

10. CHE COSA DIMOSTRANO REALMENTE LE ANALISI

UN NUMERO PUÒ RACCONTARE UNA STORIA. MA NON SEMPRE TUTTA.

Immaginiamo di entrare in un laboratorio specializzato nelle analisi degli alimenti.

Sul banco sono presenti due campioni: un broccolo e una mela.

Entrambi vengono sottoposti a controlli per verificare la presenza di residui riconducibili a prodotti fitosanitari.



Nel broccolo viene individuato disolfuro di carbonio, il CS_2 , utilizzato come indicatore nella determinazione di diversi ditiocarbammati.

Nella mela viene invece rilevata una concentrazione misurabile di acido fosfonico.

A prima vista, le conclusioni sembrerebbero semplici.

Il broccolo è stato trattato con un ditiocarbammato. La mela è stata trattata con fosetil-alluminio o con un prodotto contenente fosfonati.

Ma possiamo esserne certi?

Dopo aver letto i capitoli precedenti, sappiamo che la risposta è no.

Il CS₂ potrebbe derivare anche da composti naturalmente presenti nel broccolo. L'acido fosfonico potrebbe provenire da fonti agricole differenti o essere stato assorbito dal terreno dopo trattamenti effettuati su colture precedenti.

Il laboratorio potrebbe avere misurato correttamente entrambe le sostanze, senza poter stabilire con certezza che cosa abbia provocato la loro presenza.

È questa una delle lezioni più interessanti della chimica analitica: un risultato numerico può essere estremamente affidabile senza rappresentare, da solo, una spiegazione completa del fenomeno osservato.

LE TRE DOMANDE CHE NON DOBBIAMO CONFONDERE

Quando analizziamo un alimento, possiamo porci almeno tre domande fondamentali.

La prima è: quale sostanza è presente e in quale concentrazione?

La seconda è: da dove proviene quella sostanza?

La terza è: quali conseguenze può avere la sua presenza per la salute?

Sembrano domande strettamente collegate, e in effetti lo sono.

Ma richiedono strumenti e conoscenze differenti.

Le tre domande dell'analisi alimentare

Tre piani diversi che non dobbiamo confondere



1 Che cosa c'è e quanto?

L'analisi alimentare **identifica** le sostanze presenti nel campione e ne misura la **quantità**, espressa di solito in mg/kg (ppm) o µg/kg (ppb). Il risultato indica se un determinato residuo è presente e a quale concentrazione.



2 Da dove proviene?

Il residuo può avere origini diverse: può derivare da un **trattamento agricolo** (es. fitofarmaco), può essere di **origine naturale** (prodotto dalla pianta), oppure provenire da **contaminazioni ambientali** o da altre fasi della filiera. La **storia del prodotto** e le pratiche di produzione aiutano a interpretarne la provenienza.



3 Quale rischio comporta?

Per valutare il rischio occorre considerare l'**esposizione**, cioè la quantità che può essere assunta con la dieta, la **dose** in rapporto ai limiti di riferimento tossicologici (es. Dose Giornaliera Accettabile, ARfD) e il **contesto complessivo**. Il risultato dell'analisi acquista quindi un **significato per la salute** del consumatore solo all'interno di questa valutazione.





Un risultato analitico non risponde da solo a tutte e tre le domande.

Per comprendere il significato di un residuo alimentare è necessario considerare insieme identificazione e quantità, provenienza e valutazione del rischio.

Per rispondere alla prima utilizziamo soprattutto la chimica analitica.

Per rispondere alla seconda possono essere necessari studi sul metabolismo delle sostanze, informazioni agronomiche, dati ambientali e documentazione relativa ai trattamenti.

Per rispondere alla terza dobbiamo ricorrere alla tossicologia e alla valutazione dell'esposizione alimentare.

Un certificato di analisi può fornire una risposta molto precisa alla prima domanda, ma non necessariamente alle altre due.

Comprendere questa distinzione è essenziale per interpretare correttamente i controlli sugli alimenti.

IL CASO DEI DITIOCARBAMMATI: QUANDO MISURIAMO UN INDICATORE

Torniamo ai ditiocarbammati.

Come abbiamo visto, molti metodi analitici tradizionali non identificano direttamente i singoli principi attivi.

Il campione viene sottoposto a una reazione chimica che permette di liberare disolfuro di carbonio.

La quantità di CS_2 viene successivamente misurata e utilizzata per esprimere il risultato.

Il sistema possiede un indubbio valore analitico, ma presenta due limitazioni.

La prima è che ditiocarbammati differenti possono produrre lo stesso composto durante la reazione.

La seconda è che alcuni componenti naturali dei vegetali, soprattutto in determinate famiglie botaniche, possono contribuire alla formazione di CS_2 .

Il risultato non identifica quindi necessariamente il principio attivo responsabile.

È una questione particolarmente importante perché mancozeb, metiram, ziram e altri ditiocarbammati non hanno proprietà tossicologiche identiche.

Conoscere soltanto il valore complessivo di CS_2 può non essere sufficiente per attribuire il residuo a una specifica sostanza.

L'EFSA ha affrontato esplicitamente questa difficoltà nella revisione dei livelli massimi di residuo pubblicata nel 2023.

Gli esperti hanno considerato anche i livelli di fondo riconducibili a sostanze naturalmente presenti nei vegetali, riconoscendo le incertezze legate all'interpretazione dei risultati.

Questo non rende inutili le analisi.

Significa che il loro risultato deve essere interpretato conoscendo le caratteristiche del metodo utilizzato.

IL CASO DELL'ACIDO FOSFONICO: QUANDO L'ORIGINE È INCERTA

Nel caso dell'acido fosfonico, la situazione è differente.

Il laboratorio può identificare direttamente la sostanza presente nel campione alimentare.

Non è necessario trasformare diversi fungicidi in un indicatore comune, come accade con il metodo tradizionale dei ditiocarbammati.

La difficoltà riguarda soprattutto la provenienza.

L'acido fosfonico può essere associato all'impiego di fosetil-alluminio, fosfonati di potassio e fosfonato di disodio.

Può inoltre derivare da altre fonti agricole e, in determinate condizioni, essere assorbito dal terreno anche da colture successive a quelle trattate.

Immaginiamo due mele contenenti entrambe 0,5 mg/kg di acido fosfonico.

La concentrazione è identica, ma la storia delle due mele potrebbe essere completamente differente.

Una potrebbe provenire da un frutteto trattato con un prodotto fitosanitario contenente fosfonati.

L'altra potrebbe aver assorbito residui presenti nel terreno, senza ricevere direttamente quel trattamento.

Il laboratorio può fornire lo stesso risultato per entrambe.

Per distinguerne l'origine potrebbe essere necessario conoscere la storia dei trattamenti e le condizioni agronomiche.

Gli studi EFSA hanno documentato la persistenza dell'acido fosfonico nel terreno e la possibilità di trasferimento alle colture in rotazione.

La presenza di una sostanza è un fatto analitico. La ricostruzione della sua origine è un'indagine scientifica ulteriore.

QUANDO DUE RISULTATI UGUALI NON SIGNIFICANO LA STESSA COSA

Immaginiamo ora due laboratori che analizzano lo stesso alimento.

Entrambi riportano la concentrazione di una sostanza espressa in milligrammi per chilogrammo.

Potremmo pensare che, trattandosi della stessa unità di misura, i risultati siano automaticamente confrontabili.

Non sempre è così.

Prima di confrontare due risultati occorre sapere che cosa è stato effettivamente misurato.

Per esempio, nei metodi tradizionali per i ditiocarbammati, il risultato può essere espresso come CS₂.

Per i fosfonati, invece, viene determinato l'acido fosfonico, con una definizione normativa che comprende anche i suoi sali.

Non stiamo quindi misurando la stessa cosa.

Anche all'interno di una medesima famiglia di sostanze, i metodi possono differire per preparazione del campione, sensibilità, selettività e modalità di espressione dei risultati.

Per questo motivo un certificato di analisi dovrebbe sempre essere interpretato insieme alle informazioni relative al metodo utilizzato.

Un numero, senza il contesto analitico che lo ha prodotto, rischia di essere frainteso.

IL SIGNIFICATO DEL LIMITE DI QUANTIFICAZIONE

Uno degli elementi più importanti di un certificato di analisi è il limite di quantificazione, generalmente indicato con la sigla LOQ.

È la concentrazione più bassa alla quale il metodo utilizzato può quantificare una sostanza con prestazioni considerate accettabili.

Immaginiamo che un laboratorio utilizzi un metodo con un LOQ pari a 0,01 mg/kg.

Se il risultato è inferiore a questo valore, significa che il metodo non ha quantificato in modo affidabile la sostanza a quella concentrazione.

Ma non significa necessariamente che essa sia completamente assente.

Potrebbe essere presente a una concentrazione inferiore alla capacità quantitativa del metodo.

È una distinzione fondamentale.

Non quantificabile non significa necessariamente inesistente.

Il concetto diventa particolarmente importante quando si cercano alimenti caratterizzati da livelli molto bassi di residui.

Due laboratori potrebbero analizzare lo stesso campione utilizzando metodi con limiti di quantificazione differenti.

Un laboratorio potrebbe non quantificare una sostanza che un altro, grazie a un metodo più sensibile, riesce a misurare.

Questo non significa necessariamente che uno dei due abbia sbagliato.

Significa che i metodi possiedono capacità analitiche differenti.

Naturalmente, il limite di quantificazione deve essere appropriato per lo scopo dell'analisi e il metodo deve essere adeguatamente validato.

SENSIBILITÀ E SPECIFICITÀ: DUE QUALITÀ DIFFERENTI

Potremmo pensare che il metodo migliore sia semplicemente quello capace di misurare le concentrazioni più basse.

Ma la sensibilità, da sola, non basta.

Supponiamo di utilizzare un metodo estremamente sensibile per misurare il CS₂.

Potremmo individuare quantità piccolissime del composto.

Tuttavia, se il metodo non distingue il CS₂ generato dai fungicidi da quello derivante da componenti naturali dell'alimento, una sensibilità maggiore non risolve il problema dell'origine.

Anzi, può rendere più evidente anche il contributo naturale.

Per questo motivo la qualità di un metodo deve essere valutata considerando diversi parametri.

Tra questi troviamo la selettività, la precisione, l'accuratezza, i limiti di rilevazione e quantificazione e l'incertezza di misura.

La selettività indica la capacità del metodo di distinguere il composto ricercato dalle altre sostanze presenti nel campione.

La precisione descrive quanto siano vicini tra loro i risultati ottenuti ripetendo la misura.

L'accuratezza riguarda invece la vicinanza del risultato al valore di riferimento, tenendo conto degli errori sistematici e casuali.

Sono caratteristiche differenti, tutte importanti.

Un metodo molto sensibile ma poco selettivo potrebbe non essere il più adatto a rispondere a una domanda che richiede l'identificazione di una specifica molecola.

CHE COSA SIGNIFICA SUPERARE UN LIMITE DI LEGGE?

Immaginiamo che un alimento presenti una concentrazione di residuo superiore al limite massimo previsto dalla normativa europea.

Il prodotto può risultare non conforme.

Ma significa necessariamente che sia pericoloso?

Non sempre.

I limiti massimi di residuo, o MRL, vengono stabiliti sulla base delle condizioni agricole considerate e delle valutazioni scientifiche della sicurezza dei consumatori.

Non rappresentano necessariamente la concentrazione alla quale comincia un effetto tossico.

Un superamento del limite può quindi costituire una violazione normativa senza implicare automaticamente un rischio sanitario immediato.

Viceversa, un alimento conforme può contenere quantità misurabili di residui.

La conformità normativa e la valutazione del rischio sono due questioni differenti.

Per determinare il rischio occorre considerare la tossicità della sostanza, la concentrazione presente e la quantità assunta attraverso la dieta.

Nel caso dei ditiocarbammati, inoltre, la valutazione può essere complicata dalla difficoltà di attribuire il CS₂ a uno specifico principio attivo.

Nel caso dell'acido fosfonico, invece, il residuo può essere misurato direttamente, ma la sua origine non sempre è identificabile.

In entrambi i casi il sistema dei controlli deve tenere conto delle caratteristiche del metodo e della definizione normativa del residuo.

QUANDO L'ANALISI NON BASTA: IL RUOLO DELLA TRACCIABILITÀ

Abbiamo visto che il laboratorio può identificare e quantificare una sostanza senza necessariamente stabilirne la provenienza.

Come possiamo allora ottenere informazioni più complete?

Una parte della risposta si trova nella tracciabilità.



Conoscere la provenienza di un alimento, i prodotti utilizzati durante la coltivazione, le condizioni ambientali e la storia del terreno può aiutare a interpretare i risultati analitici.

Pensiamo ancora all'acido fosfonico.

Se troviamo questa sostanza in un frutto, il risultato del laboratorio ci informa sulla sua concentrazione.

Se conosciamo anche i trattamenti effettuati in campo, possiamo formulare ipotesi più solide sulla sua origine.

E se disponiamo di informazioni sulle colture precedenti, possiamo valutare anche la possibilità di un assorbimento dal terreno.

Nessuna di queste informazioni, considerata isolatamente, permette sempre di raggiungere una conclusione definitiva.

Ma la loro combinazione può migliorare notevolmente la qualità dell'indagine.

L'analisi chimica ci dice che cosa abbiamo trovato. La tracciabilità può aiutarci a capire come sia arrivato lì.

È l'integrazione di conoscenze differenti a permettere una comprensione più completa della qualità degli alimenti.

IL VALORE DEI CONTROLLI UFFICIALI

A questo punto potrebbe nascere un dubbio.

Se le analisi presentano limiti interpretativi, possiamo davvero fidarci dei sistemi di controllo alimentare?

La risposta è sì, purché comprendiamo correttamente che cosa questi sistemi sono progettati per verificare.

L'Unione europea dispone di un articolato sistema di controllo dei residui di pesticidi, fondato su metodi analitici validati, laboratori competenti, procedure condivise e valutazioni scientifiche.

L'EFSA raccoglie e analizza i risultati dei controlli, valuta i rischi per i consumatori e segnala le incertezze che emergono dalle conoscenze disponibili.

I laboratori europei di riferimento contribuiscono allo sviluppo e all'armonizzazione dei metodi analitici.

È un sistema scientificamente strutturato, che ha contribuito in modo significativo alla tutela della salute e al miglioramento delle conoscenze sulla presenza di residui negli alimenti.

Ma nessun sistema di controllo può eliminare completamente l'incertezza scientifica.

Le sostanze ricercate sono numerose, i metodi analitici possiedono limiti differenti e le conoscenze tossicologiche continuano a evolversi.

Il caso dei ditiocarbammati lo dimostra chiaramente.

La stessa EFSA, nella revisione del 2023, ha riconosciuto le difficoltà legate all'identificazione dei singoli principi attivi, ai livelli naturali di CS₂ e alle informazioni ancora mancanti per completare alcune valutazioni del rischio.

Nel caso dei fosfonati, le valutazioni scientifiche hanno portato a modificare la definizione normativa dei residui, proprio per renderla più coerente con il comportamento delle sostanze negli alimenti.

Riconoscere i limiti di un sistema scientifico non significa negarne il valore. Significa comprendere come funziona e dove può essere ulteriormente migliorato.

DALLA CONFORMITÀ ALLA CONOSCENZA

Immaginiamo di trovarci davanti a uno scaffale del supermercato.

Due confezioni di mele appartengono alla stessa varietà, provengono da aziende differenti e rispettano entrambe la normativa europea.

Dal punto di vista legale, sono entrambe commercializzabili.

Ma sappiamo se contengono gli stessi residui?

Non necessariamente.

Una potrebbe presentare concentrazioni misurabili di alcune sostanze, mentre nell'altra quelle stesse sostanze potrebbero risultare inferiori ai limiti di quantificazione dei metodi utilizzati.



Entrambe possono essere conformi, ma possedere caratteristiche analitiche differenti.

Queste informazioni potrebbero essere interessanti per un consumatore che desidera conoscere più approfonditamente la composizione degli alimenti che acquista.

Naturalmente, un minor numero di sostanze quantificate non dimostra automaticamente che un alimento sia più salutare, né garantisce l'assenza di qualsiasi contaminante.

Il risultato dipende anche dalle sostanze ricercate, dalla rappresentatività del campionamento e dai limiti dei metodi utilizzati.

Tuttavia, conoscere i risultati delle analisi aggiunge informazioni che la semplice dichiarazione di conformità normativa non sempre fornisce.

È una differenza importante.

La normativa stabilisce le condizioni alle quali un alimento può essere commercializzato.

Un'indagine analitica più approfondita può invece descriverne alcune caratteristiche con un livello di dettaglio maggiore.

Sono due approcci che non devono essere contrapposti.

Possono essere complementari.

IL RISULTATO DI UN'ANALISI NON È UNA VERITÀ ASSOLUTA

La scienza progredisce attraverso misure, esperimenti, confronti e verifiche.

Ma ogni misura possiede un campo di validità.

Un risultato analitico riguarda un determinato campione, analizzato in un preciso momento, attraverso un metodo con caratteristiche conosciute.

Non descrive necessariamente ogni singola porzione di un intero raccolto.

La distribuzione dei residui, infatti, può essere disomogenea.

Due frutti provenienti dalla stessa pianta possono presentare concentrazioni differenti, così come due campioni prelevati da punti diversi di una partita alimentare.

Per questo motivo il campionamento rappresenta una fase fondamentale del controllo.

Un metodo analitico molto accurato non può compensare completamente un campione non rappresentativo.

Inoltre, un'analisi eseguita oggi non descrive necessariamente ogni trasformazione che potrebbe verificarsi durante la successiva conservazione o lavorazione del prodotto.

La qualità dell'informazione dipende quindi dall'intera procedura: dalla scelta del campione fino all'interpretazione del risultato.

Un numero acquisisce significato scientifico soltanto quando conosciamo le condizioni nelle quali è stato ottenuto.

CHE COSA ABBIAMO IMPARATO DA DITIOCARBAMMATI E FOSFONATI?

Siamo partiti da due famiglie di sostanze impiegate per proteggere le colture dalle malattie.

Abbiamo seguito il loro percorso dalla distribuzione in campo alla presenza di residui negli alimenti.

Abbiamo scoperto che alcuni ditiocarbammati possono trasformarsi in prodotti di degradazione, come l'ETU, dotati di proprietà tossicologiche proprie.

Abbiamo visto che il metodo tradizionale basato sulla determinazione del CS_2 può incontrare difficoltà nell'identificazione dei singoli principi attivi e nell'interpretazione di alcuni risultati.

Abbiamo poi conosciuto il fosetil-alluminio e i fosfonati, scoprendo che possono lasciare un residuo comune: l'acido fosfonico.

Una sostanza che può persistere nel terreno, essere assorbita dalle colture successive e provenire da fonti differenti.

Infine, abbiamo affrontato gli effetti sulla salute, comprendendo che non tutte le sostanze utilizzate come fungicidi presentano lo stesso profilo tossicologico.

È stato un percorso attraverso la chimica, la biologia, l'agronomia e la tossicologia.

Ma soprattutto è stato un viaggio attraverso il significato delle informazioni scientifiche.

Perché sapere che una sostanza è presente non significa necessariamente conoscerne l'origine.

Conoscere la sua origine non significa automaticamente conoscere il rischio.

E conoscere il rischio non significa che ogni incertezza scientifica sia stata eliminata.

LA SICUREZZA ALIMENTARE COMINCIA DALLA CONOSCENZA

Ogni giorno milioni di persone acquistano alimenti affidandosi alle informazioni disponibili: origine, ingredienti, scadenza, certificazioni e dichiarazioni riportate sulle confezioni.

Sono informazioni importanti.

Ma la composizione chimica di un alimento può comprendere anche sostanze che non possiamo vedere, annusare o riconoscere attraverso il gusto.

Per individuarle occorrono strumenti analitici.

Per comprenderne il significato occorrono conoscenze scientifiche.

E per comunicarne correttamente i risultati occorre distinguere i fatti dalle ipotesi, le certezze dalle incertezze e la conformità normativa dalle caratteristiche effettivamente misurate.

Non esiste un'analisi capace di raccontare ogni aspetto della qualità di un alimento.

Non esiste nemmeno un singolo parametro che possa riassumerne completamente la sicurezza.

Ma ogni informazione scientificamente solida può contribuire a migliorare la nostra conoscenza.

Ed è proprio questo il significato più profondo di una biblioteca dedicata ai contaminanti alimentari.

Non trasformare ogni sostanza rilevata in un pericolo, né considerare superflua ogni indagine quando un alimento rispetta la legge.

Piuttosto, imparare a leggere ciò che la scienza ci mostra, comprendendo tanto la forza delle sue conoscenze quanto i loro limiti.

Perché il primo passo verso una scelta consapevole non è avere tutte le risposte.

È imparare a porre le domande giuste.

RIFERIMENTI SCIENTIFICI DEL CAPITOLO 10

1. EFSA (2023). Review of the existing maximum residue levels for dithiocarbamates according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. EFSA Journal, 21(5), 7987. Revisione dei metodi analitici, dei livelli naturali di CS₂, delle difficoltà di identificazione e delle incertezze nella valutazione dei rischi. [Consulta la pubblicazione scientifica EFSA](#)

2. EFSA (2021). Reasoned opinion on the joint review of maximum residue levels (MRLs) for fosetyl, disodium phosphonate and potassium phosphonates according to Articles 12 and 43 of Regulation (EC) No 396/2005. EFSA Journal, 19(8), 6782. Revisione delle origini dell'acido fosfonico, delle colture in rotazione e della valutazione del rischio alimentare. [Consulta la pubblicazione scientifica EFSA](#)

3. Commissione europea (2024). Regolamento (UE) 2024/2619 dell'8 ottobre 2024, che modifica gli allegati II e III del regolamento (CE) n. 396/2005 per quanto riguarda i livelli massimi di residui di fosetil, fosfonati di potassio e fosfonato di disodio. [Consulta il regolamento su EUR-Lex \(italiano\)](#)

4. Parlamento europeo e Consiglio (2005). Regolamento (CE) n. 396/2005, concernente i livelli massimi di residui di antiparassitari negli o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale. [Consulta il regolamento su EUR-Lex \(italiano\)](#)

5. Commissione europea (2017). Documento SANTE/11813/2017, Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed. Riferimento tecnico per la validazione dei metodi, la qualità delle misure e l'interpretazione dei risultati analitici. [Consulta il portale ufficiale dei laboratori europei di riferimento](#)