

2. COME RAGGIUNGONO GLI ALIMENTI I COMPOSTI ORGANICI ALOGENATI

Un contaminante può arrivare sulla nostra tavola dopo un percorso molto diverso da quello che immaginiamo. Può essere rilasciato da un materiale industriale, raggiungere l'aria, il suolo o l'acqua e, successivamente, entrare negli organismi viventi. Oppure può trasferirsi a un alimento durante una fase di produzione o trasformazione. Per comprendere questi fenomeni bisogna distinguere l'origine della sostanza, il mezzo attraverso cui si sposta e il modo in cui entra effettivamente nell'alimento.

I composti organici alogenati comprendono sostanze con proprietà molto differenti: alcune sono volatili e relativamente mobili, altre persistono a lungo nell'ambiente e tendono ad associarsi ai grassi o alla materia organica. Non esiste quindi un unico percorso di contaminazione valido per l'intera famiglia.

DALL'ATTIVITÀ UMANA ALL'AMBIENTE

Una parte dei contaminanti organici alogenati deriva dall'impiego di sostanze chimiche in processi produttivi e prodotti commerciali. Le paraffine clorurate, per esempio, sono state utilizzate in applicazioni industriali; alcuni ritardanti di fiamma bromurati sono presenti o sono stati impiegati in plastiche, apparecchiature e altri materiali. Le emissioni possono verificarsi durante la produzione, l'utilizzo, il trattamento o lo smaltimento di questi prodotti.

Per alcune sostanze, anche materiali non più in commercio possono continuare a rappresentare una sorgente di contaminazione: la presenza in rifiuti, sedimenti o manufatti esistenti può prolungare i rilasci. Il divieto o la limitazione di un utilizzo non comporta necessariamente l'immediata scomparsa della sostanza dall'ambiente.

Non tutte le sostanze alogenate costituiscono però contaminanti ambientali persistenti: il loro comportamento dipende dalla struttura chimica, dalla degradabilità, dalla volatilità e dalle condizioni locali.

ARIA, ACQUA E SUOLO: TRE VIE DIVERSE

Nell'aria, i composti più volatili possono trovarsi in fase gassosa; altri possono aderire a polveri e particelle. La deposizione atmosferica può trasferirli su superfici vegetali, terreni e corpi idrici. L'entità del trasferimento dipende, fra l'altro, dalla distanza dalle sorgenti, dalle proprietà della sostanza e dalle condizioni meteorologiche.

Nell'acqua, la solubilità influenza la distribuzione tra fase acquosa, particelle sospese e sedimenti. Le molecole poco solubili e con elevata affinità per la materia organica possono concentrarsi nei sedimenti: ciò non significa che siano immobilizzate per

sempre, perché processi fisici e biologici possono renderle nuovamente disponibili agli organismi.



Nel suolo, alcune molecole vengono trattenute dalla sostanza organica, mentre altre possono muoversi insieme all'acqua interstiziale. Le caratteristiche del terreno, il contenuto di carbonio organico e il tempo trascorso dalla contaminazione influenzano la disponibilità delle sostanze per piante e organismi del suolo. Non bisogna quindi supporre che ogni composto presente in un terreno sia automaticamente assorbito dalle colture.

COME ENTRANO IN PIANTE E ANIMALI

L'ingresso nelle piante può avvenire mediante deposizione sulle superfici oppure, per determinate sostanze, attraverso l'assorbimento radicale. Il trasferimento dai terreni ai tessuti vegetali varia considerevolmente con le proprietà delle molecole e con la specie coltivata: la semplice contaminazione del suolo non permette di prevedere la concentrazione nel raccolto.

Negli animali, l'esposizione può derivare dall'ingestione di mangimi, acqua, particelle di suolo o altri organismi contaminati. Alcuni composti organici alogenati lipofili possono distribuirsi preferenzialmente nei tessuti ricchi di grasso; altri vengono trasformati ed eliminati più rapidamente. Nei prodotti di origine animale, dunque, la contaminazione

dipende sia dall'ambiente sia dalla fisiologia dell'organismo e dalle caratteristiche della sostanza.

Le valutazioni EFSA sui ritardanti di fiamma bromurati descrivono il loro rilascio da prodotti in uso o dismessi e il possibile ingresso nella catena alimentare, con riscontri soprattutto in alimenti di origine animale, compresi pesce, carne e latte. Si tratta di una descrizione di alcune famiglie specifiche, non di una regola applicabile a ogni composto organico alogenato.

BIOACCUMULO E BIOMAGNIFICAZIONE: NON SONO LA STESSA COSA

Si parla di bioaccumulo quando una sostanza si accumula in un organismo perché l'assorbimento complessivo, attraverso l'acqua e/o il cibo, supera la sua eliminazione nel tempo. La biomagnificazione indica invece un aumento della concentrazione della sostanza passando da un livello trofico a quello successivo, lungo una catena alimentare. Una sostanza può bioaccumularsi senza necessariamente biomagnificarsi in ogni ecosistema.

Pesci e altri organismi acquatici sono particolarmente studiati perché combinano esposizione all'acqua, ai sedimenti e alla dieta. Nella valutazione del 2020 sulle paraffine clorate, EFSA riporta evidenze di accumulo nei pesci e un potenziale di biomagnificazione per alcuni composti. La forza di questi fenomeni cambia con la lunghezza delle catene carboniose, il grado di clorurazione e i processi metabolici. Non è corretto trasferire automaticamente tali osservazioni ai solventi clorurati o ad altre molecole con proprietà diverse.



DALLE MATERIE PRIME ALLA LAVORAZIONE

La contaminazione di un alimento non si esaurisce nella fase agricola. Durante trasformazione, confezionamento, conservazione o trasporto possono verificarsi ulteriori apporti indesiderati, per esempio attraverso aria o superfici contaminate, quando sussistono condizioni che consentono un effettivo trasferimento. Per attribuire una contaminazione ai materiali a contatto con gli alimenti occorrono tuttavia dati specifici: non basta rilevare la medesima sostanza in un materiale e in un prodotto alimentare.

Un caso distinto è quello di contaminanti che si formano durante il processo produttivo. Alcuni cloropropanoli, fra cui il 3-MCPD e i suoi esteri, possono originarsi in particolari condizioni di trasformazione alimentare, anziché derivare da un precedente inquinamento del terreno o dell'acqua. Questo percorso sarà approfondito in un capitolo dedicato: è importante non confondere contaminazione proveniente dall'ambiente e formazione durante la lavorazione.

PERCHÉ NON BASTA SAPERE CHE UNA SOSTANZA È PRESENTE

Il rilevamento analitico indica che una sostanza è stata individuata nel campione secondo un determinato metodo, ma non chiarisce da solo da dove provenga, quanto ne assuma il consumatore o quale rischio ne derivi. Per valutare l'esposizione servono dati sulla concentrazione nell'alimento, sulle quantità consumate, sulla frequenza di

consumo e sui gruppi di popolazione interessati. La valutazione del rischio richiede inoltre informazioni affidabili sulla tossicità della singola sostanza o miscela.

L'assenza di risultati quantificabili in un'analisi, inoltre, non dimostra una totale assenza della sostanza: indica che, nelle condizioni del metodo impiegato, essa non è stata misurata al di sopra del limite di quantificazione. Analogamente, un risultato positivo non coincide automaticamente con un pericolo sanitario concreto.

CHE COSA SAPPIAMO E CHE COSA RESTA INCERTO

Le conoscenze non sono uniformi. Per alcune famiglie esistono molti studi sul comportamento ambientale e sulla presenza negli alimenti; per altre i dati sono frammentari. EFSA, nella valutazione del 2020 sulle paraffine clorate, ha evidenziato che i dati alimentari disponibili erano molto limitati e non consentivano una caratterizzazione completa del rischio. È un esempio importante: l'insufficienza dei dati non autorizza né a concludere che un rischio esista necessariamente, né a escluderlo con certezza.

Comprendere il percorso di una sostanza serve quindi a definire dove cercarla, quali campioni analizzare e quali risultati siano realmente informativi. Nei capitoli successivi esamineremo le singole famiglie di composti e le differenze tra i loro comportamenti, senza generalizzazioni.

RIFERIMENTI SCIENTIFICI E NORMATIVI

[EFSA CONTAM Panel \(2020\). Risk assessment of chlorinated paraffins in feed and food. EFSA Journal 18\(3\):5991.](#)

[EFSA. Ritardanti di fiamma bromurati: panoramica delle valutazioni scientifiche.](#)

[EFSA. Contaminanti in alimenti e mangimi \(aggiornamento 10 gennaio 2024\).](#)

[Commissione europea. Regolamento \(UE\) 2023/915 sui tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti \(testo consolidato consultabile da EUR-Lex\).](#)