

8. ACIDO FOSFONICO NEGLI ALIMENTI: ORIGINE, PERSISTENZA E INTERPRETAZIONE DEI RESIDUI

IL MISTERO DI UN RESIDUO SENZA TRATTAMENTO

Immaginiamo un agricoltore che coltiva lattuga.

Durante l'intero ciclo produttivo non utilizza fosetil-alluminio né prodotti fitosanitari contenenti fosfonati.

Al momento della raccolta decide di far analizzare il prodotto.

Il laboratorio rileva una piccola quantità di acido fosfonico.

Come è possibile?

Le spiegazioni possono essere diverse. Una delle più interessanti riguarda ciò che è accaduto nel terreno prima della coltivazione della lattuga.

Forse, mesi prima, nello stesso campo era stata coltivata un'altra specie vegetale e su quella coltura erano stati utilizzati prodotti contenenti fosfonati.

Una parte dell'acido fosfonico potrebbe essere rimasta nel suolo ed essere stata successivamente assorbita dalle radici della lattuga.

La pianta attuale, quindi, potrebbe contenere una sostanza riconducibile a un trattamento eseguito su una coltura precedente.

Non si tratta di una semplice supposizione.

Gli studi valutati dall'Autorità europea per la sicurezza alimentare, l'EFSA, hanno dimostrato che l'acido fosfonico presente nel terreno può essere assorbito dalle colture successive.

Per comprendere questo fenomeno dobbiamo seguire il percorso della sostanza, dalla sua formazione fino alla presenza negli alimenti.

UNA MOLECOLA PICCOLA, MA PARTICOLARMENTE INTERESSANTE

L'acido fosfonico è un composto inorganico contenente fosforo, idrogeno e ossigeno.

La sua formula molecolare è H_3PO_3 .

Il nome può ricordare quello dell'acido fosforico, H_3PO_4 , ma si tratta di sostanze chimicamente differenti.

L'acido fosforico e i suoi sali, i fosfati, sono strettamente collegati alla nutrizione delle piante.

L'acido fosfonico e i fosfonati, invece, possiedono proprietà chimiche e biologiche differenti.

In particolare, il fosfonato contiene fosforo in uno stato di ossidazione inferiore rispetto a quello presente nel fosfato.

Questa differenza determina comportamenti diversi nei sistemi biologici e nell'ambiente.

I fosfonati possono essere presenti in diversi prodotti utilizzati in agricoltura, soprattutto per la protezione delle piante da determinati patogeni.

La loro presenza nei prodotti agricoli può quindi essere collegata a più fonti.

Ed è proprio questa molteplicità di origini a rendere particolarmente interessante la ricerca dell'acido fosfonico negli alimenti.

COME ARRIVA L'ACIDO FOSFONICO NELLE PIANTE?

Le principali vie di ingresso sono due: attraverso le parti aeree oppure attraverso le radici.

Nel primo caso, un prodotto contenente fosetil-alluminio o fosfonati viene applicato sulla vegetazione.

La sostanza può essere assorbita dai tessuti vegetali e, nel caso del fosetil-alluminio, trasformarsi rapidamente in acido fosfonico.

Nel secondo caso, la pianta può assorbire fosfonati presenti nella soluzione circolante del terreno.



Le radici, infatti, non assorbono soltanto acqua.

Attraverso complessi sistemi di trasporto, permettono l'ingresso di numerosi ioni e altre sostanze disciolte.

Alcuni di questi composti sono nutrienti essenziali, altri possono essere assorbiti pur non svolgendo una funzione nutritiva fondamentale.

Una volta entrati nella pianta, i fosfonati possono essere trasportati verso differenti organi.

Gli studi sul metabolismo vegetale hanno evidenziato che possono raggiungere foglie, radici e frutti.

Questo spiega perché i residui non siano necessariamente confinati alla superficie degli alimenti.

L'acido fosfonico presente all'interno di un frutto non può essere eliminato semplicemente lavandone la buccia.

Il lavaggio può rimuovere una parte dei depositi superficiali, ma non garantisce l'eliminazione delle sostanze già penetrate nei tessuti.

QUANTO TEMPO PUÒ RIMANERE NEL TERRENO?

Una delle caratteristiche più importanti dell'acido fosfonico è la sua possibile persistenza nel suolo.

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, una sostanza chimica può degradarsi rapidamente oppure rimanere nell'ambiente per periodi più lunghi.

L'acido fosfonico presenta un comportamento che dipende dalle condizioni ambientali.

La sua permanenza nel terreno può essere influenzata dal tipo di suolo, dall'attività microbica, dall'umidità e da altri fattori.

Gli studi considerati dall'EFSA hanno riportato valori di DT90 compresi tra 91 giorni e oltre 1.000 giorni.

Ricordiamo che DT90 indica il tempo necessario per la dissipazione del 90% della quantità inizialmente presente, nelle condizioni specifiche dello studio.

Non significa, quindi, che tutti i terreni conservino necessariamente acido fosfonico per lo stesso periodo.

Significa però che, in determinate circostanze, la sostanza può rimanere disponibile abbastanza a lungo da interessare anche colture successive.

Per questo motivo, quando si studiano i residui di fosfonati, è necessario considerare la storia del terreno e non soltanto i trattamenti eseguiti nell'anno della raccolta.

QUANDO UNA COLTURA EREDITA I RESIDUI DELLA PRECEDENTE

Torniamo al nostro campo di lattuga.

Immaginiamo che, l'anno precedente, vi fosse coltivata una specie vegetale sulla quale erano stati utilizzati prodotti capaci di lasciare acido fosfonico nel suolo.

Dopo la raccolta, il terreno viene lavorato e destinato alla nuova coltura.



La lattuga cresce normalmente, senza ricevere alcun trattamento diretto con fosetil-alluminio o fosfonati.

Eppure potrebbe assorbire parte dei residui ancora presenti nel terreno.

Questo fenomeno prende il nome di assorbimento da parte delle colture in rotazione.

L'EFSA ha esaminato studi sperimentali nei quali il terreno veniva trattato con acido fosfonico e successivamente seminato con differenti specie vegetali.

In uno di questi esperimenti, condotto in condizioni controllate, sono stati osservati residui nelle colture piantate circa 30 giorni dopo il trattamento del terreno.

Le concentrazioni misurate comprendevano:

- 0,76 mg/kg nelle foglie di lattuga;
- 0,80 mg/kg nelle radici di ravanella;
- 0,14 mg/kg nella granella d'orzo.

Sono risultati riferiti a uno specifico esperimento, con una dose di applicazione definita, e non devono essere interpretati come concentrazioni tipiche degli alimenti in commercio.

Dimostrano, tuttavia, che il trasferimento dal suolo alle colture successive è possibile.

È un esempio concreto di come il comportamento dei contaminanti debba essere studiato nel tempo, seguendo le trasformazioni e gli spostamenti delle sostanze nell'ambiente agricolo.

LE POSSIBILI FONTI ALTERNATIVE

Il fosetil-alluminio e i prodotti fitosanitari a base di fosfonati non sono le uniche possibili fonti di acido fosfonico negli alimenti.

La stessa Commissione europea ha riconosciuto che i fosfonati possono essere presenti anche in altri prodotti utilizzati in agricoltura.

Tra questi rientrano, a seconda della loro composizione, alcuni fertilizzanti, prodotti per il rafforzamento delle piante, ammendanti e materiali di origine organica.

La presenza di fosfonati in queste categorie non significa che qualsiasi prodotto appartenente a esse contenga necessariamente tali sostanze.



Inoltre, l'eventuale impiego deve essere valutato alla luce delle regole applicabili alla specifica tipologia di prodotto.

Il punto scientificamente importante è un altro.

Un residuo di acido fosfonico può derivare da fonti diverse da un trattamento diretto con fosetil-alluminio.

Anche per questa ragione, quando si vuole ricostruire la sua origine, occorre considerare l'intera gestione agronomica: prodotti utilizzati, apporti al terreno, trattamenti sulle colture precedenti e possibili contaminazioni.

La Commissione europea ha riconosciuto esplicitamente questa complessità nel regolamento 2024/2619, tenendo conto delle possibili fonti non direttamente riconducibili ai prodotti fitosanitari nella definizione dei livelli massimi di residuo.

CHE COSA SUCCEDE DURANTE LA TRASFORMAZIONE DEGLI ALIMENTI?

Immaginiamo di raccogliere un pomodoro contenente una piccola quantità di acido fosfonico.

Il pomodoro può essere consumato fresco oppure destinato alla produzione di passata, concentrato o altri alimenti trasformati.

Durante la lavorazione può essere lavato, triturato, riscaldato e concentrato.

Che cosa accade all'acido fosfonico?

A differenza di alcune sostanze che si degradano facilmente con il calore, l'acido fosfonico ha mostrato una notevole stabilità nelle condizioni sperimentali utilizzate per studiare i trattamenti alimentari.

L'EFSA ha esaminato studi di idrolisi che simulavano processi come pastorizzazione, bollitura e sterilizzazione.

I risultati hanno indicato che l'acido fosfonico rimane sostanzialmente stabile in tali condizioni.

Questo significa che il trattamento termico non può essere considerato un sistema affidabile per eliminarlo.

La concentrazione finale in un alimento trasformato dipende però anche da altri fattori.

Se il prodotto perde acqua durante la lavorazione, la concentrazione espressa in milligrammi per chilogrammo può aumentare.

Se invece una parte della sostanza viene rimossa insieme a frazioni liquide o solide eliminate durante il processo, la concentrazione può diminuire.

Per questo motivo non è corretto affermare che un alimento trasformato contenga sempre più o sempre meno acido fosfonico rispetto alla materia prima.

È necessario conoscere il processo produttivo e disporre di dati sperimentali specifici.

CHE COSA MISURA REALMENTE IL LABORATORIO?

Quando un campione alimentare viene sottoposto ad analisi, il laboratorio può ricercare direttamente l'acido fosfonico e determinarne la concentrazione.

La determinazione può essere effettuata attraverso metodi cromatografici associati alla spettrometria di massa, opportunamente sviluppati e validati per questa sostanza.

Il risultato viene generalmente espresso in milligrammi per chilogrammo di alimento.

Supponiamo che in un campione di mele venga rilevata una concentrazione di 0,5 mg/kg di acido fosfonico.

Che cosa sappiamo?

Sappiamo che, secondo il metodo utilizzato, nel campione è stata quantificata quella concentrazione.

Ma possiamo stabilire se il residuo provenga da fosetil-alluminio, da fosfonati di potassio o da un'altra fonte?

Non necessariamente.

Ed è qui che dobbiamo distinguere il caso dell'acido fosfonico da quello dei ditiocarbammati.

Nel caso dei ditiocarbammati, il laboratorio può misurare il CS₂ prodotto durante una trasformazione chimica effettuata sul campione. Il composto misurato può derivare anche da sostanze naturali presenti nei vegetali.

Nel caso dell'acido fosfonico, invece, il laboratorio può identificare e quantificare direttamente la sostanza effettivamente presente nel campione.

Il problema, quindi, non è necessariamente distinguere l'acido fosfonico da altre molecole.

Il problema è stabilire quale delle diverse possibili fonti abbia determinato la sua presenza nell'alimento.

Si tratta di una differenza fondamentale.

Un laboratorio può misurare correttamente la concentrazione di una sostanza senza poter ricostruire, attraverso quella sola misura, l'intera storia agronomica del prodotto.

POSSIAMO RICONOSCERE L'IMPIEGO DI FOSETIL-ALLUMINIO?

Esiste un elemento analitico che può fornire qualche informazione aggiuntiva.

Oltre all'acido fosfonico, è possibile ricercare il fosetil, cioè il composto organico associato al principio attivo fosetil-alluminio.

Se in un alimento vengono identificati sia fosetil sia acido fosfonico, la presenza del primo può costituire un indizio più specifico dell'impiego di prodotti contenenti fosetil.

Ma l'interpretazione richiede prudenza.

Il fosetil può degradarsi e trasformarsi in acido fosfonico.

Di conseguenza, l'assenza di fosetil accompagnata dalla presenza di acido fosfonico non dimostra che non sia stato utilizzato fosetil-alluminio.

Allo stesso modo, la presenza di acido fosfonico non dimostra che lo sia stato.

Per ricostruire un trattamento agricolo possono quindi essere necessarie informazioni indipendenti dal risultato analitico, come i registri dei trattamenti, le caratteristiche dei prodotti impiegati e la storia della coltivazione.

L'analisi chimica fornisce un'informazione importante, ma non sempre sufficiente a identificare la causa della contaminazione.

CHE COSA DICE LA NORMATIVA EUROPEA?

Fino a pochi anni fa, la normativa europea utilizzava una definizione dei residui che comprendeva la somma di fosetil, acido fosfonico e relativi sali, espressa come fosetil.

Era una scelta che consentiva di valutare congiuntamente sostanze strettamente collegate.

Con il progresso delle conoscenze scientifiche, tuttavia, è emersa l'esigenza di modificare questa impostazione.

Il regolamento (UE) 2024/2619 ha introdotto una definizione specifica per l'acido fosfonico e i suoi sali, espressi come acido fosfonico, distinguendola dal fosetil.

Le nuove disposizioni si applicano dal 29 aprile 2025.

Il regolamento tiene conto anche della possibilità che l'acido fosfonico derivi da fonti agricole differenti dall'impiego diretto di prodotti fitosanitari.

È importante comprendere che i limiti massimi di residuo non rappresentano necessariamente la concentrazione alla quale una sostanza comincia a provocare danni alla salute.

Sono valori normativi stabiliti sulla base delle condizioni d'impiego considerate, dei dati sui residui e delle valutazioni del rischio per i consumatori.

La conformità di un alimento deve essere verificata confrontando il risultato analitico con il limite applicabile alla specifica categoria alimentare.

La presenza di acido fosfonico, quindi, non implica automaticamente una violazione della normativa.

Allo stesso tempo, il rispetto del limite di legge non significa che la sostanza sia assente.

IL CASO DEI PRODOTTI BIOLOGICI

La questione dell'acido fosfonico diventa particolarmente interessante quando riguarda gli alimenti provenienti da agricoltura biologica.

Il metodo biologico è disciplinato da regole specifiche che limitano l'impiego dei prodotti fitosanitari alle sostanze consentite.

Potremmo quindi aspettarci che un alimento biologico non contenga residui riconducibili a prodotti non ammessi.

Ma, come abbiamo visto, la presenza di acido fosfonico non dimostra necessariamente che sia stato eseguito un trattamento non autorizzato sulla coltura analizzata.

Il residuo potrebbe provenire da apporti precedenti al terreno, da fonti indirette o da prodotti utilizzati in altri momenti della storia agronomica.

Queste possibilità non dimostrano automaticamente che una coltivazione sia conforme alle regole del biologico.

Significano, più semplicemente, che la presenza di un residuo e la prova di un impiego non autorizzato non sono necessariamente la stessa cosa.

Per valutare eventuali irregolarità occorre considerare tutte le informazioni disponibili e applicare le procedure previste dalla normativa.

È un caso esemplare di come la ricerca dei contaminanti debba essere accompagnata da una corretta interpretazione scientifica.

UN RESIDUO NON È UNA SENTENZA

Abbiamo seguito il percorso dell'acido fosfonico dalle applicazioni agricole fino agli alimenti.

Abbiamo scoperto che può formarsi dalla trasformazione di sostanze differenti, essere assorbito attraverso foglie e radici, rimanere nel terreno e raggiungere colture successive.

Abbiamo visto che può resistere ai trattamenti termici comunemente utilizzati nella trasformazione alimentare.

E abbiamo compreso che un laboratorio può misurarlo con precisione senza necessariamente identificarne l'origine.

Tutto questo ci conduce a una conclusione importante.

Il risultato di un'analisi chimica è un dato scientifico, non una ricostruzione automatica della storia di un alimento.

Sapere che una sostanza è presente significa aver acquisito un'informazione.

Comprendere perché è presente richiede ulteriori conoscenze.

Stabilire se la sua concentrazione comporti un rischio per la salute richiede ancora un'altra valutazione.

Sono tre domande differenti, che non devono essere confuse.

Ed è proprio questa distinzione a rendere particolarmente interessante il caso dell'acido fosfonico.

Nel prossimo capitolo affronteremo l'ultimo grande interrogativo relativo a queste sostanze: quali effetti possono avere sulla salute e come vengono valutati i rischi per i consumatori?

RIFERIMENTI SCIENTIFICI DEL CAPITOLO 8

1. 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 dei residui, del metabolismo vegetale, delle colture in rotazione e della valutazione dell'esposizione alimentare. [Consulta la pubblicazione scientifica EFSA](#)
2. EFSA (2020). Modification of the existing maximum residue levels for fosetyl/phosphonic acid in various crops. EFSA Journal, 18(1), 5964. Valutazione della persistenza nel terreno, della trasformazione alimentare e della stabilità dell'acido fosfonico. [Consulta la pubblicazione scientifica EFSA](#)
3. EFSA (2024). Modification of the existing maximum residue levels in various plant commodities resulting from the use of potassium phosphonates. EFSA Journal, articolo 8842. Valutazione dei residui nelle colture principali e in quelle successive, con dati sperimentali sull'assorbimento dal terreno. [Consulta la pubblicazione scientifica EFSA](#)
4. Commissione europea (2024). Regolamento (UE) 2024/2619 dell'8 ottobre 2024, relativo ai livelli massimi di residui di fosetil, fosfonati di potassio e fosfonato di disodio in o su determinati prodotti. [Consulta il regolamento su EUR-Lex \(italiano\)](#)
5. Parlamento europeo e Consiglio (2018). Regolamento (UE) 2018/848, relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici. Riferimento al quadro normativo per la valutazione delle pratiche consentite e delle eventuali non conformità. [Consulta il regolamento su EUR-Lex \(italiano\)](#)