

DOSSIER

# Tecnologie

Tecniche innovative a tutela dell'igiene  
e della sicurezza alimentare

*Armando Martin*

**Tecnologie digitali, come contribuiscono alla food safety .....52**

*Carmen Losasso, Simone Belluco, Stefano Toffanin*

**Strumenti, i sensori al servizio di igiene e sicurezza .....57**

# Tecnologie digitali, come contribuiscono alla food safety

Ma la loro adozione non è priva di sfide

di Armando Martin

Consulente industriale e Giornalista scientifico

52

**In uno scenario sempre più interconnesso e dominato dai dati, dove i confini tra la realtà fisica e quella digitale si fanno più sfumati, l'innovazione tecnologica è presente in tutta la filiera agroalimentare e nei piatti che consumiamo**

Immagina di poter tracciare ogni ingrediente, ogni passo di produzione, ogni chilometro percorso da un prodotto alimentare semplicemente sfiorando lo schermo di uno smartphone. Non occorre un grande sforzo di fantasia perché parliamo di una realtà ormai tangibile grazie alle tecnologie digitali che impattano nel mondo della sicurezza alimentare.

Dal campo coltivato al banco del supermercato, il percorso di un alimento è diventato un viaggio

di dati. Tecnologie avanzate come i sensori satellitari, i droni e i dispositivi IoT (*Internet of Things*) vengono utilizzati per raccogliere informazioni sullo stato dei terreni, le condizioni meteorologiche, l'umidità del suolo e altri parametri critici per le coltivazioni e gli allevamenti.

La tracciabilità digitale, spinta da etichette interattive, QR code, tecnologie di identificazione a radiofrequenza (Rfid) e blockchain, permette di seguire il cammino di ogni elemento, dalla sua origine alla tavola del consumatore, fornendo informazioni preziose quali ingredienti, allergeni, metodi di coltivazione e persino l'impronta di carbonio dell'intero processo.

Come un libro mastro digitale condiviso, la blockchain registra ogni singolo passo nella catena di fornitura, creando un percorso immutabile e verificabile. È possibile, ad esempio, riconoscere, con un semplice clic, se un barattolo di miele proviene da api sane e campi incontaminati.

Le tecnologie digitali includono il packaging intelligente e gli indicatori di freschezza in grado di cambiare colore quando un prodotto è esposto a temperature potenzialmente nocive per i consumatori. L'insieme di questi dettagli "digitali" aiuta a garantire la provenienza, la sostenibilità e la sanità del cibo che mettiamo in tavola.

D'altra parte, l'adozione di queste tecnologie non è priva di sfide. La formazione di produttori

e consumatori è essenziale per garantire che le informazioni vengano comprese e utilizzate correttamente. Inoltre, è importante bilanciare l'innovazione con la sicurezza dei dati, in modo che le informazioni dei consumatori siano adeguatamente tutelate.

## Agricoltura di precisione

La moderna produzione agricola fa uso di tecnologie di automazione e monitoraggio per rendere più efficiente il lavoro nei campi. Più in generale si parla di *smart farm*, *precision agriculture*, *precision farming* per indicare sistemi integrati ad alto tasso di specializzazione progettati per

**La costante sorveglianza dei campi attraverso sensori e immagini satellitari consente di rilevare precocemente la comparsa di problemi sanitari nelle colture**

l'automazione agricola e basati su tecnologie di comunicazione e controllo di nuova generazione. In termini di sicurezza alimentare, è interessante notare la crescente diffusione del telerilevamento satellitare e cartografico come base informativa



Figura 1 – Misuratore multiparametrico per la gestione dei fertilizzanti

per macchine agricole di precisione che utilizzano la tecnologia Vrt (*Variable Rate Technology*) per la distribuzione di fertilizzanti, fitofarmaci, acqua irrigua e altri composti. Al controllo delle macchine operatrici Vrt basato su mappe o su sensori sono associate operazioni di dosaggio, trapianto, distribuzione localizzata dei reflui zootecnici, dei concimi, dei fitofarmaci e l'identificazione automatica di patologie vegetali, solo per fare alcuni esempi con un impatto evidente e immediato sulla sicurezza alimentare.

Sfruttando le innovazioni tecnologiche, l'agricoltura di precisione mira a ottimizzare la produzione agricola e zootecnica in modo efficiente ed ecologicamente sostenibile, massimizzando la resa della produzione e riducendo l'uso di risorse come energia, acqua, fertilizzanti e pesticidi.

I dati forniti da sensori IoT, droni e rilevatori satellitari possono essere analizzati attraverso algoritmi complessi per ottenere una visione dettagliata e in tempo reale dell'ambiente agricolo. Questo permette agli agricoltori di prendere decisioni informate per ottimizzare le pratiche colturali e trattare un'intera area in modo uniforme. Ad esempio, se alcune zone richiedono quantità maggiori di acqua, mentre altre sono più ricche di nutrienti, è possibile adattare l'irrigazione e la distribuzione dei fertilizzanti in base alle esigenze specifiche di ogni zona.

Un altro aspetto cruciale dell'agricoltura di precisione in termini di sicurezza è la gestione delle malattie e dei parassiti. La costante sorveglianza dei campi attraverso sensori e immagini satellitari consente di rilevare precocemente la comparsa di problemi sanitari nelle colture. Questo consente di intervenire tempestivamente, limitando la diffusione delle malattie e riducendo la necessità di utilizzare pesticidi in modo indiscriminato. L'esito finale di questo monitoraggio è la riduzione di residui chimici nei raccolti e la produzione di cibi più sani.

## Sistemi di tracciabilità

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità si stima che ogni anno nel mondo circa 600 milioni di persone si ammalino dopo aver mangiato cibo contaminato. Garantire la sicurezza dei

## Le tecnologie Rfid sono particolarmente utili nel monitoraggio delle condizioni di temperatura e umidità durante il trasporto

prodotti che raggiungono le tavole dei consumatori è dunque una priorità assoluta. Le tecnologie di tracciabilità giocano un ruolo fondamentale nel raggiungimento di questo obiettivo, consentendo di monitorare l'intera catena di fornitura, dalla produzione alla distribuzione.

Una delle tecnologie di tracciabilità più ampiamente utilizzate è il codice a barre, nato nel secondo dopoguerra proprio per l'industria alimentare, applicato ai singoli prodotti. Questo codice contiene informazioni essenziali come il produttore, il luogo di produzione e la data di scadenza. La sua implementazione consente una rapida e accurata identificazione dei prodotti, facilitando la rintracciabilità in caso di richiamo del prodotto o di problematiche di sicurezza.

Dalla metà degli anni Novanta i QR code (*Quick Response code*) rappresentano un ulteriore strumento di tracciabilità con vantaggi specifici. Oggi i QR code possono essere facilmente scansionati da smartphone e possono contenere un più ampio set di informazioni, come le informazioni nutrizionali e i metodi di coltivazione.

Anche le tecnologie Rfid offrono un livello di tracciabilità avanzato soprattutto nella logistica industriale. Imballaggi e packaging alimentari sono dotati di chip Rfid che consentono una tracciabilità in tempo reale lungo tutta la catena di fornitura. Gli Rfid sono particolarmente utili nel monitoraggio delle condizioni di temperatura e umidità durante il trasporto, aiutando a prevenire il deterioramento dei prodotti deperibili.

In tempi più recenti è emerso l'uso delle tecnologie blockchain per la tracciabilità alimentare. La blockchain è un registro digitale distribuito che tiene traccia delle transazioni in modo trasparente e sicuro. Applicata all'industria alimentare, consente di acquisire ogni passo del percorso di un prodotto, dalla sua origine fino al consumatore





Figura 2 – Tecnologia blockchain di Carrefour per visualizzare la tracciabilità del prodotto

finale. Questo sistema offre un'elevata sicurezza e trasparenza, in quanto ogni parte coinvolta nella catena di fornitura può accedere alle stesse informazioni verificabili.

L'integrazione di queste tecnologie di tracciabilità nella sicurezza alimentare presenta vantaggi evidenti. La rapida identificazione di lotti contaminati riduce i rischi per la salute pubblica e protegge la reputazione dei produttori. Inoltre, la tracciabilità migliora l'efficienza operativa, consentendo la riduzione degli sprechi e la gestione ottimizzata degli stock.

## Packaging

L'evoluzione delle tecnologie di packaging sta portando a soluzioni sempre più innovative che non solo prolungano la shelf-life dei prodotti, ma li proteggono da potenziali rischi per la salute pubblica.

Un aspetto fondamentale del packaging moderno è la capacità di mantenere l'integrità e la freschezza degli alimenti. Barriere protettive avanzate, come i film a ossigeno ridotto e i materiali resistenti all'umidità, creano un ambiente controllato all'interno del packaging. Ciò previene l'ossidazione,

**Le etichette a temperatura sensibile cambiano colore quando i prodotti sono esposti a temperature inadeguate durante il trasporto o lo stoccaggio**

la proliferazione batterica e il degrado delle proprietà organolettiche degli alimenti. Ad esempio, i sacchetti sottovuoto con barriere termosaldabili riducono al minimo l'interazione dell'aria con i cibi, garantendo una conservazione più lunga senza l'uso di conservanti artificiali.

Queste trasformazioni hanno portato allo sviluppo della tecnologia degli imballaggi attivi (*Active Packaging*, AP) che, come definito nel regolamento (CEE) 450/2009, sono progettati per incorporare elementi che rilasciano o assorbono sostanze dal cibo confezionato o dall'ambiente circostante.

La sicurezza alimentare è ulteriormente potenziata da etichette intelligenti e indicatori di freschezza. Dove sono coinvolte soprattutto le



Figura 3 – Etichetta intelligente

fluttuazioni di temperatura, motivo per cui sono stati introdotti gli indicatori tempo-temperatura detti anche TTIs (*Time-Temperature Integrators*). In particolare, le etichette a temperatura sensibile cambiano colore quando i prodotti sono esposti a temperature inadeguate durante il trasporto o lo stoccaggio, aiutando a identificare potenziali interruzioni della catena del freddo.

Gli indicatori di freschezza, come le etichette a indicazione di tempo e temperatura, informano i consumatori se un alimento ha superato la sua data di scadenza o è stato esposto a condizioni di conservazione non ottimali.

Il packaging gioca un ruolo cruciale anche nella lotta contro la contraffazione e la garanzia dell'autenticità degli alimenti. Un'innovazione promettente è rappresentata dai materiali biodegradabili e compostabili. Molti materiali tradizionali di imballaggio, come la plastica, possono avere un impatto ambientale significativo. L'uso di materiali a base biologica o bio-plastiche può ridurre l'inquinamento e migliorare la sostenibilità dell'intera catena di fornitura.

## Conclusioni

Oltre all'agricoltura di precisione, alle tecniche di tracciabilità e al packaging intelligente, i sistemi di intelligenza artificiale e di riconoscimento delle immagini, le piattaforme online e le analisi genomiche rappresentano ulteriori tecnologie di frontiera in grado di supportare la sicurezza alimentare.

In definitiva, le tecnologie digitali consentono maggiori livelli di trasparenza, tracciabilità e controllo lungo l'intera catena di fornitura. Naturalmente il loro impatto e la loro implementazione vanno attentamente valutati dal punto di vista industriale, in relazione alla compatibilità con le attuali catene di produzione e distribuzione, alla conformità alle normative alimentari e all'equilibrio tra sostenibilità e sicurezza.

È inoltre fondamentale l'educazione dei consumatori per un consapevole utilizzo di queste tecnologie il cui ruolo in termini di *food safety* è molto interessante.

# Strumenti, un sensore al servizio di igiene e sicurezza

Il progetto h-ALO e le sue applicazioni nelle filiere corte

di Carmen Losasso<sup>1</sup>, Simone Belluco<sup>1</sup> e Stefano Toffanin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie

<sup>2</sup>Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati, Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Sviluppare  
un sensore ottico  
innovativo, che permetta  
l'identificazione precoce  
di possibili pericoli  
per la salute  
nei prodotti locali,  
favorendo il monitoraggio  
della qualità e della sicurezza  
degli alimenti  
nelle filiere corte  
e consentendo la riduzione  
degli sprechi alimentari.  
Questo l'obiettivo  
del progetto h-ALO,  
finanziato  
dal programma europeo  
Horizon 2020**

altri contaminanti possono essere presenti in tutti gli alimenti come risultato di contaminazione ambientale, pratiche agricole, produzione, lavorazione, stoccaggio, imballaggio e trasporto o a causa di pratiche fraudolente. Tali contaminazioni hanno un impatto negativo sulla qualità degli alimenti e rappresentano un rischio per la salute umana, oltre a comportare gravi danni economici dovuti alla gestione degli alimenti non conformi (riprocessazione o distruzione). La sicurezza alimentare è garantita dall'esistenza di complessi sistemi di assicurazione che nel tempo si sono evoluti per ridurre e/o eliminare, in modo sempre più efficiente, i pericoli rilevanti per il consumatore.

La spinta necessaria verso pratiche di produzione alimentare sempre più sostenibili, tuttavia, rappresenta una sfida per questi sistemi, che devono integrarsi con l'esigenza sempre più pressante di sostenibilità. Una sostenibilità intesa non solo come sostenibilità ambientale, ma anche come sostenibilità sociale ed economica. Negli ultimi anni, l'interesse del consumatore verso il biologico e verso le filiere corte (Km 0) è cresciuto e di fronte a questo scenario è necessario ripensare ai sistemi alimentari, tenendo conto di queste esigenze senza penalizzare la sicurezza alimentare.

All'interno dei Sistemi di Gestione della Sicurezza

**L**a sicurezza è un requisito fondamentale per le filiere agroalimentari europee. Pesticidi, metalli pesanti, microrganismi e



alimentare, le analisi di laboratorio trovano la loro collocazione come strumento di validazione e verifica dei sistemi produttivi e sono volte a valutare la conformità dei processi. Il monitoraggio continuo delle produzioni si basa invece su criteri di processo (ad esempio, tempo/temperatura nel caso dei processi termici) che, se rispettati, consentono la riduzione del rischio a livelli accettabili.

L'eventuale presenza di contaminanti chimici o di microrganismi indesiderati ha un impatto tanto più rilevante quanto più tardivamente (a produzione ultimata o anche a distribuzione in corso) ci si accorge del problema.

Tra le possibili soluzioni a queste problematiche ci sono i sensori di ultima generazione, in grado di analizzare *on site*, e talvolta anche *on line*, gli alimenti, restituendo risultati in tempi rapidi e consentendo l'adozione di azioni correttive precoci. Di particolare interesse è l'utilizzo di questi sistemi in filiere corte o a livello di mercati locali, situazioni che spesso sfuggono all'applicazione di metodologie produttive standardizzate e riproducibili o a sistemi di assicurazione della qualità strutturati. La

## I sensori di ultima generazione forniscono risultati in tempi rapidi, consentendo l'adozione di azioni correttive precoci

loro applicazione all'interno di sistemi produttivi innovativi, come ad esempio la produzione alimentare acquaponica, consentirebbe, inoltre, di ottenere rapidamente i dati utili alle valutazioni del rischio necessarie per lo sviluppo dei processi, garantendo nel contempo la salubrità di quanto prodotto.

### Progetto

In questo contesto, si colloca il progetto hALO (*Photonic System for Adaptable Multiple-Analyte*







*Monitoring of Food Quality*), finanziato dall'Unione europea con oltre 4 milioni di euro, nell'ambito del programma Horizon 2020, che ha l'obiettivo di sviluppare un sensore automatico, riutilizzabile, portatile, multi-analita, in grado di soddisfare molte delle esigenze di monitoraggio e controllo del settore. Il progetto nasce nell'ambito dello studio di tecnologie fotoniche avanzate per il monitoraggio di contaminanti microbiologici e chimici negli alimenti. Quando sarà operativo, permetterà l'identificazione precoce di possibili pericoli per la salute derivanti dal consumo di alimenti, con particolare attenzione a quelli derivanti dalle filiere corte. Il sensore verrà testato sul campo all'interno di alcune catene agroalimentari a km 0, quali il latte crudo, la birra artigianale, il miele biologico e l'acquaponica.

Il progetto h-ALO è guidato dall'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e vede tra i partner coinvolti anche l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVe). Oltre all'Ismn

**La possibilità di rilevare in tempo reale la presenza di contaminanti negli alimenti rappresenta uno scenario in passato impensabile ed oggi sempre più realistico**

e all'IZSVe, fanno parte del consorzio internazionale di ricerca anche Confagricoltura, Warrant Hub Spa, The Circle Sarl e Plasmore Srl (Italia), Wageningen Food Safety Research e Innosieve Diagnostic (Olanda), Research Institute of Sweden (Svezia), Fraunhofer Institute for Electronic Nano Systems (Germania) e 7Bulls (Polonia).

La possibilità di rilevare in tempo reale la presenza di contaminanti negli alimenti rappresenta uno scenario in passato impensabile ed oggi sempre più realistico grazie alle moderne tecnologie.

L'introduzione di sensori multianaliti utilizzabili *on site* e con la capacità di dare risultati in tempi rapidi rappresenterebbe sicuramente una soluzione utile a risolvere problemi produttivi esistenti e consentirebbe di ripensare alcune parti dei processi di assicurazione della sicurezza alimentare con a disposizione un'arma in più.

## Caratteristiche del sensore

Il sensore si basa su un sistema di rilevamento ottico multimodale utilizzando tecnologie avanzate come la fotonica organica, con vantaggi unici in termini di alta sensibilità e capacità multiplex rispetto ad altri biosensori immunologici a base microfluidica o a dipstick commerciali. La precisione analitica è simile alle tecniche standard quali *Enzyme-Linked Immunoassay* (ELISA), aggiungendo la portabilità e la semplicità d'uso dei *Lateral-Flow Immunoassay Device* (LFID). In questo contesto, l'automazione di misura e analisi dati avanzata automatica, di

lettura, di archiviazione e di condivisione rendono il sensore affidabile e facile da usare da parte di non esperti.

## Applicazioni

Il sensore è pensato per essere applicato nel contesto delle filiere corte, dal produttore al consumatore, dove i Sistemi di Gestione della Sicurezza alimentare sono a volte di difficile implementazione e dove l'accesso alle analisi è limitato. Il sensore ottico che verrà sviluppato nel corso del progetto, infatti, è pensato soprattutto per piccoli produttori agricoli e distributori locali, che necessitano di uno strumento a basso costo e di facile utilizzo con cui verificare la qualità e la sicurezza degli alimenti che vendono. Sarà un dispositivo portatile, capace di individuare molteplici contaminanti all'interno di diverse matrici alimentari; permetterà inoltre la notifica in tempo reale degli eventi di contaminazione e la raccolta di dati in cloud, permettendo un







monitoraggio della sicurezza degli alimenti lungo tutta la filiera produttiva e la programmazione di azioni correttive da parte degli operatori alimentari.

Le normative e le certificazioni specifiche per gli alimenti prodotti attraverso percorsi innovativi (ad esempio, l'acquaponica), inoltre, sono ancora carenti, rendendo essenziale l'implementazione di un monitoraggio di facile applicazione. Gli agricoltori e gli operatori del settore alimentare (Osa) hanno la responsabilità primaria della sicurezza alimentare durante la produzione e la lavorazione primaria, il corretto stoccaggio, il trasporto e la vendita al dettaglio. Tuttavia, ci sono molte barriere, in particolare tempi e costi, per l'attuazione di programmi di sicurezza alimentare su piccola scala (ad esempio, piccole aziende agricole, agricoltura biologica, produttori artigianali locali e venditori al dettaglio) o per percorsi di produzione alimentare innovativi. Ciò è dovuto alla mancanza di strumenti di screening degli alimenti disponibili a basso costo, che siano

ampiamente e facilmente adattabili alle varie e specifiche esigenze delle filiere e delle diverse matrici alimentari, che possono rispondere a molteplici parametri di qualità e sicurezza e che non richiedono conoscenze specifiche, programmi o infrastrutture di formazione.

Tali strumenti di screening degli alimenti consentirebbero di individuare tempestivamente la contaminazione negli alimenti in molteplici punti vulnerabili del processo di produzione, consentendo azioni correttive di allarme precoce e di breve durata, prevenendo gli sprechi alimentari, aumentando la resa alimentare e garantendo la sicurezza e la qualità degli alimenti anche a livello locale.

Se implementato nell'emergente catena di produzione alimentare acquaponica, l'uso di tali strumenti avrebbe un impatto sulla scalabilità e la crescita del suo mercato, rafforzando l'agricoltura sostenibile e promuovendo la produzione alimentare locale, oltre che riducendo i costi ambientali per i trasporti.



## *Bioluminometro - Lumitester Smart*

Strumentino portatile che rileva in tempo reale il grado di pulizia delle superfici.

Kairosafe propone il Lumitester Smart abbinato ai tamponi Lucipac A3, con i quali si preleva il campione.

Il test, rapido e preciso, è utilizzabile per il controllo della sanificazione in tutti gli ambiti, farmaceutico, alimentare, sanitario, HO.RE.CA, industriale ecc



Per ordinare:

codice 61324 - Lumitester Smart

codice 1702671-60361 - Lucipac A3 Surface, tamponi

codice 1702672-60365 - Lucipac A3 Water, tamponi

*Utilizzate ancora un bioluminometro modello PD-20 o PD-30?*

*Avete pensato di sostituirlo con il Lumitester Smart?*

*Approfittate dell'offerta rottamazione che trovate sul nostro sito [www.kairosafe.it](http://www.kairosafe.it)*