5]. Inoltre, confrontando il $\delta^{13}\text{C}$ dell'amminoacido prolina con quello della frazione proteica estratta è possibile migliorare la determinazione dell'aggiunta di zuccheri da piante a ciclo fotosintetico C4 quali la canna [6].



Olio d'oliva



Negli ultimi due decenni sono stati pubblicati diversi studi aventi come oggetto la composizione isotopica di oli d'oliva che risulta fortemente legata alle caratteristiche geo-climatiche dell'area di produzione. Questa relazione rende l'analisi un potente strumento per la tracciabilità dell'origine geografica di questo prodotto [7,8,9,10]. Questi studi hanno dimostrato che i rapporti isotopici $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ cambiano in base a latitudine, altitudine, distanza dal mare, condizioni ambientali e climatiche. La capacità predittiva risulta ulteriormente potenziata quando viene combinata con altre tecniche come l'analisi $^1\text{H-NMR}$, la determinazione del contenuto elementare [7,9] o utilizzando l'analisi isotopica 'compound specific', cioè determinando i rapporti isotopici in specifici composti derivati dal prodotto stesso [11]. Il rapporto isotopico di C e H infine, determinato nei quattro principali acidi grassi costituenti i trigliceridi dell'olio, permette di **migliorare la capacità di differenziazione degli oli d'oliva extravergine europei da quelli extraeuropei** [12,13].

La composizione isotopica di oli d'oliva risulta legata alle caratteristiche geo-climatiche dell'area di produzione

Prodotti biologici e convenzionali

Tra i fattori che influenzano maggiormente il contenuto isotopico dei composti organici vegetali ci sono le caratteristiche pedologiche del **suolo di crescita**. Quest'ultimo punto risulta molto interessante per quanto riguarda la possibile differenziazione di prodotti biologici e convenzionali. Il rapporto degli isotopi stabili dell'azoto ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, espresso come $\delta^{15}\text{N}$) nel prodotto tal quale o in composti specifici isolati del prodotto alimentare sono stati studiati in frutta e verdura per rilevare possibili differenze tra prodotti coltivati con approcci differenti. Questo approccio si basa sul fatto che la **composizione isotopica dell'azoto dei fertilizzanti sintetici, ampiamente utilizzati nei sistemi agricoli convenzionali e non consentiti in quelli biologici**, determinano nelle piante valori di $\delta^{15}\text{N}$ inferiori rispetto ai concimi animali e al compost, solitamente utilizzati nei sistemi di coltivazione biologici. Diversi studi si sono focalizzati con successo sull'utilizzo di questo parametro come possibile marker per distinguere prodotti biologici e convenzionali [14]. Questo parametro non è però sufficiente a distinguere questi prodotti quando nelle colture biologiche vengono utilizzate come colture di copertura o sovescio piante azoto fissatrici (per esempio leguminose). Questo tipo di piante infatti presentano valori di $\delta^{15}\text{N}$ che si sovrappongono con quelli delle colture trattate con fertilizzanti sintetici.



Per migliorare la differenziazione biologico/convenzionale ed eliminare questo problema, una soluzione proposta è stata quella di combinare il rapporto isotopico dell'azoto determinato nella pianta con quello di rapporti isotopici determinati in specifici composti derivati dalla pianta stessa (ad es. amminoacidi, nitrati e solfati). Questo approccio si è dimostrato molto più efficace nel distinguere il sistema di coltivazione utilizzato ed è stato applicato con successo come in alcuni studi pilota su cereali, pomodori e patate [14,15].

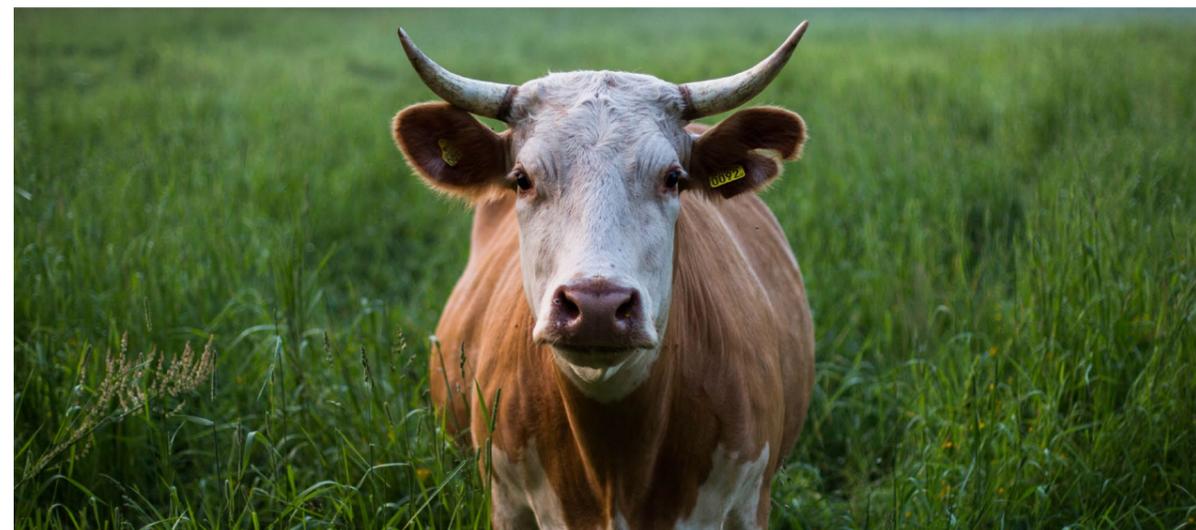
Prodotti di origine animale

Fattori geografici, climatici, pedologici, geologici, botanici e agricoli influenzano i rapporti isotopici dei bioelementi e le loro variazioni sono a loro volta incorporate nel tessuto animale attraverso ciò che mangia, beve, respira e, in generale, scambia con l'ambiente. **L'analisi isotopica è quindi in grado di determinare l'origine geografica, la dieta animale e il sistema di allevamento di carne, pesce, frutti di mare e altri prodotti derivati come latte, burro e formaggio** [1].

La prima applicazione in questo campo si è focalizzata innanzitutto sulla ricostruzione della dieta animale per motivi di **salute e sicurezza** (ad es. diffusione della BSE - Encefalopatia spongiforme bovina) e per motivi economici (ad es. carne proveniente da animali allevati in stalla o al pascolo, quest'ultimi considerati più pregiati, o a **tutela di prodotti particolarmente pregiati** come DOP / IGP / STG). La maggior parte di questi studi ha utilizzato con successo i rapporti isotopici di carbonio e/o azoto ($\delta^{13}\text{C}$

e $\delta^{15}\text{N}$) per determinare la dieta seguita dagli animali, in particolare piante a ciclo C3 – come erba al pascolo –, ciclo C4 – come mais frequentemente utilizzato in stalla –, legumi – soia [1].

Analogamente alla carne, i rapporti di isotopi stabili sono stati utilizzati per **rintracciare l'origine e il sistema di produzione di prodotti lattiero-caseari** particolarmente pregiati, utilizzando diverse combinazioni di rapporti isotopici stabili [1]. Nel caso dei formaggi DOP a pasta dura Grana Padano e Parmigiano Reggiano l'analisi dei rapporti di isotopi stabili è stata adottata ufficialmente dal 2011 per verificare l'autenticità dei prodotti grattugiati e già porzionati sul mercato (Regolamento UE 584/2011). Più recentemente il metodo per la determinazione dei rapporti tra isotopi stabili di H, C, N, S è stato incluso tra le norme UNI (Ente Italiano di Normazione, UNI 11692:2017) per essere applicato all'analisi di formaggi in generale.



Miele

L'analisi isotopica trova una sua importante applicazione ufficiale nell'identificazione delle aggiunte zuccherine al miele. Oltre al metodo ufficiale AOAC 998.12 che prevede il confronto tra il rapporto isotopico misurato sul miele tal quale e sulla frazione proteica estratta al fine di individuare l'aggiunta di zucchero da piante a ciclo fotosintetico C4 quali la canna da zucchero, oggi nuove metodiche analitiche sono state messe in campo grazie all'accoppiamento della cromatografia liquida (LC) con l'IRMS. L'analisi LC-IRMS permette di analizzare i rapporti isotopici dei singoli zuccheri maggioritari (fruttosio, glucosio e triosi) che per assicurare la genuinità del prodotto devono ricadere all'interno di specifici range di variabilità.



L'analisi isotopica anche in questo caso è stata applicata in diversi studi internazionali al fine caratterizzare geograficamente il prodotto miele e renderne tracciabile la provenienza e, in alcuni casi anche l'origine botanica [16,17].

Assicurare la genuinità del prodotto



Prodotti nutraceutici

I prodotti nutraceutici sono derivati alimentari ai quali si attribuiscono uno o più benefici medici o sanitari, inclusa la prevenzione e il trattamento delle malattie. Questi prodotti hanno solitamente un valore aggiunto e per questo sono soggetti ad adulterazione con analoghi più economici. Recentemente l'analisi dei rapporti tra isotopi stabili si è dimostrata efficace nel determinare l'autenticità di alcuni di questi prodotti.

Il riso rosso fermentato è un integratore alimentare ottenuto dal riso, fermentato con *Monascus purpureus*. Contiene Monacolina K che è una statina ipocolesterolemizzante usata per prevenire le malattie cardiovascolari. L'omologa statina biosintetica, la lovastatina, utilizzabile esclusivamente su prescrizione medica, non è chimicamente distinguibile dalla monacolina K. Poiché il riso rosso fermentato ha un costo di produzione molto elevato, si sono rilevati al commercio prodotti addizionati fraudolentemente di lovastatina. Grazie ai diversi cicli fotosintetici delle matrici utilizzate per la loro sintesi, la monacolina K e la lovastatina hanno valori diversi di $\delta^{13}\text{C}$ [18]. Quindi, definendo un valore di soglia $\delta^{13}\text{C}$ di -28,3‰ per la monacolina K, è possibile identificare l'aggiunta di lovastatina a partire da un minimo del 10%. Un altro esempio è l'olio di sere-

noa, che è tra gli oli più costosi del mercato farmaceutico e alimentare. A causa del costo elevato e della scarsa produzione, sono state sviluppate miscele mirate di acidi grassi animali che imitano il suo profilo fitochimico e non vengono rilevate dai metodi analitici classici. L'olio di serenoa risulta caratterizzato da valori isotopici tipici significativamente diversi sia dagli altri oli vegetali sia dagli acidi grassi animali. Determinando il contenuto isotopico dei campioni del commercio, quindi, è possibile distinguere l'olio di serenoa autentico da quello addizionato fraudolentemente con acidi grassi animali [19].





Negli ultimi anni l'analisi isotopica ha dimostrato la potenzialità di riuscire a tracciare e quindi riconoscere l'origine geografica, ma non solo, di diversi prodotti alimentari e nutraceutici tanto che già da anni alcuni di questi metodi sono stati riconosciuti come ufficiali. Allo scopo di utilizzare questi studi per la tutela e la promozione di prodotti agroalimentari è tuttavia necessario costruire delle banche dati di riferimento basate sull'analisi di campioni autentici rappresentativi della variabilità naturale della produzione. Quando esiste una solida banca dati di campioni autentici ed i metodi utilizzati sono ufficialmente riconosciuti, convalidati e accreditati, questi metodi analitici possono essere impiegati anche in sede legale.



Food Hub

Ogni lunedì, per te, 7 news dal settore alimentare.



Non perdere d'occhio la tua mail, Food Hub ti tiene sempre aggiornato con le ultime novità dal mondo del food.

foodhubmagazine.com

BIBLIOGRAFIA

1. Camin, F., Bontempo, L., Perini, M., & Piasentier, E. (2016). Stable Isotope Ratio Analysis for Assessing the Authenticity of Food of Animal Origin. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 15, Issue 5, pp. 868–877). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12219>
2. Martin, G. (1986). Advances in the Authentication of Food by SNIF-NMR. In *Magnetic Resonance in Food Science* (pp. 31–38). <https://doi.org/10.1039/9781847551276-00031>
3. Epstein, S., & Mayeda, T. (1953). Variation of O18 content of waters from natural sources. In *Geochimica et Cosmochimica Acta* (Vol. 4, Issue 5, pp. 213–224). [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(53\)90051-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(53)90051-9)
4. Camin, F., Dordevic, N., Wehrens, R., Neteler, M., Delucchi, L., Postma, G., & Buydens, L. (2015). Climatic and geographical dependence of the H, C and O stable isotope ratios of Italian wine. In *Analytica Chimica Acta* (Vol. 853, pp. 384–390). <https://doi.org/10.1016/j.aca.2014.09.049>
5. Perini, M., Camin, F. (2013). $\delta^{18}\text{O}$ of Ethanol in Wine and Spirits for Authentication Purposes. *Journal of Food Science*, 78 (6), pp. 839-844. DOI: 10.1111/1750-3841.12143
6. Perini, M., Strojnik, L., Paolini, M., & Camin, F. (2020). GC/c-IRMS for improving the detection of authenticity of grape must. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Accepted Manuscript. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b05952>
7. Bontempo, L., Camin, F., Larcher, R., Nicolini, G., Perini, M., & Rossmann, A. (2009). Coast and year effect on H, O and C stable isotope ratios of Tyrrhenian and Adriatic Italian olive oils. In *Rapid Communications in Mass Spectrometry* (Vol. 23, Issue 7, pp. 1043–1048). <https://doi.org/10.1002/rcm.3968>
8. Camin, F., Larcher, R., Nicolini, G., Bontempo, L., Bertoldi, D., Perini, M., Schlicht, C., Schellenberg, A., Thomas, F., Heinrich, K., Voerkelius, S., Horacek, M., Ueckermann, H., Froeschl, H., Wimmer, B., Heiss, G., Baxter, M., Rossmann, A., & Hoogewerff, J. (2010). Isotopic and elemental data for tracing the origin of European olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 570–577
9. Camin, F., Pavone, A., Bontempo, L., Wehrens, R., Paolini, M., Faberi, A., Marianella, R. M., Capitani, D., Vista, S., & Mannina, L. (2016). The use of IRMS, ^1H NMR and chemical analysis to characterise Italian and imported Tunisian olive oils. In *Food Chemistry* (Vol. 196, pp. 98–105). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.132>
10. Chiocchini, F., Portarena, S., Ciolfi, M., Brugnoli, E., Lauteri, M. (2016). Isoscapes of carbon and oxygen stable isotope compositions in tracing authenticity and geographical origin of Italian extra-virgin olive oils. *Food Chemistry*, 202, pp. 291-301. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.146
11. Laursen, K. H., Bontempo, L., Camin, F., & Rossmann, A. (2016). Advances in isotopic analysis for food authenticity testing. In *Advances in Food Authenticity Testing*, 227-252

BIBLIOGRAFIA

12. Bontempo, L., Paolini, M., Franceschi, P., Ziller, L., García-González, D. L., & Camin, F. (2019). Characterisation and attempted differentiation of European and extra-European olive oils using stable isotope ratio analysis. In *Food Chemistry* (Vol. 276, pp. 782–789). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.077>
13. Paolini, M., Bontempo, L., & Camin, F. (2017). Compound-specific $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^2\text{H}$ analysis of olive oil fatty acids. *Talanta*, 174, 38–43.
14. Novak, V., Adler, J., Husted, S., Fromberg, A., & Laursen, K. H. (2019). Authenticity testing of organically grown vegetables by stable isotope ratio analysis of oxygen in plant-derived sulphate. *Food Chemistry*, 291, 59–67
15. Paolini, M., Ziller, L., Laursen, K.H., Husted, S., Camin, F. (2015). Compound-Specific $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ Analyses of Amino Acids for Potential Discrimination between Organically and Conventionally Grown Wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (25), pp. 5841-5850. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b00662
16. Bontempo, L., Camin, F., Ziller, L., Perini, M., Nicolini, G., & Larcher, R. (2017). Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey. In *Measurement* (Vol. 98, pp. 283–289). <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.022>
17. Schellenberg, A., Chmielus, S., Schlicht, C., Camin, F., Perini, M., Bontempo, L., Heinrich, K., Kelly, S. D., Rossmann, A., Thomas, F., Jamin, E., & Horacek, M. (2010). Multielement stable isotope ratios (H, C, N, S) of honey from different European regions. In *Food*

Chemistry (Vol. 121, Issue 3, pp. 770–777). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.082>

18. Perini, M., Carbone, G., & Camin, F. (2017). Stable isotope ratio analysis for authentication of red yeast rice. *Talanta*, 174, 228–233

19. Perini, M., Paolini, M., Pace, R., & Camin, F. (2019). The use of stable isotope ratio analysis to characterise saw palmetto (*Sere-noa Repens*) extract. *Food Chemistry*, 274, 26–34

GLI AUTORI

**Luigi Lucini**

Dopo una esperienza di alcuni anni nell'industria quale responsabile dei laboratori chimici e chimico-fisici, Luigi Lucini è diventato prima ricercatore e poi professore associato presso la Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza. Nella Facoltà coordina il laboratorio di metabolomica e proteomica, occupandosi tra l'altro di tematiche legate alla qualità funzionale ed alla tracciabilità delle produzioni agro-alimentari.

**Gabriele Rocchetti**

Dopo aver ottenuto il dottorato di ricerca per il sistema agro-alimentare (Agri-system) presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, Gabriele Rocchetti ad oggi ricopre una posizione di assegnista di ricerca post-dottorato presso la stessa Università. È membro del laboratorio di metabolomica e proteomica coordinato dal Prof. Luigi Lucini. I suoi interessi di ricerca sono inerenti all'uso di metabolomica targeted/untargeted per investigare qualità e alla tracciabilità delle produzioni agro-alimentari.

LA METABOLOMICA COME STRUMENTO PER LA TRACCIABILITÀ E AUTENTICITÀ

Effetto terroir, interazione pianta- ambiente ed impronta chimica

L'Italia, con oltre 260 tra prodotti alimentari DOP, IGP e STG, è il paese con il maggior numero di certificazioni geografiche riconosciute a livello europeo. L'adozione di sistemi per l'indicazione geografica a livello di EU presuppone un legame con la zona di origine e rappresenta una condizione fondamentale per garantire l'eccellenza delle nostre produzioni agro-alimentari. Ne consegue che diventano fondamentali, a riguardo, efficaci strumen-

ti di controllo per supportare il settore agro-alimentare e tutelare non solo il made in Italy, ma nello specifico anche quelle produzioni locali che rappresentano delle eccellenze riconosciute anche oltre i confini italiani. Discorso analogo si applica anche per quelle produzioni estere che, pur non rappresentando una frode commerciale, richiamano in modo ambiguo alle nostre specialità (il cosiddetto "Italian sounding").

In generale, l'effetto di una specifica varietà sui tratti qualitativi, ed in particolare su quelli sensoriali dei prodotti agricoli è un concetto consolidato, per il quale è stato sottolineato il controllo esercitato dal cosiddetto background genetico [1]. Ad esempio, il contributo della cultivar (e quindi il background genetico) è stato segnalato come il fattore più importante che influenza la qualità nutrizionale e sensoriale dei frutti delle specie di bacche [2,3]. In effetti, il genotipo gioca un ruolo chiave nel determinare parametri di qualità quali il contenuto in solidi solubili e l'acidità titolabile [1] ma va

considerato che anche le variazioni stagionali e le pratiche agricole incidono in una certa misura su zuccheri, acidi organici e aminoacidi liberi [4-7]. D'altra parte, negli ultimi anni la letteratura scientifica ha prodotto larga evidenza e consenso comune circa la forte **influenza dell'ambiente sul profilo chimico e sugli aspetti morfologici di una pianta**.

Questo fenomeno è definito come plasticità fenotipica e svolge un ruolo chiave nei processi di acclimatazione delle piante [5]. La **plasticità del fenotipo** è di fondamentale importanza per le piante, le quali sono organismi sessili e non possono sfuggire a condizioni ambientali sfavorevoli. Tale plasticità va oltre il background genetico ed è stata collegata all'epigenetica, vale a dire le modifiche ereditabili e reversibili nei modelli di espressione genica che non comportano cambiamenti nella sequenza del DNA. Risulta intuitivo come le colture rispondano a fattori ambientali come luce, temperatura, stress biotici o



abiotici attivando percorsi di segnalazione che modulano ampiamente i loro processi metabolici [6-7]. Possiamo quindi postulare che l'effetto terroir può essere il risultato della combinazione di fattori legati all'ambiente specifico di coltivazione (tipologia di suolo, condizioni meteorologiche, pratiche agronomiche adottate), fattori di stress per la pianta, e modifiche biochimiche indirette mediate dall'epigenetica. Coerentemente, è stato dimostrato che tanto i fattori agronomici e pre-raccolta come le pratiche di coltivazione, l'età delle piante e l'ambiente modulano le caratteristiche sensoriali e la qualità nutrizionale dei diversi frutti. Queste modifiche riguardano tipicamente quello che viene definito il metabolismo secondario della pianta. Nonostante la differenza tra metabolita primario e secondario sia talvolta ambigua, è chiaro che i metaboliti secondari sono in genere sintetizzati in risposta agli stimoli dell'ambiente, e sono quindi direttamente collegati all'effetto terroir. All'interno del metabolismo secondario includiamo un'ampia varietà di composti chimici differenti come i polifenoli, gli alcaloidi, i terpenoidi e gli steroli. Queste molecole conferiscono capacità adattative alla coltura e fanno parte della risposta della pianta all'ambiente, inclusi i fattori di stress biotici (ad esempio parassiti) o abiotici (siccità, salinità, temperatura, intensità della luce ecc.) [8-10]. Sono inoltre prodotti per attrarre impollinatori, mediare le interazioni con microrganismi simbiotici [11-12] e favorire la dispersione dei semi. I fattori ambientali agiscono contemporaneamente e generalmente interagiscono tra loro [13-16].



Poiché tutti questi fattori compresi nell'effetto terroir sono in grado di modulare in modo significativo e distintivo il profilo fitochimico reale della coltura, con particolare riferimento ai metaboliti secondari, diventa possibile parlare di impronta chimica dei prodotti agro-alimentari. È importante evidenziare come sia la complessità del metabolismo secondario (che include diverse centinaia di composti chimici differenti) a portare a "firme metaboliche" distintive, aprendo così la possibilità di collegare queste impronte chimiche alla origine geografica [16-17].

La metabolomica come strumento per la definizione dell'impronta chimica e la tutela delle indicazioni geografiche



La metabolomica è una delle principali branche nel campo delle tecniche -omiche e, insieme a genomica, trascrittomica e proteomica, è coinvolta nello studio di aspetti riguardanti il settore alimentare e la valutazione nutrizionale degli alimenti.

Nata per la scoperta di biomarcatori in ambito clinico, la metabolomica comprende lo studio esaustivo dell'intera composizione di metaboliti di un particolare sistema o organismo, considerando tipicamente quei composti con un peso molecolare inferiore a 1500 Da.

In pratica, questo obiettivo è difficile da raggiungere, a causa dell'enorme variabilità chimica che esista tra differenti tipologie di metaboliti; ciò implica che non è possibile ottenere un approccio analitico universale basato su di un singolo metodo, visto che i metaboliti appartenenti a classi chimiche molto diverse possono avere polarità significativamente diverse. A questo proposito, il "metaboloma" degli alimenti non fa eccezione, in quanto sono frequentemente presenti composti abbastanza di-

versi, come carboidrati, lipidi, proteine, aminoacidi, ammine, steroli vegetali, composti fenolici, carotenoidi, alcaloidi o composti volatili. A differenza della genomica (dove il patrimonio genetico è tipico della cultivar e costante indipendentemente dall'ambiente), la metabolomica si presta bene a descrivere le variazioni imposte dal terroir.

Le procedure analitiche normalmente utilizzate nell'ambito della metabolomica possono essere raggruppate in diverse categorie ma i metodi possono

La metabolomica comprende lo studio esaustivo dell'intera composizione di metaboliti

essere sostanzialmente classificati in approcci di "fingerprinting molecolare" e di "profiling". Il fingerprinting si riferisce all'impronta digitale ovvero all'analisi del maggior numero possibile di composti all'interno di un sistema e/o estratto alimentare, compresa la loro rilevazione e il successivo trattamento statistico dei risultati ottenuti. Il fine ultimo è **l'individuazione di metaboliti di interesse o potenziali marcatori chimici**. Utilizzando questo approccio, l'identificazione e la quantificazione dei metaboliti rilevati potrebbero non essere una necessità. Al contrario, il profiling si riferisce principalmente all'analisi di metaboliti strettamente correlati, spesso appartenenti alla stessa classe chimica, che sono più frequentemente identificati e quantificati in modo assoluto o relativo. Non partendo da una ipotesi a priori, gli approcci analitici utilizzati sono definiti "untargeted" e si basano su strumentazione di alto profilo quali spettrometri di massa ad alta risoluzione, seguiti da elaborazioni statistiche multivariate e procedure normalizzate basate su strumenti bioinformatici in grado di estrarre correttamente le informazioni principali dalla mole di dati disponibili. Considerando le premesse precedentemente descritte, negli ultimi anni diversi lavori scientifici hanno utilizzato tecniche di metabolomica per valutare la qualità

(in particolare focalizzandosi sul profilo nutrizionale e sulla presenza di contaminanti) e la tracciabilità (sia in termini di processo produttivo che geografica) degli alimenti di origine animale e vegetale. La tracciabilità degli alimenti è un argomento rilevante quando si pensa al mondo agro-alimentare, strettamente correlato alla qualità e alla sicurezza delle produzioni. Questo argomento assume una grande importanza non solo per le industrie alimentari, ma anche per i consumatori che richiedono sempre più informazioni su ogni fase del processo produttivo degli alimenti che consumano. A questo proposito, gli approcci metabolomici basati sulla spettrometria di massa sono essenziali in quanto sono in grado di fornire un elevato livello di precisione necessario per la gestione e tutela della tracciabilità.



Metabolomica, effetto terroir e indicazioni geografiche

Il vino è stato probabilmente il cibo più ampiamente studiato, per quanto riguarda l'effetto del terroir, confermando anche a livello molecolare che esiste un legame tra origine geografica e profilo fitochimico [18-19]. Numerosi esempi di questo collegamento sono stati forniti anche nel campo delle piante medicinali, per le quali il profilo fitochimico è fondamentale nel determinare le reali proprietà medicinali [20]. Tuttavia, la letteratura più recente riporta un numero crescente di esempi che dimostrano che questo effetto può essere esteso a una vasta gamma di matrici alimentari diverse dal vino. I riferimenti sulla relazione tra terroir, origine geografica e valore commerciale di diversi alimenti come tè, caffè, cioccolato, zafferano, latte e formaggio sono disponibili in letteratura [21-22]. Sebbene la relazione tra terroir e metaboliti secondari sia chiara, anche gli effetti della stagionalità e della cultivar (background genetico) meritano di essere considerati. Ad oggi, pochissimi

lavori hanno studiato in modo comparativo la relazione gerarchica tra cultivar e origine geografica, con riferimento al profilo fitochimico.

Nell'ambito dello studio del profilo fitochimico di diversi alimenti di origine vegetale, il nostro gruppo di ricerca si è focalizzato sull'applicazione di tecniche di metabolomica (spettrometria di massa non mirata) al campo della tracciabilità di diverse produzioni agro-alimentari. In particolare, il focus è stato indirizzato verso prodotti alimentari molto utilizzati, redditizi, ma soprattutto soggetto a procedure di contraffazione, come zafferano, olio extra vergine di oliva (EVOO) e nocciola.

Ad esempio, sebbene la metabolomica sia efficace ai fini della tracciabilità [23-24], l'effetto della cultivar nella nocciola è sostituito dall'effetto terroir quando è stata effettuata la profilazione dei fenoli e degli steroli e sono state applicate adeguate statistiche supervisionate [27].



Allo stesso modo, la profilazione di fenoli e steroli, probabilmente perché sono biosinteticamente piuttosto ortogonali, ha permesso di discriminare oli extra vergini di oliva basati sia sull'origine geografica sia sulla cultivar [25-27]. In un recente lavoro, il nostro gruppo di ricerca [25] ha identificato marcatori

specificamente legati alla cultivar di olive insieme a marcatori specificamente correlati all'origine geografica (figura 1). Inoltre, questi ultimi autori hanno riferito che gli oli commerciali, normalmente venduti come miscele di diverse cultivar, potrebbero essere ancora discriminati in funzione dell'origine geografica. Relativamente alla origine ed autenticità dello zafferano, è stato invece possibile evidenziare chiare differenze tra i campioni DOP rispetto a quelli non DOP (figura 2), nonché prodotti addizionati di altre parti del fiore, sulla base delle rispettive impronte chimiche.

Relazione tra terroir, origine geografica e valore commerciale

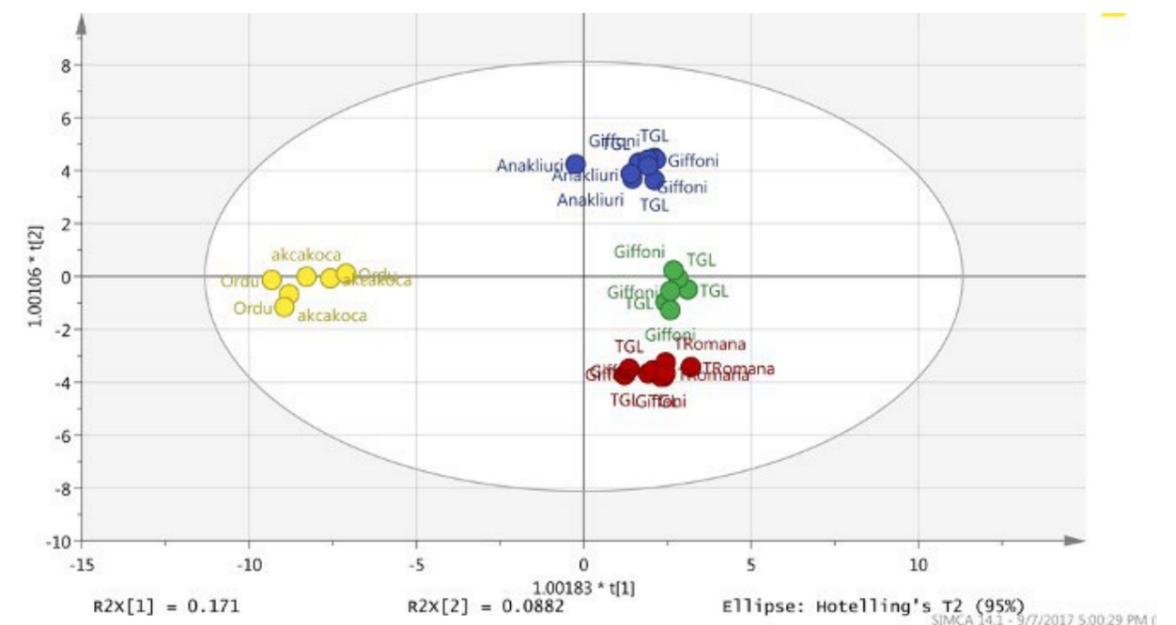


Fig. 1 - Analisi statistica supervisionata OPLS-DA per la discriminazione dell'origine geografica della nocciola. Si nota come i campioni, seppur di differenti varietà, formino clusters funzione dell'origine geografica degli stessi

Per quanto attiene i marcatori chimici responsabili delle differenze, tra le classi più comunemente riscontrate ci sono quelle dei polifenoli e dei fitosteroli. In particolare, i flavonoidi (soprattutto an-

tociani e i flavonoli), acidi idrossicinnamici (acidi fenolici) e derivati sterolici si sono rivelati importanti nel discriminare cultivars od origine geografica di prodotti agro-alimentari.

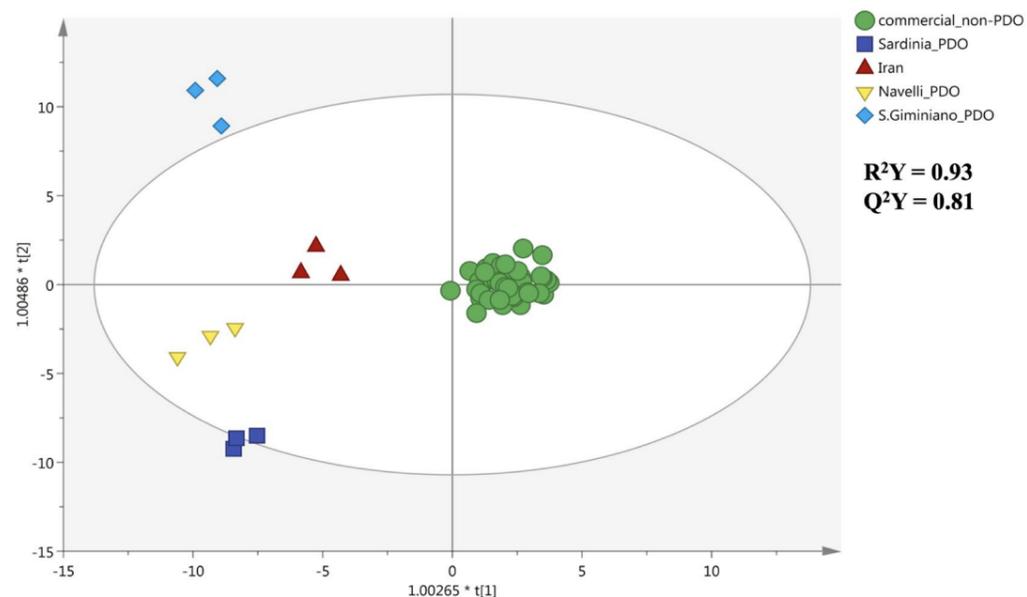
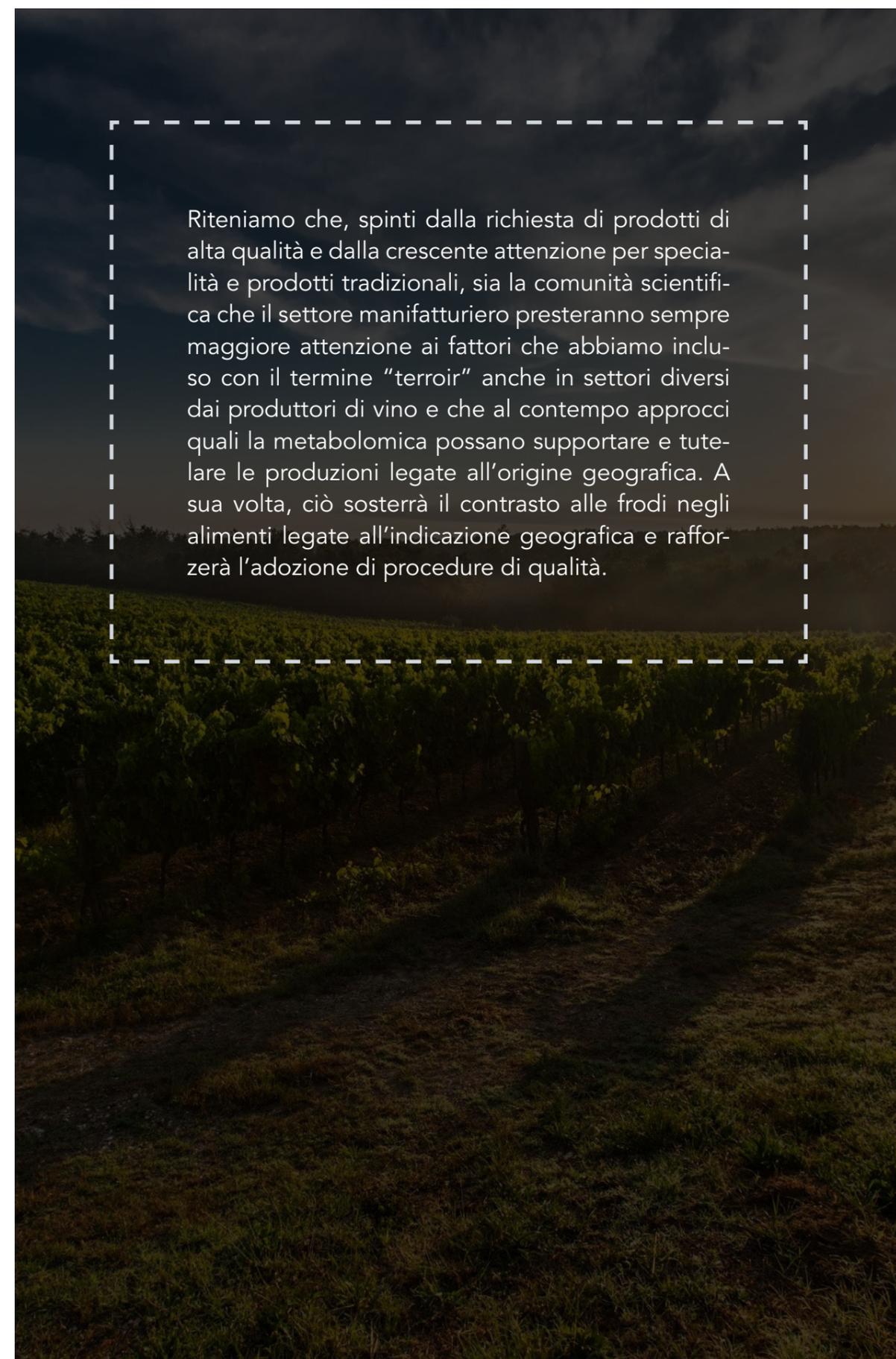


Fig. 2 - Analisi statistica supervisionata OPLS-DA per l'autenticità dello zafferano DOP italiano. I campioni di tre produzioni tipiche italiane di alto valore, un campione certo dell'Iran (il principale produttore mondiale) e diversi campioni commercialmente disponibili sono fra di loro chiaramente discriminati dal profilo chimico.

Aspetti conclusivi

I metodi chimici per la rintracciabilità delle produzioni agro-alimentari, e la metabolomica in particolare, sono un esempio di come la ricerca applicata svolga anche un ruolo di supporto al tessuto produttivo. I recenti progressi nella chimica analitica hanno permesso di studiare la relazione tra profilo fitochimico delle colture e terroir, estendendo così questo concetto a cibi e bevande diversi dal vino. Pertanto, con il termine terroir, dovremmo includere non solo

le condizioni pedo-climatiche legate all'origine geografica, ma anche le pratiche di gestione e trasformazione post-raccolta tradizionalmente adottate in siti specifici. Sfruttando i progressi precedentemente riportati nella profilazione "untargeted" e nella chemiometria, è consigliabile che queste indagini possano essere collegate anche ad attributi sensoriali, completando così il collegamento composizione-ambiente-qualità, alla base del concetto di terroir.



Riteniamo che, spinti dalla richiesta di prodotti di alta qualità e dalla crescente attenzione per specialità e prodotti tradizionali, sia la comunità scientifica che il settore manifatturiero presteranno sempre maggiore attenzione ai fattori che abbiamo incluso con il termine "terroir" anche in settori diversi dai produttori di vino e che al contempo approcci quali la metabolomica possano supportare e tutelare le produzioni legate all'origine geografica. A sua volta, ciò sosterrà il contrasto alle frodi negli alimenti legate all'indicazione geografica e rafforzerà l'adozione di procedure di qualità.

BIBLIOGRAFIA

1. Di Vittori L, Mazzoni L, Battino M, Mezzetti B. Pre-harvest factors influencing the quality of berries. *Sci Hortic* 2018, 233:310-322
2. Milošević T, Milošević N, Mladenović J. 2016. Soluble solids, acidity, phenolic content and antioxidant capacity of fruits and berries cultivated in Serbia. *Fruits* 2016, 71(4):239-248
3. Vagiri M, Rumpunen K, Johansson E. Quality traits in black currant (*Ribes nigrum* L.) as affected by genotype and location. *Acta Hort* 2016, 1117:207-211
4. Bizjak Bat K, Mozetič Vodopivec B, Eler K, Ogrinc N, Mulič I, Masuero D, Vrhovšek U. Primary and secondary metabolites as a tool for differentiation of apple juice according to cultivar and geographical origin. *LWT* 2018, 90:238-245
5. Kelly A, Panhuis TM, Stoehr A. Phenotypic plasticity: molecular mechanisms and adaptive significance. In: *Comprehensive Physiology*. 2011, John Wiley & Sons, Inc
6. Khalid M, Rahman S, Bilal M, Huang D. Role of flavonoids in plant interactions with the environment and against human pathogens — A review. *J Integr* 2019, 18(1):211-230
7. Nobori T, Tsuda K. The plant immune system in heterogeneous environments. *Curr Opin Plant Biol* 2019, 50:58-66
8. Sofo A, Fausto C, Mininni AN, Dichio B, Lucini L. Soil management type differentially modulates the metabolomic profile of olive xylem sap. *Plant Physiol Bioch* 2019, 139:707-714
9. Bernardo L, Carletti P, Badeck FW, Rizza F, Morcia C, Ghizzoni R, Rouphael Y, Colla G, Terzi V, Lucini L. Metabolomic responses triggered by arbuscular mycorrhiza enhance tolerance to water stress in wheat cultivars. *Plant Physiol Bioch* 2019, 137:203-212
10. Santin M, Lucini L, Castagna A, Rocchetti G, Hauser M.T, Ranieri A. Comparative “phenol-omics” and gene expression analyses in peach (*Prunus persica*) skin in response to different post-harvest UV-B treatments. *Plant Physiol Bioch* 2019, 135:511-519
11. Lucini L, Colla G, Miras Moreno MB, Bernardo L, Cardarelli M, Terzi V, Bonini P, Rouphael Y. Inoculation of *Rhizoglyphus irregularis* or *Trichoderma atroviride* differentially modulates metabolite profiling of wheat root exudates. *Phytochemistry* 2019, 157:158-167
12. Yang Y, Wen K-S, Ruan X, Zhao Y-X, Wang Q. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules* 2018, 23(4):762
13. Arena ME, Postemsky PD, Curvetto NR. Changes in the phenolic compounds and antioxidant capacity of *Berberis microphylla* G. Forst. berries in relation to light intensity and fertilization. *Sci Hortic* 2017, 218:63-71
14. Ullrich SF, Rothauer A, Hagels H, Kayser O. Influence of light, temperature, and macronutrients on growth and scopolamine biosynthesis in *Duboisia* species. *Planta Med* 2017, 83:937-945

BIBLIOGRAFIA

15. Woodrow P, Ciarmiello LF, Annunziata MG, Pacifico S, Iannuzzi F, Mirto A, D-Amelia L, Dell-Aversana E, Piccolella S, Fuggi A. Durum wheat seedling responses to simultaneous high light and salinity involve a fine reconfiguration of amino acids and carbohydrate metabolism. *Physiol Plant* 2017, 159:290–312
16. Li Y, Kong D, Fu Y, Sussman M, Wu. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiol Bioch*, 2020, 148:80-89
17. Thakur M, Bhattacharya S, Khosla PK, Puri S. Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *J Appl Res Med Aroma*, 2019, 12:1-12
18. Acunha T, Simó C, Ibáñez C, Gallardo A, Cifuentes A. Anionic metabolite profiling by capillary electrophoresis–mass spectrometry using a noncovalent polymeric coating. Orange juice and wine as case studies. *J Chromatogr A* 2016, 1428:326-335
19. Roullier-Gall C, Boutegrabet L, Gougeon RD, Schmitt-Kopplin, P. A grape and wine chemodiversity comparison of different appellations in Burgundy: Vintage vs terroir effects. *Food Chem* 2014, 152:100-107
20. Lei D, Leon C, Huang L-f, Hawkins JA. Medicinal plants of chinese Pharmacopoeia and Daodi: Insights from phylogeny and biogeography. *Chin Herb Med* 2018, 10(3):269-278
21. Lambot C, Herrera JC, Bertrand B, Sadeghian S, Benavides P, Gaitán A. Cultivating coffee quality—terroir and agro-ecosystem. In: Folmer, B. (Ed.), *The Craft and Science of Coffee*. Elsevier - Academic Press, 2017, pp. 17–49
22. Lee, J-E, Lee B-J, Chung J-O, Kim H-N, Kim E-H, Jung S, Lee H, Lee S-J, Hong Y-S. Metabolomic unveiling of a diverse range of green tea (*Camellia sinensis*) metabolites dependent on geography. *Food Chem* 2015, 174:452–459
23. Rocchetti G, Lucini L, Gallo A, Masoero F, Trevisan M, Giuberti G. Untargeted metabolomics reveals differences in chemical fingerprints between PDO and non-PDO Grana Padano cheeses. *Food Res Int* 2018, 113:407-413
24. Klockmann S, Reiner E, Bachmann R, Hackl T, Fischer M. Food fingerprinting: Metabolomic approaches for geographical origin discrimination of hazelnuts (*Corylus avellana*) by UPLC-QTOF-MS. *J Agric Food Chem* 2016, 64(48):9253-9262
25. Ghisoni S, Lucini L, Angilletta F, Rocchetti G, Farinelli D, Tombesi S, Trevisan M. Discrimination of extra-virgin-olive oils from different cultivars and geographical origins by untargeted metabolomics. *Food Res Int* 2019, 121:746-753
26. Ben Mohamed M, Rocchetti G, Montesano D, Ben Ali S, Guasmi F, Grati-Kamoun N, Lucini L. Discrimination of Tunisian and Italian extra-virgin olive oils according to their phenolic and sterolic fingerprints. *Food Res Int* 2018, 106:920-927
27. Ghisoni S, Lucini L, Rocchetti G, Chioldelli G, Farinelli D, Tombesi S, Trevisan M. Untargeted metabolomics with multivariate analysis to discriminate hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars and their geographical origin. *J Sci Food Agric* 2020, 100(2):500-508

L'AUTRICE

**Cristina De Ceglie**

Borsista presso l'IRSA-CNR sede di Bari, dove si occupa di analisi di contaminanti emergenti nelle acque reflue. Durante l'assegno di ricerca svolto presso il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro ha collaborato al progetto di ricerca nazionale VIOLIN, occupandosi dell'estrazione, dell'analisi e della caratterizzazione dei secoiridoidi nei campioni di olio extra-vergine di oliva.

LA SPETTROMETRIA DI MASSA AD ALTA RISOLUZIONE PER LA DETERMINAZIONE DELLA PROVENIENZA GEOGRAFICA DELL'OLIO EVO ITALIANO

Il consumo dell'olio extravergine di oliva (EVO), alimento essenziale della dieta Mediterranea, è raccomandato, oltre che per gli aspetti sensoriali, anche per gli effetti benefici sulla salute umana, oggetto di un numero crescente di studi e ormai noti al pubblico dei consumatori. Negli ultimi anni, ad esempio, i ricercatori hanno indagato sulle proprietà salutistiche di alcune componenti minori degli oli, in particolare dei fenoli bioattivi [1], contribuendo alla crescente consapevolezza da parte del consumatore degli effetti positivi per la salute e all'incremento negli ultimi tre decenni del consumo di olio di oliva a livello mondiale, superando il milione di tonnellate annue [2].

Contestualmente sta crescendo la domanda da parte dei consumatori di un prodotto di alta qualità: vengono ad esempio privilegiati negli acquisti gli oli biologici, gli oli con indicazione geografica certificata e gli oli monovarietali, per i quali però il prezzo sul mercato è generalmente più alto.

Dato l'**elevato valore economico associato alla produzione dell'olio**, il settore oleicolo è spesso soggetto ad un numero crescente di frodi. Una pratica diffusa è la falsificazione, ovvero la vendita di oli di oliva o oli di oliva lampanti di provenienza estera (tunisina o spagnola) come oli italiani, oppure l'adulterazione di oli di oliva italiani con oli stranieri, più economici perché prodotti in Paesi dove i costi di produzione sono decisamente inferiori.

Le adulterazioni degli oli di oliva permettono un incremento della produzione ed un aumento dei profitti; le più frequenti sono l'aggiunta di oli di sansa o oli este-

rificati (appartenenti a classi commerciali inferiori) agli oli di oliva vergini, di clorofilla come colorante, il taglio dell'olio di oliva con oli di semi (mais, soia, palma, girasole), più economici e con un minor valore nutrizionale, e con l'olio di nocciola.

Relativamente all'autenticità della provenienza geografica e varietale degli oli di oliva vergini bisogna specificare che attualmente non esistono delle metodiche analitiche ufficiali, che invece sono previste per la determinazione di diversi parametri chimico-fisici di qualità, come la valutazione del contenuto di acidi grassi liberi [3].

Fondamentale in questo ambito è, quindi, l'apporto della ricerca scientifica nello sviluppo di tecniche robuste ed affidabili che possano superare i limiti dei metodi esistenti, rispondendo alla necessità dei consumatori di essere informati e di acquistare in maniera consapevole.



Stato dell'arte dei metodi analitici sviluppati

Nella monografia pubblicata da Bajoub et al. nel 2018 [4], i metodi analitici sviluppati per studiare la provenienza geografica degli oli e la loro composizione varietale vengono classificati in tre categorie principali. Nella prima categoria ricadono tutti quei metodi di tipo targeted che prevedono la **determinazione del contenuto di specifici composti** e la correlazione dei dati ottenuti con le informazioni sull'origine geografica o varietale.

La seconda categoria comprende la **valutazione quali-quantitativa di un numero elevato di composti** correlati tra loro sulla base della struttura chimica e/o del pathway biosintetico.

Infine, il terzo raggruppamento è basato sugli **approcci di tipo untargeted**; utilizzando lo studio chemiometrico del fingerprint dell'intero campione di olio si ricercano i markers di una determinata zona geografica o di una data cultivar. Come tecniche di fingerprinting sono state utilizzate la spettrometria di massa, le tecniche spettroscopiche vibrazionali, la risonanza magnetica nucleare, le tecniche basate sul DNA ed approcci basati sul naso e sulla lingua elettronici.

Diversi sono i composti su cui i ricercatori si sono focalizzati per costruire dei modelli statistici mirati alla corretta classificazione geografica/varietale degli oli, come ad esempio i trigliceridi, gli acidi grassi, i pigmenti, gli steroli, i composti volatili e i composti fenolici [5, 6].

Per quanto riguarda questi ultimi, nell'articolo di Bajoub et al. del 2015 [6] è stato riportato un modello basato sulla cromatografia liquida accoppiata all'ElectroSpray Ionization Time-of-Flight-Mass Spectrometry (ESI-TOF-MS) o all'ESI-Ion Trap-MS (ESI-IT-MS) e sull'analisi multivariata per classificare oli di oliva provenienti da sette diverse regioni produttive del Nord del Marocco.

Nonostante la validità dei metodi LC-MS seguiti dall'analisi statistica dei dati per la classificazione geografica degli oli [7-10], diversi sono i limiti che devono essere superati affinché questi protocolli siano usati su una più vasta scala, come ad esempio il ridotto numero dei campioni e di cultivar studiate, le dimensioni ridotte delle aree geografiche considerate e la mancanza di un'analisi a lungo termine, ossia in grado di considerare più annate produttive.

Costruire dei modelli statistici mirati alla corretta classificazione geografica/varietale degli oli

Il progetto di ricerca VIOLIN

Valorizzazione dei prodotti italiani derivanti dall'oliva attraverso tecniche analitiche innovative

Il progetto VIOLIN nasce dalla volontà di valorizzare l'olio extravergine di oliva italiano e di promuovere una cultura dell'olio italiano di qualità (<https://olivoelolio.progettoager.it/>). Il progetto prevede il coinvolgimento di numerosi partners scientifici, tra i quali l'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" (UNIBA). **Tra gli obiettivi previsti dallo studio rientra lo sviluppo di tecniche analitiche per la caratterizzazione di un elevato numero di oli extravergini di oliva DOP**, provenienti dalle diverse regioni italiane ed ottenuti da diverse tipologie di cultivar.



Le caratteristiche oggetto di indagine per gli oli sono quelle chimiche, sensoriali, nutrizionali, botaniche e geografiche; l'obiettivo più generale del progetto è usare i dati raccolti dai ricercatori per creare la prima banca dati degli oli DOP italiani, che servirà anche ai fini della tracciabilità.

Nell'ambito del progetto l'unità di ricerca facente capo al Dipartimento di Chimica di UNIBA, coordinata dal Prof. Tommaso Cataldi, si sta occupando, nello specifico, della caratterizzazione di particolari composti fenolici presenti nell'olio di oliva appartenenti alla classe dei secoiridoidi attraverso l'utilizzo della cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa ad alta risoluzione ed accuratezza, basata sull'impiego di uno spettrometro ibrido quadrupolo-Orbitrap.

La cromatografia liquida (LC) è una tecnica analitica che permette di separare dei composti in base alla diversa affinità chimica e quindi alla diversa ripartizione tra una fase stazionaria (colonna cromatografica) ed una fase mobile (solvente). Composti più affini alla fase stazionaria saranno trattenuti più tempo in colonna ed avranno dei tempi di ritenzione maggiori. Le sostanze che escono dalla colonna cromatografica entrano poi nella sorgente di ionizzazione di uno

spettrometro di massa (MS) dove vengono trasformate in ioni, particelle gassose cariche, e poi separate nell'analizzatore in base al rapporto massa/carica ed infine rivelate. Il risultato è uno spettro di massa.

L'accoppiamento tra le due tecniche, oggi sempre più performante, permette di ottenere delle informazioni qualitative e quantitative fondamentali soprattutto nello studio di campioni complessi.

Nel progetto VIOLIN la LC-MS è stata impiegata per lo studio dei principali secoiridoidi presenti nell'olio di oliva, vale a dire oleuropeina aglicone, ligustroside aglicone, oleacina, oleocantale e demetil-oleuropeina, le cui strutture chimiche predominanti sono riportate nella Figura 1. Composti fenolici idrofili ampiamente studiati per le loro proprietà biologiche e sensoriali [11], sono considerati potenti antiossidanti e possono esercitare effetti antinfiammatori, antimicrobici, anticancro ed ipoglicemici.

Nell'ambito delle attività connesse al progetto VIOLIN, l'unità di ricerca di UNIBA ha già analizzato una serie di oli

extravergine di oliva italiani appartenenti a tre annate produttive (2016-2017, 2017-2018 e 2018-2019), osservando una significativa variabilità del contenuto di queste sostanze dovuta ad un complesso intreccio di fattori quali la cultivar e il grado di maturazione delle drupe, le pratiche agronomiche e la tecnologia di produzione utilizzata per produrre l'olio. Dopo aver condotto un accurato studio strutturistico dell'oleuropeina e della ligustroside aglicone [12,13] ed avere studiato l'effetto della tecnologia di produzione, in particolare della centrifugazione orizzontale, sulla concentrazione finale dei secoiridoidi citati e dei loro prodotti di ossidazione [14], l'unità di ricerca si è occupata della valutazione dei possibili effetti della cultivar e della provenienza geografica sul contenuto di questi composti.

A tal fine, dopo l'estrazione con solvente dei secoiridoidi dai campioni di olio e l'analisi LC-MS, i dati di abbondanza dei secoiridoidi e di alcuni prodotti di ossidazione sono stati sottoposti ad indagine chemiometrica usando l'Analisi delle Componenti Principali (PCA).

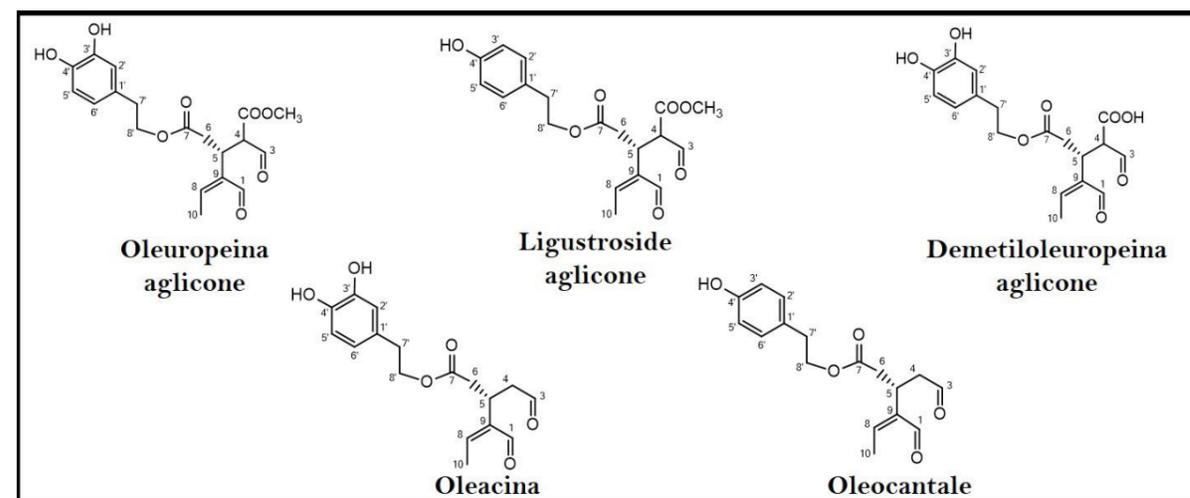


Fig. 1 - Principali secoiridoidi presenti nell'olio di oliva

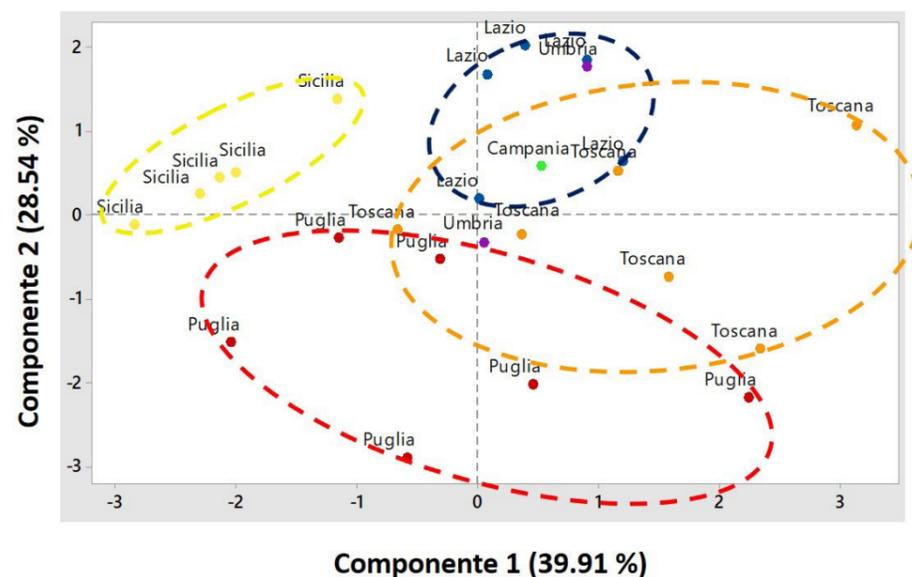


Fig. 2a - Score plot delle componenti principali di 25 oli diversi provenienti da zone differenti (2016/2017)

A titolo di esempio, in Figura 2(a) è riportato il grafico noto come Score plot riferito alle prime due componenti derivanti dalla PCA e relativo ai dati registrati per 25 oli prodotti durante la campagna olearia 2016/2017, interpretato in base alla provenienza geografica.

Sono stati osservati alcuni raggruppamenti regionali interessanti, evidenziati in figura da ellissi di colore diverso, che hanno una funzione puramente descrittiva ma che aiutano ad evidenziare alcune tendenze. Particolarmente evidente è risultata la **tendenza al raggruppamento degli oli siciliani** nella regione in alto a sinistra del piano delle compo-

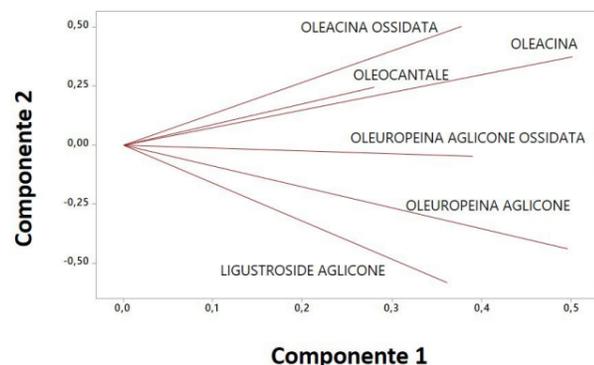


Fig. 2b - Loading plot associato alla PCA

nenti principali.

Il Loading plot associato alla PCA, mostrato in Figura 2(b) consente di attribuire tale esito ad un **tenore particolarmente ridotto nel contenuto dei quattro principali secoiridoidi e delle due forme ossidate considerate**.

Il confronto della Figura 2(a) con la Figura 3, che rappresenta lo Score plot derivante dalla stessa PCA ma interpretato in termini di cultivar impiegate nella produzione degli oli, ha permesso di ipotizzare che l'apporto inferiore di tali composti possa essere legato proprio alla cultivar usata per la produzione dell'olio. D'altro canto, però, non si può trascurare l'effetto della tecnologia di produzione, in particolare l'utilizzo, per la centrifugazione orizzontale degli oli di provenienza siciliana, del decanter a tre fasi, che prevede l'aggiunta di acqua durante la centrifugazione, con conseguente perdita di una parte dei secoiridoidi inizialmente presenti, convogliati in quelle che sono comunemente definite "acque di vegetazione".

Nelle figure si osserva che gli oli di provenienza pugliesi, a differenza di quelli siciliani, sono collocati soprattutto nella porzione in basso a destra del piano delle prime due componenti principali e il Loading plot ha suggerito che tale collocazione possa essere legata alla **particolare abbondanza degli agliconi di oleuropeina e ligstroside associata alla cv. Coratina**, ben nota in letteratura. Non a caso, infatti, gli unici oli pugliesi collocati più a sinistra nella PCA, ossia caratterizzati da valori inferiori della prima componente principale, sono quelli derivanti da olive di cv. Frantoio ed Ogliarola, notoriamente meno ricche in secoiridoidi.

Gli oli prodotti nelle regioni del Centro Italia, in particolare Lazio e Toscana, si sono invece concentrati nella zona in alto a destra del grafico, caratterizzata da una abbondanza maggiore specialmente in oleacina.

Come si può osservare dalla Figura 3, questi oli sono stati prodotti essenzialmente da blend di olive di cultivar diverse, spesso non dichiarate dai produttori. L'esito della PCA condotta sugli oli della campagna olearia 2017/2018 ha mostrato numerose analogie con i risultati ottenuti per la campagna 2016/2017.

L'analisi statistica dei dati ha evidenziato, quindi, che il raggruppamento degli oli di oliva su base geografica basato sul contenuto in secoiridoidi è complicato dagli effetti che altre fonti di variabilità (come la tecnologia di produzione e la tipologia di cultivar) hanno su queste molecole [15]. Tuttavia, **sono stati osservati dei promettenti trend regionali** (in particolare per la Puglia e la Sicilia) che attendono di essere confermati su un set maggiore di campioni appartenenti alle annate olearie successive, come la 2018/2019.

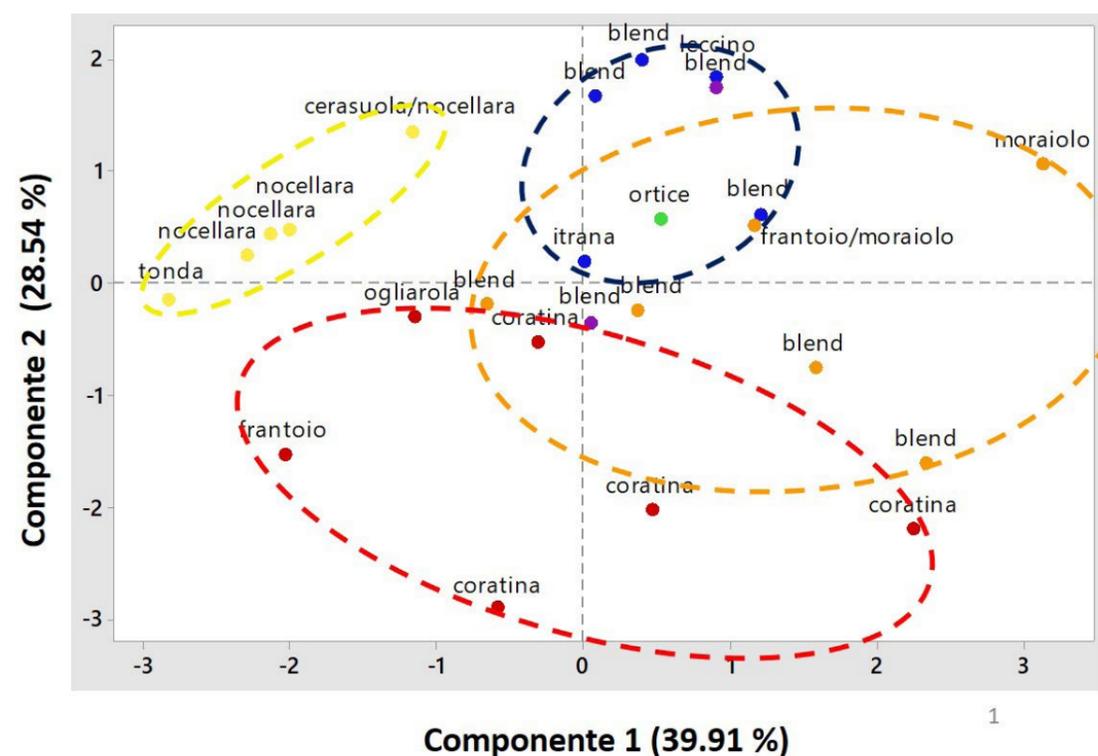
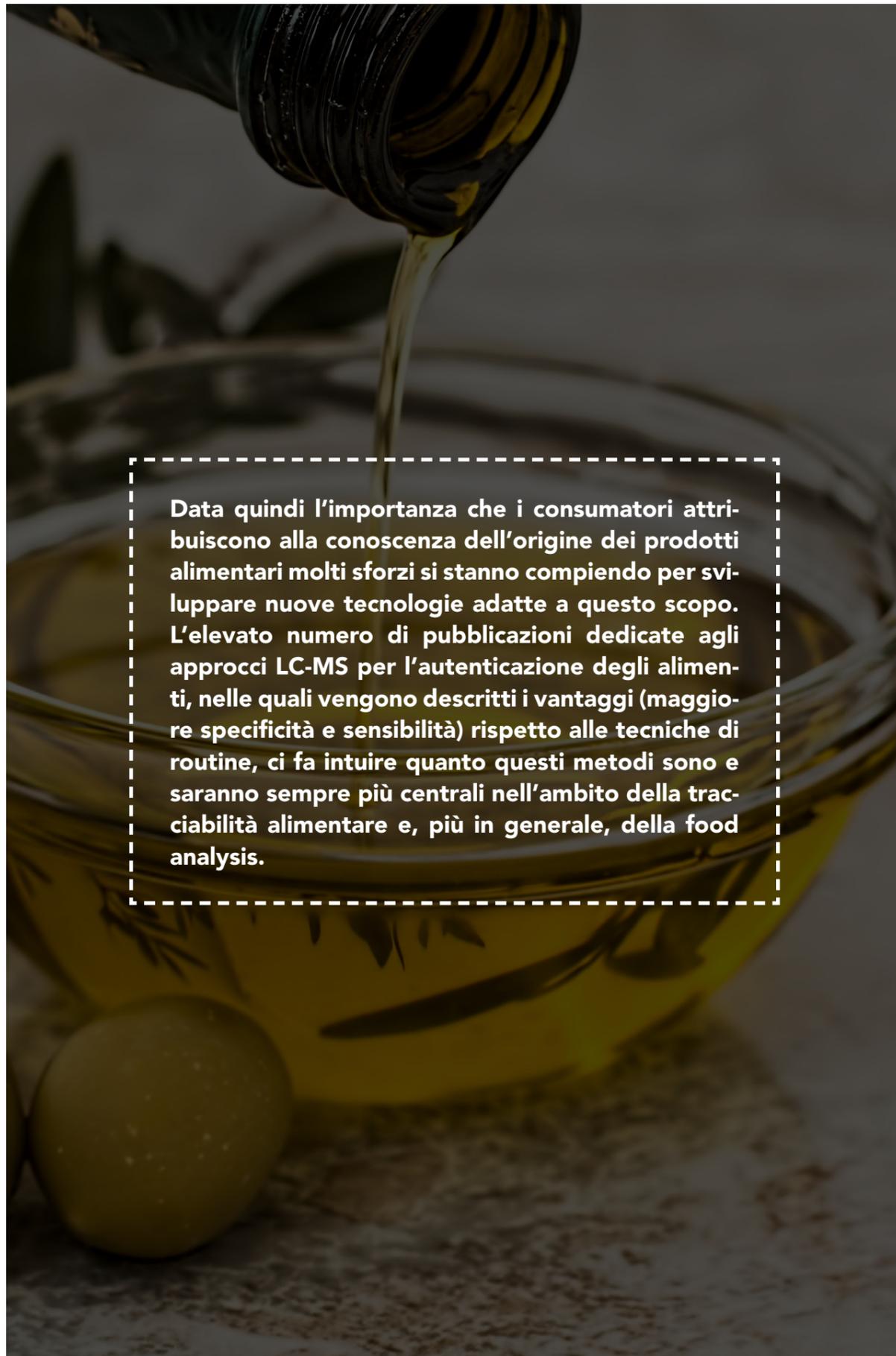


Fig. 3 - Score plot delle componenti principali di 25 oli diversi (2017/2018)



Data quindi l'importanza che i consumatori attribuiscono alla conoscenza dell'origine dei prodotti alimentari molti sforzi si stanno compiendo per sviluppare nuove tecnologie adatte a questo scopo. L'elevato numero di pubblicazioni dedicate agli approcci LC-MS per l'autenticazione degli alimenti, nelle quali vengono descritti i vantaggi (maggiore specificità e sensibilità) rispetto alle tecniche di routine, ci fa intuire quanto questi metodi sono e saranno sempre più centrali nell'ambito della tracciabilità alimentare e, più in generale, della food analysis.

“

Si ringrazia la Fondazione AGER per il supporto finanziario dato al Progetto VIOLIN, attraverso il finanziamento n. 2016-0169. Si ringraziano, inoltre, gli altri componenti del gruppo di ricerca dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" nell'ambito del Progetto VIOLIN, ossia i Prof. Tommaso Cataldi, Francesco Palmisano e Ilario Losito e le Dott.sse Cosima Damiana Calvano e Ramona Abbattista. Si ringrazia infine il Dott. Andrea Castellaneta, che ha collaborato all'acquisizione ed elaborazione di una parte dei dati.



BIBLIOGRAFIA

1. Britti, D., Impellizzeri, D., Procopio, A., & Cuzzocrea, S. (2012). Oleuropein an Olive Oil Compound in Acute and Chronic Inflammation Models: Facts and Perspectives. *Olive Germplasm – The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy*, 298-312
2. https://winenews.it/it/olio-doliva-in-20-anni-il-consumo-mondiale-a-82-si-va-oltre-i-3-milioni-di-tonnellate_408208/. Dati Osservatorio Mondiale dell'Olio di Oliva del COI (Consiglio Oleicolo Internazionale)
3. ISO 660: Animal and vegetable fats and oils – determination of acid value and acidity
4. Bajoub, A., Bendini, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Carrasco-Pancorbo, A. (2018). Olive oil authentication: A comparative analysis of regulatory frameworks with a special emphasis on quality and authenticity indices, and recent analytical techniques developed for their assessment. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58 (5), 832-857
5. Alkan, D., Tokatli, F., Ozen, B. (2012). Phenolic characterization and geographical classification of commercial extra virgin olive oils produced in Turkey. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89, 261-268
6. Bajoub, A., Carrasco-Pancorbo, A., Ajal, E.A., Ouazzani, N., Fernandez-Gutierrez, A. (2015). Potential of LC-MS phenolic profiling combined with multivariate analysis as an approach for the determination of the geographical origin of North Moroccan virgin olive oils. *Food Chemistry*, 166, 292–300
7. Bakhouch, A., Lozano-Sánchez, J., Beltrán-Debón, R., Joven, J., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Phenolic characterization and geographical classification of commercial Arbequina extra-virgin olive oils produced in southern Catalonia. *Food Research International*, 50, 401–408
8. Lerma-García, M.J., Lantano, C., Chiavaro, E., Cerretani, L., Herrero-Martínez, J.M., & Simó-Alfonso, E.F. (2009). Classification of extra virgin olive oils according to their geographical origin using phenolic compound profiles obtained by capillary electrochromatography. *Food Research International*, 42, 1446
9. Ouni, Y., Taamalli, A., Gómez-Caravaca, A.M., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2011). Characterisation and quantification of phenolic compounds of extra-virgin olive oils according to their geographical origin by a rapid and resolutive LC-ESI-TOF MS method. *Food Chemistry*, 127, 1263–1267
10. Taamalli, A., Román, A.D., Zarrouk, M., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2012). Classification of 'Chemlali' accessions according to the geographical area using chemometric methods of phenolic profiles analyzed by HPLC-ESI-TOF-MS. *Food Chemistry*, 132, 561–566
11. Beauchamp, G.K., Keast, R.S., Morel, D., Lin, J., Pika, J., Han, Q., et al. (2005). Phytochemistry: ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature*, 437, 45-46
12. Abbattista, R., Losito, I., De Ceglie, C., Castellaneta, A., Calvano, C.D., Palmisano, F., Cataldi, T.R.I. (2019). Structural cha-

BIBLIOGRAFIA

racterization of the ligstroside aglycone isoforms in virgin olive oils by liquid-chromatography-high resolution Fourier-transform mass spectrometry and H/D exchange. *Journal of Mass Spectrometry*, 54. DOI: 10.1002/jms.4438

13. Abbattista, R., Losito, I., De Ceglie, C., Castellaneta, A., Calvano, C.D., Palmisano, F., Cataldi, T.R.I. (2019). A comprehensive study of oleuropein aglycone isomers in olive oil by enzymatic/chemical processes and liquid chromatography-Fourier transform mass spectrometry integrated by H/D exchange. *Talanta*, 205. DOI: 10.1016/j.talanta.2019.07.002

14. De Ceglie, C., Abbattista, R., Losito, I., Castellaneta, A., Calvano, C.D., Bianco, G., et al. (2020). Influence of horizontal centrifugation processes on the content of phenolic secoiridoids and their oxidized derivatives in commercial olive oils: an insight by liquid chromatography – high resolution mass spectrometry and chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. In stampa, DOI: 10.1021/acs.jafc.0c00455

15. Fanali, C., Della Posta, S., Vilmercati, A., Dugo, L., Russo, M., Petitti, T., et al. (2018). Extraction, Analysis, and Antioxidant Activity Evaluation of Phenolic Compounds in Different Italian Extra-Virgin Olive Oils. *Molecules*, 23, 3249. DOI:10.3390/molecules23123249

GLI AUTORI

Federica Corrado

Dirigente Biologo, U.O.S. "Frodi Alimentari e tipizzazione molecolare matrici alimentari", in servizio presso il Dipartimento di Ispezione Alimenti dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno (IZSM). La sua attività di ricerca si rivolge anche alla tracciabilità genetica di prodotti ittici e a base di carne.

Anna Cutarelli

Collaboratore professionale senior Biologo presso U.O.S. "Frodi Alimentari e tipizzazione molecolare matrici alimentari", Dipartimento di Ispezione Alimenti dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno (IZSM). Le sue attività professionali abbracciano le applicazioni di tracciabilità genetica di prodotti ittici e a base di carne.

Giandomenico Corrado

Professore Associato di Genetica Agraria (SSD AGR/07) in servizio presso il Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II. La sua attività di ricerca si rivolge anche agli studi di tracciabilità genetica di prodotti di origine vegetale nella filiera agro-alimentare. Attualmente, è titolare dell'insegnamento "Tracciabilità dei prodotti alimentari" del corso di Laurea in Scienze Gastronomiche Mediterranee.

DALLA TRACCIABILITÀ GENETICA ALLA TRACCIABILITÀ GENOMICA

I consumatori e i produttori hanno oggi la possibilità di accedere ad una quantità di prodotti alimentari che non ha uguali nell'intera storia dell'umanità. L'industria alimentare è veramente globale, basandosi su materie prime che possono provenire da paesi molto distanti. Inoltre, il numero di intermediari e aree geografiche coinvolte nei processi produttivi è ampio, anche per i cosiddetti prodotti dell'eccellenza gastronomica italiana. Pertanto, grazie anche alla maggior consapevolezza dell'importanza degli alimenti sulla salute umana, i consumatori richiedono con maggior fermezza un livello di trasparenza sulla composizione degli alimenti sempre più elevato.

La tracciabilità degli alimenti rimane un tema difficile dal punto di vista analitico. **L'obiettivo di un sistema di tracciabilità è assicurare la presenza e la correttezza di diverse informazioni inerenti agli alimenti (e i mangimi)**, in tutte le fasi del processo produttivo fino alla vendita al dettaglio. L'obiettivo principale della tracciabilità genetica nel settore agro-alimentare è quello di verificare e garantire l'identità degli alimenti e dei suoi componenti di origine biologica. Il crescente interesse per la caratterizzazione del DNA negli alimenti nasce da una serie di contesti diversi, come la necessità di proteggere i produttori, garantire il rispetto delle normative alimentari, verificare la fedeltà delle indicazioni riportate nelle etichette, combattere i marchi e prodotti



fraudolenti, esaminare gli ingredienti nei prodotti e difendere i diritti dei consumatori e la loro libertà di scelta, anche in relazione a scelte etiche o religiose. Un alimento "autentico" è quello conforme alla descrizione fornita dal produttore o dal trasformatore, con riferimento all'origine degli ingredienti, la storia del processo di trasformazione, la regione geografica di origine e l'identità delle specie o varietà impiegate. La sostituzione, parziale o completa, con prodotti alimentari più economici in quanto ritenuti inferiori al prodotto di riferimento, è sicuramente un problema annoso ed è oggi una delle frodi più comuni per il consumatore (tabella 1). Anche se è possibile che sostituzioni parziali o complete di una specie o varietà accadano accidentalmente durante i vari segmenti della filiera agro-alimentare, la maggior parte dei casi è motivata dal profitto, in quanto i materiali di pregio sono tipicamente rimpiazzati da altri più economici.



Categoria di prodotto	Esempi
Bevande	Miscelamento o sostituzione impropria (Arabica vs. Robusta) Errata dichiarazione della varietà di tè (sinensis vs. assamica) Miscela non dichiarata di varietà di tè verde Identificazione di ingredienti non elencati (mandarino nel succo d'arancia) Identificazione di elementi erroneamente dichiarati (acqua zuccherata aromatizzata come succo di mela)
Vino	Dichiarazione errata della varietà di vite Miscela non dichiarata di diverse varietà
Cereali	Sostituzione di varietà (riso Basmati vs riso non Basmati) Miscela o sostituzione di grano duro con grano tenero (pasta) Contaminazione (avena o triticale all'interno di grano; cereali in alimenti senza glutine)
Erbe e spezie	Dichiarazione sulle specie errate Aggiunta di specie di valore inferiore Presenza di specie contaminanti (convulvolò e/o altri <i>Oreganum spp.</i> nell'origano)
Frutta e verdura	Etichettatura errata della varietà nel mercato fresco e nei prodotti trasformati Miscela di varietà o specie nella produzione di succhi, purea, nettari, ecc.
Oli	Aggiunta di oli di una specie diversa (olio di nocciolo in olio di oliva) Aggiunta o sostituzione di olio da altre varietà in oli EV di monovarietali
Pesce	Sostituzione impropria di specie (pangasio come cernia, spigola, o altra specie) Presenza accidentale di specie tossiche o nocive (es. pesci, molluschi) Miscela di specie non dichiarata in prodotti pastellati Lotta alla pesca di specie protette o con restrizioni (tonno rosso, <i>Thunnus thynnus</i>)
Molluschi	Separazione nel genere <i>Mytilus</i> (cozza mediterranea, baltica, cilena)
Carne	Aggiunta di specie non dichiarata (carne equina in prodotti dichiarati bovini) Sostituzione di una razza di pregio Aggiunta di specie che violano tabù (maiale in kebab)
Piante medicinali	Difficoltà nel riconoscere ed etichettare correttamente specie e varietà esotiche Confusione nell'etichettatura del prodotto (ginseng americano contro ginseng cinese)
Formaggi	Miscelazione non dichiarata di latte da bufali, pecore o capre, con latte di mucca
Miscellanea	Presenza non dichiarata di specie allergeniche Aggiunta di prodotti a base di carne negli alimenti vegetariani Dichiarazione errata delle specie floreali nel miele Protezione dei marchi di qualità EU (IGP, DOP) (sostituzione completa o parziale) Presenza di specie vegetali tossiche, nocive o contaminanti negli alimenti, nei mangimi e nelle preparazioni a base di erbe

Tab. 1 - Esempi di frodi per categoria di prodotto

Il test del DNA nel settore agroalimentare

Le analisi genetiche, ovvero quelle che si basano sugli acidi nucleici, hanno un notevole rilievo nel campo dell'autenticità degli alimenti, in quanto qualunque affermazione relativa alla presenza di una specie o di una varietà in un cibo coinvolge necessariamente un'analisi genetica. **Da decenni i test basati sul DNA sono entrati nella routine delle indagini forensi**, e oggi stiamo assistendo ad una loro continua espansione nel settore agro-alimentare. La maggior parte dei metodi di tracciabilità genetica si basa sulla reazione a catena della polimerasi (PCR) [1]. Questa tecnica di solito si riferisce ad uno, o ad un numero limitato di ingredienti. Nella maggior parte delle applicazioni, infatti, i risultati ottenuti dalla rilevazione diretta della PCR forniscono informazioni sulla presenza/assenza delle specie

che sono oggetto di investigazione. In essenza, le analisi genetiche nella filiera agro-alimentare sono volte ad individuare una specie o una varietà vegetale/razza animale. Ad esempio, le tecniche basate sul DNA hanno dimostrato di essere efficaci nell'identificazione della specie per una vasta gamma di carni e pesci, soprattutto perché permettono la classificazione dei campioni commerciali che mancano di caratteristiche morfologiche diagnostiche. **La tecnica che è maggiormente impiegata per tale scopo è il cosiddetto "DNA barcoding"** (Figura 1). In breve, il DNA barcoding è un metodo di identificazione tassonomica che si basa sulla amplificazione e sequenziamento di regioni genomiche predefinite, sufficientemente conservate tra le specie di interesse per poter essere amplificate con gli

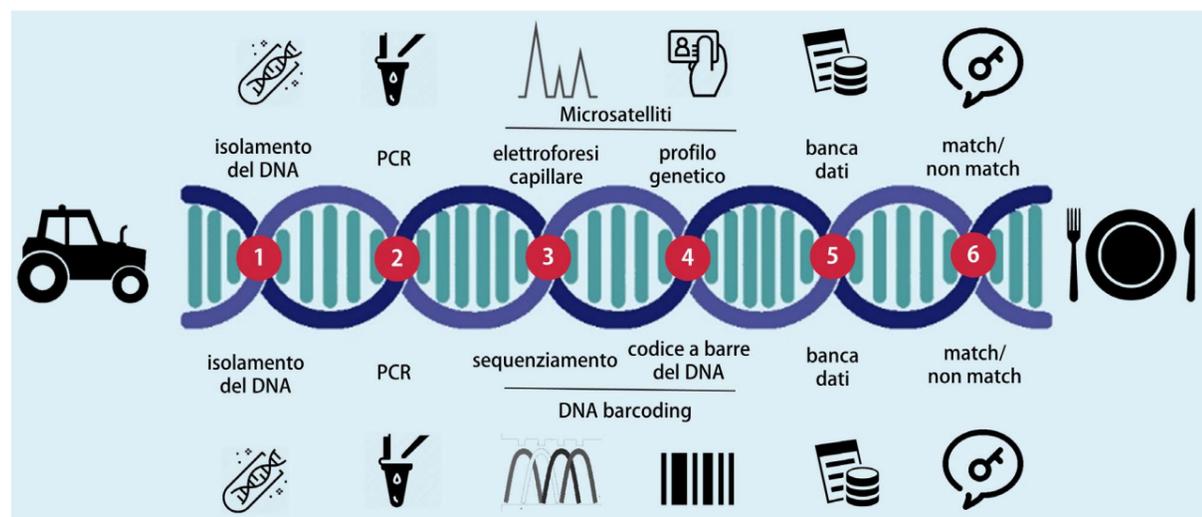


Fig. 1 - Il processo del test nel DNA

stessi primer, ma anche sufficientemente polimorfiche (ovvero, diverse per sequenza) per poter distinguere specie simili. In base al confronto del risultato con delle sequenze già disponibili alla comunità scientifica, tale approccio fornisce informazioni sull'inquadramento sistematico di un campione, spesso fino alla specie (<http://www.boldsystems.org/>). Il DNA barcoding nel settore animale è pressoché universalmente basato sull'amplificazione del gene della citocromo-ossidasi I (www.barcodeoflife.org). Ai fini della tracciabilità, **tale tecnica offre numerosi vantaggi nell'analisi delle materie prime** del settore zootecnico e ittico, dove la riclassificazione delle merci e la mescolanza di prodotti di specie diverse sono tra le frodi più frequenti [2]. Ad esempio, numerosi fattori ostacolano l'identificazione delle specie ittiche degli alimenti trasformati: le proteine sottoposte ad analisi possono essere denaturate e idrolizzate durante i trattamenti termici; la presenza di altri ingredienti (ad es. olio d'oliva e altri oli vegetali) può interferire con l'analisi. Di conseguenza, eventuali frodi commesse sostituendo specie pregiate con specie meno preziose sono difficili da evidenziare. Nella maggior parte dei

Il DNA barcoding è efficace nel rivelare sia sostituzioni improprie che la presenza di specie ittiche soggette a restrizioni legali

prodotti ittici inscatolati, il DNA è degradato in piccoli frammenti, il che riduce la sensibilità dell'analisi molecolare. Nonostante ciò, è stato dimostrato che il DNA barcoding è efficace nel rivelare sia sostituzioni improprie che la presenza di specie ittiche soggette a restrizioni legali [3,4]. Nella letteratura del settore vegetale, il DNA barcoding è spesso utilizzato per controllare la presenza di specie non eduli o contaminanti, soprattutto quelle allergeniche.

Rispetto all'identificazione di una specie, la distinzione delle varietà vegetali o delle razze animali presenti in un alimento richiede un più profondo livello di informazione genetica, essenziale però per preservare lungo la filiera agro-alimentare un valore economico superiore. Per molte specie di piante, infatti, il prezzo di mercato di un frutto, e più in generale di un prodotto commestibile, dipende in larga misura dalla varietà coltivata (o cultivar). Quindi, **un'adulterazione fraudolenta potrebbe aver luogo sostituendo la cultivar dichiarata con altre di minore valore commerciale per proporre un prodotto che comunque avrebbe delle proprietà organolettiche accettabili**. Questo fenomeno include anche le imitazioni di prodotti di pregio e/o tradizionali specificamente destinate a presentarsi come equivalenti a quelli autentici. Tali surrogati sono spesso biochimicamente simili ai materiali che vogliono sostituire, rendendo la loro identificazione e quantificazione molto difficile. La distinzione di varietà o razze è di solito effettuata con i microsatelliti, indicati spesso come Simple Sequence Repeats (SSRs) in genetica vegetale, e Short Tandem Repeats (STRs) nella genetica umana e animale (Figura 1).



I microsatelliti sono i marcatori impiegati nella genetica forense, dall'identificazione delle tracce biologiche ai test di paternità, dal riconoscimento delle vittime dei disastri fino alle indagini sulle persone scomparse [5].

Nel comparto agroalimentare italiano, il riconoscimento di varietà e razze è molto importante. La qualità legata all'origine geografica e l'abbondanza dei marchi di pregio comunitari (IGP e DOP) sono concordemente considerati il vantaggio competitivo delle produzioni agroalimentari nazionali, cruciale per il consolidamento e la conquista di nuove quote di mercato. Ad esempio, **il pomodoro rappresenta una delle specie più importanti nella tradizione agricola e culinaria italiana** e al tempo stesso, è alla base di una importante filiera di trasformazione e commercializzazione. I prodotti trasformati del pomodoro rappresentano però una sfida per la tracciabilità genetica, a causa della trasformazione industriale e delle condizioni di conservazione. Per molti prodotti trasformati di pomodoro,

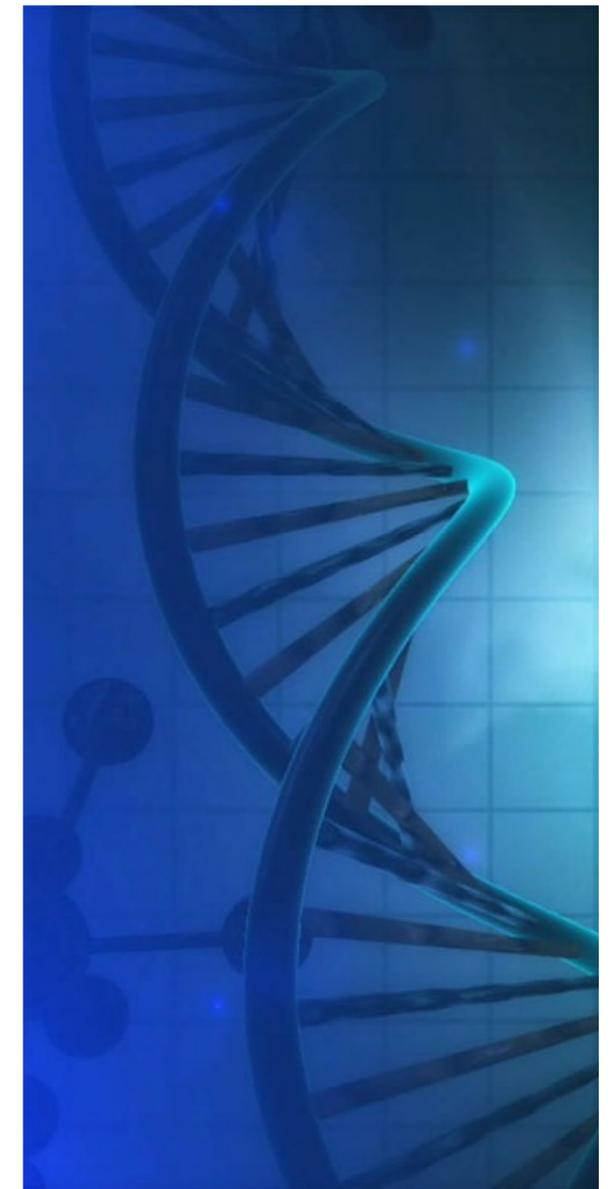
infatti, la sterilizzazione è effettuata con temperature molto elevate e per lunghi periodi. Inoltre, il pH di diversi prodotti trasformati è tipicamente acido, ed essi sono comunemente commercializzati e conservati a temperatura ambiente. Infine, in alcuni casi è anche richiesta una intensa rottura meccanica delle bacche. Nonostante queste specifiche, è stato documentato che è possibile impiegare gli SSR per **identificare il genotipo presente in diversi prodotti commerciali**, quali pelati, inscatolati e "cubettati" (polpa). Per il pomodoro, è stato dimostrato che i polimorfismi della lunghezza dei loci SSR si conservano durante il processo di trasformazione industriale e che, nonostante la bassa diversità allelica di questa specie, è possibile identificare nei prodotti commerciali le varietà impiegate dalle industrie sfruttando un numero relativamente ridotto di marcatori SSR altamente informativi [6]. Con questa procedura, è possibile ad esempio, rivelare delle etichettature improprie di pelati San Marzano DOP, ritenuto uno dei prodotti alimentari italiani più contraffatti nel mondo [7].



Tracciabilità genomica nella filiera agro-alimentare

Le tecnologie "Next Generation Sequencing" (NGS; Sequenziamento di Prossima Generazione) hanno rappresentato una rivoluzione per le analisi genetiche, inaugurando l'era genomica. **La forte domanda di sequenziamento a basso costo nei primi anni 2000 ha guidato lo sviluppo di una serie di approcci tecnici diversi.** Essi condividono la capacità di condurre in parallelo il sequenziamento del DNA, producendo così anche milioni di sequenze contemporaneamente. Le tecnologie NGS hanno notevolmente ridotto il rapporto costo-output del sequenziamento, e attualmente sono accessibili a molti laboratori di ricerca e diagnostica. Vi sono tante differenze tra le metodiche basate sulla PCR e quelle NGS. In breve, la tecnologia NGS può essere impiegata per due approcci concettualmente diversi. Può accelerare il sequenziamento di specifici prodotti PCR "diagnostici" o di "librerie di sequenze note" per identificare un campione (targeted analysis). Inoltre, l'NGS può essere impiegato per sequenziare l'intero DNA del campione di interesse, per una cosiddetta indagine hypothesis-free. Con quest'ultima strategia, non è necessaria alcuna conoscenza o informazione pregressa sul campione per la sua analisi, e con gli opportuni strumenti bioinformatici, in teoria sarebbe possibile classificare tutti i componenti di origine biologica di un alimento, dai patogeni alle specie animali e vegetali

presenti. Più realisticamente, ci si aspetta che l'introduzione dell'NGS permetta di ottenere con un unico saggio informazioni che, con i sistemi tradizionali, possono essere ottenute solo con un numero elevato di test eseguiti in modo indipendente [8].





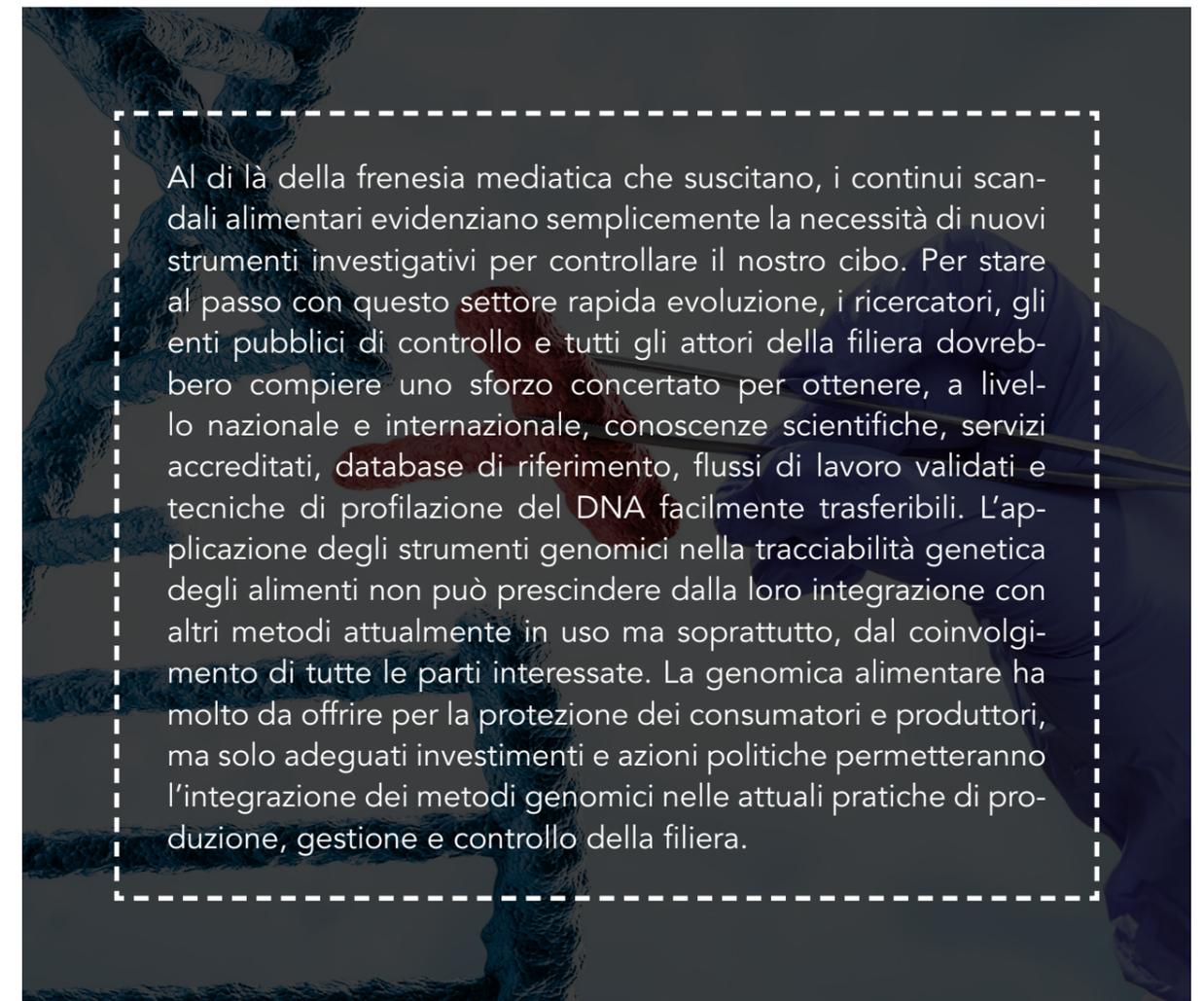
Come anche dimostrato nel settore medico, le potenzialità delle tecnologie NGS nella diagnostica molecolare sono notevoli. Ci si augura che la diffusione dei test genetici NGS nel settore medico-diagnostico permetterà di superare alcuni freni nella percezione dei consumatori (es. una generale mancanza di comprensione del potenziale valore delle informazioni genetiche, considerate "ipervendute") e dei produttori (es. convinzione che l'informazione genetica nella gestione della qualità sia compensata da altri input; costo elevato). Negli Stati Uniti, **la Food and Drug Administration (FDA) ha messo a punto nel 2018 delle linee guida per guidare lo sviluppo dell'approccio NGS per diagnosticare malattie genetiche**, in particolare quelle ereditarie, e per guidare i trattamenti medici (precision medicine). In riferimento agli alimenti, le applicazioni promosse dalla FDA sono per adesso incentrate sulla ricerca di patogeni. Nell'Unione Europea, nello stesso anno,

è stato pubblicato un report dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) contenente le linee guida e gli standard operativi (standard operating procedure) per le analisi con le tecnologie NGS analisi in materia di sicurezza alimentare e protezione della salute pubblica.

Ad oggi gli esempi nella letteratura scientifica dell'uso delle tecnologie NGS nella tracciabilità agro-alimentare stanno solo recentemente aumentando, e in una buona parte dei casi si riferiscono al rilevamento del microbiota negli alimenti [1]. Vi sono inoltre esempi di applicazioni genomiche per il pescato, piuttosto che nell'analisi dei prodotti ittici trasformati. Questi studi per adesso dimostrano come i metodi di sequenziamento di nuova generazione hanno il potenziale per aumentare le informazioni genetiche che possono essere estratte da un campione, ma i problemi legati all'adozione di una nuova tecnologia e l'alto costo dell'analisi hanno finora limi-

tato l'utilizzo di questi approcci ai fini diagnostici. Una sfida per queste nuove tecnologie nella tracciabilità genetica è quella di fornire protocolli attendibili e riproducibili per l'analisi del DNA degradato da i vari campioni alimentari trasformati. Lo sforzo per sviluppare e validare nuovi metodi per una vasta gamma di prodotti alimentari e matrici può essere compensato dalle promesse offerte dalle tecnologie NGS, sia per il settore pubblico che per le grandi aziende di produzione e distribuzione. Mentre è generalmente accettato che i progressi nelle tecnologie di sequenziamento forniscono ai ricercatori strumenti analitici più sofisticati per affrontare i problemi di qualità degli alimenti, l'affermazione

dei nuovi approcci per i test del DNA nella filiera agroalimentare necessita anche di un solido quadro normativo. La strategia "**Farm to Fork per un Cibo Sostenibile**" è una componente chiave del "Green Deal" dell'Unione Europea, l'insieme di iniziative portate avanti dalla Commissione Europea a partire dal 2020 con l'obiettivo di rendere l'UE neutrale dal punto di vista climatico nel 2050 (https://ec.europa.eu/food/farm2fork_en). Ad esempio, anche in virtù della crescente globalizzazione dei mercati, ci si aspetta lo sviluppo di nuovi approcci e modalità per fornire informazioni migliori, accurate e oneste ai consumatori.



Al di là della frenesia mediatica che suscitano, i continui scandali alimentari evidenziano semplicemente la necessità di nuovi strumenti investigativi per controllare il nostro cibo. Per stare al passo con questo settore rapida evoluzione, i ricercatori, gli enti pubblici di controllo e tutti gli attori della filiera dovrebbero compiere uno sforzo concertato per ottenere, a livello nazionale e internazionale, conoscenze scientifiche, servizi accreditati, database di riferimento, flussi di lavoro validati e tecniche di profilazione del DNA facilmente trasferibili. L'applicazione degli strumenti genomici nella tracciabilità genetica degli alimenti non può prescindere dalla loro integrazione con altri metodi attualmente in uso ma soprattutto, dal coinvolgimento di tutte le parti interessate. La genomica alimentare ha molto da offrire per la protezione dei consumatori e produttori, ma solo adeguati investimenti e azioni politiche permetteranno l'integrazione dei metodi genomici nelle attuali pratiche di produzione, gestione e controllo della filiera.

BIBLIOGRAFIA

1. Formisano, M.; Corrado, G. The Evolution of DNA Typing in Agri-Food Chain. *OBM Genetics* 2019, 3, 12, doi:10.21926/obm.genet.1903086
2. Rasmussen, R.S.; Morrissey, M.T. DNA based methods for the identification of commercial fish and seafood species. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 2008, 7, 280-295
3. Cutarelli, A.; Amoroso, M.G.; De Roma, A.; Girardi, S.; Galiero, G.; Guarino, A.; Corrado, F. Italian market fish species identification and commercial frauds revealing by DNA sequencing. *Food Control* 2014, 37, 46-50
4. Cutarelli, A.; Galiero, G.; Capuano, F.; Corrado, F. Species identification by means of mitochondrial cytochrome b DNA sequencing in processed anchovy, sardine and tuna products. *Food and Nutrition Sciences* 2018, 9, 369
5. Butler, J.M. *Fundamentals of forensic DNA typing*; Academic press: 2009
6. Caramante, M.; Corrado, G.; Monti, L.M.; Rao, R. Simple sequence repeats are able to trace tomato cultivars in tomato food chains. *Food Control* 2011, 22, 549-554
7. Scarano, D.; Rao, R.; Masi, P.; Corrado, G. SSR fingerprint reveals mislabeling in commercial processed tomato products. *Food Control* 2015, 51, 397-401
8. Corrado, G. Advances in DNA typing in the agro-food supply chain. *Trends in Food Science & Technology* 2016, 52, 80-89



Food Hub

Open Innovation

**Accendiamo l'innovazione
nel settore agroalimentare**

*L'apprendimento e l'innovazione vanno mano
nella mano. L'arroganza del successo è di pensare
che ciò che hai fatto ieri sarà sufficiente per
domani.*



William Pollard

foodhubmagazine.com

Di cosa si tratta?

Noi di Food Hub all'innovazione agroalimentare ci crediamo davvero. Se così non fosse, non avremmo mai creato il primo portale italiano dedicato ad essa, in questo settore così importante per l'economia italiana.

E poiché crediamo che l'innovazione sia una costante spinta verso il futuro, ora siamo andati ancora un po' più in là.

Abbiamo sviluppato dei servizi per trasmettere tutti i temi di cui ci siamo occupati, e non solo, direttamente ad aziende e professionisti.

**Clicca sul link per scoprire
tutti i nostri servizi!**

foodhubmagazine.com

L'AUTORE

**Andrea Armani**

Laureato in Medicina Veterinaria presso l'Università di Pisa, ha conseguito anche il Dottorato e il Diploma di Specializzazione in Ispezione degli Alimenti.

Attualmente Professore Associato presso il Dipartimento di Scienze Veterinarie dell'Università di Pisa dove è responsabile del laboratorio FishLab. È autore di 67 pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali.

La sua attività di ricerca è da sempre stata indirizzata alle problematiche ispettive del comparto ittico, e in particolare, all'applicazione di metodiche molecolari per l'identificazione di specie, nell'ottica di sviluppare sistemi analitici di supporto alla verifica della normativa di settore.

TRACCIABILITÀ MOLECOLARE DEI PRODOTTI DELLA PESCA: RICERCA ED INNOVAZIONE A SUPPORTO DELLA LEALTÀ COMMERCIALE E DELLA TUTELA DEL CONSUMATORE

Pesca e acquacoltura costituiscono settori trainanti nella produzione alimentare globale ed i prodotti ittici, in particolare il pesce, rappresentano una risorsa proteica insostituibile, ricoprendo circa il 17-20% delle proteine animali consumate dalla popolazione mondiale [1]. A tal proposito, il consumo medio dei prodotti ittici nell'ultimo sessantennio ha subito un aumento costante fino a raggiungere, secondo i dati più aggiornati, i 20,2-20,5 kg procapite [1].



La rapida espansione del mercato ittico su scala globale si è verificata principalmente grazie alla **velocizzazione dei sistemi di distribuzione ed all'introduzione di tecnologie di produzione e conservazione innovative per il prolungamento della shelf-life dei prodotti**. Tali

I paesi asiatici ed in particolare la Cina detengono la leadership indiscussa nel settore produttivo e d'esportazione sia per la pesca che per l'acquacoltura

modificazioni dei sistemi logistici hanno però portato, negli anni, alla creazione di una rete estremamente complessa di intermediari di filiera [2]. Nello scenario internazionale, i Paesi asiatici ed in particolare la Cina detengono la leadership indiscussa nel settore produttivo e d'esportazione sia per la pesca che per l'acquacoltura mentre Giappone, Stati Uniti ed Europa rappresentano i tre principali mercati di destinazione dei prodotti ittici [1]. La globalizzazione della filiera e l'aumento del numero di specie ittiche disponibili, pur rappresentando punti di forza per l'espansione continua del settore, costituiscono anche i **principali fattori limitanti per una gestione efficace della tracciabilità e dell'identificazione dei prodotti sul mercato globale** [1]. Allo stato attuale, il comparto ittico risulta, infatti, tra quelli maggiormente esposti a frodi per sostituzione di specie perpetrate, generalmente, attraverso la vendita di specie caratterizzate da un valore commerciale medio-basso al posto di specie pregiate [3, 4].



Questo fenomeno è legato anche al progressivo aumento della domanda di mercato per prodotti preparati (eviscerati, decapitati, filettati) e trasformati, caratterizzati da un elevato grado di lavorazione (in scatola, affumicati, salati) e pronti per il consumo (panati, ready to eat), che comporta la perdita di caratteri morfologici essenziali per il riconoscimento di specie [5]. Purtroppo, risulta molto difficile fornire una stima esatta dei valori di mislabeling medi a livello internazionale poiché questi differiscono principalmente in funzione della tipologia e numero di prodotti analizzati e della specifica normativa di settore del mercato investigato. Inoltre, anche l'approccio utilizzato nell'analisi dei dati disponibili in letteratura può influenzare tale valore [6]. In generale però, almeno a livello Europeo, si denota una riduzione delle percentuali di sostituzione di specie rispetto al passato [7, 8, 9]. Le frodi, oltre a determinare un danno economico per il consumatore finale e per i diversi operatori di filiera, possono

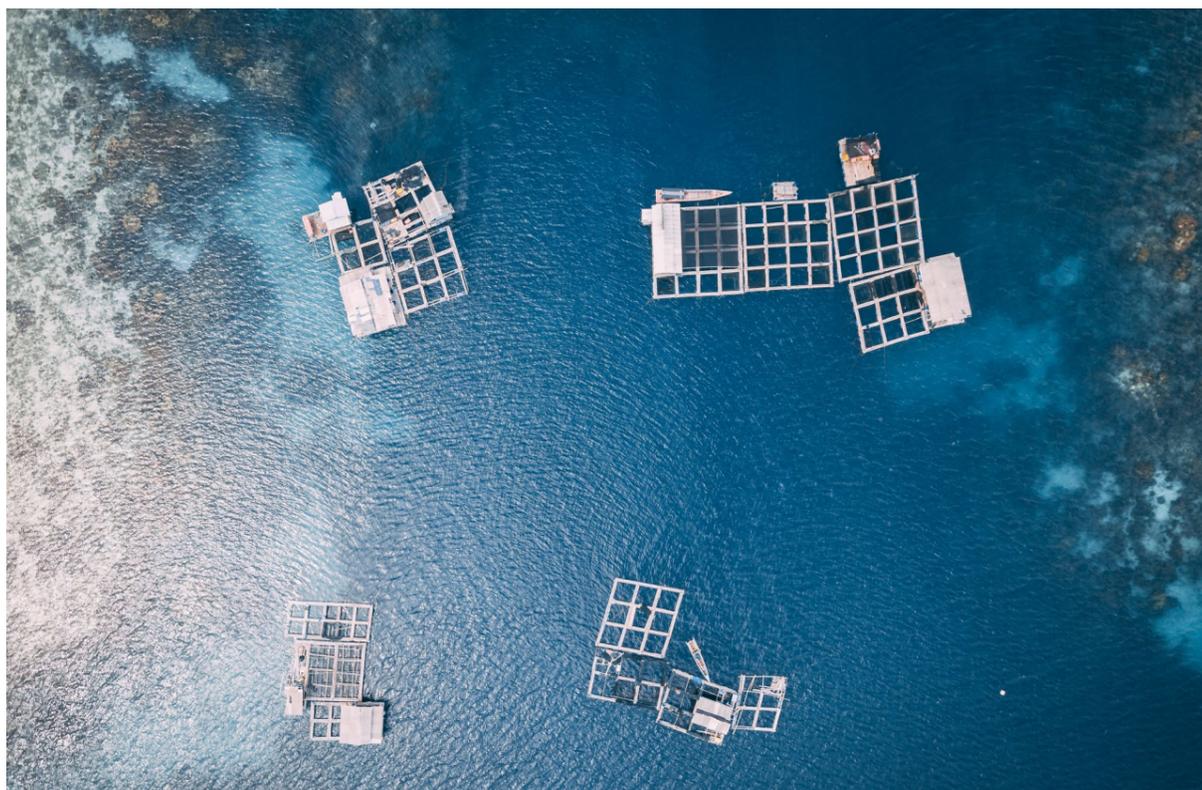
costituire un pericolo diretto per la salute, nel caso in cui la specie sostituita presenti elementi di tossicità, e contribuire al sovrasfruttamento degli stock ittici sia favorendo attività di pesca illegali e incontrollate che precludendo il corretto monitoraggio e gestione delle attività di pesca [10, 11, 12, 13, 14].

Pertanto, risulta necessario mettere in atto sistemi di verifica della tracciabilità e dell'etichettatura volti a garantire i diritti e la salute del consumatore, la trasparenza commerciale e la tutela della sostenibilità ambientale.

Quadro normativo europeo sulla tracciabilità ed etichettatura dei prodotti ittici e i requisiti generali di legge

La disciplina Europea che regola la tracciabilità e l'etichettatura del comparto ittico si inserisce in un quadro normativo articolato ed in evoluzione relativo ad una Politica Comune della Pesca (PCP) istituita a livello comunitario a partire dal 2000 [15]. Tale politica è indirizzata alla **valorizzazione dei mercati europei, alla sostenibilità dei sistemi di pesca ed acquacoltura e al contrasto di fenomeni di pesca e commercio illegali**. Ai sensi della normativa vigente, ciascun operatore del settore alimentare (OSA) è tenuto a registrare e trasferire tutte le informazioni relative all'identità, all'origine e agli strumenti utilizzati per la raccolta dei prodotti ed è soggetto all'attività di controllo delle autorità competenti dei singoli Stati

membri lungo la filiera, dalla pesca o raccolta della materia prima alla vendita del prodotto al consumatore finale [16, 17]. Inoltre, ai sensi del Regolamento (UE) n. 1379/2013, al fine del trasferimento completo di tali informazioni al consumatore finale e di un suo acquisto consapevole, il legislatore europeo ha imposto un regime armonizzato di etichettatura dei prodotti attraverso l'indicazione obbligatoria, per ciascun prodotto, posto in vendita sia in forma preimballata che sfuso, di: denominazione commerciale e scientifica, origine e metodo di produzione, modalità di cattura, avvenuto congelamento e termine di conservazione, ove previsto. Più specificamente, per quanto riguarda la denominazione del prodotto, i singo-



li Stati Membri sono tenuti a redigere, pubblicare e aggiornare periodicamente un elenco delle denominazioni commerciali, associate alle loro denominazioni scientifiche, accettate nel loro territorio. Ai sensi dell'articolo 37 del suddetto regolamento, la denominazione commerciale ufficiale per ciascun prodotto corrisponde al nome comune nella lingua o nelle lingue ufficiali dello Stato membro interessato accettato a livello nazionale o locale per una data specie



e ufficialmente riconosciuto dall'autorità competente. Il nome scientifico è assegnato conformemente al sistema di informazione FishBase [18] o alla banca dati ASFIS (Sistema di informazione delle Scienze Acquatiche e della pesca) [19] sotto il controllo della FAO.

Il Regolamento (UE) n. 1379/2013 esorta i Singoli Stati membri all'aggiornamento delle liste in risposta all'espansione della varietà di specie sul mercato nazionale, sulla base degli input commerciali e delle segnalazioni pervenute da OSA di settore in fase di registrazione e trasmissione dei dati di tracciabilità dei prodotti [20]. Si fa, inoltre, esplicito riferimento all'individuazione e allo sviluppo di strumenti analitici, in particolare modo di metodi basati sull'analisi del DNA, a supporto della verifica d'identità effettuate sia dalle autorità competenti durante le attività di controllo ufficiale che dai singoli OSA in regime di autocontrollo aziendale.



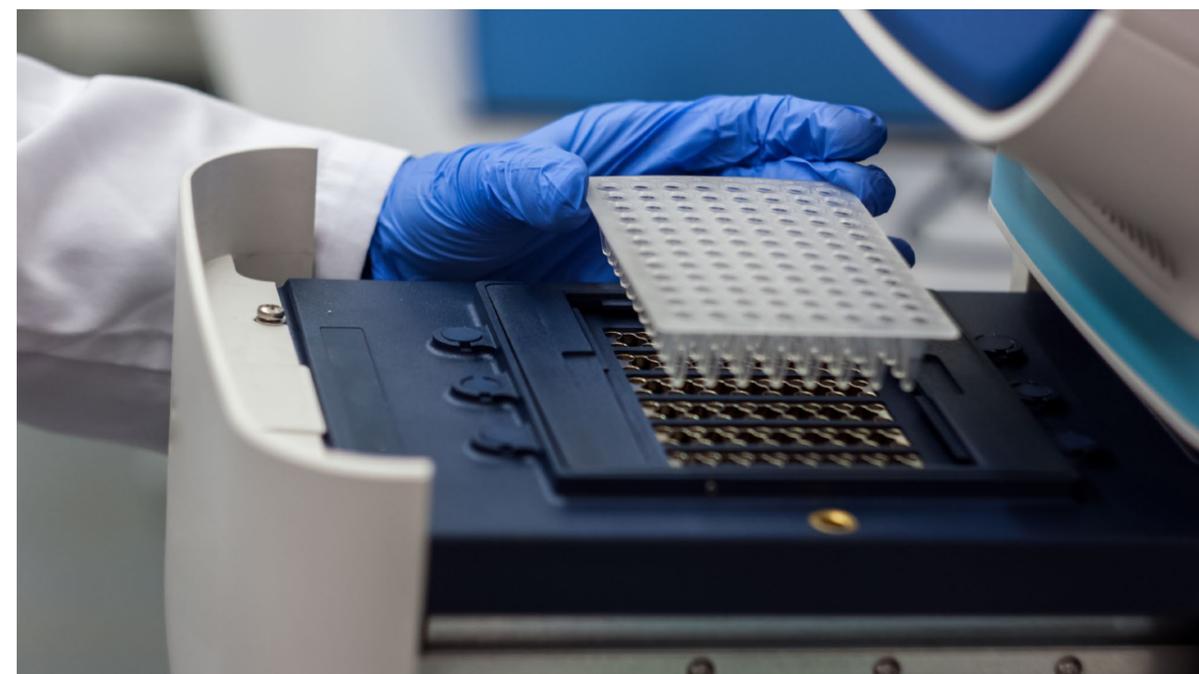
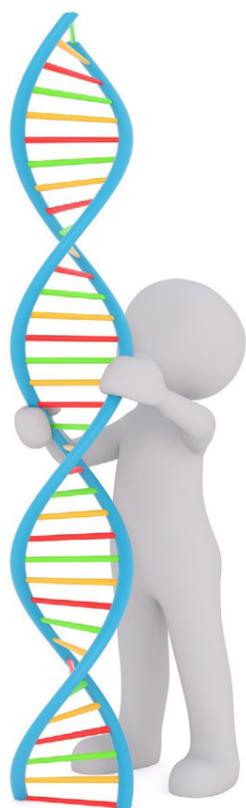
Metodiche analitiche classiche basate sull'analisi del DNA

Classicamente, le tecniche basate sull'analisi del DNA sono suddivise in specie-specifiche e universali. **Entrambe le tipologie sono incentrate sull'amplificazione esponenziale con metodiche di PCR (Polymerase Chain Reaction) di un target genico caratterizzato da un elevato polimorfismo interspecifico.** Le metodiche specie-specifiche (PCR simplex e multiplex, sia end-point che real-time), consentono di identificare selettivamente una o più specie target. Una **tecnica alternativa è rappresentata dall'analisi dei frammenti di restrizione** (Restriction Fragments Length Polymorphism -RFLP), che prevede, dopo l'amplificazione del marker molecolare, una sua digestione enzimatica con l'ottenimento di frammenti genici di lunghezza diversa in funzione dei polimorfismi specie-specifici [21].

Supporto per l'identificazione molecolare nel comparto ittico

La principale limitazione delle metodiche specie-specifiche è rappresentata dal ridotto numero di specie che possono essere identificate contemporanea-

mente e, pertanto, considerato l'elevato numero di specie presenti sul mercato, le metodiche universali risultano più efficaci in quanto hanno la potenzialità di amplificare lo stesso target molecolare anche in specie appartenenti a taxa filogeneticamente distanti. Le metodiche universali si basano sul sequenziamento del marker molecolare selezionato, generalmente mediante tecnica di Sanger [22], e una successiva analisi comparativa delle sequenze prodotte con quelle di riferimento depositate in banche dati di pubblico accesso.



Le metodiche basate sul sequenziamento del DNA rappresentano, ad oggi, gli strumenti analitici maggiormente utilizzati per la **tracciabilità molecolare dei prodotti ittici** essendo potenzialmente applicabili su tutte le categorie di prodotto (pesci, molluschi, crostacei e gasteropodi) anche in presenza di un'elevato grado di trasformazione degli stessi [23]. **Le tecniche più utilizzate sono la metodica Forensically Informative Nucleotide Sequencing (FINS) [24] ed il DNA barcoding [25],** strettamente correlate tra loro, che prevedono l'applicazione di algoritmi e modelli bioinformatici per l'analisi e il calcolo delle distanze filogenetiche tra il campione ignoto e le sequenze di riferimento [26]. Il principio della tecnica DNA barcoding, proposta per la prima volta nel 2003 da Hebert e collaboratori come modello sperimentale per la creazione di un'enciclopedia molecolare delle specie animali viventi, è quella a oggi maggiormente utilizzata e si basa sull'individuazione di un target molecolare standard, corrispondente ad

un frammento di circa 650 pb del gene codificante per la subunità della citocromo ossidasi (COI o COX-I). Questo frammento, caratterizzato da un elevato grado di variabilità interspecifica, è potenzialmente utilizzabile come codice univoco (impronta digitale o "codice a barre") per l'identificazione molecolare di specie animali appartenenti ai diversi phylum. Per ovviare ai fenomeni di degradazione del DNA riscontrabili in prodotti trasformati è stato inoltre proposto l'utilizzo di frammenti target brevi con lunghezza variabile da 120 a 300-350 pb (denominati mini barcodes) ugualmente discriminanti [27, 28]. Il confronto con le sequenze depositate nei database per il calcolo delle distanze tra sequenze nucleotidiche è generalmente effettuato utilizzando due modelli bioinformatici, Kimura 2 parametri [29] o Jukes-Cantor [30].

A questo segue l'analisi delle distanze e la creazione di cladogrammi che descrivono le relazioni di similarità tra le sequenze immesse nel sistema attraverso l'applicazione di algoritmi bioinformatici di clustering. Tali metodiche quindi non restituiscono all'analista studi di filogenesi in senso stretto e non offrono alcun dato significativo se non quello finalizzato alla separazione e discriminazione univoca delle singole specie [31]. I metodi bioinformatici maggiormente utilizzati per la creazione dei cladogrammi sono l'UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) e il Neighbor-Joining [32, 33, 34, 35, 36]). L'attendibilità dell'analisi è valutata attraverso l'applicazione di test che

valutano la significatività statistica dei vari nodi in corrispondenza dei singoli raggruppamenti che compongono il cladogramma prodotto. **La tecnica più utilizzata a questo scopo è il bootstrapping o ricampionamento casuale dei siti del multiallineamento in studio** [37]. Il sistema produce un numero di alberi pari al numero di multiallineamenti simulati effettuati. Per ciascun nodo del cladogramma verrà poi indicata la percentuale di alberi simulati in cui è stato riprodotto lo stesso nodo, ovvero la frequenza con la quale le sequenze in studio sono state associate in uno stesso raggruppamento. Tale percentuale così calcolata (valore di bootstrap) corrisponde alla significatività statistica del nodo considerato [38].



Target genici



La selezione dei target molecolari costituisce un momento fondamentale per l'accurata identificazione dei prodotti della pesca poiché finalizzata all'**individuazione di frammenti genici** caratterizzati da un significativo grado di divergenza interspecifica contrapposto ad un'elevato grado di conservazione intraspecifica [26]. Il DNA mitocondriale, o mtDNA (mitochondrial DNA), una molecola a doppia elica di forma circolare localizzata nella matrice mitocondriale e di dimensioni molto ridotte rispetto al DNA nucleare, è considerato un target di studio d'elezione in quanto presenta entrambe le peculiarità. In particolare, l'elevato tasso di sostituzione

nucleotidica è significativamente superiore a quello riscontrabile nel genoma nucleare. Il genoma mitocondriale, inoltre è caratterizzato dall'assenza di eterozigosi dal momento che è ereditato esclusivamente dalla linea materna. Infine, la sua forma circolare gli offre una maggior resistenza a fenomeni di degradazione e frammentazione a seguito dell'esposizione a fattori fisico chimici alteranti quali elevate temperature e pressioni. Questo **costituisce un ulteriore vantaggio, rispetto al DNA nucleare, nell'analisi di prodotti trasformati** [21]. Per i suddetti motivi i marcatori genici più investigati per gli studi di caratterizzazione molecolare delle specie ittiche sono rappresentati da tre geni mitocondriali: la subunità I della citocromo ossidasi (COI), il citocromo b (cyt b) e l'RNA ribosomiale 16S (16S rRNA) [5] (Armani et al., 2012). In generale, i geni COI e cyt b sono considerati marcatori ideali per la discriminazione specie specifica in numerosi gruppi tassonomici mostrando generalmente valori di divergenza interspecifica molto elevati [27, 39, 40, 41]. Il gene 16S rRNA, seppur caratterizzato da un tasso di mutazione inferiore rispetto ai due geni precedenti, è stato comunque utilizzato con successo per l'identificazione di numerose specie ittiche appartenenti a famiglie anche tassonomicamente vicine [42, 43, 44].

Tecniche analitiche innovative per l'analisi di matrici complesse

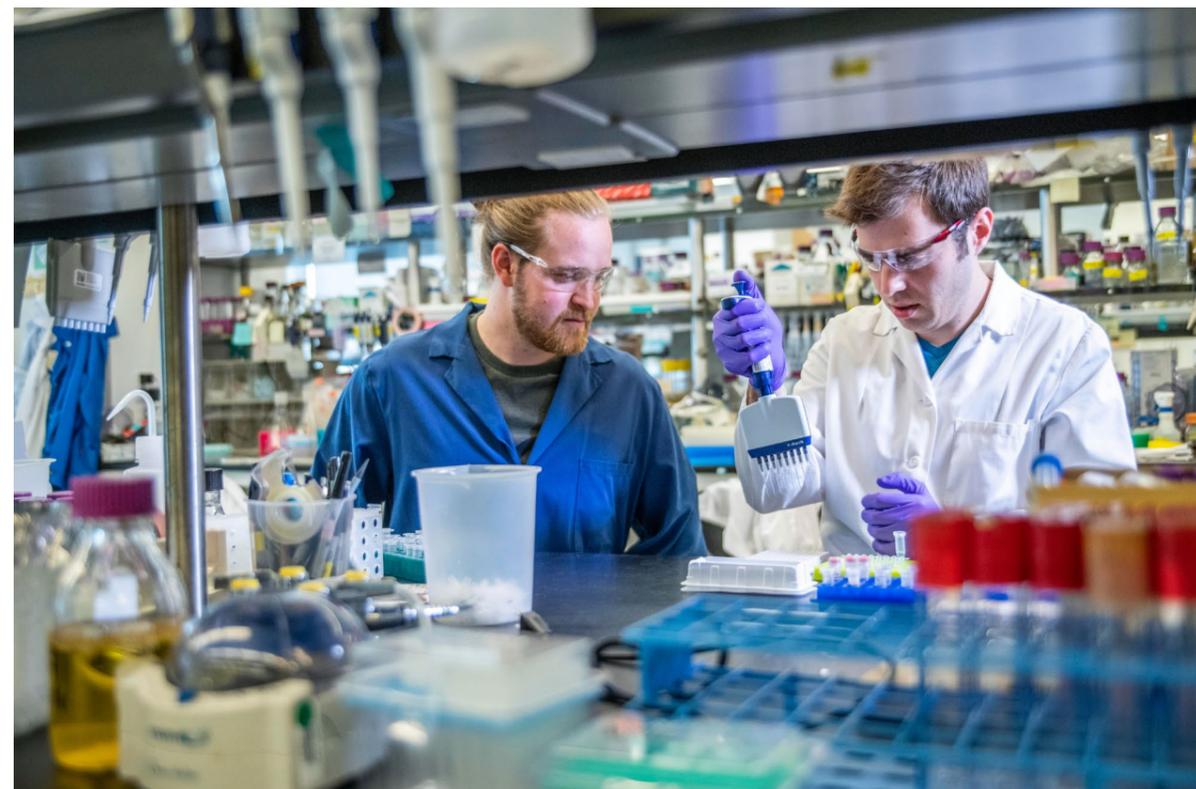
Le tecniche molecolari descritte nelle sezioni precedenti rappresentano attualmente quelle principalmente utilizzate per l'identificazione di specie a supporto della tracciabilità nel comparto ittico. Queste presentano tuttavia un limite sostanziale, da attribuire alla loro effettiva inefficacia qualora applicate all'analisi di matrici complesse, e in particolare di prodotti costituiti da un mix di più specie (e.i. surimi, fish-burger, crocchette, polpette). Le tecniche di sequenziamento classiche consentono infatti di ottenere un'unica sequenza da un unico amplicone (prodotto della reazione di PCR) e non sono quindi in grado di identificare con precisione tutte le specie eventualmente presenti all'interno di una matrice complessa. Si limitano quindi ad indicare la presenza di DNA di una singola specie, presumi-

bilmente quella quantitativamente più rappresentata [45, 46]. Le tecnologie di sequenziamento di nuova generazione, internazionalmente conosciute come *Next Generation Sequencing Technologies* (NGS), possono rappresentare un valido strumento per l'identificazione di specie nelle matrici complesse [46, 47]. Infatti, il processo di amplificazione clonale, elemento cardine di queste tecnologie, **consente di isolare spazialmente, amplificare e successivamente sequenziare in maniera simultanea tutto il DNA presente in un campione**, compreso quello appartenente a specie rappresentate in quantità minime. In questo modo, dopo opportuna standardizzazione, possono anche fornire un dato quantitativo relativo alla composizione del prodotto analizzato.

Strumento per l'identificazione di specie nelle matrici complesse



Il laboratorio: supporto diretto al controllo d'identità nell'ambito della tracciabilità della filiera ittica



Le metodiche molecolari rappresentano un valido supporto alle attività di controllo da parte dell'autorità ma costituiscono anche uno **strumento analitico efficace per il monitoraggio della tracciabilità di filiera da parte dei singoli OSA**. In particolare, possono offrire un supporto analitico da implementare all'interno del piano di autocontrollo aziendale attraverso l'adozione di un sistema di analisi delle vulnerabilità di sistema (VACCP, Vulnerability Assessment and Critical Control Points) per la qualifica dei fornitori e la certificazione d'identità dei propri prodotti al fine di prevenire fenomeni di mislabelling e cautelarsi dalla perpetrazione di pratiche illegali a monte della filiera produttiva [41, 48, 49]. In questo contesto, il

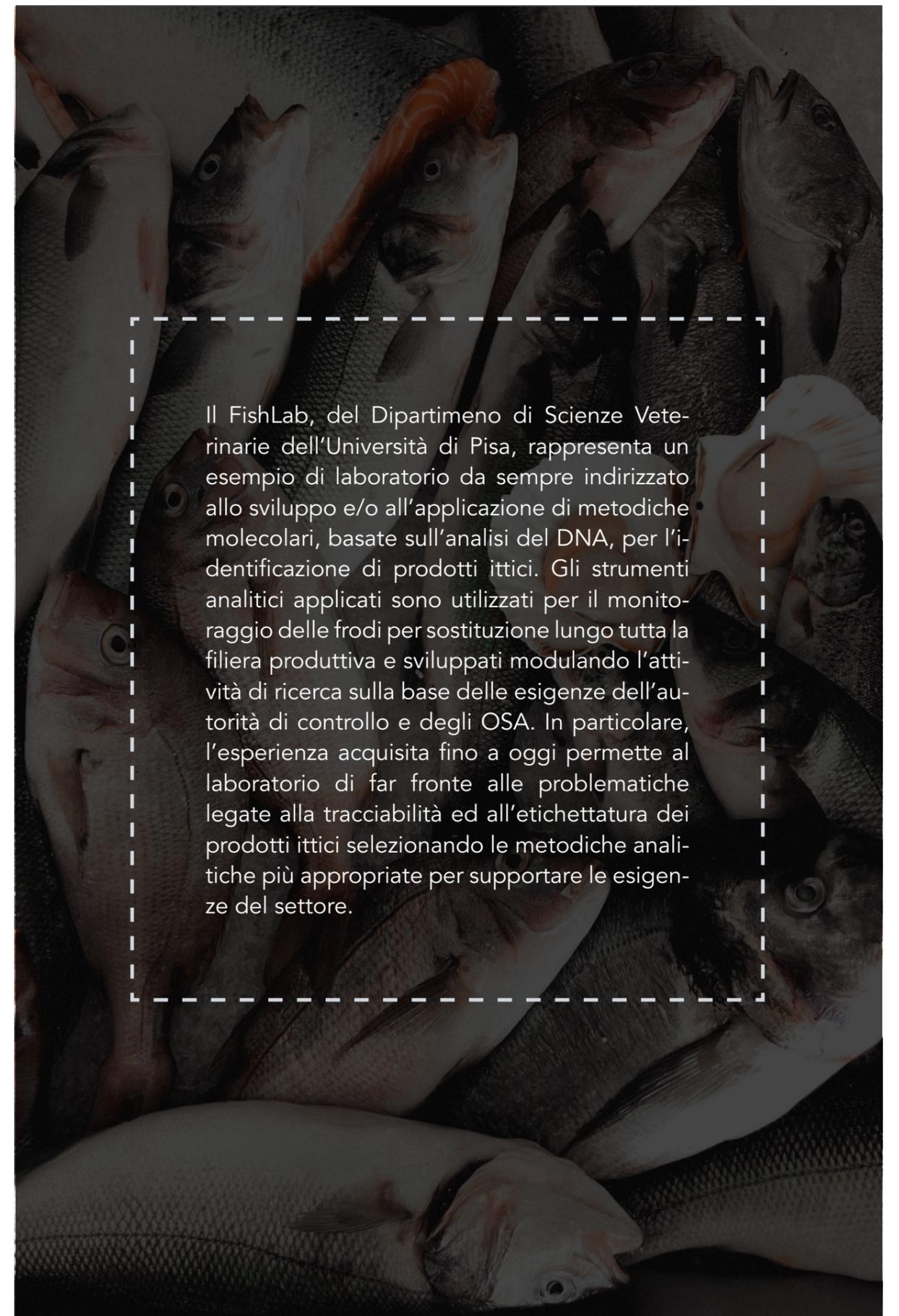
laboratorio d'analisi può offrire il supporto tecnico specifico per la modulazione e standardizzazione del protocollo analitico e del flusso operativo da applicare al fine di:

- effettuare una selezione mirata del target molecolare e ottimizzare accuratezza e ripetibilità della metodica in funzione della categoria di prodotto (phylum e specie attesa) e della tipologia di prodotto (fresco o trasformato);
- accorciare i tempi analitici;
- garantire la sostenibilità economica dell'analisi attraverso la razionalizzazione e minimizzazione dei costi [30].

Considerando che al momento non esistono protocolli ufficiali che stabiliscono le tecniche da utilizzare per l'identificazione di specie, **ciascun laboratorio sarà chiamato ad operare una valutazione preliminare delle esigenze aziendali e a realizzare un flowchart operativo** attraverso il quale procedere a una standardizzazione del protocollo analitico e una razionalizzazione dei costi in funzione delle proprie risorse, prevedendo eventualmente l'esternalizzazione di alcuni servizi inclusi all'interno della procedura analitica [41]. La standardizzazione della procedura ai fini dell'identificazione di specie sarà condotta attraverso l'individuazione, per ciascuna fase, delle variabili analitiche applicabili fino alla refertazione finale, introducendo all'interno del piano analitico un sistema di rimodulazione del sistema stesso

in funzione del risultato finale ottenuto, con la possibilità di una rifelezione o l'analisi contemporanea di due o più target molecolari al fine di massimizzare l'effetto discriminatorio dell'analisi post-sequenziamento effettuata con le modalità riportate al paragrafo precedente.

Garantire la sostenibilità economica dell'analisi attraverso la razionalizzazione e minimizzazione dei costi



Il FishLab, del Dipartimento di Scienze Veterinarie dell'Università di Pisa, rappresenta un esempio di laboratorio da sempre indirizzato allo sviluppo e/o all'applicazione di metodiche molecolari, basate sull'analisi del DNA, per l'identificazione di prodotti ittici. Gli strumenti analitici applicati sono utilizzati per il monitoraggio delle frodi per sostituzione lungo tutta la filiera produttiva e sviluppati modulando l'attività di ricerca sulla base delle esigenze dell'autorità di controllo e degli OSA. In particolare, l'esperienza acquisita fino a oggi permette al laboratorio di far fronte alle problematiche legate alla tracciabilità ed all'etichettatura dei prodotti ittici selezionando le metodiche analitiche più appropriate per supportare le esigenze del settore.

BIBLIOGRAFIA

1. FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. <https://doi.org/10.18356/8d6ea4b6-en>
2. Bellmann, C., Tipping, A., & Sumaila, U. R. (2016). Global trade in fish and fishery products: An overview. *Marine Policy*, 69, 181-188; <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.019>
3. D'Amico, P., Armani, A., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2016). New provisions for the labelling of fishery and aquaculture products: Difficulties in the implementation of Regulation (EU) n. 1379/2013. *Marine Policy*, 71, 147-56; <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.026>
4. Reilly, A. (2018). Overview of food fraud in the fisheries sector. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, (C1165), 1-21; <http://www.fao.org/3/i8791en/i8791EN.pdf>
5. Armani, A., Castigliero, L., & Guidi, A. (2012). Fish frauds: the DNA challenge. *Animal Science Reviews*, 7, 227-239
6. Luque, G. M., & Donlan, C. J. (2019). The characterization of seafood mislabeling: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, 236, 556-570; <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.006>
7. European Commission (2015). European Commission. 2015. Fish substitution (2015). Accessibile da: https://ec.europa.eu/food/safety/official_controls/food_fraud/fish_substitution_en/food/safety/official_controls/food_fraud/fish_substitution_en, Ultimo accesso 10/02/2020
8. Mariani, S., Griffiths, A. M., Velasco, A., Kappel, K., Jérôme, M., Perez-Martin, R. I., Schröder, U., Verrez-Bagnis, V., Silva, H., Vandamme, S.G., Boufana, B., Mendes, R., Shorten, M., Smith, C., Hankard, E., Hook, S.A., Weymer, A.S., Gunning, D., & Sotelo, C.G. (2015). Low mislabeling rates indicate marked improvements in European seafood market operations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(10), 536-540; <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/150119>
9. Pardo, M.Á., Jiménez, E., Pérez-Villarreal, B., 2016. Misdescription incidents in seafood sector. *Food Control* 62, 277-283; <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.048>
10. Cohen, N. J., Deeds, J. R., Wong, E. S., Hanner, R. H., Yancy, H. F., White, K. D., Thompson, T.M., Wahl, M., Pham, T.D., Guichard, F.M., & Huh, I. (2009). Public health response to puffer fish (tetrodotoxin) poisoning from mislabeled product. *Journal of Food Protection*, 72(4), 810-817; DOI: 10.4315/0362-028x-72.4.810
11. Armani, A., Guardone, L., La Castellana, R., Gianfaldoni, D., Guidi, A., & Castigliero, L. (2015). DNA barcoding reveals commercial and health issues in ethnic seafood sold on the Italian market. *Food Control*, 55, 206-214; <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.030>
12. Helyar, S. J., Lloyd, H. A. D., de Bruyn, M., Leake, J., Bennett, N., & Carvalho, G. R. (2014). Fish product mislabelling: Failings of traceability in the production chain and implications for illegal, unreported and unregulated (IUU) fishing. *PLoS One*, 9(6); doi: 10.1371/journal.pone.0098691
13. Stawitz, C. C., Siple, M. C., Munsch, S. H., Lee, Q., & Derby, S. R. (2017). Financial and ecological implications of global seafo-

BIBLIOGRAFIA

od mislabeling. *Conservation Letters*, 10(6), 681-689; <https://doi.org/10.1111/conl.12328>

15. Petrossian, G. A., & Pezzella, F. S. (2018). IUU fishing and seafood fraud: Using crime script analysis to inform intervention. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 679(1), 121-139; <https://doi.org/10.1177/0002716218784533>

16. Regolamento (CE) n. 104/2000 del Consiglio, del 17 dicembre 1999, relativo all'organizzazione comune dei mercati nel settore dei prodotti della pesca e dell'acquacoltura. *OJ L 17*, 21.1.2000, 22-52

17. Regolamento (CE) n. 1224/2009 del Consiglio, del 20 novembre 2009, che istituisce un regime di controllo comunitario per garantire il rispetto delle norme della politica comune della pesca, che modifica i regolamenti (CE) n. 847/96, (CE) n. 2371/2002, (CE) n. 811/2004, (CE) n. 768/2005, (CE) n. 2115/2005, (CE) n. 2166/2005, (CE) n. 388/2006, (CE) n. 509/2007, (CE) n. 676/2007, (CE) n. 1098/2007, (CE) n. 1300/2008, (CE) n. 1342/2008 e che abroga i regolamenti (CEE) n. 2847/93, (CE) n. 1627/94 e (CE) n. 1966/2006. *OJ L 343*, 22.12.2009, 1-50

18. Regolamento (UE) n. 1379/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell' 11 dicembre 2013 relativo all'organizzazione comune dei mercati nel settore dei prodotti della pesca e dell'acquacoltura, recante modifica ai regolamenti (CE) n. 1184/2006 e (CE) n. 1224/2009 del Consiglio e che abroga il regolamento (CE) n. 104/2000 del Consiglio. *OJ L 354*, 28.12.2013, 1-21

19. Froese, R., & Pauly, D. (2000). *FishBase 2000: concepts designs and data sources* (Vol. 1594). ICLARM Los Banos, Philippines: WorldFish 344p

20. Garibaldi, L., & Busilacchi, S. (2002) ASFIS list of species for fishery statistics purposes, ASFIS Reference Series No. 15. Rome, FAO, 258p

21. Tinacci, L., Giusti, A., Guardone, L., Luisi, E., & Armani, A. (2019). The new Italian official list of seafood trade names (annex I of ministerial decree n. 19105 of September the 22nd, 2017): Strengths and weaknesses in the framework of the current complex seafood scenario. *Food control*, 96, 68-75; <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.002>

22. Teletchea, F. (2009). Molecular identification methods of fish species: reassessment and possible applications. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19(3), 265; DOI 10.1007/s11160-009-9107-4

23. Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the national academy of sciences*, 74(12), 5463-5467

24. Verrez-Bagnis V., Sotelo C.G., Mendes R., Silva H., Kappel K., Schröder U. (2018) Methods for Seafood Authenticity Testing in Europe. In: Mérillon JM., Ramawat K. (eds) *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham; https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_69-1

25. Bartlett, S. E., & Davidson, W. S. (1992). FINS (forensically informative nucleotide sequencing): A procedure for identifying the animal origin of biological specimens. *Biotechniques*, 12(3), 408-411

26. Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & Dewaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313-321; <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>

BIBLIOGRAFIA

27. Hellberg, R. S. R., & Morrissey, M. T. (2011). Advances in DNA-based techniques for the detection of seafood species substitution on the commercial market. *JALA: Journal of the Association for Laboratory Automation*, 16(4), 308-321; <https://doi.org/10.1016/j.jala.2010.07.004>
28. Armani, A., Guardone, L., Castigliero, L., D'Amico, P., Messina, A., Malandra, R., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2015). DNA and Mini-DNA barcoding for the identification of Porgies species (family Sparidae) of commercial interest on the international market. *Food Control*, 50, 589-596; <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.025>
29. Shokralla, S., Hellberg, R. S., Handy, S. M., King, I., & Hajibabaei, M. (2015). A DNA mini-barcoding system for authentication of processed fish products. *Scientific Reports*, 5, 15894; doi: 10.1038/srep15894
30. Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16, 111-120.
31. Jukes, T. H. & Cantor, C. R. (1969). Evolution of protein molecules. In *Mammalian Protein Metabolism*, ed. H. H. Munro, Vol. III, pp. 21-132. New York: Academic Press
32. Hellberg, R. S., Pollack, S. J., & Hanner, R. H. (2016). Seafood species identification using DNA sequencing. In *Seafood Authenticity and Traceability* (pp. 113-132). Academic Press
33. Terol, J., Mascarell, R., Fernandez-Pedrosa, V., & Pérez-Alonso, M. (2002). Statistical validation of the identification of tuna species: bootstrap analysis of mitochondrial DNA sequences. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 50(5), 963-969; <https://doi.org/10.1021/jf011032o>
34. Jérôme, M., Lemaire, C., Verrez-Bagnis, V., & Etienne, M. (2003). Direct sequencing method for species identification of canned sardine and sardine-type products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(25), 7326-7332; <https://doi.org/10.1021/jf034652t>
35. Espiñeira, M., Vieites, J. M., & Santaclara, F. J. (2010). Species authentication of octopus, cuttlefish, bobtail and bottle squids (families Octopodidae, Sepiidae and Sepiolidae) by FINS methodology in seafoods. *Food chemistry*, 121(2), 527-532; <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.042>
36. Armani, A., Tinacci, L., Giusti, A., Castigliero, L., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2013). What is inside the jar? Forensically informative nucleotide sequencing (FINS) of a short mitochondrial COI gene fragment reveals a high percentage of mislabeling in jellyfish food products. *Food research international*, 54(2), 1383-1393; <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.003>
37. Velasco, A., Aldrey, A., Pérez-Martín, R. I., & Sotelo, C. G. (2016). Assessment of the labelling accuracy of spanish semipreserved anchovies products by FINS (forensically informative nucleotide sequencing). *Heliyon*, 2(6), e00124; <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00124>
38. Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*, 39(4), 783-791
39. Van de Peer, Y. (2009). Phylogenetic inference based on distance methods. *The Phylogenetic Handbook: A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing*, 2nd ed. (Lemey P, editor)

BIBLIOGRAFIA

40. Rasmussen, R. S., & Morrissey, M. T. (2008). DNA based methods for the identification of commercial fish and seafood species. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 7(3), 280-295; <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00046.x>
41. Kochzius, M., Seidel, C., Antoniou, A., Kumar Botla, S., Campo, D., Cariani, A., Vazquez, E.G., Hauschild, J., Hervet, C., Hjordleifsdottir, S., Hreggvidsson, G., Kappel, K., Landi, M., Magoulas, A., Marteinsson, V., Nölte, M., Planes, S., Tinti, F., Turan, C., Venugopal, M.N., Weber, H., & Blohm D. (2010). Identifying fishes through DNA barcodes and microarrays. *PLoS One*, 5(9); doi: 10.1371/journal.pone.0012620
42. Tinacci, L., Guidi, A., Toto, A., Guardone, L., Giusti, A., D'Amico, P., & Armani, A. (2018). DNA barcoding for the verification of supplier's compliance in the seafood chain: How the lab can support companies in ensuring traceability. *Italian Journal of Food Safety*, 7(2): 6894; doi: 10.4081/ijfs.2018.6894
43. Jérôme, M., Martinsohn, J. T., Ortega, D., Carreau, P., Verrez-Bagnis, V., & Mouchel, O. (2008). Toward fish and seafood traceability: anchovy species determination in fish products by molecular markers and support through a public domain database. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3460e3469; <https://doi.org/10.1021/jf703704m>
44. Cawthorn, D. M., Steinman, H. A., & Witthuhn, R. C. (2012). Evaluation of the 16S and 12S rRNA genes as universal markers for the identification of commercial fish species in South Africa. *Gene*, 491(1), 40e48; <https://doi.org/10.1016/j.gene.2011.09.009>
45. Armani, A., Tinacci, L., Xiong, X., Castigliengo, L., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2015). Fish species identification in canned pet food by BLAST and Forensically Informative Nucleotide Sequencing (FINS) analysis of short fragments of the mitochondrial 16s ribosomal RNA gene (16S rRNA). *Food control*, 50, 821-830; <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.018>
46. Galal-Khallaf A, Ardura A, Borrell YJ, Garcia-Vazquez E. Towards more sustainable surimi? PCR-cloning approach for DNA barcoding reveals the use of species of low trophic level and aquaculture in Asian surimi. *Food Control* 2016, 61:62–69
47. Giusti, A., Armani, A., & Sotelo, C. G. (2017). Advances in the analysis of complex food matrices: Species identification in surimi-based products using Next Generation Sequencing technologies. *PloS one*, 12(10); doi: 10.1371/journal.pone.0185586
48. Giusti, A., Tinacci, L., Sotelo, C. G., Marchetti, M., Guidi, A., Zheng, W., & Armani, A. (2017). Seafood identification in multispecies products: assessment of 16SrRNA, cytb, and COI Universal Primers' efficiency as a preliminary analytical step for setting up metabarcoding next-generation sequencing techniques. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(13), 2902-2912; <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05802>
49. SSAFE 2016. Food fraud vulnerability assessment. Think like a criminal to fight food fraud. Disponibile su <http://www.pwc.com/gx/en/food-supply-integrity-services/publications/food-fraud-vulnerability-assessment.pdf>; ultimo accesso in data 10-02-2020
50. Cavin, C., Cottenet, G., Blancpain, C., Bessaire, T., Frank, N., & Zbinden, P. (2016). Food adulteration: From vulnerability assessment to new analytical solutions. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 70(5), 329-333; <https://doi.org/10.2533/>

DALLA GENETICA ALLA GENOMICA: LE NUOVE FRONTIERE DELL'AUTENTICAZIONE DEGLI ALIMENTI

GRIFFA SRL è una startup innovativa Spin-Off accreditato dell'Università di Bologna, si occupa di autenticazione genetica degli alimenti, tracciabilità delle filiere agro-alimentari e analisi del DNA ambientale (Food Genomics). GRIFFA è stata costituita con i soci Anisa Ribani e Samuele Bovo, PostDoc con competenze di Next Generation Sequencing e Big Data, e con il Prof. Luca Fontanesi come Scientific Advisor.



Un alimento è autentico quando ciò che viene dichiarato dall'etichetta è effettivamente vero, in termini di origine, composizione, ingredienti, tipo di lavorazione, modalità di conservazione e salubrità, oltre che per diverse altre caratteristiche. L'autenticità di un alimento rappresenta quindi uno degli elementi qualitativi più importanti che deve essere assicurato. L'aumento delle **frodi nel settore agroalimentare** interessa in particolare questo

aspetto che quindi necessita di essere considerato con particolare attenzione. Le frodi, infatti, possono esistere solo se chi froda acquisisce un vantaggio economico dal suo atto di falsa dichiarazione o attribuzione di caratteristiche non vere.

Per combattere le frodi nel settore agro-alimentare è necessario avere a disposizione una serie di strumenti e di metodologie che permettano di identificare prodotti con caratteristiche che



Valerio Joe Utzeri

Dottore di Ricerca in Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali ed Alimentari presso l'Università di Bologna, attualmente assegnista di ricerca PostDoc presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro Alimentari (DISTAL). Si occupa di genomica animale, alimentare e ambientale ed è co-fondatore e CEO di GRIFFA SRL, startup innovativa attiva nel campo della genomica alimentare e ambientale.

Luca Fontanesi

Professore Ordinario all'Università di Bologna, svolge le sue ricerche nell'ambito della genetica, della genomica animale e dell'autenticazione dei prodotti alimentari. Gli interessi di ricerca sono rivolti in particolare all'applicazione della genomica, della metagenomica, della metabolomica e della fenomica nel settore delle produzioni animali, per la caratterizzazione, l'autenticazione e la tracciabilità dei prodotti alimentari e per l'analisi ambientale.



non rientrano tra quelle attese del prodotto stesso. **Si può dire che per vincere la battaglia "analitica" contro le frodi è necessario trovare sempre nuove armi che possano fornire informazioni utili per questo scopo.**

In termini generali, possiamo affermare che la maggior parte degli alimenti deriva da organismi viventi (piante, animali o microrganismi) che conferiscono agli alimenti stessi proprietà e caratteristiche intrinseche o estrinseche, compresa la composizione che è pre-definita in base all'organismo "fonte" della materia

prima da cui questa deriva originariamente. Tra i componenti biologici di particolare interesse per l'autenticazione, il DNA si ritrova in tutti questi alimenti e può essere analizzato nella maggior parte dei casi. Il DNA è diverso per ciascuna specie vivente e la sua sequenza permette di identificare quale organismo ha prodotto ciò che compone l'alimento. Inoltre, le caratteristiche biochimiche del DNA ne fanno una molecola particolarmente resistente a trattamenti fisici che gli alimenti possono subire (quali ad esempio la cottura).



Il DNA non si degrada completamente a seguito dei trattamenti che gli alimenti possono subire e si ritrova nel prodotto finale. Ne consegue che possiamo avere nel piatto una molecola naturale, che è un normale componente di molti alimenti, che contiene potenzialmente tutte le **informazioni genetiche** che derivano dagli organismi che hanno contribuito a comporre l'alimento.

Queste informazioni genetiche possono essere anche molto "fini" e ci permettono non solo di identificare la specie ma anche la varietà vegetale o la razza animale o il ceppo batterico o fungino o addirittura il soggetto individuale (animale o pianta) da cui deriva l'alimento. Il livello di informazioni che si può ottenere dipende da come il DNA è analizzato. Il livello di informazione che si può ottenere ha diverse implicazioni anche commerciali e di valorizzazione di filiere che a volte possono rappresentare nicchie produttive o rappresentare icone gastronomiche di notevole rilevanza, come ad esempio nel caso di molti prodotti DOP.



L'importanza della genomica

La svolta metodologica e tecnologica nell'ambito dell'autenticazione degli alimenti si è avuta con l'applicazione della genomica. **La genomica è la branca della biologia che si occupa dello studio dei genomi di tutti gli organismi viventi**, sia per decifrarne la struttura che per definirne la funzione. Quindi, in parole semplici, studia il DNA e la sequenza nucleotidica che lo rende così. Il sequenziamento è la tecnica che permette di determinare l'ordine di posizionamento di questi nucleotidi nel DNA. I genomi sono complessi perché sono costituiti da milioni o da miliardi di nucleotidi. Tutte le informazioni del genoma dell'organismo che ha prodotto l'alimento rimangono nell'alimento stesso e sono a disposizione per ottenere informazioni utili per la sua autenticazione.

L'esplosione della genomica in tutti i settori si è avuta con l'avvento delle nuove tecnologie di sequenziamento del DNA, le così dette tecnologie di next generation sequencing (NGS).



Queste permettono di sequenziare milioni o miliardi di frammenti di DNA con costi estremamente contenuti. La genomica fa uso anche di altri strumenti che permettono, ad esempio, di analizzare le differenze nel DNA di soggetti diversi entro la stessa specie: sono gli strumenti di high throughput genotyping che determinano il genotipo in migliaia di posizioni polimorfiche. **Da quanto illustrato si può intuire che i dati genomici sono dei big data.** Per analizzarli è necessario usare approcci computazionali specifici che trovano nella bioinformatica la discipli-

Identificare la specie ma anche la varietà vegetale o la razza animale o il ceppo batterico o fungino o addirittura il soggetto individuale da cui deriva l'alimento

na che unisce l'informatica alla biologia. La bioinformatica permette di decifrare o estrarre l'informazione necessaria dai big data genomici attraverso l'utilizzo di database di sequenze nucleotidiche che riportano annotazioni, cioè informazioni già decodificate che servono per comparazione a decodificare le sequenze nucleotidiche non note. Un punto chiave nell'analisi dei dati genomici è quindi il poter avere a disposizione database che permettano una interpretazione precisa ed immediata dei dati genomici.

La genomica applicata agli alimenti mediante l'utilizzo dei moderni approcci analitici che abbiamo brevemente descritto viene definita in gergo tecnico con i termini di **"Food Genomics"**. Possiamo ora ritornare alla questione dell'autenticazione. La Food Genomics ha gli strumenti per estrarre dagli alimenti tante informazioni genetiche – che si ritrovano nel DNA – e utilizzarle per l'autenticazione. La mole di dati permette di usare molte informazioni (fino a milioni o miliardi di informazioni) per lo scopo di autenticare gli alimenti.

Potenzialmente possiede gli strumenti per essere quasi infallibile nella battaglia contro le frodi. **Il livello di dettaglio che è possibile raggiungere è praticamente a prova di falsificazione.**

Ecco due esempi, presi da due contesti e prodotti molto diversi, che illustrano le potenzialità dell'analisi del DNA applicata all'autenticazione degli alimenti. Nel primo sono bastate poche informazioni per poter arrivare all'autenticazione degli alimenti (anche se per l'identificazione delle informazioni utili, sono stati necessari diversi studi). Per il secondo caso è stato necessario produrre ed analizzare molte informazioni genomiche per riuscire, nell'insieme, a dare una visione completa della complessità dell'alimento.

La mole di dati permette di usare molte informazioni (fino a milioni o miliardi) per autenticare gli alimenti



La carne di suini di razza Cinta Senese

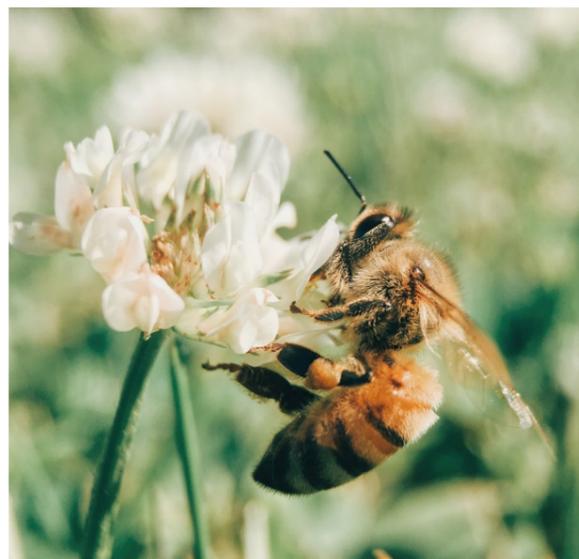
Il primo esempio riguarda l'autenticazione di un prodotto di nicchia, che è un po' un prodotto simbolo della Toscana: la carne di suini di razza Cinta Senese. La razza Cinta Senese è un elemento tipico del paesaggio rurale toscano e la sua carne si trova nel menù di gran parte degli agriturismi della regione e non solo. I suini di questa razza sono allevati in sistemi bradi o semi-bradi e la qualità della sua carne è particolarmente rinomata. Vi sono però attualmente solo poche centinaia di scrofe di razza Cinta Senese e quindi i suini macellati sono solo poche migliaia di capi all'anno. La carne spunta prezzi molto elevati e questo rappresenta paradossalmente l'anello debole della filiera che è riconosciuta con un DOP per la carne fresca. Le frodi derivano dalla sostituzione della carne di Cinta Senese con carne di suini commerciali. Sarebbe praticamente impossibile poter riconoscere la frode.

Tuttavia la genomica è riuscita a risolvere in modo semplice la questione. La razza Cinta Senese è unica nel suo genere anche per il fatto che fenotipicamente è caratterizzata da un **mantello nero con una cinghiatura bianca** (cioè la sua colorazione), che appunto gli conferisce il nome. La colorazione del mantello ovviamente non si ritrova nella braciola! Tuttavia questa caratteristica di razza è stata alla base per la messa a punto di un test di autenticazione della carne di Cinta Senese basato sull'analisi del DNA. Gli studi di genomica hanno permesso di identificare nel genoma suino le mutazioni che sono associate alla cinghiatura del mantello. Dopo questa scoperta è stato semplice applicare tale informazione per l'autenticazione della carne di Cinta Senese. Basta appunto una semplice analisi del DNA che si può estrarre da qualsiasi pezzetto di carne.

L'autenticazione del miele

Il secondo caso che illustriamo, che si basa sulla produzione e sull'analisi di molte sequenze genomiche, riguarda l'autenticazione dell'origine botanica e geografica del miele. **Il miele contiene il polline delle piante da cui le api hanno raccolto il nettare che poi è stato trasformato in miele.** L'origine botanica e geografica può essere determinata attraverso l'analisi melissopalnologica che consiste nell'identificazione al microscopio di alcune centinaia di pollini e l'attribuzione ad una specie botanica. L'analisi melissopalnologica è particolarmente laboriosa e necessita di un esperto che conosca i pollini di tutte le

piante. Tuttavia, è possibile semplificare quest'analisi utilizzando informazioni genomiche. Il miele, che contiene il polline, a sua volta contiene il DNA delle piante da cui questo polline ha avuto origine (infatti il polline contiene il DNA delle piante). L'analisi di questo DNA però necessita l'applicazione delle tecnologie di next generation sequencing per produrre informazioni di sequenza da diverse migliaia di pollini diversi. Le sequenze devono poi essere confrontate con una banca dati costruita ad hoc per l'interpretazione e l'assegnazione automatizzata alle diverse specie botaniche. In questo caso, oltre all'origine botanica, la conoscenza delle specie botaniche per le quali si ritrova la firma a DNA nel miele permette anche l'assegnazione geografica. Anche questa tecnologia è stata sviluppata nel Livestock and Food Genomics Laboratory dell'Università di Bologna (Utzeri et al., 2018) e ulteriormente raffinata dallo Spin-off che da questo è recentemente nato: GRIFFA srl (<https://griffa.eu/>).



Food Genomics è l'ambito principale in cui GRIFFA opera. Le applicazioni che abbiamo brevemente illustrato possono essere adattate o ridefinite per moltissimi altri prodotti. GRIFFA ha nel suo Portfolio una notevole varietà di applicazioni con possibilità di customizzare sulla base di specifiche esigenze delle filiere o dei sistemi produttivi. Considerando che stiamo vivendo nell'era della genomica, anche nel settore "food" le prospettive sono molto promettenti, non solo nel campo dell'autenticazione ma anche negli ambiti della caratterizzazione e valorizzazione degli alimenti.

BIBLIOGRAFIA

1. Fontanesi L., Scotti E., Gallo M., Nanni Costa L., Dall'Olio S. (2016) Authentication of "mono-breed" pork products: Identification of a coat colour gene marker in Cinta Senese pigs useful to this purpose. *Livestock Science* 184, 71-77
2. Utzeri VJ, Ribani A, Schiavo G, Bertolini F, Bovo S, Fontanesi L (2018) Application of next generation semiconductor based sequencing to detect the botanical composition of monofloral, polyfloral and honeydew honey. *Food Control* 86:342-349

L'AUTORE

**Gianfranco Picone**

Dottore di Ricerca all'Università di Bologna dal 2009 è responsabile tecnico del gruppo di ricerca "BIO-NMR" con attività mirate alla valutazione della qualità degli alimenti mediante Risonanza Magnetica Nucleare. L'attività di ricerca è volta anche allo studio di sistemi biologici viventi per la valutazione dello stato metabolico mediante l'individuazione di biomarcatori e la definizione di profili molecolari. Svolge ricerca scientifica applicata alla descrizione degli alimenti sottoposti a processi digestivi in vitro. Dal 2019 è docente a contratto di chimica generale ed inorganica.

LE IMPRONTE DIGITALI DEGLI ALIMENTI

Negli ultimi anni, soprattutto in virtù di un mondo globalizzato, si è intensificata notevolmente l'attenzione per la qualità dei prodotti, il loro metodo produttivo e in modo particolare la loro provenienza. Ciò è dovuto sia alla **richiesta da parte del consumatore di un prodotto più salutare**, in inglese healthy, ma anche alla consapevolezza del diritto di avere sulle tavole un prodotto sicuro e controllato, un prodotto che garantisca la propria tracciabilità e rintracciabilità. Questa propensione al prodotto che potremmo definirlo **Healthy and Safe** è dimostrata anche dal fatto che le certificazioni di prodotto che derivano dall'applicazione di standard produttivi (standard BRC/IFS, oltre alla Global GAP) sono una garanzia di qualità e di sicurezza che le aziende sono tenute ad assicurarsi garantire per poter essere concorrenziali sul mercato, conquistando di conseguenza la fiducia del consumatore.

Ma che cosa si intende per tracciabilità e rintracciabilità?

Partiamo con il definire la rintracciabilità di filiera: secondo il Reg. CE 178/2002 con il termine rintracciabilità si intende "la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, di un mangime, di un animale destinato alla produzione alimentare o di una sostanza destinata a entrare a far parte di un alimento o di un mangime attraverso tutte le fasi di produzione, trasformazione o distribuzione". Sulla base di questa definizione dunque è possibile descrivere la tracciabilità come quel processo che segue il prodotto lungo tutta la filiera dall'inizio alla fine e fa in modo che, ad ogni stadio attraverso cui passa, vengano lasciate o acquisite opportune informazioni le quali una volta raccolte consentono il processo inverso e cioè la rintracciabilità del prodotto.

Metodi analitici per la rintracciabilità degli alimenti

Nello sviluppare metodi analitici per la tracciabilità degli alimenti un requisito importante è la **comprensione di tutti i passaggi di trasformazione, dalla materia prima (monte) al prodotto finito (valle), compresi lo stoccaggio e l'imballaggio e quindi, in poche parole, dell'intera filiera**. La possibilità di seguire il flusso produttivo attraverso l'ausilio di test analitici può essere influenzata da ogni singolo passaggio in maniera più o meno evidente. Però, se l'interesse è solo nell'autenticazione dell'alimento dove può essere sufficiente distinguere il prodotto autentico da quello non autentico, come un prodotto IGP, è meno indispensabile conoscere i passaggi precedenti della filiera nella sua interezza, anche se, tuttavia, ciò permetterebbe di individuare in maniera più efficiente i test analitici idonei da utilizzare. Nel 2015, durante l'Expo di Milano,

sono state mostrate tecniche avanzate e alcune del tutto innovative per scoprire le **frodi alimentari** che minacciano la tipicità dei prodotti enogastronomici italiani, compromettendo anche la salute dei consumatori.



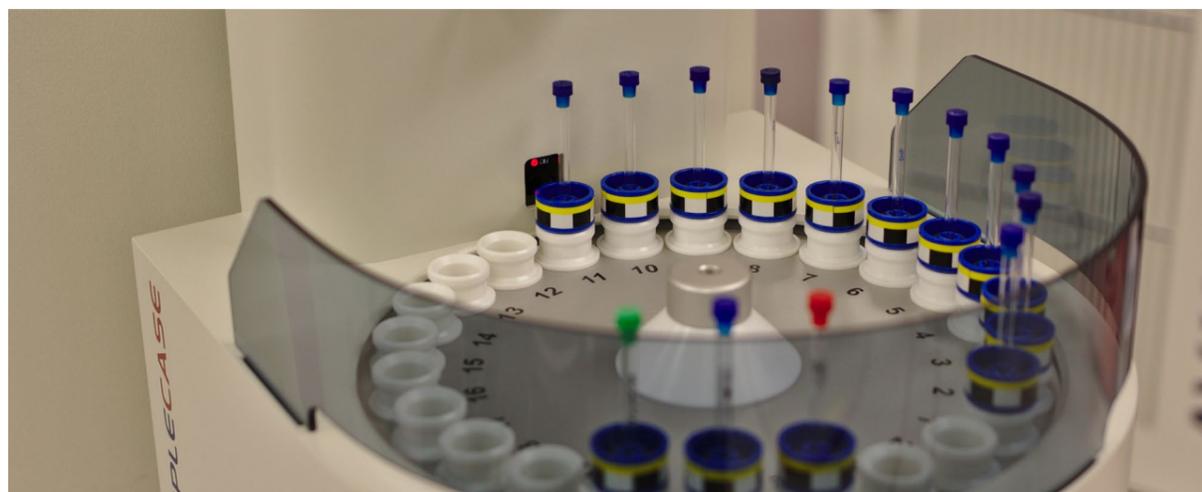
La spettrometria di massa è senza dubbio la più conosciuta, così come le tecniche di microarray: facendo riferimento ad esempi concreti, la prima permette l'analisi di un campione di latte per scoprire se la mozzarella di bufala è prodotta davvero con il 100% di latte di bufala [1], la seconda, invece, è in grado di svelare se la carne di suino dichiarata pregiata sia veramente realizzata con i maiali pregiati [2]. Si arriva poi a tecni-

che sofisticate e decisamente innovative come la **spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare o semplicemente NMR** che negli ultimi anni è sempre più impiegata per tracciare un alimento di cui non si conosce la provenienza, verificare se l'alimento rispetti certi criteri di salubrità e per evidenziare frodi.

La possibilità di seguire il flusso produttivo attraverso l'ausilio di test analitici



La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) nello studio degli alimenti



La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) è una tecnica spettroscopica con un vastissimo campo di applicazioni. Essa è ampiamente utilizzata in discipline come fisica, chimica, biologia, geologia e medicina. **Negli ultimi anni l'impiego di questa tecnica si è ulteriormente diffusa fino a trovare anche un largo utilizzo nell'ambito delle scienze agroalimentari.** Tale fenomeno di diffusione può essere ricondotto al fatto che si è rilevato un crescente interesse, da parte del consumatore e dei produttori, nell'avere prove analitiche che certificassero l'origine, le proprietà, la composizione, la salute e l'autenticità dei cibi, a partire dalle materie prime fino ai prodotti posti in vendita sugli scaffali dei supermercati. Inoltre, l'impiego di tale tecnica risiede nelle sue caratteristiche peculiari che si prestano in maniera ottimale per la caratterizzazione di miscele costituite da molte componenti, in rappor-

ti estremamente diversi l'uno dall'altro, quali appunto i prodotti alimentari. Di fatto, l'NMR è una tecnica quantitativa, non è distruttiva e non richiede alcuna manipolazione del campione, è veloce e ampiamente riproducibile, fornisce moltissime informazioni strutturali e, infine, **consente l'analisi di sistemi, liquidi, gel e solidi.** La caratteristica peculiare di questo tipo di analisi è l'ottenimento per ogni campione di un unico ed esclusivo profilo metabolico: una vera e propria impronta digitale (fingerprint) che consente per tanto di caratterizzare un alimento dal punto di vista metabolico (metabolic profiling). Per tali ragioni la risonanza magnetica diventa uno **strumento per lo sviluppo di metodi sia di controllo della qualità degli alimenti sia per il controllo di eventuali adulterazioni dell'alimento stesso** [3-6]. Non solo, si presta ad essere un valido supporto per la caratterizzazione di prodotti alimen-

tari come il caso del pomodoro pachino [7] o dell'aceto balsamico di Modena [8]. Quindi, poiché nel corso degli anni l'impiego dell'NMR su diversi alimenti (il più noto è sicuramente il vino) [9-10] ha portato ad ottimi risultati, esso è divenuto nel campo alimentare un metodo ufficiale di indagine riconosciuto e ufficialmente approvato dalla Comunità Europea.

Una vera e propria impronta digitale (fingerprint) che consente di caratterizzare un alimento dal punto di vista metabolico



Ma come funziona la Risonanza Magnetica Nucleare?

Tutti i composti organici contengono atomi di carbonio e di idrogeno. Se immersi in un campo magnetico esterno, gli atomi di idrogeno orientano i protoni di alcuni nuclei lungo la direzione del campo esterno. Questi protoni hanno un'energia minore rispetto ai protoni non allineati. Se i protoni allineati vengono poi irradiati con una radiazione elettromagnetica, si ha un assorbimento di radiazione che comporta un cambiamento di orientazione dei protoni da allineato con il campo ad opposto al campo. **Quando si verifica questa transizione di orientazione, si dice che i nuclei sono in risonanza con la radiazione applicata, da qui il nome di Risonanza Magnetica Nucleare.**

A questo punto si interrompe l'impulso di radiofrequenza, ma i nuclei eccitati continuano ad emettere per qualche istante un debole segnale di radiofrequenza che si spegne nel tempo (tempo di rilassamento), assimilabile ad una specie di eco del segnale assorbito. Questo segnale viene registrato, amplificato e successivamente convertito in segnale NMR attraverso un'operazione matematica chiamata **Trasformata di Fourier**. Si ottiene uno spettro che contiene una serie di picchi caratterizzati da una intensità (asse delle ordinate) e da una frequenza (asse delle ascisse).

Le informazioni che derivano da un singolo campione sottoposto ad un'analisi NMR sono numerose e spesso ridondanti. Per tale ragione, è necessario adottare un sistema di gestione dei dati che sia in grado di filtrare queste informazioni in un numero inferiore, ma comunque rappresentativo del campione, da cui quindi poter ottenere la massima informazione. **L'analisi statistica multivariata (chemiometria) [11] diventa quindi a tale proposito supporto necessario all'analisi NMR.** Questo tipo di analisi permette di includere diversi tipi di classificazioni in grado di:

- **riconoscere gli alimenti** in funzione, ad esempio, della loro origine geografica [12], oppure discriminare gli alimenti standard dai loro corrispondenti geneticamente modificati [13];
- **caratterizzare il contenuto dei metaboliti:** lo scopo è descrivere gli alimenti sulla base del contenuto dei loro metaboliti (zuccheri, proteine, lipidi, aminoacidi, ecc) [14];
- **identificare metaboliti o biomarker:** l'obiettivo è quello di individuare biomarker, ovvero quei metaboliti in grado di spiegare la ragione delle differenze ad esempio tra più gruppi di campioni. In questo modo, è possibile comprendere meglio gli effetti delle tecnologie di processo e delle biotecnologie sugli alimenti, al fine di garantire la qualità del prodotto e di combattere eventuali frodi [15].



La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) è una tecnica spettroscopica con un vastissimo campo di applicazioni

Pesce fresco? L'NMR per vederci chiaro

Per i prodotti ittici la qualità è strettamente legata alla freschezza. **La freschezza del pesce può essere valutata con analisi chimiche e batteriologiche,** ma il metodo più immediato e di più facile esecuzione è senza dubbio **l'analisi sensoriale.** Queste metodiche convenzionali però non riescono a fornire una visione completa dello stato del pesce e in taluni casi, come per gli indici di freschezza strettamente legati alla formazione di particolari metaboliti, riescono appunto ad esaminare solamente uno o al massimo un paio di metaboliti alla volta. **La profilazione molecolare o fingerprinting consente, invece, in un'unica analisi di estrapolare un pattern molto più ampio di metaboliti che possono caratterizzare il pesce in maniera univoca sia in funzione della specie, sia in funzione del tipo di pescato (pesce d'acquacoltura rispetto a uno di cattura in mare).** Le variazioni del profilo molecolare in entrambi i casi vanno a modifi-

care lo status di freschezza e quindi della qualità. Quest'ultima, nel caso dei pesci allevati, dipende non solo dalle sue caratteristiche intrinseche quali specie, età e sesso, ma anche su fattori come la fase di sviluppo, la temperatura ambientale, il regime di alimentazione, la composizione dei lipidi nella dieta, il metodo di allevamento e di cattura. L'approccio metabolico risulta quindi un valido strumento per determinare le differenze molecolari indotte dai questi fattori e, pertanto può essere impiegato anche per confrontare sistemi di allevamento tradizionale ed intensivi con quelli biologici, la cui produzione è caratterizzata dall'utilizzo di mangimi derivanti da materie prime sostenibili, privi di pesticidi e OGM free, e da allevamento in gabbie a bassa densità di pesce che riduce lo stress e assicura benessere e resistenza alle malattie.



Un generico approccio oggettivo per valutare la freschezza di un prodotto ittico consiste nell'osservazione, durante il periodo di conservazione, dell'andamento di certe proprietà organolettiche, o del **contenuto di sostanze che si degradano, come le proteine, o si formano, come ad esempio la trimetilammina** (N-TMA) o di aminoacidi liberi. La gran parte degli indici microbici, ossidativi, nutrizionali e organolettici sono convenzionalmente ottenuti con analisi lunghe, costose, altamente specialistiche e che talvolta fanno anche uso di reagenti tossici o pericolosi. **Mediante l'utilizzo della Risonanza Magnetica Nucleare ad alto campo è possibile valutare la qualità e dunque la freschezza del pesce** partendo dalla sua profilazione molecolare, considerando cioè l'intero pattern di metaboliti che si vengono a creare o a modificare durante il periodo di conservazione [16]. Questo tipo di approccio consente quindi

di caratterizzare il pesce ad ogni step della fase di conservazione, mettendo in evidenza tutte le variazioni che vanno a modificare lo status di freschezza. Allo stesso tempo, **è possibile anche evidenziare quelle alterazioni che intervengono nella composizione del pesce in funzione delle pratiche di produzione, come allevamenti tradizionali o estensivi** (es. la vallicoltura) [17]. Questo è possibile perché la Risonanza Magnetica Nucleare, per le sue capacità di mettere in risalto tutto ciò che in natura è legato ad un idrogeno, è in grado di fornire una vera e propria impronta digitale/molecolare, costituita da **tanti segnali** caratterizzanti specifici metaboliti normalmente presenti nel pesce o sostanze endogene, (assunte ad esempio mediante l'alimentazione in un allevamento estensivo,) che siano esse naturali/biologiche o di sintesi.

In Figura 1, è riportata a titolo di esempio l'impronta molecolare di un campione di Triglia (*Mullus barbatus*) con indicati alcuni dei metaboliti che la caratterizzano e che sono coinvolti nella determinazione degli indici di freschezza.

L'ulteriore vantaggio di questa tecnica dunque risiede nella sua capacità di vedere tutto quello rappresentato in Figura 1 con una singola analisi ed in tempi molto brevi (si consideri che già dopo pochi minuti, fornisce tantissime informazioni). Nel caso specifico del pesce, l'analisi mediante Risonanza Magnetica Nucleare permette quindi di valutare con una unica acquisizione:

- **tutti gli indici di freschezza** (K e H-index e contenuto di TMAO) basati sui parametri di misura oggettiva, tra cui anche quelli correlati con le proprietà organolettiche che normalmente interessano il consumatore, quali masticabilità, adesività, tenerezza, colore, odore e lucentezza [18];

- **gli aspetti nutrizionali**, legati sia al tipo di allevamento (variazione del contenuto lipidico nello specifico variazione nel contenuto di ω 3-6), sia al decadimento di nutrienti durante la shelf-life o alla formazione di sostanze indesiderate.

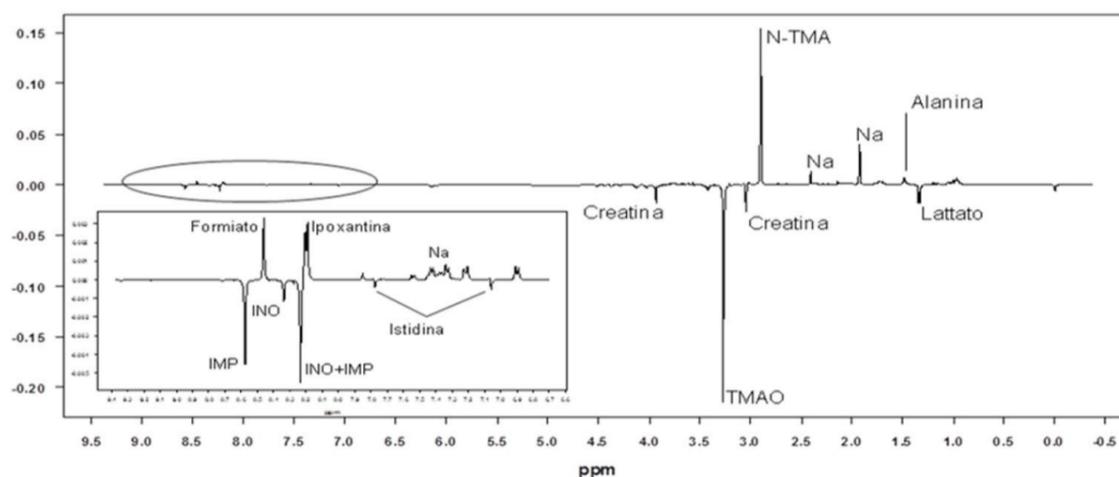


Fig. 1 - Spettro di campione di Triglia ottenuto mediante la Risonanza Magnetica Nucleare: 1) TSP (0.00 ppm), 2) Leucina (0.96 ppm), 3) Lattato (1.33 ppm), 4) Alanina (1.49 ppm), 5) N-TMA (2.90 ppm), 6 - 8) Creatina (3.04 - 3.94 ppm), 7) TMAO e Betaina (3.27 ppm), 9) Inosina (6.10 ppm), 10) Inosina 5'-monofosfato (6.14 ppm), 11-12) Istinina (7.05-7.77 ppm), 13) Ipo xantina (8.19 ppm), 14) ATP + ADP + AMP (8,27 ppm), 15) Inosina (8,33 ppm), 16) Formiato (8.46 ppm), 17) Inosina 5'- monofosfato (8.57 ppm)



Oltre le frodi: l'NMR nella digestione umana in vitro

Il campo agro-alimentare trae non pochi benefici dall'uso della spettroscopia NMR. L'importanza del controllo di qualità sui cibi e, in particolar modo, delle sofisticazioni e contraffazioni sta crescendo sempre di più, anche tenendo conto del fatto che la filiera produttiva è sempre più estesa e spesso fa capo a fornitori di aree geografiche diverse, con legislazioni differenti e con una relativa difficoltà nella reale tracciabilità delle materie prime. **Il consumatore deve essere messo quindi nelle condizioni di compiere scelte consapevoli avendo a disposizione valori derivanti da analisi rigorose degli alimenti.** In campo alimentare la spettroscopia NMR è utilizzata per valutare sia la qualità dei prodotti di origine controllata sia le frodi e le sofisticazioni, ma ha anche altre moltissime applicazioni possibili come la caratterizzazione del profilo metabolico degli alimenti durante la simulazione della digestione. La digestione in vitro [19] di fatto è uno strumento di indagine che permette di **studiare la bioaccessibilità e la biodisponibilità dei nutrienti**, ma anche di eventuali sostanze tossiche degli alimenti.

L'utilizzo della spettroscopia NMR nella valutazione della digestione in vitro si è dimostrata la metodica più indicata ad esempio nello studio della digestione dei lipidi poiché è in grado di fornire una visione molecolare della lipolisi [20].

L'NMR ha dato ottimi risultati anche nel monitoraggio dell'avanzamento della proteolisi e del rilascio di metaboliti idrofili in diversi punti della digestione in vitro di prodotti cotti con diverse modalità [21].



Fig. 2 - Spettrometro per la risonanza magnetica nucleare ad alto campo (HF-NMR) Bruker Avance Ultrashield Plus 600 MHz con auto campionatore con 20 postazioni termostate

È chiaro quindi che la tecnica NMR ha trovato e sta tuttora trovando ampi consensi nella comunità scientifica internazionale e la sua rapida diffusione, se confrontata con altre tecniche analitiche, è motivata da alcuni vantaggi che la rendono un potente strumento per gli studi di **metabonomica**.

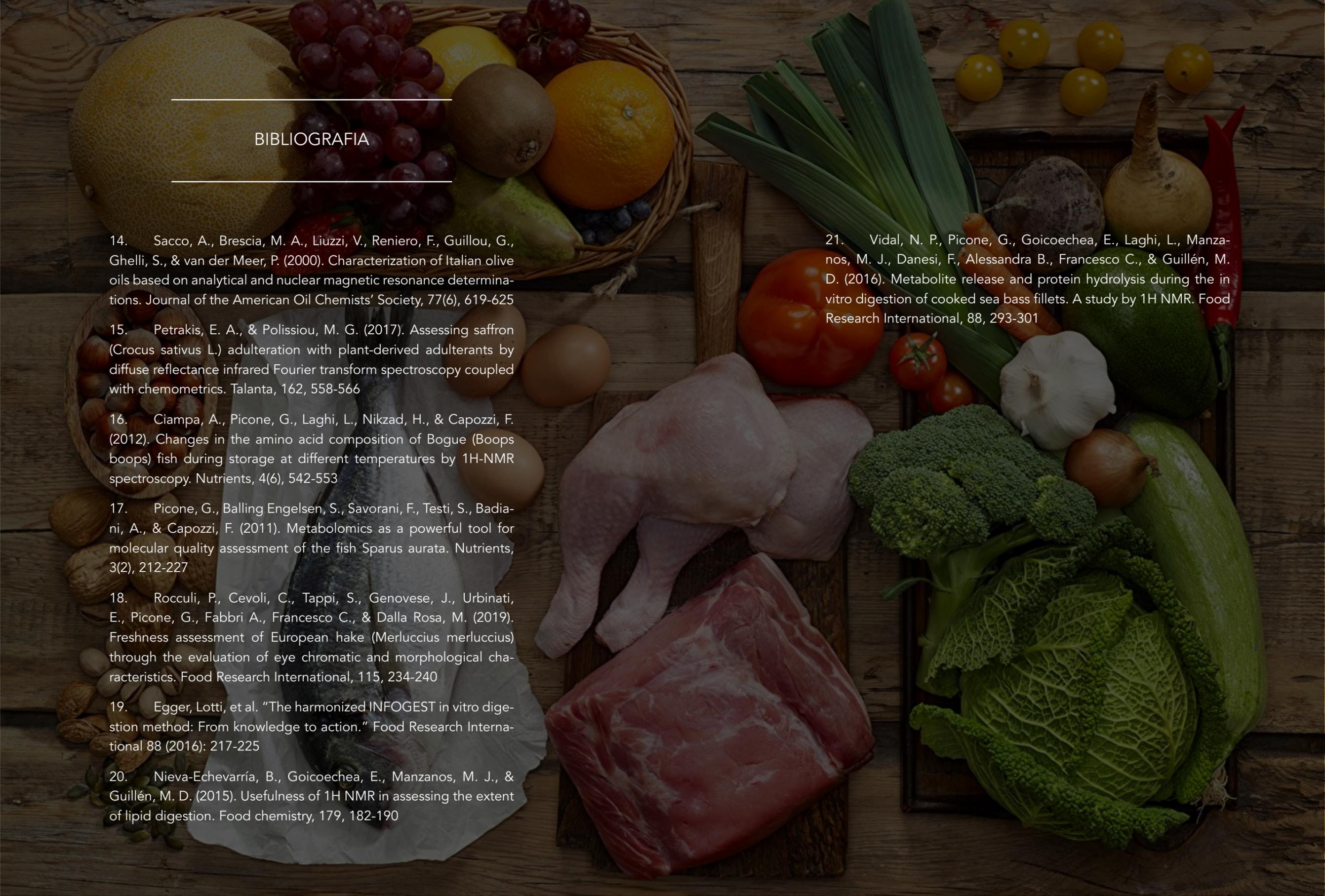
Innanzitutto, come accennato in precedenza, il campione necessita di una preparazione minimale e non distruttiva, permettendo l'esecuzione di analisi successive sulla stessa matrice; inoltre, fornisce informazioni sia strutturali che quantitative del campione.



In conclusione, è evidente che l'utilizzo della Risonanza Magnetica Nucleare (Fig. 2) permette di ottenere in tempi brevi e da un solo esperimento un numero di informazioni che possono raccontare a 360° la storia di un campione alimentare: dal suo profilo molecolare è possibile risalire alla sua provenienza, scovare eventuali adulterazioni e/o valorizzarne qualità peculiari fino a seguire la sua evoluzione durante la digestione.

BIBLIOGRAFIA

1. Pisano, M. B., Scano, P., Murgia, A., Cosentino, S., & Caboni, P. (2016). Metabolomics and microbiological profile of Italian mozzarella cheese produced with buffalo and cow milk. *Food chemistry*, 192, 618-624
2. Kojima, M., Nakajima, I., Arakawa, A., Mikawa, S., Matsumoto, T., Uenishi, H., Nakamura, Y. & Taniguchi, M. (2018). Differences in gene expression profiles for subcutaneous adipose, liver, and skeletal muscle tissues between Meishan and Landrace pigs with different backfat thicknesses. *PloS one*, 13(9)
3. Dowlatabadi, R., Farshidfar, F., Zare, Z., Piralì, M., Rabiei, M., Khoshayand, M. R., & Vogel, H. J. (2017). Detection of adulteration in Iranian saffron samples by 1 H NMR spectroscopy and multivariate data analysis techniques. *Metabolomics*, 13(2), 19
4. De Moura Ribeiro, M. V., Boralle, N., Pezza, H. R., Pezza, L., & Toci, A. T. (2017). Authenticity of roasted coffee using 1H NMR spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 57, 24-30
5. Schievano, E., Sbrizza, M., Zuccato, V., Piana, L., & Tessari, M. (2020). NMR carbohydrate profile in tracing acacia honey authenticity. *Food chemistry*, 309, 125788
6. Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G., & Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by 1H NMR. *Food chemistry*, 217, 418-424
7. Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G., & Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by 1H NMR. *Food chemistry*, 217, 418-424
8. Papotti, G., Bertelli, D., Graziosi, R., Maietti, A., Tedeschi, P., Marchetti, A., & Plessi, M. (2015). Traditional balsamic vinegar and balsamic vinegar of Modena analyzed by nuclear magnetic resonance spectroscopy coupled with multivariate data analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1017-1024
9. Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G., & Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by 1H NMR. *Food chemistry*, 217, 418-424
10. Amargianitaki, M., & Spyros, A. (2017). NMR-based metabolomics in wine quality control and authentication. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 9
11. Monakhova, Y. B., Kuballa, T., & Lachenmeier, D. W. (2013). Chemometric methods in NMR spectroscopic analysis of food products. *Journal of analytical chemistry*, 68(9), 755-766
12. Longobardi, F., Ventrella, A., Napoli, C., Humpfer, E., Schütz, B., Schäfer, H., Kontominas M.G., & Sacco, A. (2012). Classification of olive oils according to geographical origin by using 1H NMR fingerprinting combined with multivariate analysis. *Food Chemistry*, 130(1), 177-183
13. Picone, G., Mezzetti, B., Babini, E., Capocasa, F., Placucci, G., & Capozzi, F. (2011). Unsupervised principal component analysis of NMR metabolic profiles for the assessment of substantial equivalence of transgenic grapes (*Vitis vinifera*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(17), 9271-9279



BIBLIOGRAFIA

14. Sacco, A., Brescia, M. A., Liuzzi, V., Reniero, F., Guillou, G., Ghelli, S., & van der Meer, P. (2000). Characterization of Italian olive oils based on analytical and nuclear magnetic resonance determinations. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(6), 619-625
15. Petrakis, E. A., & Polissiou, M. G. (2017). Assessing saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration with plant-derived adulterants by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy coupled with chemometrics. *Talanta*, 162, 558-566
16. Ciampa, A., Picone, G., Laghi, L., Nikzad, H., & Capozzi, F. (2012). Changes in the amino acid composition of Bogue (Boops boops) fish during storage at different temperatures by ¹H-NMR spectroscopy. *Nutrients*, 4(6), 542-553
17. Picone, G., Balling Engelsen, S., Savorani, F., Testi, S., Badiani, A., & Capozzi, F. (2011). Metabolomics as a powerful tool for molecular quality assessment of the fish *Sparus aurata*. *Nutrients*, 3(2), 212-227
18. Rocculi, P., Cevoli, C., Tappi, S., Genovese, J., Urbinati, E., Picone, G., Fabbri A., Francesco C., & Dalla Rosa, M. (2019). Freshness assessment of European hake (*Merluccius merluccius*) through the evaluation of eye chromatic and morphological characteristics. *Food Research International*, 115, 234-240
19. Egger, Lotti, et al. "The harmonized INFOGEST in vitro digestion method: From knowledge to action." *Food Research International* 88 (2016): 217-225
20. Nieva-Echevarría, B., Goicoechea, E., Manzanos, M. J., & Guillén, M. D. (2015). Usefulness of ¹H NMR in assessing the extent of lipid digestion. *Food chemistry*, 179, 182-190

21. Vidal, N. P., Picone, G., Goicoechea, E., Laghi, L., Manzanos, M. J., Danesi, F., Alessandra B., Francesco C., & Guillén, M. D. (2016). Metabolite release and protein hydrolysis during the in vitro digestion of cooked sea bass fillets. A study by ¹H NMR. *Food Research International*, 88, 293-301

Nel prossimo numero
di Food Hub Magazine

Shelf life degli alimenti

Quando si parla di shelf life degli alimenti è facile imbattersi in definizioni assai diverse tra loro. Letteralmente traducibile come "vita di scaffale", la shelf life indica il periodo di tempo che corrisponde, in definite circostanze, a una tollerabile diminuzione della qualità di un prodotto confezionato.

Questo rende per i produttori necessario disporre di modelli predittivi adeguati che consentano di stimare con estrema accuratezza la conservabilità alimentare del prodotto. Altrettanto importante dal punto di vista economico, oltre che per la riduzione degli sprechi alimentari, sono le nuove tecnologie che mirano al prolungamento della shelf life.

Sono diverse le modalità con cui è possibile farlo... ne vuoi sapere di più?

C'è così tanto da dire che Food Hub dedicherà la prossima uscita a questa vasta tematica e a tutte le sue più recenti innovazioni. Avranno ampio spazio approfondimenti sui sistemi di monitoraggio della shelf life basati su NMR e spettrometria di massa e daremo la parola agli esperti per conoscere i dettagli delle ultime novità nell'utilizzo dei coating edibili, stabilizzanti microbici e chimici che prolunghino i tempi di conservazione. Per questo, e per tanto altro ancora, aspetta la settima uscita di Food Hub Magazine!



Ringraziamenti

Food Hub ringrazia tutti gli autori di questo volume per la disponibilità a condividere con la nostra community le proprie conoscenze ed esperienze professionali.

Segnalazioni e suggerimenti
redazione@foodhubmagazine.com

Proposte di collaborazione
info@foodhubmagazine.com



www.foodhubmagazine.com



Food Hub
m a g a z i n e