

9. COME SI ANALIZZANO I PESTICIDI

La chimica analitica ha compiuto progressi straordinari nella capacità di identificare e misurare sostanze presenti negli alimenti a concentrazioni estremamente basse.

Oggi, attraverso strumenti di laboratorio altamente specializzati, è possibile ricercare contemporaneamente centinaia di pesticidi in un singolo campione alimentare.

Questa capacità rappresenta un importante progresso per la sicurezza alimentare e per la conoscenza della composizione chimica dei prodotti.

Tuttavia, un'analisi non consiste semplicemente nell'introdurre un alimento in uno strumento e ottenere l'elenco di tutte le sostanze che contiene.

Il risultato dipende da numerosi fattori: la rappresentatività del campione, la preparazione del materiale, le sostanze ricercate, le tecniche utilizzate, la sensibilità dei metodi e la qualità delle procedure di laboratorio.

Un'analisi chimica non rivela automaticamente tutto ciò che è presente in un alimento. Rivela ciò che il metodo è progettato e validato per cercare, entro i suoi limiti di misura.

Comprendere come funzionano queste tecniche permette di interpretare correttamente i risultati e di distinguere un controllo normativo da un programma analitico più esteso.

9.1 Dal prodotto alimentare al campione di laboratorio

La prima fase di un'analisi chimica non avviene all'interno di uno strumento, ma durante il prelievo del campione.

Supponiamo di voler determinare la presenza di pesticidi in un lotto di 1.000 chilogrammi di farina.

Non sarebbe praticabile analizzare ogni singolo grammo del prodotto.

È quindi necessario prelevare una quantità limitata di materiale che rappresenti, nel modo più affidabile possibile, le caratteristiche del lotto.

Questa operazione viene chiamata *campionamento*.

Quando il prodotto è sufficientemente omogeneo, un campionamento correttamente progettato può consentire di ottenere un campione rappresentativo.

Ma non tutte le contaminazioni si distribuiscono uniformemente.

In un lotto di cereali, per esempio, residui differenti possono essere associati a partite agricole diverse, trattamenti non uniformi o condizioni di conservazione differenti.

Un campione prelevato in un solo punto potrebbe quindi non descrivere adeguatamente l'intero lotto.

Per ridurre questo rischio si possono effettuare più prelievi elementari, successivamente riuniti e preparati secondo un piano di campionamento appropriato.

Il materiale deve poi essere miscelato, omogeneizzato e ridotto fino a ottenere la quantità necessaria per l'analisi.

Il Regolamento (UE) 2026/765 disciplina le procedure di campionamento e analisi utilizzate nei controlli ufficiali europei per i residui di pesticidi.

Le modalità di campionamento dipendono dalla natura del prodotto e dagli obiettivi del controllo.

La qualità del risultato analitico comincia quindi prima dell'analisi stessa: comincia dalla scelta e dalla preparazione del campione.

Un laboratorio può misurare una sostanza con precisione straordinaria, ma non può correggere un errore di campionamento che abbia escluso la parte contaminata del lotto.

9.2 La preparazione del campione: estrarre i pesticidi dall'alimento

Una volta ricevuto il campione, il laboratorio deve prepararlo per l'analisi strumentale.

Gli alimenti sono materiali chimicamente complessi.

Una mela contiene acqua, zuccheri, fibre, acidi organici e molte altre sostanze.

La farina contiene prevalentemente amido, proteine, lipidi e componenti minerali.

L'olio è costituito soprattutto da lipidi.

I pesticidi eventualmente presenti si trovano quindi all'interno di matrici molto differenti.

Per poterli analizzare, spesso è necessario separarli almeno parzialmente dagli altri componenti del prodotto.

Una tecnica molto diffusa è il metodo **QuEChERS**, acronimo inglese di *Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe*.

Il nome richiama le caratteristiche che hanno favorito la diffusione del procedimento: rapidità, semplicità relativa, economicità, efficacia, robustezza e sicurezza operativa.

Il principio generale consiste nell'estrarre numerosi pesticidi dal campione utilizzando un solvente, generalmente acetonitrile, e opportune condizioni di separazione.

Il materiale alimentare viene omogeneizzato, pesato e miscelato con il solvente.

Successivamente vengono aggiunti sali che favoriscono la separazione delle fasi e il trasferimento di molti pesticidi nell'estratto.

In numerose applicazioni si effettua anche una fase di purificazione, chiamata *clean-up*, per ridurre la presenza di sostanze della matrice che potrebbero interferire con la misura.

L'estratto ottenuto può quindi essere sottoposto all'analisi strumentale.

Il metodo QuEChERS è particolarmente diffuso nelle analisi multiresiduo di frutta, verdura e numerosi altri alimenti.

Tuttavia, non è universalmente adatto a tutti i pesticidi e a tutte le matrici.

Alcune sostanze richiedono procedure differenti di estrazione e preparazione.

Anche prodotti molto ricchi di grassi, pigmenti o altri componenti possono richiedere accorgimenti specifici.

La possibilità di misurare un pesticida dipende anche dalla capacità del metodo di estrarlo dall'alimento senza perderlo o trasformarlo in modo incontrollato.



9.3 La cromatografia: separare le sostanze prima di identificarle

Una volta preparato l'estratto, il laboratorio deve distinguere le numerose molecole eventualmente presenti.

Per questa operazione viene spesso utilizzata una tecnica chiamata *cromatografia*.

Il principio può essere spiegato con un esempio.

Immaginiamo di avere una miscela costituita da numerose sostanze chimiche.

Se tutte arrivassero contemporaneamente al sistema di rilevazione, distinguerle potrebbe diventare molto difficile.

La cromatografia permette di separarle, sfruttando le differenze nel modo in cui interagiscono con un sistema di trasporto e con un materiale di separazione.

Le sostanze attraversano una colonna cromatografica e tendono a uscire in momenti differenti.

Questo intervallo viene chiamato *tempo di ritenzione*.

La separazione non è necessariamente perfetta: sostanze differenti possono avere tempi di ritenzione simili o sovrapposti.

Per questo motivo, nelle analisi moderne la cromatografia viene spesso associata alla spettrometria di massa, che fornisce informazioni aggiuntive sull'identità delle molecole.

Le due principali tecniche utilizzate per le analisi multiresiduo dei pesticidi sono la gascromatografia e la cromatografia liquida.

La scelta dipende dalle proprietà delle sostanze da ricercare.

9.4 GC-MS/MS: gascromatografia e spettrometria di massa tandem

La sigla GC-MS/MS indica una tecnica che combina la gascromatografia con la spettrometria di massa tandem.

La prima parte, GC, deriva dall'inglese *Gas Chromatography*.

La seconda, MS/MS, indica una spettrometria di massa in due stadi.

Nella gascromatografia, il campione viene introdotto in un sistema nel quale le sostanze adatte a questa tecnica vengono vaporizzate e trasportate attraverso una colonna da un gas.

Durante il passaggio nella colonna, le molecole si separano secondo le proprie caratteristiche chimiche e fisiche.

All'uscita della colonna raggiungono lo spettrometro di massa.

Questo strumento trasforma le molecole in particelle elettricamente cariche, chiamate *ioni*, e permette di distinguerle in base al rapporto tra massa e carica elettrica.

Nei sistemi MS/MS viene selezionato un particolare ione, che può essere ulteriormente frammentato.

I frammenti prodotti vengono poi analizzati.

La combinazione tra tempo di ritenzione e specifiche transizioni ioniche permette di identificare numerosi composti con elevata selettività.

La GC-MS/MS è particolarmente utile per molti pesticidi sufficientemente volatili e termicamente stabili, oppure compatibili con le condizioni richieste dalla gascromatografia.

Viene frequentemente impiegata per diverse famiglie di insetticidi e fungicidi.

Non è però adatta indistintamente a tutte le sostanze.

Alcuni pesticidi sono troppo polari, poco volatili o instabili alle temperature necessarie e richiedono tecniche differenti.

La GC-MS/MS è uno strumento molto potente, ma non è un rivelatore universale di tutte le molecole presenti in un alimento.



9.5 LC-MS/MS: cromatografia liquida e spettrometria di massa tandem

La seconda grande tecnica utilizzata nelle analisi dei pesticidi è la LC-MS/MS.

La sigla LC deriva dall'inglese *Liquid Chromatography*, cioè cromatografia liquida.

Il principio generale è simile a quello della gascromatografia, ma le sostanze vengono trasportate attraverso la colonna mediante una fase liquida.

Non è quindi necessario che i composti possano essere vaporizzati nelle condizioni richieste dalla GC.

Questo rende la cromatografia liquida particolarmente utile per numerosi pesticidi polari, poco volatili o termicamente instabili.

Dopo la separazione cromatografica, le molecole vengono introdotte nello spettrometro di massa.

Anche in questo caso la spettrometria tandem permette di selezionare specifici ioni e analizzarne i frammenti, aumentando la capacità di riconoscere le sostanze.

La LC-MS/MS viene utilizzata per numerose famiglie di pesticidi moderni, compresi diversi neonicotinoidi, fungicidi e altri composti.

La sua elevata sensibilità consente, quando il metodo è adeguatamente sviluppato e validato, di quantificare concentrazioni molto basse.

La GC-MS/MS e la LC-MS/MS sono quindi tecniche complementari.

Molti laboratori le utilizzano entrambe per ampliare il numero di pesticidi ricercabili.

Non esiste una singola tecnologia capace di determinare con la stessa efficacia tutti i pesticidi: l'estensione del controllo dipende dalla combinazione dei metodi utilizzati.

9.6 Che cosa significa analisi multiresiduo

Un'analisi multiresiduo è un procedimento progettato per ricercare numerose sostanze in uno stesso campione.

Grazie allo sviluppo delle tecniche cromatografiche e della spettrometria di massa, oggi è possibile includere nei protocolli analitici centinaia di pesticidi.

Il numero esatto dipende dal laboratorio, dalle tecniche disponibili, dalla matrice alimentare e dal metodo utilizzato.

Un laboratorio potrebbe, per esempio, dichiarare un protocollo multiresiduo comprendente oltre 500 sostanze.

Questo non significa però che esistano 500 pesticidi sicuramente presenti nell'alimento.

Significa che il laboratorio dispone di un elenco di sostanze che intende ricercare attraverso uno o più metodi analitici.

Per interpretare correttamente il risultato è importante conoscere quali sostanze siano effettivamente comprese nell'elenco e per quali matrici il metodo sia validato.

È inoltre necessario chiarire se il numero dichiarato comprenda soltanto sostanze attive oppure anche metaboliti e prodotti di degradazione.

La distinzione è importante perché un pesticida può trasformarsi in altri composti che non vengono necessariamente individuati attraverso la semplice ricerca della molecola originaria.

Un'analisi multiresiduo molto estesa può quindi fornire una conoscenza significativamente maggiore rispetto alla ricerca di poche sostanze selezionate.

Tuttavia, il numero di pesticidi dichiarati non è, da solo, una garanzia di completezza o qualità analitica.

Occorre considerare anche la sensibilità, la validazione e l'adeguatezza dei metodi utilizzati.

9.7 Perché alcuni pesticidi richiedono analisi specifiche

Non tutti i pesticidi possono essere determinati efficacemente attraverso i comuni protocolli multiresiduo.

Alcune sostanze possiedono proprietà chimiche che rendono difficile la loro estrazione, separazione o identificazione con i metodi più diffusi.

Un esempio particolarmente interessante è rappresentato dal **glifosato**.

Questa molecola è molto polare, presenta caratteristiche chimiche differenti da quelle di numerosi pesticidi comunemente ricercati e può richiedere procedure analitiche specifiche.

Anche il suo principale prodotto di degradazione, l'AMPA, può essere oggetto di analisi dedicata.

Per queste sostanze sono disponibili metodi che utilizzano, per esempio, cromatografia liquida e spettrometria di massa, talvolta con particolari trattamenti preliminari.

Il punto fondamentale non è che il glifosato sia impossibile da analizzare.

Al contrario, esistono metodi validati che permettono di determinarlo anche a basse concentrazioni.

Il problema è che un normale pannello multiresiduo, anche molto ampio, non comprende necessariamente il glifosato.

La sua inclusione deve essere verificata esaminando l'elenco delle sostanze ricercate.

Lo stesso principio vale per altri pesticidi o metaboliti che possono richiedere procedure dedicate.

Di conseguenza, un protocollo che dichiara la ricerca di centinaia di pesticidi non garantisce automaticamente di comprendere tutte le sostanze di maggiore interesse per una determinata matrice.

Una valutazione seria deve partire dall'elenco effettivo degli analiti.

9.8 Come il laboratorio identifica una sostanza

La spettrometria di massa è uno strumento estremamente potente, ma l'identificazione di una sostanza non deve essere considerata un'operazione automatica e infallibile.

Nelle analisi mirate, il laboratorio utilizza informazioni note sulle molecole ricercate.

Tra queste figurano i tempi di ritenzione e le caratteristiche dei segnali prodotti nello spettrometro di massa.

Nei sistemi tandem possono essere monitorate specifiche transizioni tra uno ione selezionato e i suoi frammenti.

L'identificazione viene effettuata confrontando i segnali osservati con quelli ottenuti da sostanze di riferimento.

È importante che il laboratorio utilizzi criteri appropriati per confermare l'identità della molecola.

Un segnale strumentale isolato, infatti, potrebbe non essere sufficiente.

Sostanze differenti possono produrre interferenze oppure segnali parzialmente sovrapposti.

Anche le caratteristiche della matrice alimentare possono modificare la risposta dello strumento.

Per questo motivo, i metodi validati utilizzano criteri di identificazione, controlli e verifiche destinati a ridurre il rischio di risultati falsamente positivi o falsamente negativi.

Un risultato falso positivo indica la presenza di una sostanza che in realtà non è presente.

Un falso negativo si verifica quando una sostanza presente non viene correttamente individuata.

L'affidabilità di un risultato non dipende soltanto dalla sofisticazione dello strumento, ma anche dalla qualità delle procedure impiegate per interpretarne i segnali.

9.9 Quanto sono sensibili le analisi moderne?

Le tecniche analitiche moderne possono raggiungere sensibilità estremamente elevate.

In numerose applicazioni è possibile quantificare residui nell'ordine dei microgrammi per chilogrammo di alimento.

Un microgrammo è un milionesimo di grammo.

Una concentrazione di 1 microgrammo per chilogrammo corrisponde a 0,001 mg/kg.

Per comprendere meglio la scala delle misure possiamo confrontare alcuni valori.

Concentrazione Equivalenza

1 mg/kg	1.000 µg/kg
0,1 mg/kg	100 µg/kg
0,01 mg/kg	10 µg/kg
0,001 mg/kg	1 µg/kg

Queste concentrazioni sono molto piccole, ma possono essere determinate con tecniche analitiche appropriate.

Tuttavia, la sensibilità non è identica per tutte le sostanze.

Un laboratorio potrebbe raggiungere un LOQ di 0,001 mg/kg per un determinato pesticida e un valore superiore per un'altra sostanza.

Anche la matrice alimentare può influenzare significativamente le prestazioni del metodo.

Un pesticida relativamente semplice da quantificare in un estratto acquoso può risultare più difficile da determinare in un alimento ricco di grassi o pigmenti.

Dire che un laboratorio è in grado di misurare residui estremamente bassi non significa che raggiunga la stessa sensibilità per tutte le sostanze e in tutti gli alimenti.

Per questo motivo il limite di quantificazione deve essere riferito alla specifica sostanza e al metodo applicato alla matrice esaminata.

9.10 L'effetto matrice: quando l'alimento interferisce con la misura

Uno dei problemi più importanti nelle analisi dei pesticidi è rappresentato dal cosiddetto *effetto matrice*.

Con questo termine si indica l'influenza che gli altri componenti dell'alimento possono esercitare sulla risposta analitica della sostanza ricercata.

Gli alimenti contengono infatti numerose molecole che possono essere estratte insieme ai pesticidi.

Questi composti possono interferire con la separazione cromatografica oppure modificare la risposta dello spettrometro di massa.

In alcuni casi, la presenza di altre sostanze può ridurre il segnale del pesticida.

In altri casi può aumentarlo.

Il risultato, se non opportunamente corretto, può essere una misura inesatta della concentrazione.

Per affrontare questo problema, i laboratori utilizzano differenti tecniche.

Una possibilità consiste nel preparare soluzioni di calibrazione che riproducano, per quanto possibile, le caratteristiche della matrice alimentare.

Un'altra prevede l'utilizzo di standard interni, cioè sostanze di riferimento aggiunte in quantità conosciuta per controllare o correggere determinate variazioni del procedimento.

Particolarmente utili, quando disponibili, sono gli standard interni marcati isotopicamente, costituiti da molecole chimicamente molto simili alle sostanze ricercate ma distinguibili dallo spettrometro di massa.

Le procedure di controllo vengono selezionate e validate in funzione del metodo.

L'effetto matrice spiega perché un protocollo efficace sulle mele non possa essere automaticamente considerato altrettanto efficace sull'olio o sulla farina senza opportune verifiche.

La validazione di un metodo analitico deve considerare non soltanto il pesticida, ma anche il tipo di alimento nel quale viene ricercato.

9.11 Recupero, precisione e accuratezza: come si verifica la qualità dell'analisi

Per dimostrare che un metodo sia affidabile, il laboratorio deve verificarne le prestazioni.

Una delle caratteristiche fondamentali è il *recupero*.

Durante l'estrazione e la preparazione del campione, una parte del pesticida potrebbe andare perduta.

Per valutare questo fenomeno, il laboratorio può aggiungere a un campione una quantità conosciuta della sostanza e verificare quanta ne venga effettivamente misurata.

Se vengono aggiunti 100 microgrammi di un pesticida e l'analisi ne recupera 90, il recupero risulta pari al 90%.

Questo risultato non è necessariamente inaccettabile: deve essere valutato secondo i criteri del metodo e delle linee guida applicabili.

Un'altra caratteristica è la *precisione*, che descrive quanto siano vicini tra loro i risultati ottenuti ripetendo la misura nelle condizioni considerate.

Un metodo può produrre risultati molto simili tra loro e presentare comunque un errore sistematico.

Per questo motivo occorre considerare anche l'accuratezza, ossia la vicinanza del risultato al valore di riferimento, tenendo conto della precisione e degli eventuali scostamenti sistematici.

Sono inoltre importanti la selettività, la linearità della risposta strumentale e la stabilità delle sostanze durante la preparazione e l'analisi.

Le linee guida europee SANTE stabiliscono criteri per la validazione e il controllo della qualità nelle analisi dei residui di pesticidi.

La versione v2026 introduce, tra gli altri aspetti, un'attenzione specifica alla variabilità derivante dalla preparazione e suddivisione dei campioni.

Un certificato analitico attendibile non nasce soltanto da una misura, ma da un insieme di verifiche che dimostrano la qualità della misura stessa.

9.12 L'incertezza di misura

Ogni misura sperimentale presenta un certo grado di incertezza.

Questo vale per le misure di lunghezza, massa, temperatura e naturalmente per le concentrazioni chimiche.

Il risultato di un'analisi non deve quindi essere interpretato come un numero matematicamente esatto.

Supponiamo, per esempio, che un laboratorio determini una concentrazione di pesticida pari a 0,10 mg/kg.

Il risultato è associato a un'incertezza che dipende dal metodo, dalla preparazione del campione e dalle prestazioni analitiche.

Se, a titolo puramente illustrativo, l'incertezza estesa fosse pari al 20%, il risultato potrebbe essere espresso come $0,10 \pm 0,02$ mg/kg, specificando il livello di copertura associato.

Questo non significa che il valore reale abbia necessariamente la stessa probabilità in ogni punto dell'intervallo.

Significa che il laboratorio dichiara un intervallo di incertezza costruito secondo criteri metrologici prestabiliti.

L'incertezza assume particolare importanza quando un risultato è vicino a un limite normativo.

La normativa europea prevede infatti regole per interpretare i risultati dei controlli ufficiali considerando l'incertezza della misura.

Nel 2026 queste procedure sono state aggiornate dal Regolamento (UE) 2026/765.

È importante comprendere che l'incertezza non costituisce un difetto o una dimostrazione di scarsa qualità.

Dichiarare l'incertezza significa riconoscere correttamente i limiti della misura e rendere il risultato scientificamente interpretabile.

9.13 Che cosa significa non trovare un pesticida

Quando un laboratorio comunica che un pesticida non è stato quantificato, il significato del risultato dipende dalle caratteristiche del metodo.

Supponiamo che il limite di quantificazione sia pari a 0,01 mg/kg.

Un risultato indicato come inferiore a 0,01 mg/kg significa che il laboratorio non ha quantificato la sostanza a quel livello.

Non significa necessariamente che la concentrazione sia uguale a zero.

Potrebbe essere presente una quantità inferiore al limite di quantificazione.

Potrebbe inoltre essere necessario distinguere, secondo le modalità di refertazione, un segnale rilevato ma non quantificabile da un segnale non rilevato.

La dichiarazione deve quindi essere interpretata sulla base della documentazione analitica.

Esiste anche un secondo limite.

Un risultato negativo riguarda soltanto le sostanze effettivamente ricercate.

Se un protocollo comprende 500 pesticidi e tutti risultano inferiori ai rispettivi LOQ, questo non dimostra l'assenza di qualsiasi altra sostanza chimica.

Non dimostra neppure l'assenza di tutti i possibili metaboliti dei pesticidi ricercati, se questi non sono compresi nell'elenco analitico.

Per questo motivo, una comunicazione scientificamente corretta dovrebbe indicare:

«Nel campione analizzato non sono stati quantificati residui delle sostanze ricercate a concentrazioni pari o superiori ai rispettivi limiti di quantificazione.»

È una frase meno spettacolare di «zero pesticidi», ma molto più precisa.

E soprattutto permette al consumatore di sapere realmente che cosa sia stato verificato.

9.14 La differenza tra analisi mirata e ricerca di sostanze sconosciute

Le tecniche GC-MS/MS e LC-MS/MS utilizzate nei protocolli multiresiduo sono generalmente impostate per ricercare sostanze già conosciute.

Il laboratorio dispone di un elenco di molecole e utilizza metodi sviluppati per identificarle e quantificarle.

Questa modalità viene definita *analisi mirata*, o *target analysis*.

È estremamente efficace quando sappiamo quali sostanze vogliamo cercare.

Ma che cosa accade quando nell'alimento è presente una molecola non compresa nel metodo?

In molti casi, il normale protocollo mirato non è in grado di identificarla o non produce un risultato relativo a quella sostanza.

Per ampliare le possibilità di ricerca vengono utilizzate anche tecniche di spettrometria di massa ad alta risoluzione, come LC-HRMS.

Questi strumenti possono consentire analisi di screening estese e ricerche retrospettive su dati precedentemente acquisiti.

Si distinguono differenti approcci.

Nello *suspect screening* vengono ricercate sostanze delle quali si ipotizza la presenza, anche senza disporre necessariamente di tutti gli standard di riferimento.

Nella *non-target analysis* si cercano segnali chimici non associati preventivamente a un elenco ristretto di sostanze.

Questi approcci possono essere molto utili per individuare contaminanti emergenti o prodotti di trasformazione poco studiati.

Tuttavia, l'identificazione certa e la quantificazione affidabile delle molecole sconosciute possono richiedere ulteriori verifiche e standard analitici appropriati.

La possibilità di individuare una sostanza sconosciuta non significa che un laboratorio possa identificare automaticamente qualsiasi molecola presente in un alimento.

Anche le tecniche più avanzate hanno limiti di sensibilità, separazione e identificazione.

La ricerca di contaminanti sconosciuti rappresenta comunque una delle frontiere più interessanti della chimica analitica alimentare.

9.15 Quanto possiamo fidarci di un certificato di analisi?

Un certificato di analisi può costituire una fonte di informazioni molto importante, ma non tutti i certificati forniscono lo stesso livello di dettaglio.

Per interpretarlo correttamente è utile verificare alcuni elementi.

Anzitutto deve essere identificabile il campione analizzato, possibilmente collegato in modo chiaro al lotto di produzione.

Devono inoltre essere specificate le sostanze ricercate e i relativi risultati.

La documentazione dovrebbe permettere di conoscere i metodi utilizzati, le unità di misura e i limiti di quantificazione.

Un altro elemento rilevante è la competenza del laboratorio.

L'accreditamento secondo la norma ISO/IEC 17025 costituisce uno dei principali strumenti internazionali per attestare la competenza dei laboratori di prova.

Tuttavia, è importante verificare che le analisi d'interesse rientrino nell'ambito di accreditamento applicabile.

Un laboratorio accreditato non è automaticamente accreditato per qualsiasi sostanza, metodo o matrice alimentare.

Occorre inoltre considerare come sia stato effettuato il campionamento.

Un certificato può documentare con grande precisione ciò che è stato misurato nel campione ricevuto, senza necessariamente dimostrare da solo che quel campione rappresenti correttamente l'intero lotto.

La qualità dell'informazione analitica dipende dall'intera catena: campionamento, preparazione, misura, validazione e interpretazione del risultato.

È l'insieme di questi elementi che rende credibile un protocollo di controllo.

9.16 Dalla conformità normativa all'eccellenza analitica

Il sistema europeo di sicurezza alimentare utilizza controlli, campionamenti e analisi per verificare il rispetto delle norme e stimare i rischi per la popolazione.

Queste attività rappresentano una componente essenziale della protezione dei consumatori.

Ma la loro finalità non consiste nel sottoporre ogni singolo lotto alimentare a un programma di ricerca esteso a tutte le famiglie di contaminanti.

La selezione delle analisi ufficiali dipende dalle priorità normative, dalle valutazioni del rischio e dagli obiettivi dei programmi di controllo.

Un protocollo volontario può adottare criteri differenti.

Può scegliere di ricercare un numero maggiore di sostanze, utilizzare limiti di quantificazione particolarmente bassi e applicare condizioni di accettazione più restrittive rispetto ai limiti normativi.

Può, per esempio, prevedere l'esclusione di un lotto quando una delle sostanze per le quali è stabilito il criterio di non quantificabilità venga misurata a una concentrazione pari o superiore al LOQ previsto dal protocollo.

Questa scelta non significa che ogni residuo quantificabile costituisca un pericolo sanitario.

Significa adottare un criterio di qualità basato sulla ricerca della minima presenza misurabile di determinate sostanze.

La differenza è sostanziale.

Un alimento può essere conforme alla normativa e non soddisfare un protocollo volontario più restrittivo.

Questo non rende automaticamente l'alimento conforme pericoloso.

Rende invece verificabile una differenza nella composizione analitica rispetto ai criteri dichiarati.

Perché questa distinzione abbia valore, è indispensabile che il protocollo sia trasparente.

Devono essere conoscibili le sostanze ricercate, i metodi, i limiti di quantificazione e i criteri di accettazione.

Anche un protocollo molto approfondito presenta limiti e non può garantire l'assenza universale di ogni contaminante.

Ma può offrire al consumatore un livello di conoscenza ulteriore rispetto alla semplice conformità.

La qualità analitica non nasce dal dichiarare che un alimento è puro. Nasce dalla possibilità di dimostrare che cosa è stato cercato, che cosa è stato misurato e con quali risultati.

9.17 I limiti attuali della chimica analitica e le prospettive future

Le capacità di analisi degli alimenti sono progredite enormemente negli ultimi decenni.

Strumenti sempre più sensibili permettono di ricercare un numero crescente di sostanze a concentrazioni precedentemente difficili da misurare.

Ma il progresso tecnologico presenta una conseguenza importante: più aumenta la capacità di ricerca, più diventa possibile individuare contaminazioni che in passato rimanevano sconosciute.

La mancata rilevazione di una sostanza in un'epoca precedente non dimostra necessariamente che essa fosse assente.

Può semplicemente significare che non veniva cercata oppure che le tecnologie disponibili non possedevano una sensibilità sufficiente.

Questo fenomeno riguarda i pesticidi, ma anche numerose altre famiglie di contaminanti.

Il miglioramento delle tecniche analitiche consente inoltre di studiare metaboliti e prodotti di degradazione che possono possedere proprietà differenti rispetto alle sostanze originarie.

La ricerca di questi composti rappresenta una sfida importante.

Un'altra prospettiva riguarda l'integrazione tra analisi chimiche e valutazioni tossicologiche.

Sapere che una sostanza è presente costituisce un'informazione fondamentale.

Comprendere che cosa quella presenza possa significare per la salute richiede però ulteriori conoscenze sulla tossicità, sulla dose e sull'esposizione.

Le due attività sono complementari.

La chimica analitica ci permette di vedere sempre più lontano. La tossicologia deve aiutarci a comprendere il significato di ciò che riusciamo a vedere.

Ed entrambe continueranno a evolvere.

Conclusione del capitolo 9

Le tecniche moderne di analisi dei pesticidi permettono di ricercare e quantificare numerose sostanze negli alimenti con livelli di sensibilità straordinariamente elevati.

La combinazione tra cromatografia e spettrometria di massa costituisce oggi uno degli strumenti principali per il controllo dei residui.

Le analisi multiresiduo consentono di esaminare centinaia di sostanze, mentre metodi specifici permettono di ricercare composti che non rientrano nei protocolli ordinari.

Tuttavia, la capacità di analisi non è illimitata.

Il risultato dipende dalla rappresentatività del campione, dalle sostanze ricercate, dalle caratteristiche della matrice, dalla sensibilità dei metodi e dalla qualità delle procedure di laboratorio.

Un risultato negativo non significa necessariamente assenza assoluta della sostanza.

E una sostanza non cercata non può essere dichiarata assente sulla base di quel controllo.

Queste considerazioni non riducono il valore dell'analisi chimica.

Al contrario, permettono di comprenderne correttamente la potenza e i limiti.

La differenza tra un alimento semplicemente conforme alla legge e un alimento sottoposto a un protocollo analitico approfondito è la quantità e la qualità delle informazioni disponibili sulla sua composizione.

La conformità normativa rappresenta una condizione indispensabile.

La conoscenza analitica costituisce un'opportunità ulteriore.

Non elimina ogni possibile rischio, ma può rendere visibile ciò che normalmente rimane sconosciuto.

Ed è proprio questa possibilità che apre una nuova prospettiva nella scelta degli alimenti: non affidarsi soltanto a dichiarazioni generiche di qualità, ma disporre di informazioni misurabili, documentate e verificabili.

La scienza non può promettere di conoscere tutto ciò che contiene un alimento.

Ma può permetterci di conoscere molto più di quanto oggi siamo abituati a sapere.

Fonti scientifiche e normative

Commissione europea – Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. Documento SANTE/11312/2021, versione 2026.

https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/maximum-residue-levels/guidelines-maximum-residue-levels_en

Regolamento di esecuzione (UE) 2026/765, del 1° aprile 2026. Procedure di campionamento, analisi e interpretazione dei risultati nei controlli ufficiali sui residui di pesticidi.

https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2026/765/oj

Laboratori europei di riferimento per i residui di pesticidi – EURL. Metodi analitici, controlli di qualità e procedure di validazione.

<https://www.eurl-pesticides.eu/>

EURL – Single Residue Methods. Metodi specifici per pesticidi e metaboliti non necessariamente compresi nelle analisi multiresiduo.

https://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl_article.asp?CntID=1302&LabID=200&Lang=EN

QuEChERS – Descrizione del metodo e riferimenti alla norma EN 15662.

<https://www.quechers.eu/method>

Regolamento (CE) n. 396/2005. Limiti massimi di residui negli alimenti e nei mangimi.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32005R0396>

Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura.