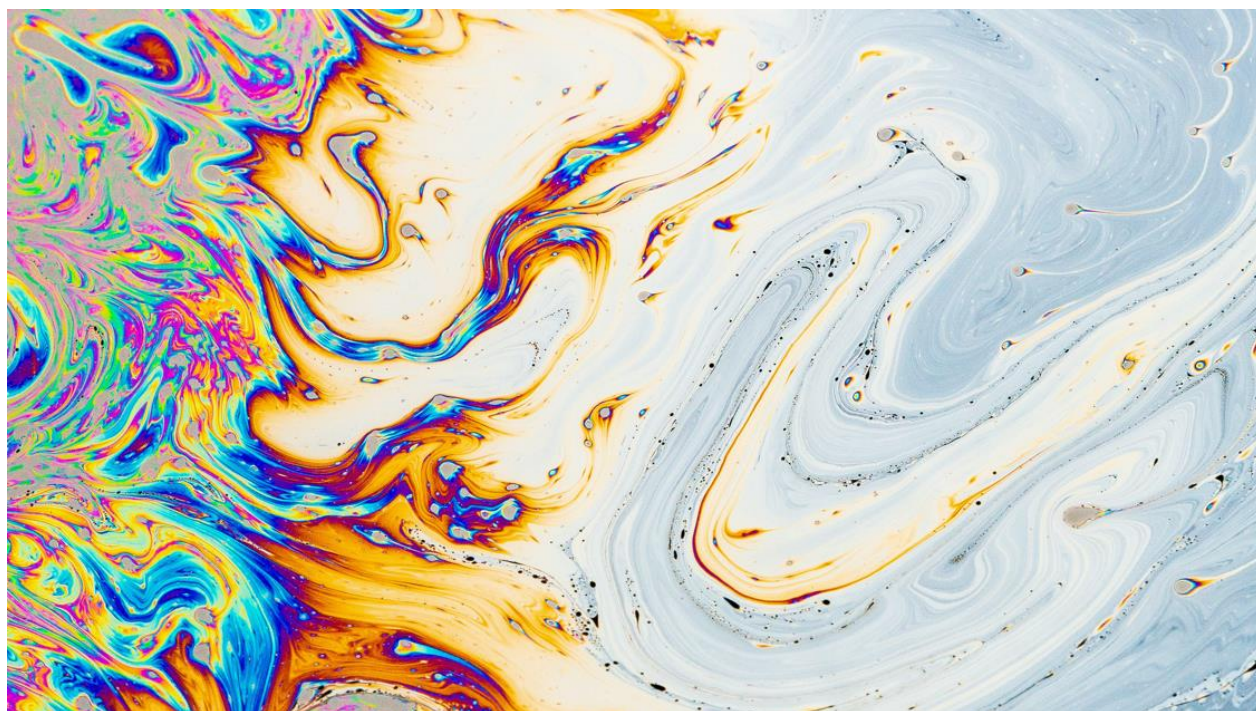


1. CHE COSA SONO GLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Gli idrocarburi policiclici aromatici, abbreviati IPA (in inglese PAHs, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), costituiscono una vasta famiglia di sostanze organiche. Sono conosciuti soprattutto come contaminanti che possono essere presenti nell'ambiente e negli alimenti, ma non rappresentano una sostanza unica: comprendono numerose molecole, con caratteristiche fisiche, chimiche e tossicologiche anche molto diverse. Comprendere questa diversità è essenziale per interpretare correttamente le informazioni sulla loro presenza nel cibo.



UNA FAMIGLIA DI MOLECOLE, NON UN UNICO CONTAMINANTE

Nel significato chimico più comune, gli IPA sono composti formati esclusivamente da carbonio e idrogeno e caratterizzati da due o più anelli aromatici condensati: anelli che condividono fra loro atomi di carbonio. Gli esempi classici sono costituiti da strutture costruite a partire da anelli a sei atomi, simili a quelli del benzene. Esistono tuttavia anche composti policiclici con geometrie differenti; per questo, nelle valutazioni scientifiche e nei programmi di monitoraggio è sempre importante specificare quali molecole siano state incluse.

Il termine “idrocarburi” segnala che le molecole contengono soltanto carbonio e idrogeno. “Policiclici” indica la presenza di più anelli collegati fra loro; “aromatici” si riferisce a una particolare organizzazione degli elettroni, che contribuisce alla stabilità della struttura. Non significa che queste sostanze abbiano necessariamente un odore gradevole: il termine appartiene al linguaggio della chimica, non a quello dei profumi.

PERCHÉ LA STRUTTURA CHIMICA È IMPORTANTE

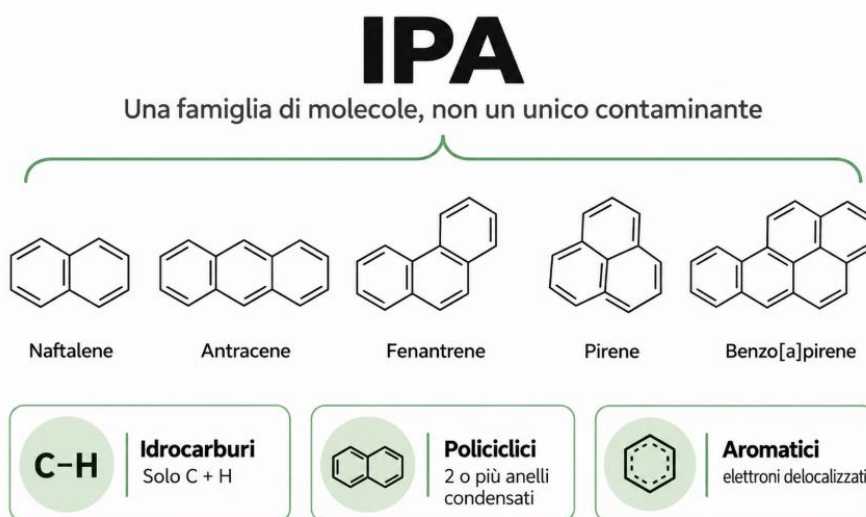
Gli anelli aromatici condensati formano spesso strutture relativamente rigide e in larga misura planari. La distribuzione degli elettroni su più atomi, detta delocalizzazione elettronica, ne influenza stabilità e reattività. Il numero degli anelli, la loro disposizione e l'eventuale presenza di gruppi laterali distinguono una molecola dall'altra. Di conseguenza, due IPA possono avere massa molecolare simile ma proprietà e comportamento differenti.

Si possono immaginare queste molecole come figure composte da esagoni uniti lungo alcuni lati. Cambiare il numero degli esagoni oppure il modo in cui si uniscono significa ottenere una struttura diversa. Non è soltanto una differenza di forma: cambia il modo in cui la sostanza interagisce con l'acqua, i grassi, le superfici solide e gli organismi viventi.

ALCUNI ESEMPI: DAL NAFTALENE AL BENZO[A]PIRENE

Il naftalene è uno degli IPA più semplici e contiene due anelli aromatici condensati (formula $C_{10}H_8$). Fenantrene e antracene possiedono entrambi tre anelli e la stessa formula molecolare ($C_{14}H_{10}$), ma differiscono nella disposizione degli anelli: sono isomeri strutturali. Questa coppia mostra bene perché il numero di atomi, da solo, non basti a identificare una sostanza.

Fra gli IPA con quattro anelli si trova il crisene ($C_{18}H_{12}$). Il benzo[a]pirene ($C_{20}H_{12}$), composto da cinque anelli aromatici condensati, è particolarmente noto per il suo rilievo nelle valutazioni della contaminazione alimentare. La denominazione tra parentesi quadre, come in benzo[a]pirene, identifica una specifica disposizione degli anelli: non è un dettaglio facoltativo, poiché composti con nomi simili possono avere caratteristiche diverse.



Diversi programmi di monitoraggio possono includere molecole IPA differenti.

Questi esempi non costituiscono un elenco completo degli IPA. La famiglia comprende molte altre sostanze, e la scelta di quali misurare dipende dall'obiettivo dell'indagine, dalla matrice esaminata e dai criteri scientifici o normativi utilizzati.

IPA LEGGERI E IPA PESANTI: UNA DISTINZIONE UTILE, MA NON ASSOLUTA

Nella letteratura scientifica si distingue spesso, in maniera orientativa, fra IPA a basso peso molecolare, generalmente con due o tre anelli, e IPA a peso molecolare più elevato, frequentemente con quattro o più anelli. Questa classificazione aiuta a descrivere alcune tendenze comuni, ma non sostituisce i dati relativi a ciascuna molecola.

In generale, gli IPA più piccoli presentano maggiore volatilità e una solubilità in acqua relativamente più elevata rispetto a molti IPA di massa maggiore. Quelli più grandi tendono invece ad avere una pressione di vapore inferiore, una solubilità acquosa molto ridotta e una maggiore affinità per la materia organica e alcune superfici solide. Esistono eccezioni e differenze anche importanti fra sostanze appartenenti allo stesso gruppo.

Per “volatilità” si intende la tendenza di una sostanza a passare nella fase gassosa. Non significa che tutti gli IPA leggeri siano gas alle normali temperature ambientali: alcuni sono solidi che possono comunque evaporare o sublimare in misura variabile. Analogamente, definire un IPA “pesante” non significa che esso sia automaticamente più pericoloso; la pericolosità va valutata per ogni sostanza sulla base delle evidenze disponibili.

SOLUBILITÀ NELL'ACQUA, AFFINITÀ PER I GRASSI E ADSORBIMENTO

Molti IPA si sciolgono poco nell'acqua e mostrano affinità per fasi organiche o lipidiche. Questo comportamento viene spesso descritto con il termine “idrofobicità”, mentre la tendenza a distribuirsi in una fase lipidica rispetto all'acqua è collegata alla “lipofilia”. Le due proprietà sono correlate, ma non sono sinonimi perfetti.

Un parametro usato per confrontare le molecole è il coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua (K_{ow}), frequentemente espresso come $\log K_{ow}$. Un valore elevato indica una preferenza marcata per la fase organica del sistema di riferimento. È un indicatore utile, ma non permette, da solo, di prevedere quanta sostanza sarà presente in un alimento né quanto ne verrà assorbito dall'organismo.

Gli IPA possono inoltre adsorbirsi, cioè aderire alla superficie di particelle solide, come particolato atmosferico, sedimenti e suoli ricchi di materia organica. L'adsorbimento è diverso dall'assorbimento, che indica invece il passaggio di una sostanza all'interno di un materiale o di un organismo. Anche questa distinzione terminologica è importante per comprendere il loro comportamento ambientale e alimentare.

PERSISTENZA E TRASFORMAZIONI: NON TUTTI SI COMPORTANO ALLO STESSO MODO

La presenza di anelli aromatici condensati può rendere alcune molecole relativamente resistenti a determinati processi di degradazione, ma non rende gli IPA indistruttibili. Luce, ossidanti, microrganismi e condizioni ambientali possono trasformarli, con velocità molto variabili secondo la struttura chimica e il contesto.

La persistenza non coincide automaticamente con il bioaccumulo, così come la lipofilia non implica necessariamente un accumulo crescente lungo ogni catena alimentare. Gli organismi possono assorbire, trasformare ed eliminare gli IPA con efficienza diversa. I meccanismi di trasferimento nell'ambiente e nelle reti alimentari saranno esaminati in un capitolo specifico.

PERCHÉ GLI IPA VENGONO STUDIATI NEGLI ALIMENTI

Gli IPA meritano attenzione perché possono raggiungere gli alimenti attraverso differenti percorsi e perché alcune molecole della famiglia presentano proprietà tossicologiche di particolare interesse. Tuttavia, la semplice individuazione di un IPA non consente di dedurre direttamente un danno per la salute. Occorre conoscere quale composto sia presente, in quale concentrazione, quanto alimento venga consumato e quale sia il profilo tossicologico della sostanza.

Per lo stesso motivo, un dato analitico riferito genericamente agli "IPA totali" è interpretabile soltanto conoscendo quali composti siano stati effettivamente sommati. Non esiste un insieme universale di molecole che corrisponda automaticamente a questa espressione: diversi metodi analitici e programmi di controllo possono considerare liste differenti.

Questa prima distinzione costituisce il punto di partenza per comprendere l'impatto di queste sostanze: gli IPA formano una famiglia chimica, mentre contaminazione, esposizione e rischio sono questioni che richiedono valutazioni ulteriori.

RIFERIMENTI SCIENTIFICI

[EFSA CONTAM Panel \(2008\). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. EFSA Journal, 6\(8\), 724.](#)

[WHO/IPCS \(1998\). Selected Non-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Environmental Health Criteria 202.](#)

[WHO Regional Office for Europe \(2021\). Human health effects of polycyclic aromatic hydrocarbons as ambient air pollutants.](#)

[NIH/NLM PubChem. Benzo\[a\]pyrene \(CID 2336\): identificazione e proprietà fisico-chimiche.](#)